

COEFICIENTE DE CULTURA E RELAÇÕES HÍDRICAS DO CAFEIEIRO, CULTIVAR CATUCAÍ, SOB DOIS SISTEMAS DE MANEJO DA IRRIGAÇÃO¹

Luiz Fernando Coutinho de Oliveira², Ruth Zago Oliveira³,
Lucas Bernardes Borges⁴, Tiago Roberto Wehr³, Robson Bonomo⁵

ABSTRACT

CROP COEFFICIENT AND WATER RELATIONSHIPS OF COFFEE CATUCAÍ CULTIVAR UNDER TWO SYSTEMS OF IRRIGATION MANAGEMENT

The objective of this study was to determine the crop coefficient (kc), diffusion resistance and leaf water potential of coffee, Catucaí cultivar, in blooming and grain formation phases, submitted to two irrigation system management. The coffee evapotranspiration was determined by soil water balance, and crop evapotranspiration was assessed by Penman-Monteith (FAO-56) method. The irrigation application times were determined in two management systems: based on the percentage wetted area (P), and based on the location coefficient (KI). The results allowed to conclude that the irrigation management using the location coefficient provided an increase of the irrigation application time, and, consequently, increasing the irrigation depth and the crop coefficient values, which reached the mean of 1.12. For the management system based on the percentage wetted area, the mean value of the crop coefficient, in the appraised period, was 1.06. The mean diffusion resistance and leaf water potential were lower when the management system was adopted with base in KI, which provided an increase of the transpiration and, consequently, of kc.

KEY WORDS: evapotranspiration, diffusion resistance, leaf water potential.

RESUMO

Este trabalho teve como objetivo determinar o coeficiente de cultura (kc), a resistência difusiva de vapor de água e o potencial hídrico foliar em cafeeiro, cultivar Catucaí, nas fases de floração e de formação dos grãos, sob dois sistemas de manejo da irrigação. Utilizou-se o balanço de água no solo para se determinar a evapotranspiração do cafeeiro, sendo a evapotranspiração de referência estimada pelo método de Penman-Monteith (FAO-56). Os tempos de aplicação das lâminas de água foram determinados levando-se em consideração dois sistemas de manejo: com base na porcentagem da área molhada (P) e no coeficiente de localização (KI). Os resultados permitem concluir que o manejo da irrigação empregando o coeficiente de localização proporcionou um aumento do tempo de irrigação e, conseqüentemente, da lâmina de irrigação. Isso elevou os valores dos coeficientes de cultivo, que, em média, atingiu 1,12. Para o sistema de manejo baseado na porcentagem da área molhada, o valor médio do coeficiente de cultivo, no período avaliado, foi de 1,06. Os valores médios da resistência difusiva de vapor de água e os potenciais hídricos foliares foram inferiores quando se adotou o sistema baseado em KI, que proporcionou aumento da transpiração e, conseqüentemente, do kc.

PALAVRAS-CHAVE: evapotranspiração, resistência difusiva, potencial hídrico foliar.

INTRODUÇÃO

A evapotranspiração máxima de uma cultura é função das condições meteorológicas durante o desenvolvimento das plantas, caracterizadas pela temperatura do ar, radiação solar, velocidade do vento e umidade relativa. Por outro lado, as características

de crescimento e desenvolvimento das plantas, associadas ao tipo de solo, fertilidade do solo, época de semeadura, cultivar e práticas culturais, exercem também influências sobre o consumo de água.

Segundo Camargo & Camargo (2001), a esquematização do ciclo fenológico do cafeeiro arábica é útil para facilitar e racionalizar as pesquisas

1. Trabalho recebido em ago./2006 e aceito para publicação em set./2007 (registro nº 696). Apoio financeiro: Embrapa Café.

2. Universidade Federal de Lavras, Departamento de Engenharia / Universidade Federal de Goiás (UFG). E-mail: lfco@pq.cnpq.br

3. Programa de Pós-Graduação em Agronomia / UFG. E-mails: ruthzago@yahoo.com.br; tiagor_wehr@yahoo.com.br

4. Programa PIBIC / UFG-CNPq. E-mail: lucasberbor@bol.com.br

5. Universidade Federal de Goiás. Campus de Jataí. Caixa Postal 03, CEP 75800-000 Jataí, GO. E-mail: rbonomo@jatai.ufg.br

e observações na cafeicultura, possibilitando identificar as fases que exigem água facilmente disponível no solo e aquelas nas quais se tornam conveniente ocorrer um pequeno estresse hídrico, para condicionar uma abundante florada. O ciclo fenológico dos cafeeiros apresenta uma sucessão de fases vegetativas e reprodutivas, que ocorrem em aproximadamente dois anos, diferentemente da maioria das plantas que emite as inflorescências na primavera e frutificam no mesmo ano fenológico (Camargo 1985).

Camargo & Camargo (2001) subdividem o ciclo fenológico do cafeeiro, para as condições climáticas tropicais do Brasil, em seis fases distintas que envolvem os dois ciclos fenológicos: vegetação e formação das gemas foliares; indução e maturação das gemas florais; florada; granação dos frutos; maturação dos frutos; e repouso e senescência dos ramos terciários e quaternários. Segundo Gouveia (1984), a duração dessas fases depende da cultivar, da idade das plantas e das condições climáticas, principalmente temperatura e deficiência hídrica.

Segundo Pezzopane *et al.* (2003), após o período de repouso das gemas dormentes nos nós dos ramos plagiotrópicos, ocorre aumento substancial do potencial hídrico nas gemas florais maduras, devido, principalmente, à ocorrência de um choque hídrico provocado por chuva ou irrigação. Nesse estágio, as gemas entumecem e os botões florais crescem devido à grande mobilização de água e nutrientes, estendendo-se até a abertura das flores e posterior queda das pétalas.

O consumo de água determinado em condições específicas de um determinado local, ano e época de semeadura, não pode ser extrapolado em valores absolutos para outras condições. Para se estimar a necessidade hídrica de uma cultura, em uma condição específica, é necessário, portanto, determinar os coeficientes de cultura por meio da relação entre a evapotranspiração da cultura (ETc), avaliada experimentalmente, e a evapotranspiração de referência (ETo), obtida em lisímetros ou pelo emprego de modelos de estimativa (Stone & Silveira 1995).

O conhecimento da evapotranspiração de uma cultura, ao longo de seu ciclo, e de seu coeficiente de cultura é de grande importância para o dimensionamento e o manejo de sistemas de irrigação. Isso contribui para o aumento da produtividade e para a otimização da utilização dos recursos hídricos, da

energia elétrica e dos equipamentos de irrigação (Miranda *et al.* 1999).

A evapotranspiração da cultura, ETc, é estimada por duas abordagens clássicas, isto é: com base em informações meteorológicas e uso de modelos matemáticos (empíricos, semi-empíricos e físicos, dentre os quais está o de Penman-Monteith preconizado pela FAO como modelo padrão), ou com base em medições diretas da evapotranspiração, seja pelo balanço de água no solo ou pelo uso de lisímetros vegetados com a cultura de referência em estações climatológicas. Neste último caso, faz-se necessária a multiplicação de ETo pelo coeficiente de cultura (kc), que integra as características da cultura e do clima local (Doorenbos & Pruitt 1977). Este coeficiente representa a integração dos efeitos de três características que distinguem ETc da cultura de ETo, ou seja, a altura da cultura, a resistência da superfície cultivada e o albedo da superfície cultivada. Portanto, kc é um indicador de grande significado físico e biológico, uma vez que depende da arquitetura e da transpiração da planta (Jensen 1969, Allen *et al.* 1998).

Na maioria das culturas anuais, o valor de kc aumenta a partir da emergência até um valor máximo no período em que é alcançado seu pleno desenvolvimento, diminuindo a partir daí até a maturação (Doorenbos & Kassan 1979). Nas culturas perenes como o cafeeiro, a curva de kc apresenta valores baixos nos períodos de formação e estabelecimento da cultura no campo e, quando esta atinge dossel máximo, a curva de kc tende a se estabilizar com valores próximos à unidade, ocorrendo oscilações temporais decorrentes de processos fisiológicos e do manejo da cultura.

O consumo de água pelo cafeeiro, para melhor definição da lâmina de irrigação a ser aplicada, tem sido quantificado, principalmente, pelo uso de variáveis climatológicas como a evapotranspiração de referência e o coeficiente de cultura (Doorenbos & Kassan 1979) ou, ainda, mediante a adaptação do balanço hídrico do solo (Camargo & Pereira 1990). Doorenbos & Pruitt (1977) recomendam o valor médio de kc, para cafeeiros adultos, entre 0,9 a 1,1, em todas as fases de desenvolvimento, sem especificar local e condições em que tais valores foram obtidos. Santinato *et al.* (1996) determinaram os valores de kc para cafeeiros, para diferentes idades das plantas, espaçamento entre plantas e densidades de plantio. Para plantas com idade de zero a doze meses, os

valores de kc variaram de 0,6 a 0,9, para as densidades de plantio de 2.500 a 13.333 plantas ha⁻¹, respectivamente. Para as mesmas densidades de plantio, os autores recomendam, para plantas entre 12 a 36 meses de idade, kc entre 0,8 a 1,1; e para plantas com idade superior a 36 meses, valores de kc entre 1,0 a 1,3. Também para cafeeiro, Allen *et al.* (1998) propuseram valores de kc entre 0,90 e 0,98, e entre 1,05 a 1,10, na ausência e presença de plantas daninhas, respectivamente. Antunes (2000) determinou o valor de kc para as duas cultivares de cafeeiros, Catucaí Vermelho e Acaíá Cerrado, ambas com 14 meses, na região de Viçosa-MG, encontrando valores médios de 0,35 e 0,40, respectivamente. Estes foram inferiores aos encontrados na literatura, pelo que os autores recomendaram maior experimentação agrônômica para a determinação de kc em cafeeiro, devido à grande diversidade climática brasileira, manejo da cultura e idades das plantas.

Rocha *et al.* (2006) encontraram, para a cultivar Catucaí, cultivada em Planaltina-DF, valores de kc entre 0,5 e 0,8, para plantas com até dois anos de idade, nos períodos de junho a agosto, e setembro a maio, respectivamente. Para cafeeiros com mais de dois anos de idade, os autores encontraram valores de 1,0 e 1,25, para os mesmos períodos. Segundo Guerra *et al.* (2005), os valores de kc para o período de maior demanda nas condições climáticas do cerrado são, em média, 25% maiores que os encontrados na literatura.

Vários parâmetros têm sido estudados para avaliar a resposta das espécies vegetais ao estresse hídrico, destacando-se o potencial hídrico foliar, o potencial osmótico e o conteúdo relativo de água, a condutância estomática e a transpiração, a temperatura foliar e a acumulação de prolina (Nogueira *et al.* 2001). Esses estudos assumem grande importância em vista de que, nos vários tipos de vegetação, a produtividade é considerada mais intimamente relacionada com a água disponível para as plantas do que com qualquer outro fator ambiental. Portanto, a capacidade das plantas se manterem túrgidas é tida como uma característica necessária para a garantia da produção, em locais onde ocorre déficit hídrico (Salisbury & Ross, 1991).

Segundo Nascimento *et al.* (2006), a espessura das lâminas foliares e a densidade estomática podem variar de acordo com a localização da folha na planta e com o grau de exposição ao sol. No caso do cafeeiro, as características anatômicas são altamente

influenciadas pelo nível de radiação. Voltan *et al.* (1992) constataram que o número de estômatos e as espessuras dos parênquimas paliçádico e esponjoso decresceram com o aumento no nível de irradiância nos cultivares Mundo Novo, Catucaí-Vermelho, Bourbon Vermelho, Apatã e Icatu Amarelo.

Amaral *et al.* (2006) verificaram que, em cafeeiro cv. Catucaí Vermelho, cultivado a pleno sol na região de Viçosa-MG e irrigado regularmente para manter a umidade do solo próxima à capacidade de campo, a resistência difusiva estomática foi menor pela manhã (300 a 1.900 s m⁻¹), enquanto à tarde, assumiu valores relativamente elevados (900 a 3.900 s m⁻¹). Os dados foram obtidos entre meados de março ao início de maio, quando se coincidiu com quedas drásticas no crescimento de ramos e na expansão da área foliar. Esse mesmo comportamento foi verificado por Morais *et al.* (2003), em cafeeiros cultivados ao pleno sol, em que as maiores taxas fotossintéticas ocorreram nos períodos da manhã, com rápidos decréscimos durante as horas de intensa radiação e temperatura. Os baixos valores da taxa fotossintética líquida de cafeeiros podem contribuir para certa redução nos valores das taxas de condutância estomática, o que podem ser explicado pelo aumento da temperatura foliar (Carvalho *et al.* 2001).

Pela variação nos valores de kc descritos na literatura, observa-se a necessidade de sua determinação nas diferentes fases do ciclo fenológico do cafeeiro, idade das plantas, condições climáticas locais e manejo adotado na condução da cultura. Assim, objetivou-se neste trabalho determinar o coeficientes de cultura (kc) e avaliar o estado hídrico foliar ao longo do dia, em plantas de cafeeiros, cultivar Catucaí, nas fases de floração e de formação de grãos, na região de Goiânia-GO.

MATERIAL E MÉTODOS

O trabalho foi realizado na área experimental de cafeicultura irrigado da Escola de Agronomia e Engenharia de Alimentos, Universidade Federal de Goiás (EA-UFG), localizada em Goiânia-GO (16° 36' de latitude Sul, 49° 17' de longitude Oeste e 730 m de altitude). O clima do local, segundo a classificação de Köppen, é do tipo Aw, quente e semi-úmido com estação seca bem definida, de maio a setembro, com temperatura média anual de 23°C, precipitação e insolação total anual média de 1575,9 mm e 2588,1

horas, respectivamente. O solo da área foi classificado por Silva *et al.* (2002) como Latossolo vermelho-escuro distroférico, de textura média, relevo suave ondulado, fase floresta tropical subcaducifólia/cerrado.

A área do experimento se encontrava cultivada com o cafeeiro (*Coffea arabica* L.), variedade Catucaí, com 36 meses de idade, no espaçamento de 0,75 por 2,5 m, com densidade de plantio de 5.333 plantas ha⁻¹. O experimento foi conduzido de 21 de julho a 10 de outubro de 2004, período que coincide com as fases de floração e formação de chumbinho, fases de maior demanda de água pela cultura e de menores índices pluviométricos.

A área foi irrigada com tubogotejador, marca Drip Amanco, com gotejadores espaçados de 0,60 m (1,5 gotejadores planta⁻¹). No manejo da irrigação, adotou-se um turno de rega fixo de quatro dias, com lâmina de água variável em função da evapotranspiração no período. A lâmina de irrigação (LI), em milímetros, foi determinada em função da umidade do solo:

$$LI = 1000 \times (\bar{\theta}_{cc} - \bar{\theta}_a) \times Z$$

em que:

$\bar{\theta}_{cc}$: umidade volumétrica média na capacidade de campo (m³ m⁻³);

$\bar{\theta}_a$: umidade volumétrica atual média na camada de 0 a 0,40 m, determinada pela sonda TDR (m³ m⁻³); e

Z: profundidade de controle da irrigação de 0,40 m.

A umidade na capacidade de campo, igual a 0,4133 m³ m⁻³, foi estimada conforme Silva *et al.* (2002), a partir da curva de retenção ajustada pelo modelo de van Genuchten (1980), considerando a tensão de -10 kPa.

Nos dias em que se procedeu às irrigações, foram determinadas as umidades em duas camadas de solo, 0-0,20 m e 0,20-0,40 m, com o auxílio de um TDR (Time Domain Reflectometry) portátil, modelo Hydrosense de fabricação da Campbell (Figura 1). Para a obtenção da umidade do solo pelo emprego do TDR, fez-se, inicialmente, a curva de calibração do equipamento. Para tal, promoveu-se à saturação do solo em uma área de 1,0 m², onde diariamente procedia-se à leitura do TDR nas duas camadas do solo estudadas e, simultaneamente, a retirada das amostras do solo com o auxílio de um trado de rosca. As amostras eram acondicionadas em recipientes de



Figura 1. Leitura da umidade do solo com a sonda TDR nas camadas de 0-0,20 m (a) e 0,20-0,40 m (b).

alumínio e encaminhadas ao Laboratório de Solos / EA-UFG, para a obtenção da umidade pelo método padrão de estufa. Empregando-se um amostrador Uhland, foram retiradas na mesma área amostras indeformadas do solo para a obtenção da massa específica do solo, empregada na conversão da umidade gravimétrica em volumétrica.

As umidades foram determinadas em três pontos distantes de 0,40 m do caule da planta, conforme recomendação de Antunes (2000). Como a sonda TDR integra a umidade média da camada de espessura 0,20 m, correspondente ao comprimento da haste, para se determinar a umidade na camada de 0,20 - 0,40 m, com auxílio de um trado de caneca abriu-se um furo no solo, com 0,20 m de profundidade. Em seguida, fez-se o seu revestimento com tubo de 100 mm de diâmetro e, para se evitar a entrada de água, colocou um tampão também de 100 mm sobre o furo.

Para se estabelecer o tempo de irrigação, inicialmente fez-se algumas caracterizações do sistema de irrigação. Em todas as irrigações, mantiveram-se as pressões na saída da bomba e no cavalete de entrada do experimento em 400 kPa e 200 kPa, respectivamente. Empregando-se a metodologia proposta por Keller & Karmelli (1975), citado por Bernardo *et al.* (2006), fez-se a avaliação da distribuição de vazão dos gotejadores. A vazão dos gotejadores foi obtida pelo método direto, empregando-se cronômetro e provetas de 10 mL.

Perpendicularmente à linha de gotejadores, com o auxílio de um enxadão, abriu-se uma trincheira de 0,20 m de largura, com 0,40 m de profundidade e 2,50 m de extensão, com a finalidade de se determinar o avanço lateral do bulbo de umedecimento formado no solo (Figura 2). Após duas semanas de irrigações consecutivas, com o auxílio de uma trena, mediu-se o avanço lateral do bulbo de umedecimento a uma profundidade de 0,20 m. Também foi determinado o



Figura 2. Método de determinação do avanço horizontal do bulbo de umedecimento.

diâmetro médio da copa de dez plantas de cafeeiros, tomando-se o diâmetro da saia das plantas em dois sentidos perpendiculares.

O tempo de irrigação (T), em horas, foi determinado levando-se em consideração dois sistemas de manejo da irrigação, isto é, ponderando-se a área de cada planta pela porcentagem de área molhada (P), ou ponderando-se a lâmina de irrigação pelo coeficiente de localização (KI):

$$T = \frac{LI}{\text{CUD} \times \bar{q} \times n} (E_p \times E_f \times P)$$

$$T = \frac{E_p \times E_f}{\text{CUD} \times \bar{q} \times n} LI \times KI$$

em que: E_p e E_f são os espaçamentos entre plantas de cafeeiros e entre fileiras de plantas (m), respectivamente; CUD é o coeficiente de uniformidade de distribuição; é a vazão média dos emissores ($L h^{-1}$); e n é o número de emissores por planta.

A porcentagem de área molhada e o coeficiente de localização foram obtidos pelas equações a seguir, levando-se em consideração o raio do bulbo de umedecimento (r) e a área média de projeção das copas de cafeeiros (A_c):

$$P = 100 \frac{r}{E_f}$$

$$KI = [A_c + 0,15 (1 - A_c)]$$

Na determinação do coeficiente de cultura, empregou-se a seguinte relação: $kc = E_{Tc} / E_{To}$; em que: E_{Tc} e E_{To} são as evapotranspirações do cafeeiro e de referência, acumuladas no período entre duas irrigações consecutivas (mm).

Considerando-se que no período avaliado não ocorreram chuvas na região, e que durante a irrigação não houve escoamento superficial e percolação

profunda, a evapotranspiração acumulada (E_{Tc}) entre duas irrigações consecutivas, empregada na determinação de kc , foi obtida pelo cálculo da lâmina de irrigação (LI). Isto é, o balanço de água foi feito com base na equação que calcula LI.

O valor diário de E_{To} foi estimado pelo modelo de Penman-Monteith (FAO-56), com base no conceito de altura hipotética, que apresenta, segundo Smith *et al.* (1991), altura da vegetação de 0,12 m, resistência aerodinâmica do dossel de $69 s m^{-1}$ e albedo de 0,23. Logo:

$$E_{To} = \frac{0,4082 \Delta (R_n - G) + \gamma^* \frac{900}{T + 273} u_2 (e_s - e_a)}{\Delta + \gamma^* (1 + 0,34 u_2)}$$

em que:

E_{To} : evapotranspiração de referência ($mm d^{-1}$);

Δ : declividade da curva de pressão de vapor de saturação ($kPa ^\circ C^{-1}$);

γ^* : constante psicrométrica modificada em função das resistências aerodinâmica e do dossel e ($kPa ^\circ C^{-1}$);

R_n : saldo de radiação à superfície ($MJ m^{-2} d^{-1}$);

G : fluxo de calor no solo ($MJ m^{-2} d^{-1}$);

T : temperatura média do ar medida a 2 m de altura ($^\circ C$);

u_2 : velocidade do vento medida a 2 m de altura ($m s^{-1}$);

$(e_s - e_a)$: déficit de saturação de vapor (kPa).

Empregando-se dados meteorológicos (temperatura média do ar, temperaturas mínima e máxima, umidade relativa média diária, velocidade média diária, número de horas de brilho solar e radiação global), coletados em estações climatológicas próximas à área experimental (EA-UFG e Embrapa Arroz e Feijão), e o programa REF-ET, desenvolvido por Allen *et al.* (1998), estimaram-se os valores diários de E_{To} pelo modelo de Penman-Monteith. A lâmina total evapotranspirada pela cultura de referência, entre duas irrigações consecutivas, foi obtida pelo somatório da E_{To} diária estimada pelo modelo de Penman-Monteith.

Nos dias posteriores às irrigações, determinou-se a resistência difusiva média do vapor de água nas faces superior e inferior das folhas do cafeeiro, utilizando-se porômetro Li-Cor, modelo LI 1600. Simultaneamente às leituras do porômetro, coletaram-se, para cada planta avaliada, duas folhas sadias no terço médio da altura total da planta. As folhas foram envolvidas por papel alumínio e, imediatamente, colocadas em caixa de isopor até o momento de

determinação do potencial hídrico das folhas. O potencial hídrico foliar foi avaliado empregando-se uma câmara de Scholander. As determinações foram realizadas em 5 e 18 de setembro e em 2 e 9 de outubro, em razão da disponibilidade de uso do equipamento. A primeira avaliação foi realizada às 6:00 horas, conforme recomendação de Soares *et al.* (2001, 2005), e a última às 18:00 horas, sendo as demais realizadas em intervalos de três horas.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Pelas avaliações preliminares do sistema de irrigação empregado, por gotejamento, a vazão média dos gotejadores foi de 4,2 L h⁻¹, com um coeficiente de uniformidade de distribuição de vazão de 96,2%. O diâmetro médio da copa dos cafeeiros, avaliado com 36 meses após o plantio, foi de 1,28 m, proporcionando uma área de projeção da copa de 1,29 m². O raio de avanço lateral do bulbo de umedecimento, após duas semanas de irrigações consecutivas, na profundidade de 0,20 m, foi de 0,40 m a partir do ponto de emissão. Com estes dados, obteve-se a porcentagem de área molhada (P) e o coeficiente de localização (Kl), que foram 32% e 1,28, respectivamente.

O manejo da irrigação com base na porcentagem de área molhada (P) resultou em lâmina de irrigação total menor do que no manejo com o coeficiente de localização (Kl) (Tabela 1). Isso se deve ao fato de que o coeficiente Kl leva em consideração a área de projeção da copa do cafeeiro, enquanto no manejo baseado em P, o diâmetro de projeção da copa foi superior ao avanço horizontal do bulbo de umedecimento. Isso majora o tempo de irrigação e, por sua vez, a lâmina de água aplicada. A evapotranspiração de referência (ET_o) média mensal, estimada pelo método de Penman-Monteith

(FAO-56), apresentou a mesma tendência da evapotranspiração dos cafeeiros, expressa pela lâmina média de irrigação aplicada, com exceção ao mês de setembro (Tabela 1). Para este mês, devido a problemas operacionais na estação mais próxima, na EA-UFG, utilizaram-se as informações meteorológicas coletadas na estação climatológica da Embrapa Arroz e Feijão, à 10 km da área experimental. O microclima nas proximidades desta estação, possivelmente, era distinto daquele observado na área experimental, o que deve ter proporcionado a superestimativa de ET_o nesse mês.

Neste caso, o aumento da lâmina de irrigação ao se empregar o coeficiente Kl implicaria em perdas de água por percolação e de nutrientes por lixiviação, acarretando elevação do custo de produção da lavoura cafeeira. Assim, essa metodologia de manejo é mais apropriada para condições em que o cafezal proporcione a cobertura total do solo. Neste caso, a perda de água por evaporação é reduzida, pois tal coeficiente considera que, quando se irriga de forma localizada, há redução na evaporação e aumento na transpiração. Esse comportamento se deve ao fato de que, na irrigação localizada, com baixas lâminas de irrigação e alta frequência, irriga-se apenas a zona do solo explorada pelas raízes das plantas. Assim, mantém-se a umidade do solo próxima à capacidade de campo e, devido à captação da radiação termal emitida pela faixa do solo não umedecida pela parte aérea das plantas, há uma tendência de se aumentar a transpiração das plantas.

Relacionando-se os valores médios da evapotranspiração do cafeeiro (E_c), expressa pela lâmina média de irrigação aplicada, e o somatório de ET_o no período entre as irrigações consecutivas e no período de condução das avaliações, obtiveram-se os valores do coeficiente de cultura (Tabela 2). Com exceção do mês de setembro, quando o valor de ET_o foi superestimado (informações meteorológicas disponíveis apenas numa estação mais distante), os valores de kc médio mensal foram superiores aos apresentados por Doorembos & Pruitt (1977), Allen *et al.* (1998), Antunes (2000) e Rocha *et al.* (2006). Os resultados aproximaram-se mais dos valores recomendados por Santinato *et al.* (1996) e Guerra *et al.* (2005), para plantas mais de 36 meses de idade com densidade de plantas de 6.666 plantas ha⁻¹, em que o kc varia entre 1,0 a 1,3.

A demanda de água do cafeeiro é variável ao longo do ano, em função de seu ciclo perene e de

Tabela 1. Lâminas média mensal e total aplicadas no cultivar Catucaí de cafeeiro, em função de dois sistemas de manejos da irrigação, e evapotranspirada pela cultura de referência (ET_o), no período de 21 de julho a 8 de outubro de 2004, em Goiânia-GO.

Manejo da irrigação ¹	Lâmina de irrigação (mm)				Total
	Julho	Agosto	Setembro	Outubro	
P	16,45	18,45	17,73	19,48	356,95
Kl	16,84	19,93	18,64	19,48	376,70
Lâmina evapotranspirada pela cultura de referência (mm)					
E _o	12,00	13,22	20,21	14,09	335,67

¹- P: porcentagem de área molhada; Kl: coeficiente de localização; e ET_o: evapotranspiração de referência.

suas fases fenológicas (Camargo & Camargo 2001, Pezzopane *et al.* 2003), acarreta variações em kc. Por outro lado, os valores de kc encontrados na literatura são considerados constantes, dependendo apenas da idade e do estande de plantio, isto é, sem levar em consideração a fenologia da cultura. Pelos resultados obtidos nesse estudo, entretanto, verificam-se variações nos valores de kc em resposta às condições do clima local, manejo da irrigação e fase de alta demanda de água pelo cafeeiro (floração e formação de chumbinho), evidenciando a importância da obtenção do kc nas diferentes fases fenológicas do cafeeiro.

Com relação ao manejo de irrigação baseado no coeficiente KI, o qual mantém o solo com umidade superior à do manejo sob P, o potencial hídrico foliar (ψ_f) manteve-se em valores inferiores ao longo do dia, principalmente no período da tarde (Tabela 3). Isso conferiu um nível de turgescência superior quando comparado ao nível proporcionado pelo manejo empregando-se P. Esse comportamento favoreceu a redução da resistência média difusiva do vapor de água (R_s) nos estômatos foliares, proporcionando aumento na taxa de transpiração, o que, provavelmente ocasionou maior valor de kc. A resistência difusiva do vapor de água ao longo do dia, apresentou uma relação direta com o potencial hídrico foliar do cafeeiro, em resposta às variações de temperatura e de umidade relativa do ar (Figura 3).

Com o aumento da temperatura entre 6:00 às 15:00 horas, houve redução na umidade relativa, o que proporcionou déficit de saturação de vapor e aumento na resistência difusiva e, por sua vez, aumento no potencial hídrico foliar. Com a recuperação da turgescência no final da tarde, devido à queda da temperatura e ao aumento da umidade relativa, houve redução nos valores da resistência difusiva do vapor de água pelos estômatos, para ambos sistemas de manejo de irrigação. Isso corrobora os resultados obtidos por Soares *et al.* (2001, 2005) e Amaral *et al.* (2006). Os valores

Tabela 2. Valores de coeficiente de cultura (kc) para a cultivar de café Catucaí, determinados por dois sistemas de manejo da irrigação, avaliados entre os meses de julho a outubro de 2004, na a região de Goiânia-GO.

Manejo da irrigação ¹	Julho	Agosto	Setembro	Outubro	Período
P	1,37	1,40	0,88	1,38	1,06
KI	1,40	1,51	0,92	1,38	1,12

¹- P: porcentagem de área molhada; KI: coeficiente de localização.

Tabela 3. Valores médios do potencial hídrico foliar (ψ_f) e da resistência difusiva do vapor de água nas folhas do cafeeiro (R_s) cultivar Catucaí, ao longo do dia, em função do manejo da irrigação¹.

Horário das avaliações	ψ_f (MPa)		R_s (s m ⁻¹)	
	P	KI	P	KI
6:00	-0,52	-0,34	582,00	347,33
9:00	-1,22	-0,94	1572,67	947,33
12:00	-1,73	-1,59	2325,00	2138,67
15:00	-1,41	-1,62	2404,33	2147,00
18:00	-0,90	-0,82	1654,67	1848,00

¹- P: porcentagem de área molhada; KI: coeficiente de localização.

médios de R_s e ψ_f (Tabela 3) também estão condizentes com os obtidos por Amaral *et al.* (2006) e Freitas *et al.* (2003) para a mesma cultivar em estudos realizados em Viçosa e Lavras-MG.

CONCLUSÕES

1. Para plantas de cafeeiro da cultivar Catucaí, com 36 meses de idade, e nas condições edafoclimáticas da região de Goiânia-GO, o valor do coeficiente de cultivo (kc) depende do tipo de manejo da irrigação.
2. O manejo da irrigação empregando-se o coeficiente de localização (KI) proporciona aumento da lâmina de irrigação e, conseqüentemente, dos valores de kc, que atingem média igual a 1,12. No manejo baseado na porcentagem da área molhada (P), o valor médio de kc é de 1,06.
3. Os valores dos potenciais hídricos foliares ao longo do dia (ψ_f) são menores no manejo baseado em KI, relativamente ao manejo baseado em P, em razão do primeiro sistema manter maior nível de umidade no solo.

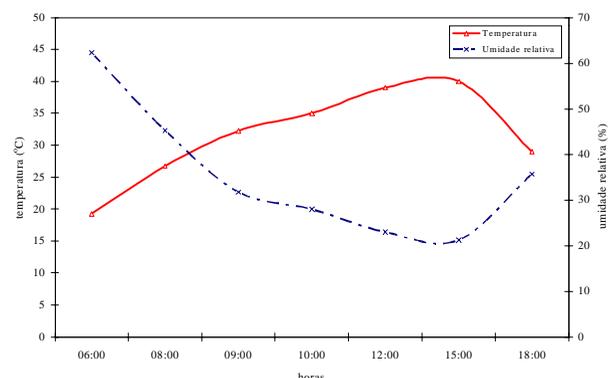


Figura 3. Comportamento diário da umidade relativa e da temperatura média do ar, no período de 21 de julho a 8 de outubro de 2004, em Goiânia-GO.

REFERÊNCIAS

- Allen, R.G., L.S. Pereira, D. Raes & M. Smith. 1998. Crop evapotranspiration: guidelines for computing crop water requirements. FAO, Rome. 290 p. (Irrigation and Drainage 56).
- Amaral, J.A.T., A.B. Rena & J.F.T. Amaral. 2006. Crescimento vegetativo sazonal do cafeeiro e sua relação com fotoperíodo, frutificação, resistência estomática e fotossíntese. Pesquisa Agropecuária Brasileira, 41: 377-384.
- Antunes, R.C.B. 2000. Determinação da evapotranspiração e influência da irrigação e da fertirrigação em componentes vegetativos, reprodutivos e nutricionais do café arábica. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal de Viçosa, 162 p.
- Bernardo, S., A.A. Soares & E.C. Mantovani. 2006. Manual de irrigação. Viçosa, Editora UFV. 625 p.
- Camargo, A.P. 1985. Florescimento e frutificação do café arábica nas diferentes regiões cafeeiras do Brasil. Pesquisa Agropecuária Brasileira, 20: 831-839.
- Camargo, A.P. & A.R. Pereira. 1990. Prescrição de rega por modelo climatológico. Fundação Cargil, Campinas. 27 p.
- Camargo, A.P. & M.B.P. Camargo. 2001. Definição e esquematização das fases fenológicas do cafeeiro arábica nas condições tropicais do Brasil. Bragantia, 60: 65-68.
- Carvalho, L.M., E.A.M. Silva, A.A. Azevedo, P.R. Mosquim & P.R. Cecon. 2001. Aspectos morfo-fisiológicos das cultivares de cafeeiro Catucaí-Vermelho e Conilon. Pesquisa Agropecuária Brasileira, 36: 411-416.
- Doorenbos, J. & A.H. Kassan. 1979. Yield response to water. FAO, Rome. 193 p. (Irrigation and Drainage Paper 33).
- Doorenbos, J. & J.O. Pruitt. 1977. Guidelines for predicting crop water requirements. FAO, Rome. 179 p. (FAO Irrigation and Drainage 24).
- Freitas, R.B., L.E.M. Oliveira, N. Delú Filho & A.M. Soares. 2003. Influência de diferentes níveis de sombreamento no comportamento fisiológico de cultivares de café (*Coffea arabica* L.). Ciência e Agrotecnologia, 27: 804-810.
- Gouveia, N.M. 1984. Estudo da diferenciação e crescimento das gemas florais de *Coffea arabica* L.: observações sobre antese e maturação dos frutos. Dissertação de Mestrado. Universidade Estadual de Campinas. 237 p.
- Guerra, A.F., O.C. Rocha & G.C. Rodrigues. 2005. Manejo do cafeeiro irrigado no cerrado com estresse hídrico controlado. Irrigação & Tecnologia Moderna. 65/66: 42-45.
- Jensen, M.E. 1969. Water consumption by agricultural plants. p.1-22. In T.T. Koslowski. Water deficits and plant growth. Academic Press, New York. 200 p.
- Konrad, M.L.F., J.A.B. Silva, P.R. Furlani & E.C. Machado. 2005. Trocas gasosas e fluorescência da clorofila em seis cultivares de cafeeiro sob estresse de alumínio. Bragantia, 64: 339-347.
- Miranda, F.R., F. Souza & R.S.F. Ribeiro. 1999. Estimativa da evapotranspiração e do coeficiente de cultivo para a cultura do melão plantado na região litorânea do Estado do Ceará. Engenharia Agrícola, 18: 63-70.
- Morais, H., C.J. Marur, P.H. Caramori, A.M.A. Ribeiro & J.C. Gomes. 2003. Características fisiológicas e de crescimento de cafeeiro sombreado com guandu e cultivado a pleno sol. Pesquisa Agropecuária Brasileira, 38: 1131-1137.
- Nascimento, E.A., L.E.M. Oliveira, E.M. Castro, N. Delú Filho, A.C. Mesquita & C.V. Vieira. 2006. Alterações morfofisiológicas em folhas de cafeeiro (*Coffea arabica* L.) consorciado com seringueira (*Hevea brasiliensis* Muell. Arg.). Ciência Rural, 36: 852-857.
- Nogueira, R.J.M.C., J.A.P.V. Moraes, H.A. Burity & E. Bezerra Neto. 2001. Alterações na resistência à difusão de vapor das folhas e relações hídricas em aceroleiras submetidas a déficit de água. Revista Brasileira de Fisiologia Vegetal, 13:75-87.
- Pezzopane, J.R.M., M.J. Pedro Júnior, R.A. Thomaziello & M.B.P. Camargo. 2003. Escala para avaliação de estádios fenológicos do cafeeiro arábica. Bragantia, 62: 499-505.
- Rocha, O.C., A.F. Guerra, F.A.M. Silva, J.R.R. Machado Júnior, M.C. Araújo & H.H. Silva. 2006. Programa para monitoramento de irrigação do cafeeiro no cerrado. p. 61-64. In Simpósio Brasileiro de Pesquisa em Cafeicultura Irrigada, 8. Araguari. 198 p. Anais.
- Santinato, R., A.L.T. Fernandes & D.R. Fernandes. 1996. Irrigação na cultura do café. Arbore, Campinas. 146 p.
- Silva, L.B., L.F.C. Oliveira, J.L. Nascimento & P.H. Ferreira. 2002. Caracterização físico-hídrica de um latossolo vermelho escuro perférrico sob dois sistemas de manejo. In Congresso Brasileiro de Ciências do Solo, 27. Ribeirão Preto. CD-Rom. Anais.
- Salisbury, F.B. & C.W. Ross. 1991. Plant physiology. Wadsworth Publishing Company, California. 682 p.
- Smith, M., A. Segeren, L.S. Pereira, A. Perrier & R.G. Allen. 1991. Report on the expert consultation on procedures for revision of FAO guideline for prediction of crop water requirements. FAO, Rome. 45 p.
- Soares, A.R., A.B. Rena, E.C. Mantovani, A.A. Soares & R.O. Batista. 2001. Estudo do efeito de déficit hídrico sobre a queda da dormência na floração de um cultivar

- de café arábica irrigado por gotejamento. p. 48-49. In Simpósio de Pesquisa dos Cafés do Brasil, 2. Brasília. 198 p. Resumos.
- Soares, A.R., E.C. Mantovani, A.B. Rena & A.A. Soares. 2005. Irrigação e fisiologia da floração em cafeeiros adultos na região da zona da mata de Minas Gerais. *Acta Scientiarum*, 1: 117-125.
- Stone, L.F. & P.M. Silveira. 1995. Determinação da evapotranspiração para fins de irrigação. Embrapa-CNPAP, Santo Antônio de Goiás. 49 p.
- Van Genuchten, M.T. 1980. A closed-form equation for predicting the hydraulic conductivity of unsaturated soils. *Soil Science Society America Journal*, 44: 892-898.
- Voltan, R.B.Q., Fahl, J.I. & M.L.C. Carelli. 1992. Variação na anatomia foliar de cafeeiros submetidos a diferentes intensidades luminosas. *Revista Brasileira de Fisiologia Vegetal*, 4: 99-105.