

ESTIMATIVA DO CONSUMO HÍDRICO DO CAFEIEIRO EM FUNÇÃO DE PARÂMETROS CLIMATOLÓGICOS

FAVARIN, J.L.²; VILLA NOVA, N.A.³; ANGELOCCI, L.R.⁴; DOURADO-NETO, D.⁵ e BERNARDES, M.S.⁶

¹Parte do projeto de pesquisa do estágio de experimentação em RDIDP do 1º autor (“Estudo de atributos do sistema radicular e de critérios para manejo de irrigação do cafeeiro”); ²USP/ESALQ, Departamento de Produção Vegetal, <jlfavari@carpa.ciagri.usp.br>; ³USP/ESALQ, Departamento de Ciências Exatas, Bolsista CNPq, (19)4294283; ⁴USP/ESALQ, Bolsista CNPq, <lrangelo@carpa.ciagri.usp.br>; ⁵USP/ESALQ, Bolsista CNPq, <dourado@carpa.ciagri.usp.br>; ⁶USP/ESALQ, msbernar@carpa.ciagri.usp.br, (19) 4294185

RESUMO: Com o objetivo de propor e avaliar um modelo para estimar a transpiração ($T_e=0,347 \cdot ET_0 \cdot AF$) do cafeeiro, em função da área foliar (AF) e da evapotranspiração de referência (ET_0), foi conduzido experimento de campo na área do Departamento de Produção Vegetal (ESALQ/USP), utilizando a variedade ‘Mundo Novo IAC 388-17’ enxertada sobre a variedade ‘Apoatã IAC 2258’ no espaçamento de 2,5 x 1,0 m (4.000 plantas.ha⁻¹), a fim de determinar o consumo hídrico pela variação do armazenamento de água no solo. No período de agosto de 1998 a novembro de 2000, foram realizadas nove avaliações de consumo de água pelo método gravimétrico, sendo o volume de solo calculado pelo produto entre a profundidade (0,6 m) e a área projetada pela copa. Determinou-se a área foliar utilizando integrador de área marca LI-COR (modelo 3100). O teor de água do solo foi determinado em amostras retiradas a cada 0,15 m de profundidade. Os resultados obtidos evidenciam que o modelo proposto apresentou boa concordância com a medida da transpiração do cafeeiro pelo método gravimétrico, indicando ser viável na forma descrita para controle de irrigação localizada, bem como fornecer subsídios para uma metodologia que possibilite a estimativa do coeficiente de cultura (K_c) necessário ao manejo da irrigação por aspersão.

Palavras-chave: *Coffea arabica* L., transpiração, área foliar, armazenamento hídrico no solo.

WATER CONSUMPTION ESTIMATE OF COFFEE PLANT AS A FUNCTION OF CLIMATOLOGICAL PARAMETERS

ABSTRACT: With the purpose of proposing and evaluating a model to estimate the coffee plant transpiration ($T_e=0,347 \cdot ET_0 \cdot AF$), as a function as leaf area (AF) and reference evapotranspiration (ET_0), a field experiment was carried out at the Crop Production Department (ESALQ/USP), using the cultivar

'Mundo Novo IAC 388-17' grafted over the cultivar 'Apoatã IAC 2258' spaced 2,5m x 1,0m (4,000 plants/ha), for determine water consumption by soil water holding variation. From August 1998 to November 2000, the plant water consumption was evaluated by gravimetric method (9 measurements), where the soil volume was computed considering the soil depth (0,6m) and the crown projected area. The leaf area was measured using the equipment LI-COR (model 3100). The soil water content was measured using samples collected each 0,15m in depth. The results showed that the proposed model presented very well accuracy when compared with observed values of coffee plant transpiration using the gravimetric method, indicating its usability for water control in drip and micro-sprinkler irrigation, as well to subsidy a methodology for estimating the crop coefficient (Kc) needed to manage sprinkler irrigation.

Key words: *Coffea arabica* L., transpiration, leaf area, soil water holding.

INTRODUÇÃO

Levantamentos preliminares indicam que a área de café irrigado alcança aproximadamente 200 mil hectares, o que representa 10% da área total cultivada com a cultura e 8,7% da área irrigada no Brasil (Mantovani, 2000). No Cerrado, predominam solos ústicos quanto ao regime hídrico, com deficiência de água variando entre 90 e 180 dias consecutivos (Demattê & Dematê, 1993).

A principal fonte de carboidratos para os botões florais é a fotossíntese e não as reservas contidas nas folhas e nos ramos (Melotto, 1987), significando que a produção depende da relação funcional entre folhas e frutos (Rena et al., 1994). Assim, a produtividade do cafeeiro é reduzida pela limitação de água, elevando o índice de grãos chochos – da ordem de 45%, quando a deficiência coincide com o período de granação dos frutos. Além disso, o crescimento dos ramos plagiotrópicos é paralisado, comprometendo a produção subsequente (Camargo et al., 1984; Fernandes et al., 1998). As vantagens econômicas da irrigação em cafeeiro são evidenciadas nos plantios com maior densidade de plantas, principalmente na região dos Cerrados, obtendo-se produto de elevada qualidade devido à baixa umidade relativa da atmosfera.

O efeito da irrigação sobre o crescimento e a qualidade de grãos de café foi determinado por Fernandes et al. (1998). Entretanto, um diagnóstico recente da cafeicultura irrigada no Cerrado evidenciou a necessidade da utilização de parâmetros técnicos para orientar a prática da irrigação (Santos et al., 1998).

Uma questão fundamental e praticamente desconhecida é o consumo hídrico do cafeeiro, em relação ao volume de água ou à lâmina de irrigação a ser aplicada. Nesse sentido, têm-se utilizado parâmetros

climatológicos, como evapotranspiração de referência e coeficientes de cultura (Doorenbos & Kassan, 1979), cujas informações na literatura, para a cultura de café, são escassas. Também tem sido adotada uma adaptação do balanço hídrico no solo (Camargo & Pereira, 1994). Na abordagem fundamentalmente climatológica desconsideram-se fatores da planta, como a área foliar, cuja dimensão é essencial à estimativa da demanda de água pelas plantas. A importância de se levar em consideração a área foliar para a estimativa da transpiração das plantas é evidenciada pela relação positiva e linear entre o fluxo de seiva em 24 horas, representativo da transpiração, e a superfície foliar (Angelocci & Valancogne, 1993; Villa Nova et al., 2001).

O presente trabalho foi realizado com o objetivo de propor e avaliar um modelo de estimativa de consumo hídrico em função de variáveis climáticas e da área foliar, bem como introduzir uma metodologia que subsidie estudos para controle de água em irrigação localizada e estimativa do coeficiente de cultura (K_c) do cafeeiro.

MATERIAL E MÉTODOS

A pesquisa foi realizada no campo experimental do Departamento de Produção Vegetal da ESALQ, Universidade de São Paulo, em uma plantação de café da variedade 'Mundo Novo IAC 388-17' enxertada sobre porta-enxertos da variedade 'Apoatã IAC 2258', no espaçamento de 2,5 x 1,0 m (4.000 plantas.ha⁻¹). No período entre agosto de 1998 e novembro de 2000 foram realizadas nove avaliações sobre o consumo de água pelo método gravimétrico, das quais sete ocorreram em intervalos de dois dias, e duas avaliações com intervalos de cinco dias. No final dessas avaliações, iniciadas no 15^o mês após o plantio e repetidas em períodos variáveis entre 60 e 150 dias, determinou-se a área foliar das plantas e o diâmetro inferior do dossel do cafeeiro. Durante o período de duração do experimento, o cafeeiro foi irrigado por aspersão, aplicando-se uma lâmina equivalente a evapotranspiração acumulada, para impedir que as plantas fossem submetidas a estresse hídrico.

Determinação do consumo de água

O consumo hídrico foi determinado através do balanço de massa de água, considerando que a perda de água pela planta foi igual à variação de armazenamento hídrico do solo no período. Para o cálculo, desconsiderou-se a drenagem profunda ou a ascensão capilar, o que não implicou fonte considerável de erro, uma vez que as determinações foram realizadas em períodos em que essas variáveis eram

desprezíveis, conforme dados obtidos no posto meteorológico, verificando-se a ausência de chuvas nos dias que antecederam as realizações das medidas.

Para determinação da variação do armazenamento de água, as amostras de solo foram recolhidas a cada 0,15 m até 0,60 m de profundidade, em duas posições diametralmente opostas de cada planta (t_I , posições A e B). Após um intervalo de dois dias da 1ª até a 7ª avaliação e de cinco dias para a 8ª e 9ª avaliações, coletaram-se novas amostras em outras duas posições nas mesmas plantas (t_F , posições C e D). O consumo de água medido é representativo da transpiração da planta, pois evitou-se a influência da evaporação, pela exposição do solo à radiação luminosa, uma vez que as amostras foram retiradas em posições localizadas a 0,2 m da projeção externa do diâmetro inferior do dossel (D_i) em direção ao caule da planta, conforme apresentado na Figura 1.

A variação de umidade volumétrica média foi medida até a profundidade de 0,6 m, obtida em duas plantas, em dois locais por planta, e, em duas épocas (t_I e t_F), de acordo com a expressão 1:

$$\frac{\Delta\theta}{\Delta t} = \frac{(U_I - U_F)\rho}{100(t_F - t_I)} \quad (1)$$

em que $\Delta\theta$ corresponde à variação do teor médio de água ($m^3.m^{-3}$) no perfil do solo no período Δt ($\Delta t = t_F - t_I$); U_F , ao teor final de água no solo no instante t_F ; U_I , ao teor inicial de água no solo no instante t_I ; e ρ , à massa específica do solo da área experimental.

O valor da transpiração medida pelo método gravimétrico convencional foi obtido conforme a expressão 2:

$$T_m = 1000.V_s \cdot \frac{\Delta\theta}{\Delta t} \quad (2)$$

em que T_m corresponde à transpiração medida ($\text{Litros.planta}^{-1}.\text{dia}^{-1}$) e V_s , ao volume de solo, correspondente ao produto da área de projeção do dossel pela profundidade efetiva do sistema radicular (h , m), calculado conforme a expressão 3. O fator 1000 foi aplicado para a transformação dos dados obtidos em $m^3.planta^{-1}.\text{dia}^{-1}$ para $\text{litros.planta}^{-1}.\text{dia}^{-1}$.

$$V_s = h \frac{\pi.Die^2}{4} \quad (3)$$

em que Die corresponde ao diâmetro (m) inferior efetivo do dossel do cafeeiro ($Die = D_{ip} - 0,4m$), obtido pela diferença entre o diâmetro projetado (D_{ip} , m), desconsiderando 0,2 m de cada lado da planta em direção ao caule. Esse procedimento foi adotado no intuito de não computar a região do dossel sem influência da radiação solar, onde não se encontram raízes ativas na absorção de água, independentemente da época do ano (Amaral et al., 1987; Amaral, 1991).

Os dados meteorológicos como evaporação do tanque classe A (ECA), umidade relativa (UR) e velocidade do vento foram obtidos no posto meteorológico do Departamento de Ciências Exatas (ESALQ/USP), próximo da área experimental, estando apresentados na Tabela 1.

Estimativa do consumo de água: transpiração estimada

A evapotranspiração de referência (ET_0) foi estimada através do método do tanque classe A.

Para o cálculo da estimativa da transpiração do cafeeiro, assumiu-se cultura em renque e que a transpiração de uma planta cultivada pode ser estimada, com boa aproximação, através das expressões 4 e 5, e a expressão 4 fornece os elementos para o cálculo da lâmina de irrigação para a reposição da água perdida pela planta (transpiração):

$$Te=0,347.Kp.ECA.AF \quad (4)$$

sendo:

$$Kp=0,482+0,024.Ln(F)-0,000376.U+0,0045.UR \quad (5)$$

em que Te corresponde à transpiração média (Litros.planta⁻¹.dia⁻¹); Kp é o coeficiente de tanque obtido através da equação de regressão determinada por Snyder (1992); F corresponde à área de bordadura com vegetação do tanque classe A (10 m, nesse experimento); U , à velocidade média diária do vento a 2,0 m de altura (km.dia⁻¹); UR , à umidade relativa média diária (%); ECA , à evapotranspiração do tanque classe A (mm.dia⁻¹); e AF , à área foliar por planta (m².planta⁻¹).

Parâmetros da planta e do solo

Para testar a metodologia de estimativa da transpiração (Te , Litros.planta⁻¹.dia⁻¹), é fundamental o conhecimento dos seguintes parâmetros de crescimento da planta: (i) área foliar (AF , m².planta⁻¹); e (ii) arquitetura da parte aérea definida pelo diâmetro inferior efetivo do dossel (Die , m), utilizado para o cálculo de volume de solo (V_s , m³) (expressão 3 e Figura 1).

A determinação da área foliar foi realizada adotando-se método destrutivo, em que todas as folhas eram retiradas e mensuradas através de integrador de área foliar - marca LI-COR (modelo 3100), enquanto para a obtenção do diâmetro inferior do dossel utilizou-se uma régua graduada, medindo-se a distância diametral entre o último par de folhas das terminações dos primeiros ramos plagiotrópicos emitidos pelo cafeeiro (primeiro par de ramos, Figura 1).

Das plantas de que foram retiradas as folhas (duas plantas em cada avaliação), recolheram-se amostras de solo a cada 0,15 m até a profundidade de 0,6 m (t_i , locais A e B), e, nas mesmas plantas, após intervalos variáveis de dois e cinco dias (t_f , locais C e D), recolheram-se novas amostras. A inconstância em relação ao intervalo de amostragem deveu-se à necessidade de evitar a ocorrência de precipitação

pluvial entre as mesmas. A partir dos dados obtidos determinou-se a variação de armazenamento ($\Delta\theta$) hídrico no solo no período, bem como a medida da transpiração pelo método gravimétrico convencional (T_m , expressão 2).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na Tabela 1 são apresentados os dados climáticos e da variável de crescimento da planta de café (AF , $m^2.planta^{-1}$) utilizados na estimativa da transpiração da planta (T_e , $Litros.planta^{-1}.dia^{-1}$); na Tabela 2 encontram-se os parâmetros de arquitetura de planta: diâmetro inferior efetivo do dossel (Die , m), volume de solo ocupado por planta (V_s , m^3), variação da umidade gravimétrica no período e na profundidade igual a 0,6 m ($\Delta\theta.\Delta t^{-1}$, $m^3.m^{-3}.dia^{-1}$), bem como a medida da transpiração (T_m , $Litros.planta^{-1}.dia^{-1}$).

Tabela 1 - Estimativa do volume de água (T_e , $Litros.planta^{-1}.dia^{-1}$) consumida pelo cafeeiro ($Litros.planta^{-1}.dia^{-1}$) em cada avaliação, evaporação do tanque classe A (ECA, $mm.dia^{-1}$), umidade relativa (UR, %), velocidade do vento (U , $km.dia^{-1}$) coeficiente de tanque (K_p), evapotranspiração de referência (ET_0 , $mm.dia^{-1}$) e área foliar (AF , $m^2.planta^{-1}$)

Avaliação	idade meses	ECA $mm.dia^{-1}$	UR %	U $km.dia^{-1}$	K_p -	ET_0 $mm.dia^{-1}$	AF $m^2.planta^{-1}$	$T_e=0,347.ET_0.AF$ $Litros.planta^{-1}.dia^{-1}$
1 ^a - 06 a 08/08/98	15	2,16	89	87	0,905	1,95	0,665	0,45
2 ^a - 13 a 15/10/98	17	4,40	78	174	0,823	3,62	1,445	1,82
3 ^a - 19 a 21/01/99	20	6,73	69	120	0,803	5,40	1,690	3,17
4 ^a - 24 a 27/03/99	22	4,73	89	87	0,905	4,28	2,705	4,02
5 ^a - 07 a 09/06/99	25	2,26	88	130	0,884	2,00	4,545	3,15
6 ^a - 02 a 04/09/99	28	5,80	55	95	0,749	4,34	4,605	6,94
7 ^a - 20 a 22/11/99	30	5,31	77	144	0,829	4,40	5,860	8,90
8 ^a - 06 a 11/04/00	35	4,25	71	64	0,832	3,53	8,530	10,47
9 ^a - 18 a 23/09/00	40	5,18	64	198	0,750	3,88	7,460	10,06

A relação obtida entre os valores da estimativa de água consumida pelo cafeeiro (T_e , $Litros.planta^{-1}.dia^{-1}$) e o volume de água determinado através da variação de armazenamento hídrico do solo (T_m , $Litros.planta^{-1}.dia^{-1}$) é evidenciada na Figura 1. Verifica-se que a concordância entre as duas variáveis é muito boa, com o coeficiente angular da reta de ajuste próximo de 1 e coeficiente de determinação elevado, apesar das aproximações contidas nas determinações de T_e e T_m .

Os resultados obtidos indicam que o uso da estimativa de consumo de água pelo cafeeiro, a partir de variáveis climáticas e de crescimento da planta, área foliar (AF , $m^2.planta^{-1}$), apresenta-se viável quanto à sua aplicação em irrigação localizada.

A possibilidade de uso dessa metodologia, envolvendo variáveis climatológicas e de crescimento de planta (área foliar), é de interesse agrícola, em virtude da facilidade de obtenção dessas variáveis, em relação à determinação do consumo de água pelo balanço hídrico no solo ou através do fluxo de seiva por

métodos de aplicação de calor no caule (Baker & van Bavel, 1987; Valancogne & Nasr, 1993), indicados para plantas lenhosas. Entretanto, uma limitação para a utilização prática do modelo ($T_e=0,347.ET_0.AF$) está na dificuldade de avaliar, adequadamente, a variável de crescimento da planta (área foliar), que não pode ser destrutiva, como realizado neste experimento. Para isso, podem ser adotadas técnicas que utilizam a interceptação de radiação pelo dossel.

Tabela 2 - Volume de água (T_m , Litros.planta⁻¹.dia⁻¹) consumida pelo cafeeiro em cada época a partir da variação de armazenamento hídrico do solo, diâmetro inferior efetivo do dossel (D_{ie} , m), volume do solo (V_s , m³.m⁻³) e variação temporal de umidade do solo ($\Delta\theta.\Delta t^{-1}$, m³.m⁻³.dia⁻¹).

Avaliação	idade meses	D_{ip} m	D_{ie} m	V_s m ³	$\Delta\theta.\Delta t^{-1}$ m ³ .m ⁻³ .dia ⁻¹	$T_m=1000.V_s.\Delta\theta$ litros.planta ⁻¹ .dia ⁻¹
1 ^a - 06 a 08/08/98	15	0,78	0,38	0,068	0,0072	0,49
2 ^a - 13 a 15/10/98	17	1,06	0,66	0,205	0,0080	1,64
3 ^a - 19 a 21/01/99	20	1,18	0,78	0,287	0,0076	2,18
4 ^a - 24 a 27/03/99	22	1,40	1,00	0,471	0,0086	4,05
5 ^a - 07 a 09/06/99	25	1,49	1,09	0,560	0,0067	3,75
6 ^a - 02 a 04/09/99	28	1,50	1,10	0,570	0,0123	7,01
7 ^a - 20 a 22/11/99	30	1,68	1,28	0,772	0,0091	7,03
8 ^a - 06 a 11/04/00	35	1,89	1,49	1,046	0,0088	9,20
9 ^a - 18 a 23/09/00	40	2,10	1,70	1,362	0,0074	10,09

Os resultados obtidos evidenciam a importância da variável de crescimento da planta, área foliar (AF , m².planta⁻¹), na estimativa da demanda hídrica, indicando que para obtenção de um método eficiente na quantificação de água para a irrigação localizada, na cultura do cafeeiro, tem-se que considerar essa variável, não se fundamentando exclusivamente em parâmetros climatológicos.

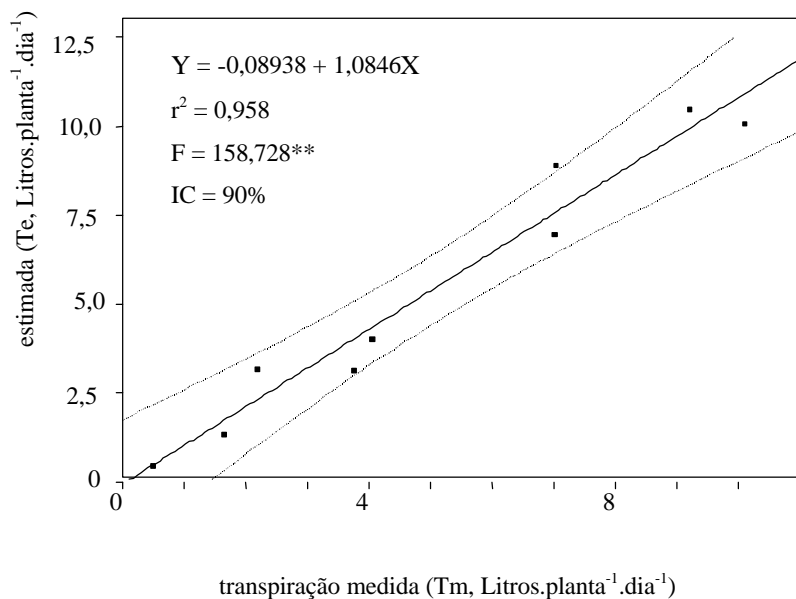


Figura 1 - Correlação entre a transpiração medida pelo método gravimétrico convencional (T_m , Litros.planta⁻¹.dia⁻¹) e a transpiração estimada (T_e , Litros.planta⁻¹.dia⁻¹) através do modelo proposto.

Assim, uma metodologia que discrimine o consumo por planta viabiliza, como consequência, a quantificação do consumo diário, o que implicará o uso mais eficiente da água, tanto nos aspectos econômicos quanto ambientais. Além disso, esse conhecimento poderá, também, fornecer subsídio para a introdução de uma metodologia que avalie, de maneira técnica e criteriosa, o coeficiente de cultura (Kc), para uso na irrigação do cafeeiro por aspersão.

CONCLUSÕES

A estimativa de consumo hídrico pelo cafeeiro em função da área foliar e de parâmetros climatológicos é viável na forma descrita, podendo-se adotá-lo para orientar, de maneira eficiente e prática, na irrigação localizada do cafeeiro, bem como fornecendo, também, subsídios para uma metodologia que estime o coeficiente de cultura (Kc) necessário na irrigação por aspersão.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AMARAL, J.A.T.; RENA, A.B.; CORDEIRO, A.T.; ALVES, J.D. Variação sazonal da atividade da redutase do nitrato foliar e radicular do cafeeiro e suas relações com a fonte de nitrogênio. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PESQUISAS CAFEEIRAS, 14. Campinas, 1987. **Anais...** Rio de Janeiro: IBC, 1987. p.125-6.
- AMARAL, J.A.T. Crescimento vegetativo estacional do cafeeiro e suas inter-relações com fontes de nitrogênio, fotoperíodo, fotossíntese e assimilação do nitrogênio. Viçosa: UFV, 1991, 139p. (Tese de Doutorado em Fitotecnia).
- ANGELOCCI, L.R.; VALANCOGNE, C. Leaf area index and water flux in apple trees. **Journal of Horticultural Science**, v.68, n.2, p.299-307, 1993.
- BAKER, J.M.; van BAVEL, C.H.M. Measurement of mass flow of water in stems of herbaceous plants. **Plant, Cell & Environment**, v.10, p.777-782, 1987.
- CAMARGO, A.P.; GROHMAN, F.; DESSIMONI, L.M.; TEIXEIRA, A.A. Efeitos na produção de café de épocas de rega e de supressão da água, por meio de cobertura transparente. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PESQUISAS CAFEEIRAS XI. Londrina, 1984. **Anais...** Rio de Janeiro, IBC/GERCA, 1984.
- CAMARGO, A.P.; PEREIRA, A.R. Agrometeorology of coffee crop. WMO Bulletin, 1994.
- DEMATTÊ, J.L.I.; DEMATTÊ, J.A.M. Comparações entre as propriedades químicas de solos das regiões da Floresta Amazônica e do Cerrado do Brasil Central. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v.50, n.2, p.272-286, 1993.

- DOORENBOS, J.; KASSAN, A.H. Efectos del agua sobre el rendimiento de los cultivos. Roma, **FAO**, 1979. 212p. (Estudio FAO, Riego y Drenaje, 33).
- FERNANDES, A.L.T.; SANTINATO, R.; SANTO, J.E.; AMARAL, R. Comportamento vegetativo-produtivo do cafeeiro Catuaí cultivado no oeste baiano sob irrigação por pivô central. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE PESQUISA EM CAFEICULTURA IRRIGADA 1, 1998, Araguari. **Anais...** Uberlândia: UFU/DEAGO, 1998. p.40-4.
- MANTOVANI, E.C. Consórcio Brasileiro de Pesquisa e Desenvolvimento do café na irrigação do cafeeiro. In: **ITEM irrigação & Tecnologia moderna: Cafeicultura irrigada**. ABID, n 48, p. 28-30, 2000.
- MELOTTO, E. Mobilização de carboidratos pelos botões florais de café (*Coffea arabica* L.) em expansão. Viçosa, 1987. 47p. (Dissertação de Mestrado) – Universidade Federal de Viçosa.
- RENA, A.B.; NACIF, A.P.; GONTIJO, P. de T.; PEREIRA, A.A. Fisiologia do cafeeiro em plantios adensados. In: **Simpósio internacional sobre café adensado**, Londrina, 1994. p.73-85.
- SANTINATO, R.; FERNANDES, A. L. T.; FERNANDES, D. R. **Irrigação na cultura do café**. Campinas: Arbore, 1997. 146p.
- SANTOS, C.M.; CARVALHO, E.A.M. de; POZZA, E.A.; JULIATTI, F.C.; MOREIRA, J.C.; PEIXOTO, A.S. Impacto dos diferentes sistemas de irrigação e lâminas d'água na evolução da ferrugem do cafeeiro. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE PESQUISA EM CAFEICULTURA IRRIGADA 1, 1998, Araguari. **Anais...** Uberlândia: UFU/DEAGO, 1998. p.101-3.
- SNYDER, R.L. Equation for evaporation pan to evapotranspiration conversions. **Journal of Irrigation And Drainage Engineering**, 1992, v.118, p.977-980.
- VALANCOGNE, C.; NASR, Z. The heat balance method for measuring sap flow in small trees. In: **BORGHETTI, M.; GRACE, J.; RASCHI, A. (eds.). Water transport in plants under climatic stress**. Cambridge University Press, p.166-173. 1993.
- VILLA NOVA, N.A.; PEREIRA, A.R; ANGELOCCI, L.R; SENTELHAS, P.C. Estimativa da evapotranspiração com o Tanque Classe A. In: SANTOS ET AL. (Ed.): **IRRIGAÇÃO DA CAFEICULTURA NO CERRADO VI**. **Anais...** ICIAG/Universidade Federal de Uberlândia e Associação dos cafeicultores de Araguari, Uberlândia, 2001. 212p.