

# PARTIÇÃO DA EVAPOTRANSPIRAÇÃO E COEFICIENTES DE CULTURA DE UM CAFEZAL ADENSADO EM CRESCIMENTO SOB IRRIGAÇÃO POR GOTEJAMENTO

Luiz Roberto Angelocci<sup>1</sup>, Evandro Zanini Righi<sup>2</sup>, Fabio Ricardo Marin<sup>3</sup>, José Laércio Favarin<sup>4</sup>

**ABSTRACT** – Total coffee crop evapotranspiration and its partition into hedgerows (including coffee transpiration) and inter-rows evapotranspiration were determined from October 2002 to September 2003 in a coffee crop (1 to 2 years after implantation) located in Southeastern Brazil. Corresponding crop coefficients were also determined. It was possible to verify the factors affecting the values of evapotranspiration and crop coefficients during the experimental period, like leaf area index, conditions of the interrow cover, soil water availability and atmospheric water demand, providing important information for irrigation of a hedgerow-configured crop.

## INTRODUÇÃO

A tendência atual da cafeicultura é a implantação de sistemas de irrigação localizada, em cultivos em renques sob grandes espaçamentos. Seja a pleno sol ou sombreado, a heterogeneidade espacial é uma característica presente nesses cultivos.

Tem-se apontado a necessidade de parametrizar a evapotranspiração da cultura para as condições microclimáticas proporcionadas por uma cobertura descontínua (Marin et al., 2005). A determinação da evapotranspiração total de um cafezal e de suas componentes é importante para a irrigação, sendo que para a localizada é de interesse saber a quantidade de água perdida somente no volume de solo explorado pela cultura. Pouco se tem estudado quanto a esses aspectos em cafezais em crescimento, podendo-se citar o trabalho de Gutiérrez & Meinzer (1994).

O objetivo deste estudo é apresentar e discutir valores de evapotranspiração e suas componentes para um cafezal em crescimento, relações entre elas, coeficientes de cultura e fatores intervenientes.

## MATERIAL E MÉTODOS

Foi utilizado cafezal (3,2 ha) a pleno sol em crescimento (12-24 meses após implantação) de *C. arábica* L cv. Obatã IAC 1669-20, pé franco, espaçamento de 0,9 m X 3,5 m, em Piracicaba, SP (22°42' S; 47°30' W; 546 m). As medidas ocorreram em quatro períodos: 04/10/02 a 16/12/02; 31/01/03 a 23/03/03; 27/05/03 a 22/07/03; e 20/08/03 a 18/09/03. Os dois primeiros períodos são normalmente úmidos e os dois outros secos na região. Foi mantida uma faixa sem invasoras variando entre 0,9 m e 1,5 m na lateral aos renques, com invasoras nas entrelinhas periodicamente roçadas. A cobertura da faixa de solo da entrelinha variou entre 80 e 100%, com menos de 20% seca nos dois primeiros períodos, sendo que na semana após cada roçada, cerca de 40% do material de cobertura estava seco. No terceiro período a cobertura do solo ficou entre 70 e 100%, sendo 55 a 70% seca. Em setembro e dezembro/02 e fevereiro e setembro/03, determinou-se o número de folhas, a área foliar, o diâmetro da copa e altura de 50 a 55 plantas.

A evapotranspiração total da cultura ( $ET_c$ ) foi determinada pelo método do Balanço de Energia – Razão de Bowen, seguindo os critérios de seleção de dados “utilizáveis” de Perez et al. (1999). Os perfis verticais de temperatura e umidade do ar foram obtidos com psicrômetros ventilados construídos no Depto. de Ciências Exatas/ESALQ, sendo o nível inferior entre 0,24 m a 0,72 m e o superior a 2,0 m acima do solo. O saldo de radiação ( $R_n$ ) foi medido com um saldo-radiômetro Q\*7.1 (REBS Inc.) a 2,5 m do solo. O fluxo de calor no solo ( $G$ ) foi obtido por três placas mod. HFT 3.1 (Rebs, Inc.), sendo os valores ponderados pela área superficial a que representavam (Righi, 2004).

A partição da evapotranspiração foi feita a partir de medidas do fluxo de seiva ( $FS$ ) pelo método do balanço de calor (Dynamax®, Inc.) em dezembro de 2002 e nos períodos fev-mar e ago-set/03. A transpiração dos cafeeiros foi obtida pela normalização dos valores de  $FS$  acumulados em 24 h em função do  $IAF$  do cafezal. A evapotranspiração dos renques de cafeeiros foi medida por dois lisímetros de pesagem de 0,9m de diâmetro e 0,7m de profundidade, cada um apoiado sobre três células de carga (Interface Ltda.).

Os sinais eletrônicos foram obtidos por “datalogger” CR7 (Campbell Scientific, Inc.), cronologicamente acoplado com as medidas da estação meteorológica localizada a cerca de 200 m.

Para o cálculo da evapotranspiração dos renques ( $ET_{renque}$ ), foram determinados valores médios de  $T/ET_{renque}$  ( $ET_{renque} = T + Es$ , sendo  $Es$  a evaporação do solo sob os renques).  $ET_{renque}$  foi considerada equivalente à evapotranspiração de uma faixa de solo com largura de 0,9 m, contendo o renque de cafeeiros. O valor de  $T/ET_{renque}$  em mai-jul/03 foi obtido a partir de regressão linear com o número de dias após o transplante. Os valores dos coeficientes de cultura foram assim obtidos: a) coeficiente “global” de cultura ( $K_c = ET_c/ET_o$ ); b) coeficiente de evapotranspiração da faixa de solo ocupada pelo renque ( $K_{c_{renque}} = ET_{renque}/ET_o$ ); c) coeficiente basal de cultura ( $K_{cb} = T/ET_o$ ).

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os valores médios de  $IAF$  nos diferentes períodos estão na Tabela 1. O diâmetro médio das copas dos cafeeiros variou de 0,46 m a 0,91 m e as alturas médias de 0,42 a 0,74 m durante o estudo. Os valores de  $ET_{renque}$  foram obtidos considerando-se apenas um lisímetro, devido a problemas de desenvolvimento da planta de um deles.

Além da filtragem dos dados pelos critérios de Perez et al. (1999), duas outras foram feitas: a) eliminação de valores irreais de  $K_c$  verificados em dias com chuva antes das 16:00 h, provavelmente por ter ocorrido evaporação potencial devido ao excesso de água na superfície do solo; b) indícios de advecção no período seco (Righi, 2004). Na tabela 1 são mostrados também os valores de  $ET_o$ , de  $ET_c$  e dos seus componentes, bem como a relação de  $T$  com  $ET_c$ . Na

<sup>1</sup> Prof. Associado, Dr., Depto. de Ciências Exatas, ESALQ/USP, Piracicaba, SP. Bolsista do CNPq. E-mail: [lrangelocci@yahoo.com.br](mailto:lrangelocci@yahoo.com.br)

<sup>2</sup> Prof., Dr., Universidade do Estado de Santa Catarina, Chapecó, SC.

<sup>3</sup> Pesquisador, Dr., EMBRAPA Informática Agropecuária, Campinas, SP

<sup>4</sup> Prof., Dr., Depto. de Produção Vegetal, ESALQ/USP, Piracicaba, SP

Tabela 2 são apresentados os valores dos coeficientes de cultura médios ( $Kc$ ,  $Kc_{renque}$  e  $Kcb$ ) para os períodos.

Tabela 1. Valores médios por períodos de índice de área foliar ( $IAF$ ), da evapotranspiração de referência ( $ET_o$ ), "global" de cultura ( $ET_c$ ), do renque ( $ET_{renque}$ ), da entrelinha ( $ET_{e-l}$ ), em mm/d, e da relação  $T/ET_c$ .

Período	$IAF$	$ET_o$	$ET_c$	$ET_{renque}$	$ET_{e-l}$	$T/ET_c$
Out/02	0,09	3,66	3,77	-	-	-
Nov/02	0,15	3,60	4,45	1,08	3,37	0,025
Dez/02	0,19	3,49	4,41	1,19	3,22	0,025
Fev-Mar/03	0,32	3,81	4,25	0,84	2,41	0,035
Mai-Jul/03	0,53	2,26	2,51	0,95	1,56	0,143
Ago-Set/03	0,66	2,96	2,55	0,83	1,72	0,153

Tabela 2. Valores médios por períodos dos coeficientes de cultura ( $Kc$ ), do renque ( $Kc_{renque}$ ) e basal ( $Kcb$ ) (desvio-padrão entre parênteses).

Período	$Kc^a$	$Kc_{renque}^a$	$Kcb^b$
Out/02	1,04 ( $\pm 0,19$ )	-	-
Nov/02	1,27 ( $\pm 0,20$ )	0,30 ( $\pm 0,20$ )	0,03
Dez/02	1,30 ( $\pm 0,20$ )	0,34 ( $\pm 0,20$ )	0,03
Fev-Mar/03	1,13 ( $\pm 0,16$ )	0,22 ( $\pm 0,09$ )	0,04
Mai-Jul/03	1,11 ( $\pm 0,09$ )	0,42 ( $\pm 0,11$ )	0,16
Ago-Set/03	0,86 ( $\pm 0,10$ )	0,28 ( $\pm 0,04$ )	0,13

Em novembro e dezembro/02 ocorreram os maiores valores de  $ET_c$ , de forma concomitante com os de demanda atmosférica representada por  $ET_o$ . O menor valor de  $ET_c$  em outubro/02 deve-se, provavelmente, aos baixos valores de  $ET$  das entrelinhas (não determinada no mês), por ter sido esse mês mais seco do que o normal na região. Deve-se considerar que nesse mês  $IAF$  ainda era muito baixo, com a contribuição da transpiração dos cafeeiros pouco significativa para  $ET_c$ . Embora com a ocorrência em fevereiro-março/03 do maior valor médio de  $ET_o$ , houve leve diminuição de  $ET$  em relação a novembro-dezembro/02, causada tanto pela redução de  $ET_{renque}$  como de  $ET_{e-l}$ , pela baixa pluviosidade.

De maio a setembro/03 houve redução de  $ET_c$  para cerca de 60% dos valores de novembro/02 – março/03, em parte devido à diminuição da demanda atmosférica, mas outras variáveis atuaram tanto para aumentar como diminuir as componentes de  $ET_c$ . O aumento de  $IAF$  dos cafeeiros contribuiu para aumentar  $T$ , contribuindo para o maior valor de  $T/ET_c$ . Em agosto-setembro/03 as entrelinhas apresentavam solo desnudo em metade da área até 03/09 e a partir daí em toda a área, o que, associado à falta de chuva no período, fez com que  $ET_{e-l}$  diminuísse no período. O fato de o solo sob os renques nessa época estar mais protegido da radiação solar direta pelo aumento da copa dos cafeeiros pode ter sido um fator a diminuir  $E_s$ .

A contribuição dos renques de cafeeiros para a  $ET_c$  variou ao longo dos períodos. As relações  $ET_{renque}/ET_c$  corresponderam a cerca de 0,22 no período úmido, aumentando para 0,30 em maio-julho e 0,33 em agosto-setembro, valores muito próximos daqueles observados por Marin et al. (2001) em pomar adulto de lima ácida (considerando  $T$  e  $ET_c$ ), correspondendo, tanto naquele como no presente trabalho, aproximadamente à razão entre a área ocupada pelas plantas agrícolas e a área total (aqui, igual a 0,26). Embora tenha ocorrido aumento do  $IAF$ ,  $ET_{renque}$  diminuiu de 20 a 30% no período fevereiro-setembro/03.

Apesar da baixa altura pluviométrica e da realização de uma roçada na entrelinha em fevereiro,

$ET_{e-l}$  teve um valor elevado em fevereiro-março, o que é explicado pela retirada de água de horizontes mais profundos do solo pela vegetação da entrelinha.

Os altos valores de  $ET_{e-l}$ , mais a elevada exposição do solo à radiação solar sob os renques e o porte pequeno dos cafeeiros, fizeram com que  $T$  representasse uma pequena fração de  $ET_c$  no período úmido. Durante o período seco, o aumento de  $IAF$  e a redução de  $ET_{e-l}$  e da evaporação do solo resultaram na elevação da relação  $T/ET_c$  de valores inferiores a 0,04 para cerca de 0,15 no período seco. A estabilização de  $T/ET_c$  a partir de maio deve-se a uma certa estagnação fisiológica das plantas, com amarelecimento e queda de folhas em setembro. Altos valores de déficit de saturação de pressão de vapor no ar ( $D$ ) ocorreram em agosto-setembro, resultando em algum controle estomático sobre  $T$ .

Os valores de  $Kc$  (Tabela 2) refletem as peculiaridades da variação das componentes de  $ET_c$ . Os maiores valores ocorreram no período úmido, com  $ET_c$  em taxas elevadas. Em agosto-setembro/03, o valor de  $Kc$  mais baixo deveu-se à remoção da cobertura das entrelinhas e à maior proteção do solo sob os renques da incidência de radiação direta. Foi notado um leve efeito das condições de cobertura da entrelinha e de  $IAF$  sobre os valores de  $Kc$ , sendo a umidade da superfície (solo) o fator mais importante. Os valores dos coeficientes de cultura observados nesse trabalho são semelhantes aos obtidos por Villa Nova et al. (2002) com idade equivalente ao deste estudo, porém irrigado por aspersão total e com o cálculo de  $ET_c$  a partir do balanço hídrico no solo.

Os valores de  $Kc_{renque}$  variaram em função do aumento de  $IAF$  e da umidade da superfície do solo. Devido ao pequeno porte dos cafeeiros, as relações  $T/ET_c$  foram relativamente baixas, mostrando a grande economia de água que a irrigação localizada pode representar para um cafezal em crescimento. O pequeno porte dos cafeeiros resultou em pequenos valores de  $Kcb$  até março/03 (0,04), mas o aumento de  $IAF$  e os valores de  $ET_o$  não tão elevados em maio-julho/03 resultaram em um aumento de  $Kcb$  para 0,16.

O aumento proporcional entre  $ET_c$  e  $ET_o$  é indicativo do fraco acoplamento dos cafeeiros e, por outro lado, da ocorrência do acoplamento da entrelinha com a atmosfera (Marin et al., 2005), característicos de coberturas descontínuas e abertas.

## REFERÊNCIAS

- Gutierrez, M.V.; Meinzer, F.C. Estimating water use and irrigation requirements of coffee in Hawaii. *Journal of American Society for Horticultural Science*, v.119, n.3, p.652-657, 1994.
- Marin, F.R. et al. Evapotranspiration and irrigation requirements of a coffee plantation in Southern Brazil. *Experimental Agriculture*, v.41, n.2, 2005. /No prelo/
- Perez, P.J. et al. Assessment of reliability of bowen ratio method for partitioning fluxes. *Agricultural and Forest Meteorology*, v.97, p.141-150, 1999.
- Righi, E.Z. Balanço de energia e evapotranspiração de cafezal adensado em crescimento sob irrigação localizada. Piracicaba, 2004, 151p. Tese (Doutorado) – ESALQ/USP.
- Villa Nova, N.A. et al. Estimativa do coeficiente de cultura do cafeeiro em função de variáveis climatológicas e fitotécnicas. *Bragantia*, v.61, n.1, p.81-88, 2002.