

EVAPOTRANSPIRAÇÃO E COEFICIENTES DE CULTURA DO MARACUJAZEIRO AMARELO CONDUZIDO SOB DUAS ORIENTAÇÕES DE PLANTIO

Tonny José Araújo da Silva; Marcos Vinícius Folegatti; Cláudio Ricardo da Silva; José Alves Júnior; Regina Célia de Matos Pires

Departamento de Engenharia Rural-Irrigação e Drenagem, Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, Piracicaba, SP, tonny@iac.sp.gov.br

1 RESUMO

O Brasil é o maior produtor mundial de maracujá (*Passiflora edulis* Sims. var. *flavicarpa* Deg.), empregando no campo entre 100 a 250 dias homem ha⁻¹ ano⁻¹, sendo o terceiro suco mais produzido no Brasil. Nos cultivos irrigados de maracujazeiro obtêm-se as maiores produtividades, melhor qualidade de frutos e preço de mercado, porém, ainda são poucas as informações sobre evapotranspiração e coeficientes de cultivo necessários ao manejo de irrigação na cultura. Dessa maneira, objetivo deste estudo foi determinar a evapotranspiração (*ETc*) e o coeficiente de cultivo (*Kc*) do maracujazeiro amarelo, conduzido em espaldeira com orientação Norte-Sul e Leste-Oeste. Este trabalho foi conduzido no período de dezembro de 2003 a janeiro de 2005, em Piracicaba, SP. Mudanças de maracujazeiro amarelo, com 83 dias de germinação, foram transplantadas para duas parcelas experimentais definidas pela direção da espaldeira. Para a estimativa do consumo de água pelas plantas, utilizaram-se 4 lisímetros de pesagem hidráulica. A *ETc* total aos 450 dias após o plantio (*DAP*) foi de 1171 mm e 1083 mm acumulados para as parcelas Norte-Sul e Leste-Oeste, respectivamente. Os valores extremos de consumo foram em média 5 L planta⁻¹ dia⁻¹, durante o outono e inverno, e 8 L planta⁻¹ dia⁻¹, no Verão. Não houve diferença significativa para a *ETc* das parcelas nos meses de menor disponibilidade energética. Os coeficientes de cultivo obtidos foram: 0,6 para crescimento vegetativo apical, 0,9 para crescimento vegetativo lateral, 1,2 para floração e frutificação, 1,0 para maturação dos frutos e 0,8 para a fase pós-maturação dos frutos.

UNITERMOS: *Passiflora edulis*, lisímetro de pesagem hidráulica, manejo de irrigação.

SILVA, T. J. A. da; FOLEGATTI, M. V.; SILVA, C. R. da; ALVES JÚNIOR, J.; PIRES, R. C. de M.; EVAPOTRANSPIRATION AND CROP COEFFICIENTS OF YELLOW PASSIONFRUIT TREES CULTIVATED IN TRELLIS UNDER TWO ORIENTATIONS

2 ABSTRACT

Brazil is the largest producer of passion fruit (*Passiflora edulis* Sims. var. *flavicarpa* Deg.), using between 100 to 250 days manpower ha⁻¹ year⁻¹. Its juice is the third most produced one. Irrigation is an important practice for passion fruit crop providing higher productivity, better fruit quality and market price. However, information about crop evapotranspiration and crop coefficients for this crop is still not very known. Therefore, the

objective of this work was to determine the passion fruit crop evapotranspiration (ET_c) and crop coefficient (K_c) cultivated in trellis with North-South and East-West orientations. The experiment was carried out in Piracicaba, São Paulo State, Brazil, from December 2003 to January 2005. 83-day-old passion fruit seedlings (*Passiflora edulis Sims f. flavicarpa* Deg cv. IAC 275) were transplanted to the experimental area. 4 hydraulic weighing lysimeters were used in order to estimate the crop evapotranspiration. Total ET_c at 450 days after transplant (DAP) for North-South orientation area was higher (1.171 mm) than for East-West orientation (1,083 mm). No significant differences were found for ET_c between orientations during the months with lower net radiation. Crop coefficient values were: 0.6 for apex vegetative growth, 0.9 for lateral vegetative growth, 1.2 for flowering and fruit development, 1.0 for fruit maturation and 0.8 for post-maturation period.

KEYWORDS: *Passiflora edulis*, hydraulic weighing lysimeter, irrigation scheduling

3 INTRODUÇÃO

Até metade da década de 1990, havia pouca pesquisa no mundo sobre irrigação na cultura do maracujazeiro. O aumento da área cultivada impulsionou a procura por informações em vários aspectos, entre eles, quanto às necessidades hídricas da cultura, adequação de sistemas e práticas de manejo da irrigação. Além disso, o conhecimento da evapotranspiração é um importante parâmetro na elaboração de projetos e dimensionamento de sistemas de irrigação.

Alencar (2000), determinando a evapotranspiração do maracujazeiro amarelo até 180 dias após transplantio, com lisímetro de drenagem, em Piracicaba, SP, obteve valores de K_c entre 0,51 e 1,10. Costa et al. (2000) divulgou valor fixo de K_c de 0,8, ao longo do ano, para plantas adultas de maracujazeiro ocupando área útil de 12 m². Silva et al. (2002) avaliando a demanda hídrica do maracujazeiro amarelo com lisímetros de lençol freático constante, em Botucatu, SP, encontrou valores de K_c entre 0,42 e 1,12. Corrêa (2004) determinou 6 estádios de desenvolvimento para o maracujazeiro amarelo, em Piracicaba, SP, com valores de K_c de 0,3 para a fase de desenvolvimento inicial, 0,4 para a fase de crescimento vegetativo apical, 0,5 para a fase de crescimento vegetativo lateral, 0,9 para a fase de florescimento, frutificação e maturação dos frutos, 0,8 para a fase de repouso vegetativo e 0,7 para início do florescimento e frutificação do segundo ciclo de produção. Este autor utilizou lisímetro de drenagem e determinou a evapotranspiração (ET_c) totalizada para intervalo de 15 dias, considerando também a evapotranspiração das plantas invasoras das entrelinhas, em cultivo com espaçamento de 4 x 3,5 m.

Verifica-se até então que os pesquisadores que determinaram a ET_c do maracujazeiro, utilizaram lisímetros de drenagem ou de lençol freático constante, trabalhando com maiores intervalos de ET_c . Para determinação da ET_c em intervalos menores, Aboukhaled (1982) sugere como equipamento padrão o lisímetro de pesagem, por apresentar alta precisão e melhor performance na determinação da evapotranspiração dos cultivos e seus coeficientes (K_c).

Os lisímetros de pesagem podem ser de sistema hidráulico, mecânico, com transdutores eletrônico e misto (eletromecânico). Dentre esses sistemas, o de pesagem hidráulica é o de menos custo (Silva, 2003), apresentando, no entanto, a mesma precisão dos demais.

Dessa maneira, o objetivo deste trabalho foi determinar a evapotranspiração e os coeficientes de cultivo do maracujazeiro amarelo conduzido em espaldeiras, com orientações Norte-Sul e Leste-Oeste, empregando-se lisímetros de pesagem hidráulica.

4 MATERIAL E MÉTODOS

4.1 Localização e descrição do sistema de cultivo

O estudo foi conduzido no período de dezembro de 2003 a janeiro de 2005, na área experimental de irrigação, na Fazenda Areão do Departamento de Engenharia Rural da Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz” - ESALQ/USP (Piracicaba, SP). A área experimental tinha declividade de 3%, inclinada para o Oeste, localizada nas seguintes coordenadas geográficas: 22°43'33" de latitude Sul, 47°38'0" de longitude Oeste e altitude de 576 m acima do nível médio do mar. O clima da região é do tipo Cwa, segundo a classificação climática de Köppen, sendo subtropical úmido com estiagem no inverno, temperatura média anual de 21,1°C e precipitação de aproximadamente 1.250 mm por ano (SENTELHAS & PEREIRA, 2000). O cultivo foi realizado em solo Nitossolo vermelho, segundo o sistema brasileiro de classificação de solos (EMBRAPA, 1999).

Em 25/10/2003 foram transplantadas mudas de maracujazeiro amarelo (*Passiflora edulis Sims f. flavicarpa* Deg), cv. IAC 275, com 83 dias após a germinação, em duas parcelas experimentais. A parcela 1, possuía 155 plantas distribuídas em 15 linhas de plantio direcionadas no sentido Norte-Sul e a parcela 2, com 102 plantas distribuídas em 11 linhas orientadas no sentido Leste-Oeste (Figura 1).

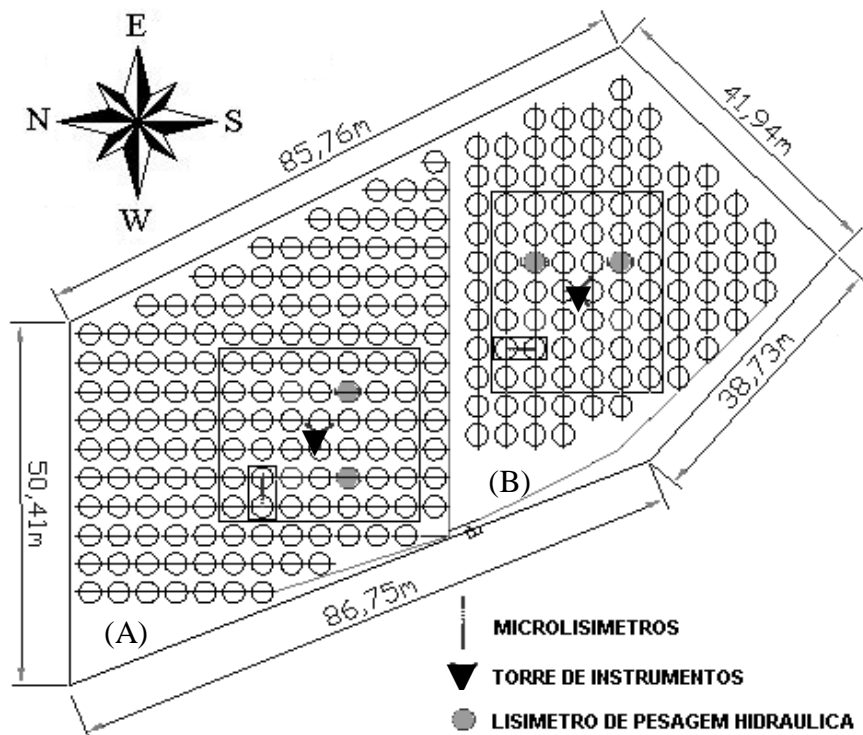


Figura 1 - Croqui da área experimental com duas parcelas definidas pela orientação das linhas de cultivo; A) linhas no sentido Norte-Sul e B) Leste-Oeste

Nas duas parcelas, todas as plantas foram conduzidas em sistema de suporte do tipo espaldeira vertical com um fio de arame (AWG 12) na altura de 1,8 m, fixado no topo de mourões espaçados de 4 x 4 m. As mudas foram transplantadas para covas com dimensões de 0,4 x 0,4 x 0,4 m, fertilizadas de acordo com Van Raij et al. (1996), disposta a 2 m dos mourões, de acordo com a direção de plantio da parcela. Dessa forma, o espaçamento entre plantas também foi de 4 x 4 m e área total do experimento de 0,51 ha⁻¹.

A evapotranspiração da cultura foi determinada com a utilização de quatro lisímetros de pesagem hidráulica (*LPH*), iguais, com dimensões de 1,15 m de diâmetro e 0,56 m de profundidade, sendo dois por parcela. Os *LPH* possuíam as seguintes partes: (i) Containers - associação de dois tanques, sendo um externo de placas premoldadas e outro interno, de polietileno; (ii) Sistema hidráulico de pesagem - formado por três células de carga hidráulica, dispostas em ângulo de 120°; (iii) Sistema transmissor de pressão - conexões tipo bico com rosca, anéis de aço inox, tubo de polietileno transparente e adaptador de PVC. (iv) Sistema de leitura - composto por um manômetro de “poço” com mercúrio e água (líquidos manométricos), escala milimétrica, conectores, microtubos de silicone e tubo capilar de vidro; e (v) Sistema de drenagem - drenagem realizada por sucção ou sifonamento. Construiu-se com tubos perfurados de PVC, cotovelos e um envelope de brita recoberta com manta de feltro (bidim P-30).

Sendo o maracujazeiro uma planta trepadeira, construiu-se uma estrutura de suporte específica para a planta do lisímetro, independente daquela empregada no sistema de condução das plantas vizinhas (Figura 2). Os suportes foram construídos com 1,8 m de altura, feitos com tubos de aço galvanizado de 25 mm de diâmetro. Cada suporte possuía ainda, um tubo de 4 m preso horizontalmente na parte superior e alinhado na direção de plantio da parcela, para simular o sistema de condução da cultura. Esse suporte, semelhante a um tripé, teve seus “pés” parafusados ao tanque interno, somando-se à massa total do lisímetro. Desta maneira, a variação de leitura dava-se apenas em função da variação de massa de água perdida por evapotranspiração.



Figura 2 - Detalhe do suporte horizontal utilizado como sistema de condução das plantas dos lisímetros, montado sobre um tripé, independente da espaldeira.

Foram utilizadas 4 baterias de 3 tensiômetros, nas profundidades de 0,10, 0,30 e 0,45 m, sendo uma bateria por lisímetro. As plantas das parcelas foram irrigadas por microaspersores, com raio de alcance de 1,5 m e vazão de 40 L h⁻¹, acionados sempre que o potencial total de água no solo de -20 kPa era atingido na profundidade de 0,10 m. Souza (2000) e Lucas (2002) verificaram ocorrência de mais de 80% das raízes do maracujazeiro nesta camada de solo, e definiram o potencial de água no solo de -20 kPa como limite para o manejo da irrigação. As irrigações das plantas nos lisímetros foram realizadas manualmente para melhor controle do volume aplicado. A irrigação das plantas das parcelas, para cada orientação de plantio, foi determinada pelo consumo médio de seus lisímetros. Para isso, considerou-se a evapotranspiração acumulada desde a irrigação anterior até o estabelecimento do limite potencial de água no solo, baseados nos valores médios fornecidos pelos dois lisímetros na respectiva parcela.

4.2 Evapotranspiração de referência (*ET_o*) e de cultivo (*ET_c*)

A estimativa da evapotranspiração de referência (*ET_o*) foi realizada de acordo com a parametrização proposta pela FAO (Allen et al, 1998), utilizando os dados da Estação Agrometeorológica localizada a 100 m do local do experimento. Esta estação possuía um sistema de aquisição eletrônica de dados (CR21X, Campbell Scientific, Logan, Utah, EUA) programado para realizar medidas a cada segundo, com médias a cada hora, dos seguintes sensores: Saldo-radiômetro (modelo Q7.1 – Radiation Energy Balance Systems Inc., Seattle, Washington, EUA); anemômetro de canecas e um sensor de direção de vento (modelo 03001 Wind Sentry anemometer and Vane, R. M. Young, Traverse City, Michigan EUA); sensor de fluxo de calor no solo (modelo HFT3, Rebs, Seattle, Washington, EUA); umidade e temperatura do ar (modelo HTM45C, Vaisala, Helsink, Finlândia); radiação solar global (modelo LI-200, Li-Cor, Lincoln, Nebraska USA) e pluviômetro (modelo TE525, Texas Eletronics Inc., Dallas, Texas, EUA).

Para a determinação da evapotranspiração da cultura (*ET_c*) foram feitas leituras diárias às 7:30, na escala manométrica dos lisímetros. Partindo-se da leitura inicial da massa do lisímetro equivalente ao balanço hídrico do dia anterior, iniciou-se a coleta de dados para determinação da (*ET_c*). Em seguida, media-se o volume de água drenada (*V_d*), também referente ao balanço do dia anterior, caso ocorresse uma precipitação elevada. O volume drenado era computado pela diferença de leituras dos valores lidos antes e após a retirada do excedente de água do lisímetro. A drenagem, quando necessária, foi sempre realizada no início da manhã. A evapotranspiração resultante do balanço hídrico (*V_{BH}*), em litros, foi calculada pela seguinte equação:

$$V_{BH} = V_{et} - V_d + V_p \quad (1)$$

em que,

$$V_{et} = \frac{\Delta L}{f} \quad (2)$$

$$V_d = \frac{\Delta L^*}{f} \quad (3)$$

$$V_p = P S \quad (4)$$

$$\Delta L = L_o - L_d \quad (5)$$

em que,

V_{BH} – volume de água resultante do balanço hídrico (L);

- V_{et} – volume evapotranspirado (L);
 V_d – volume drenado (L);
 V_p – volume precipitado no lisímetro (L);
 P – precipitação (mm);
 ΔL – variação de leitura do lisímetro no período (mm);
 L_o – leitura anterior do lisímetro (mm);
 L_d – leitura atual do lisímetro (mm);
 f – coeficiente de calibração do lisímetro (mm kg⁻¹ de água);
 ΔL^* – variação de leitura do lisímetro promovida pela drenagem (mm);
 S – área da superfície do lisímetro (m²).

Apesar das plantas cultivadas nos lisímetros aparentarem mesmo porte, elas possuíam valores distintos de área foliar, portanto, foi necessário se corrigir os dados de consumo diário antes de realizar as comparações entre as evapotranspirações dos lisímetros nas parcelas. A correção do consumo, em litros, foi dada pela relação entre o consumo medido e a área foliar da planta do lisímetro, em L m⁻². Depois, determinou-se o produto de cada consumo relativo pela área foliar média das plantas dos 4 lisímetros (\overline{Af}), como descrito a seguir:

$$V_c = \left(\frac{V_{et}}{Af} \right) \overline{Af} \quad (6)$$

em que,

- V_c – volume corrigido do lisímetro (L);
 V_{et} – volume evapotranspirado do lisímetro (L);
 Af – área foliar da planta do lisímetro (m²);
 \overline{Af} – área foliar média das plantas para os quatros lisímetros (m²).

A ET_c , em mm, foi determinada com base na área correspondente à máxima região de exploração das raízes (2 m²), com a finalidade de possibilitar aplicação desta metodologia para diferentes espaçamentos de maracujazeiros e superfície molhada do solo, promovida por outros sistemas de irrigação. A área máxima de exploração das raízes utilizada no cálculo da ET_c foi estabelecida com base nos estudos de distribuição de raízes realizados por Souza (2000) e Lucas (2002). Os autores verificaram que para o mesmo solo estudado, sob cultivos irrigados por sistema de gotejamento, as raízes do maracujazeiro se estendiam radialmente até a distância de 0,8 m do tronco da planta (área igual a 2,01 m²).

Diante disso, calculou-se o “déficit de recobrimento do lisímetro” (ΔR), em percentagem, que corresponde à diferença entre a área de controle e a razão de área do lisímetro pela área de exploração do sistema radical (A_z). Sendo A_z igual a 2 m², e a área útil do lisímetro igual a 1,03 m², logo, o ΔR empregado foi de 48,5 %, obtido de acordo com a Equação 12.

$$\Delta R = \left[1 - \frac{A_{lis}}{A_z} \right] 100 \quad (7)$$

Para o cálculo do déficit de área do lisímetro (ΔA), em m², utilizou-se a Equação 13,

$$\Delta A = \left(\frac{\Delta R}{100} \right) A_z \quad (8)$$

em que,

ΔA – Déficit de área do lisímetro (m²);

ΔR – Déficit de recobrimento do lisímetro (%);

A_{lis} – Área do lisímetro (m²);

A_z – Área de exploração do sistema radical (m²).

Em seguida, estimou-se a evaporação do solo (E_v) correspondente ao ΔA do lisímetro (0,97 m²). Para isto adotou-se um coeficiente de evaporação do solo médio ($K_{e_{méd}}$), igual a 0,6, que foi estabelecido durante ciclos de secamento do solo, na área experimental. O $K_{e_{méd}}$ foi determinado com um lisímetro de 2,01 m², mantido sem vegetação e instalado a 100 m da área experimental, e por dois conjuntos de nove microlisímetros, sendo um conjunto por parcela experimental, disposto transversalmente às linhas de cultivo e espaçados entre si de 0,5 m (Figura 1). Obteve-se o valor de $K_{e_{méd}}$ pela relação entre E_v e ET_o , para uma frequência de irrigação de 2 dias. Assim, reorganizando os termos desta relação tem-se:

$$E_v = K_{e_{méd}} ET_o \quad (9)$$

em que,

E_v – Evaporação do solo (mm dia⁻¹);

$K_{e_{méd}}$ – Coeficiente de evaporação médio (= 0,6);

ET_o – Evapotranspiração de referência (mm dia⁻¹).

De posse da E_v obteve-se o volume de água evaporada do solo (V_e), referente ao déficit de área do lisímetro, em litros dia⁻¹, por:

$$V_e = \Delta A E_v \quad (10)$$

Conseqüentemente, a Equação 16 fornece o volume total evapotranspirado diariamente pelo maracujazeiro (VT), em litros dia⁻¹, estabelecido a partir do volume corrigido fornecido pelo lisímetro (Equação 11), somado ao volume evaporado determinado pela Equação 15.

$$VT = V_c + V_e \quad (11)$$

em que,

VT – volume total evapotranspirado (L dia⁻¹);

V_c – volume corrigido pela área foliar (L dia⁻¹);

V_e - volume evaporado (L dia⁻¹).

Assim, a ET_c , em mm, foi obtida de acordo com a Equação 17.

$$ET_c = \frac{VT}{A_z} \quad (12)$$

em que,

ET_c – Evapotranspiração da cultura (mm dia^{-1});
 VT – Volume total evapotranspirado em um dia (L dia^{-1});
 A_z – Área de exploração do sistema radical (m^2).

4.3 Determinação do coeficiente de cultivo (K_c)

Para determinar o coeficiente de cultivo (K_c), aplicou-se a relação ET_c/ET_o (Jensen, 1968), como segue:

$$K_c = \frac{ET_c}{ET_o} \quad (13)$$

em que,

K_c - Coeficiente de cultivo (adimensional);
 ET_c - Evapotranspiração da cultura (mm dia^{-1});
 ET_o - Evapotranspiração de referência (mm dia^{-1}).

Em irrigação localizada há necessidade de integrar um coeficiente de redução (K_r) para repor o volume de água, em litros planta⁻¹, requerido na zona de exploração do sistema radical (Keller & Karmeli, 1974). Neste trabalho utilizou-se o valor de K_r modificado obtido pela Equação 25, descrita a seguir:

$$K_r = \frac{A_z}{A_e} \quad (14)$$

em que,

A_z – Área máxima de exploração radical (m^2)
 A_e – Área útil da cultura (m^2)

Os consumos hídricos das parcelas Norte-Sul e Leste-Oeste foram analisados estatisticamente de acordo com teste de hipótese (teste F).

4.4 Informações adicionais

As podas de condução e de formação foram realizadas de acordo com Ruggiero et al., (1996), assim como, as fertirrigações foram realizadas igualmente para todas as plantas do experimento, inclusive nas dos lisímetros, seguindo a recomendação de adubação e calagem para o Estado de São Paulo (RAIJ et al., 1996).

Os microaspersores funcionavam pressurizados a 200 kPa² com taxa de aplicação 40 L h⁻¹, e promovia circunferência molhada próximo a 1,5 m de raio.

As plantas invasoras foram controladas com herbicida, numa faixa de 2 m abaixo das espaldeiras, e nas entrelinhas com roçadora tratorizada.

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1 Condições meteorológicas no período experimental

Na Figura 3 observa-se a variação de alguns elementos meteorológicos desde o período do transplântio das plantas, em outubro de 2003, até o início da maturação dos frutos do segundo ciclo, aos 450 DAP, em 17 de janeiro de 2005. Durante este período a variação das temperaturas médias mensais obtidas na área experimental acompanhou a série histórica de 50 anos para Piracicaba, SP. De acordo com Piza Júnior (1998), observações preliminares indicaram valores limites de temperatura ótima para o maracujazeiro entre 8 e 27 °C. Portanto, observa-se no período avaliado que as temperaturas médias mensais permaneceram na faixa ótima para a cultura. Os valores observados de evapotranspiração de referência (*ET_o*), também apresentaram variações normais, exceto no mês de abril, quando foi inferior (41%) ao valor da série histórica para este mês. A precipitação pluviométrica foi o elemento que apresentou maiores variações em relação à série histórica. No mês de maio a precipitação foi 2,9 vezes superior à da série normal.

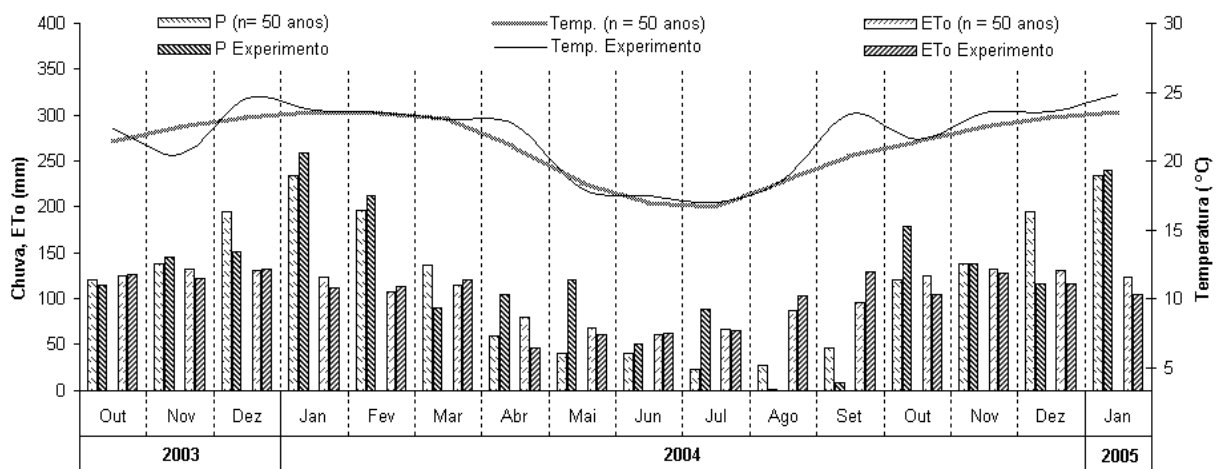


Figura 3 - Precipitação pluviométrica (*P*), evapotranspiração de referência (*ET_o*) e temperatura média mensal (*Temp*) no período de outubro de 2003 a janeiro de 2005, e de série histórica de um período de 50 anos, para Piracicaba-SP

5.2 Consumo de água pelo maracujazeiro

O consumo hídrico do maracujazeiro, em litros planta⁻¹ dia⁻¹, para os lisímetros de cada parcela durante o período experimental são apresentados na Figura 4. Este consumo, equivale à transpiração da cultura somada à evaporação do solo de uma área de 2 m² de acordo com a Equação 11. Na Figura 4 os dados originais foram ajustados por meio de uma linha de tendência do tipo média móvel, para suavização das curvas, possibilitando melhor visualização das variações de consumo. Observa-se, ainda na Figura 4, que para os três primeiros meses após a implantação do cultivo, o consumo hídrico das plantas da parcela Leste-Oeste (*LO*) foi estatisticamente superior (Tabela 1), até próximo dos 120 DAP (meados de fevereiro), e que a partir daí, foi superado sem significância estatística pelo consumo das plantas da parcela Norte-Sul (*NS*).

No final da estação do Outono até início da Primavera, que corresponde aproximadamente ao intervalo entre 210 e 350 DAP, foram registrados os menores valores de consumo, em média 5 L planta⁻¹ dia⁻¹. Isso é explicado pela baixa disponibilidade de radiação, baixa temperatura e menor demanda climática nessas estações (Figura 3).

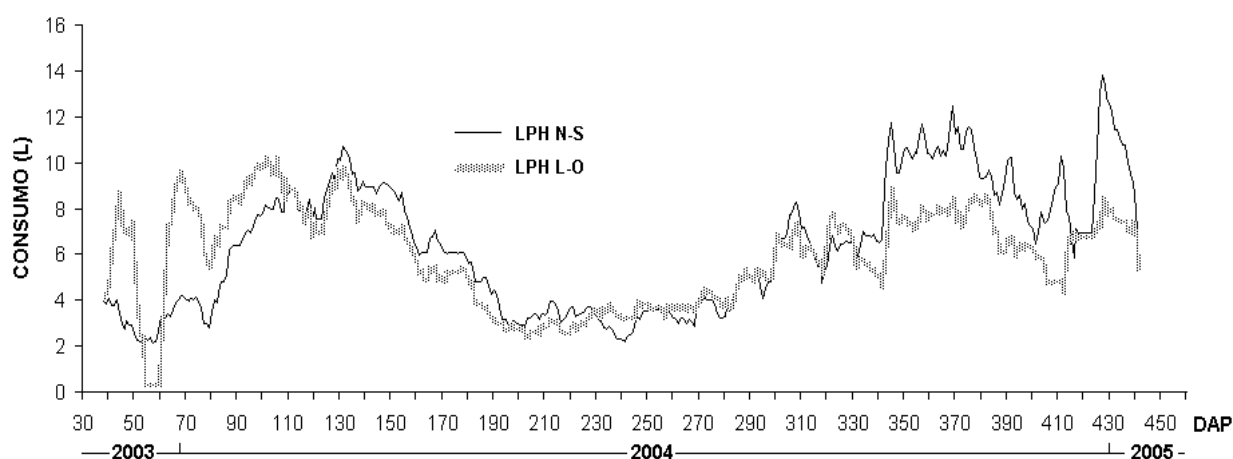


Figura 4 - Variação do consumo hídrico diário do maracujazeiro, determinado por lisímetros de pesagem hidráulica (*LPH*), em cultivos com diferentes orientações de linha de plantio (Norte-Sul e Leste-Oeste), em Piracicaba, SP.

No segundo ciclo de produção da cultura, a partir da metade da estação de Primavera até os dois primeiros meses do Verão, os consumos de água nas diferentes orientações de plantio voltaram a apresentar diferenças significativas, de acordo com teste de hipótese (teste F), como se pode verificar na Tabela 1.

Tabela 1. Consumo hídrico médio mensal do maracujazeiro, durante o primeiro e segundo ciclo de produção, em Piracicaba-SP

Mês/ano	Parcela		Mês/ano	Parcela	
	<i>Norte-Sul</i>	<i>Leste-Oeste</i>		<i>Norte-Sul</i>	<i>Leste-Oeste</i>
	L planta ⁻¹ dia ⁻¹			L planta ⁻¹ dia ⁻¹	
dez/03 (51)	2,93	7,26*	jul/04 (264)	2,89	3,44
jan/04 (82)	3,59	7,01*	ago/04 (295)	4,27	4,36
fev/04 (113)	7,33	9,09*	set/04 (326)	6,51	6,59
mar/04 (142)	8,87	8,11	out/04 (356)	8,97*	6,59
abr/04 (173)	7,13*	5,86	nov/04 (387)	10,24*	7,72
mai/04 (203)	4,20	3,45	dez/04 (417)	7,86*	5,98
jun/04 (234)	3,35	3,00	jan/05 (448)	10,67*	7,32

* Diferença significativa ao nível de 5% de probabilidade (teste F).

Valor entre parênteses indica o número de dias após plantio (*DAP*) para o 15º dia do mês.

Observa-se na Tabela 1, que nos meses de agosto e setembro as plantas não apresentaram diferenças significativas no consumo de água. Porém, de acordo com a Figura 5, observa-se que a frequência relativa da direção do vento Norte-Sul sobre as linhas de cultivo com direção Leste-Oeste foi de 39,45 e 51,09 %, para os meses de agosto e setembro,

respectivamente. Nos meses seguintes, a frequência relativa da direção do vento Norte-Sul sobre o cultivo Leste-Oeste diminuiu para 30,31 %, em outubro e 27,13 %, em novembro. Dessa maneira, a diferença de consumo verificado para a parcela Norte-Sul, provavelmente aconteceu porque a parcela Leste-Oeste passou a ter menor interação com o vento a partir do mês de outubro, e com isso interagiu menos com a atmosfera, diminuindo a evapotranspiração. Pelo contrário, nos meses anteriores a outubro, a parcela Leste-Oeste sofreu maior interação com o vento, consequentemente, tendo mais energia disponível para a evapotranspiração, aproximando-se assim, do consumo das plantas da parcela Norte-Sul.

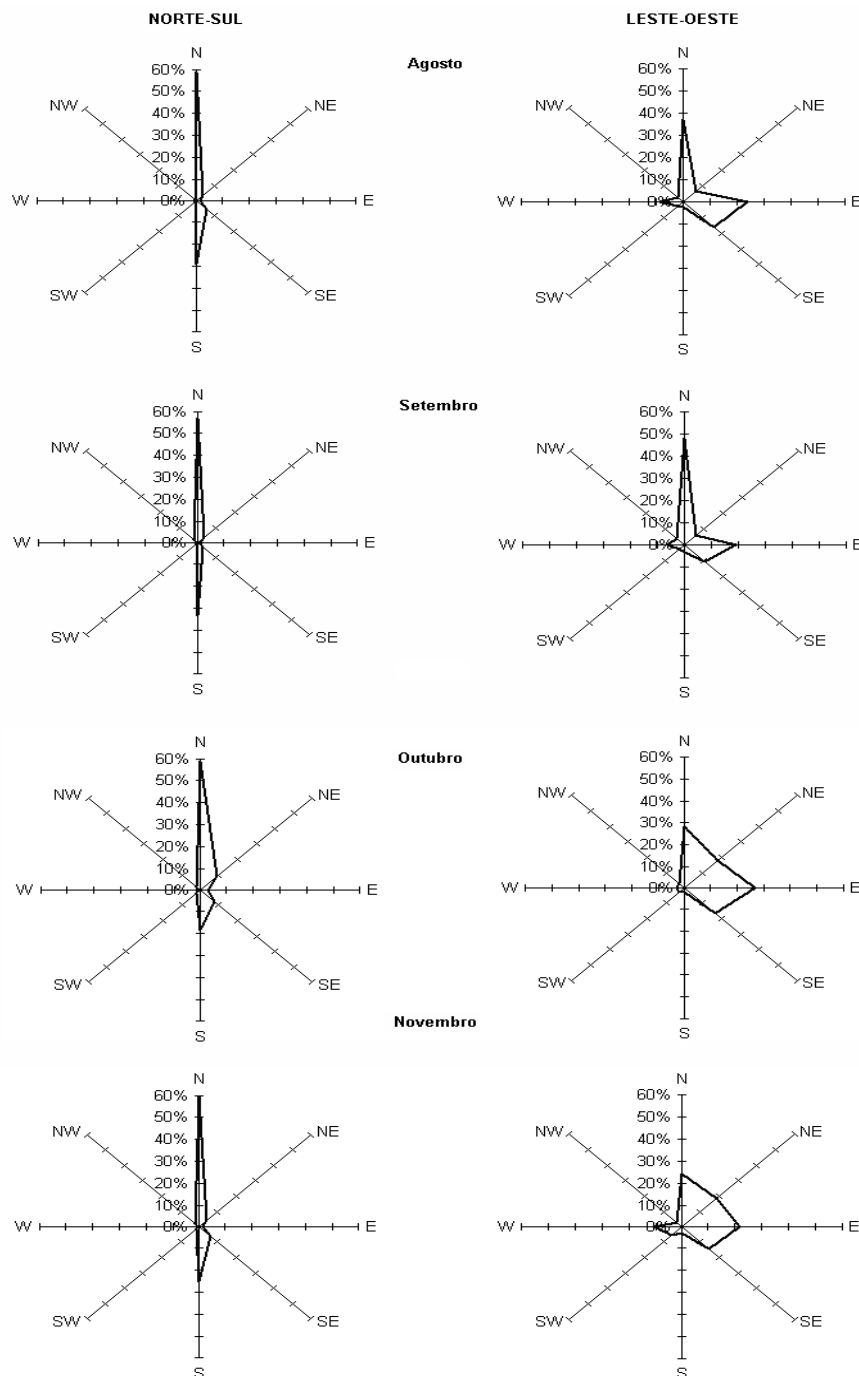


Figura 5 - Frequência relativa da direção diária dos ventos, em duas parcelas cultivadas com maracujazeiro nas orientações de plantio Norte-Sul e Leste-Oeste.

Para buscar uma explicação da ocorrência do maior consumo verificado na parcela Norte-Sul após outubro de 2004, utilizou-se a frequência relativa da direção diária dos ventos (Figura 5).

Segundo Pereira et al. (2002), um quebra vento vegetal absorve parte da energia disponível, fazendo fotossíntese, transpirando e consumindo calor sensível do ar.

A direção predominante do vento no interior do cultivo durante a condução do experimento foi Norte, sendo esta perpendicular às linhas de cultivo da parcela Leste-Oeste, que por essa razão funcionaram como se fossem vários quebra-ventos paralelos. Por outro lado, as espaldeiras da parcela Norte-Sul forneciam pouca resistência à passagem do vento, canalizando-o entre as linhas de cultivo, e por isso promovendo pouca interação com a energia do ar. A direção do vento registrada na estação meteorológica durante a condução do experimento foi predominantemente de Sudeste.

5.3 Evapotranspiração da cultura (ET_c) e coeficiente de cultivo (K_c)

Nos lisímetros de pesagem hidráulica (LPH) o consumo medido, em litros planta⁻¹ dia⁻¹, para cada lisímetro foi ajustado de acordo com a área foliar da cultura, para uniformizar o desenvolvimento vegetativo das quatro plantas, permitindo assim obter o valor médio de desenvolvimento das duas plantas de cada orientação.

A evapotranspiração acumulada do maracujazeiro, em mm, calculada a partir dos lisímetros (Equação 12), é apresentada na Figura 6. A lâmina acumulada até 450 DAP foi de 1.171 mm, na parcela Norte-Sul e 1.083 mm na parcela Leste-Oeste.

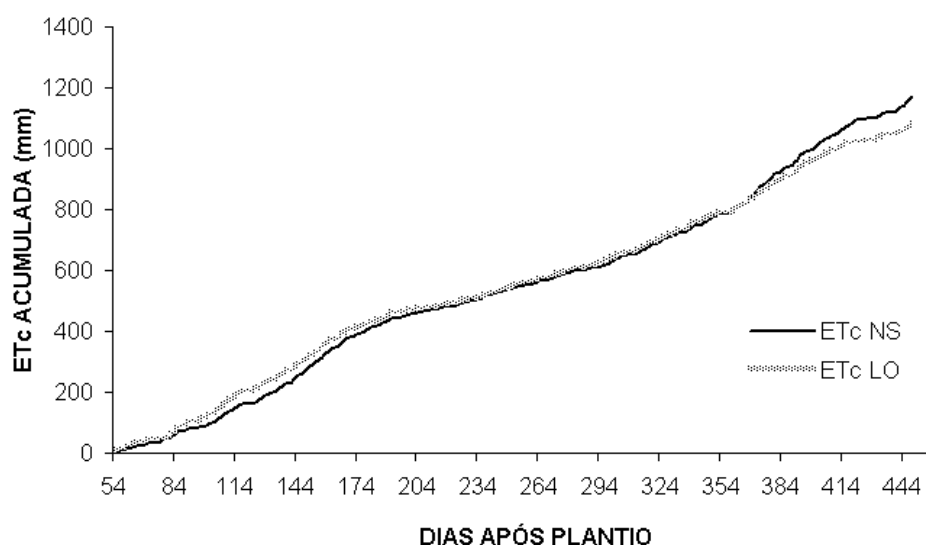


Figura 6 – Evapotranspiração do maracujazeiro com linhas de cultivo nas orientações Norte-Sul ($ET_c NS$) e Leste-Oeste ($ET_c LO$), determinados por lisímetros de pesagem hidráulica, em Piracicaba, SP.

Na Figura 7 observa-se variações diárias da ET_c , da ET_o e da precipitação pluviométrica (P), para as duas diferentes orientações de cultivo (Norte-Sul e Leste-Oeste). Verificou-se que os dias com chuva, principalmente na estação de verão tanto no 1º como no 2º ciclo de produção, ocasionaram erros mais frequentes na determinação da ET_c . Esse efeito pode ser observado nos valores divergentes de ET_c gerados pelos lisímetros em comparação aos de ET_o , nos períodos mais chuvosos, próximo dos 95 e 125 DAP (1º ciclo) e 350 e 400 (2º ciclo).

Os valores de coeficiente de cultivo (K_c) obtidos para o maracujazeiro plantado no período de outubro/2003 até janeiro/2005, considerando o primeiro e o segundo ciclo de produção são apresentados na Figura 8. O ciclo da cultura foi sub-dividido em 7 estádios de desenvolvimento, adaptando-se às curvas de K_c obtidas, de acordo com os estádios proposto por Maciel et al., (1994), como segue:

- Estádio I – Crescimento vegetativo inicial ou fase juvenil (viveiro);
- Estádio II – Crescimento vegetativo apical;
- Estádio III – Crescimento vegetativo lateral;
- Estádio IV – Floração e frutificação;
- Estádio V – Maturação dos frutos;
- Estádio VI – Pós-maturação dos frutos;
- Estádio VII – Renovação de ramos.

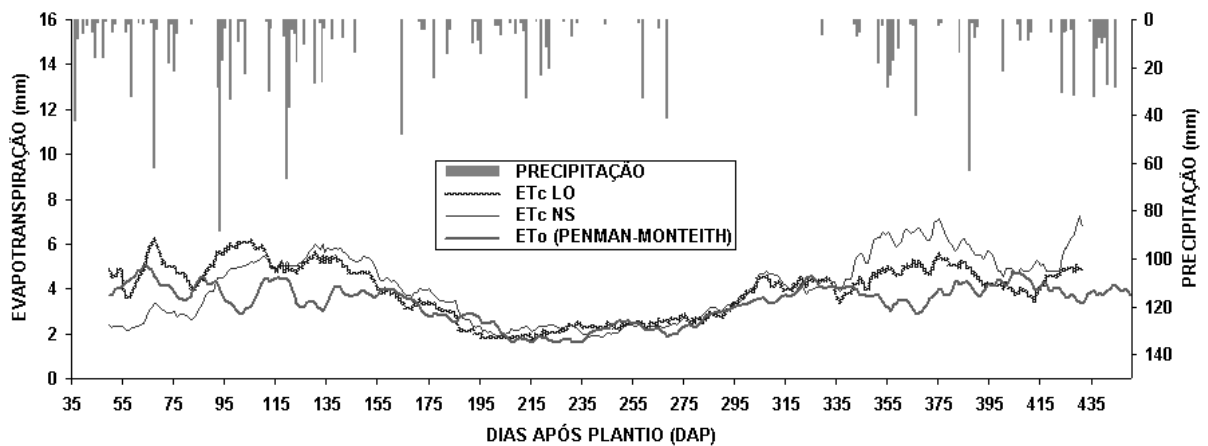


Figura 7 - Precipitação diária, evapotranspiração de referência (ET_o) e evapotranspiração da cultura (ET_c), sobre maracujazeiros com linhas de cultivo nas direções Norte-Sul e Leste-Oeste, em Piracicaba, SP.

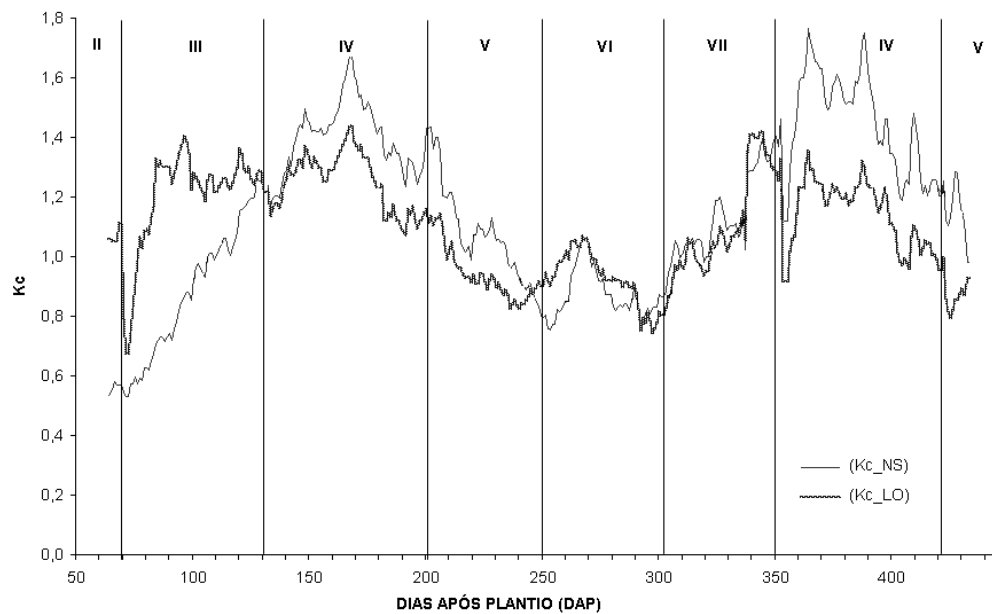


Figura 8 - Coeficientes de cultivo nos diferentes estádios (II, III, IV, V, VI e VII), do maracujazeiro amarelo, com diferentes orientações de plantio, Norte-Sul (NS) e Leste-Oeste (LO), em Piracicaba, SP.

O estágio I refere-se ao crescimento vegetativo inicial de plantas em fase de formação das mudas, sendo estas cultivadas em ambiente controlado, e por essa razão não foi representado na Figura 8. Esta fase ocorreu antes da implantação da cultura, e durou aproximadamente 80 dias após a germinação. O crescimento vegetativo apical é caracterizado pelo estágio II de desenvolvimento. Este estágio durou cerca de 70 dias, porém verificou-se desuniformidade no crescimento no “stand” em campo. Vale ressaltar que para as plantas dos lisímetros foram selecionadas mudas de mesmo padrão de desenvolvimento. Em média, a *ETc* acumulada nesta fase foi de 36,71 mm (Tabela 2) com *Kc* igual a 0,62.

No estágio III, as plantas apresentaram uma taxa de crescimento acentuado, ocorrendo uniformização do stand. Esta fase apresentou uma curta duração, cerca de 30 dias, e *Kc* médio para as duas parcelas de 0,92. O período de florescimento coincidiu com os maiores valores de *ETc* registrados de 4,69 e 4,17 mm, respectivamente, para as plantas das parcelas *NS* e *LO*, ocorridos nos meses de fevereiro, março e abril. Dessa forma, o valor de *Kc* foi maior (1,22), definindo o estágio fenológico IV, que teve duração de 68 dias.

No estágio V, predominou o amadurecimento dos frutos originados das flores fecundadas na fase anterior. Neste estágio, a *ETc* acumulada foi 543 mm e *Kc* próximo de 1,00. O período de menor disponibilidade energética favoreceu a mudança do estágio V para o VI, ou seja, as plantas entraram em repouso vegetativo. Sua duração foi de aproximadamente 52 dias, ocorridos no inverno, e diminuindo o valor de *Kc* para 0,82. Este período, em média, proporcionou os menores valores de consumo hídrico, com *ETc* de 2,45 e 2,54 mm planta⁻¹, respectivamente para as parcelas *NS* e *LO*.

Com o aumento do fotoperíodo e disponibilidade de radiação, iniciou-se o estágio VII com o surgimento de brotações de novos ramos a partir das gemas axilares das flores produzidas no estágio III. O estágio VII foi caracterizado pela renovação dos ramos com crescimento semelhante ao estágio III do ciclo anterior. Houve incremento do *Kc* com valor médio igual a 1,00. O último estágio foi identificado como sendo uma repetição do estágio IV aplicado ao 2º ciclo de produção. A *ETc* média acumulada no final desse estágio foi de 1.060,84 mm, reproduzindo-se o mesmo valor de *Kc* obtido no estágio IV (1,22). A Tabela 2 apresenta os estágios fenológicos com seus respectivos intervalos de tempo, *ETc* e valores médios de *Kc*.

Tabela 2. Valores médios de *Kc* e de *ETc* obtidos nos quatro lisímetros de pesagem hidráulica instalados na cultura do maracujazeiro.

Período <i>DAP</i>	Estádio Fenológico	<i>ETc</i> acumulada (mm)	<i>Kc</i>
Viveiro (75 dias)	I	-	-
0 – 70 (70)	II	36,71	0,62
71 – 131 (60)	III	216,80	0,92
132 – 200 (68)	IV	465,08	1,22
201 – 250 (49)	V	543,36	1,00
251 – 303 (52)	VI	645,88	0,82
304 – 350 (46)	VII	781,01	1,00
351 – 422 (71)	IV	1060,84	1,22

Valor entre parênteses corresponde ao número de dias de duração do estágio.

6 CONCLUSÕES

Não houve diferença significativa entre as evapotranspirações das parcelas durante os meses de menor disponibilidade energética. A rugosidade da superfície promovida pelas linhas da parcela Leste-Oeste fez com que as plantas interagissem mais com a atmosfera, aumentando a evapotranspiração, o que tornou os valores de *ETc* semelhantes aos da parcela Norte-Sul, nos meses de menor disponibilidade energética.

A lâmina acumulada até o 450 dias após o plantio foi de 1.171 mm para a parcela Norte-Sul, e 1.083 mm para a parcela Leste-Oeste.

Foram determinados 6 estádios de desenvolvimento, com valores de *Kc* de 0,6 para a fase de crescimento vegetativo apical, 0,9 para a fase de crescimento vegetativo lateral, 1,2 para a fase de floração e frutificação, 1 para a fase de maturação dos frutos, 0,8 para a fase pós-maturação dos frutos e 1 para a fase de renovação de ramos no segundo ciclo de produção.

7 AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem a Fundação de Amparo a Pesquisa do Estado São Paulo - FAPESP pelo suporte financeiro e ao Grupo de práticas em Irrigação e Drenagem - GPID/ESALQ/USP pelo apoio e dedicação na coleta dos dados.

8 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABOUKHALED, A.; ALFARO, A.; SMITH, M. **Lysimeters**. Roma: FAO, 1982. 68 p. (Irrigation and Drainage Paper, 39).
- ALENCAR, C.M. **Consumo de água do maracujazeiro amarelo (*Pasiflora edulis* Sins var *flavicarpa* Deg)**. 2000. 49f. Dissertação (Mestrado em Agronomia)- Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2000.
- ALLEN, R. G. et al. **Guidelines for computing crop water requirements**. Rome: FAO, 1998. 310 p. (Irrigation and Drainage Paper, 56).
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. Rio de Janeiro, 1999. 412 p.
- CORRÊA, R.A.L. **Evapotranspiração e coeficiente de cultura em dois ciclos de produção do maracujazeiro amarelo**. 2004. 57 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia)- Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2004.
- COSTA, E.L. et al. Irrigação da cultura do maracujazeiro. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v.21, n.206, p.59-66, 2000.
- COSTA, M.S.V. **Determinação da evapotranspiração de referência por evapotranspirômetro de pesagem hidráulica com arranjo de “pistão de mercúrio”**.

1999. 85f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife, 1999.
- FREITAS, J. A. G. **Evapotranspirômetro de pesagem por sensor de carga hidráulica: construção, calibração e testes.** 1994. 122f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife, 1994.
- JENSEN, M.E. Water consumption by agricultural plants. In: KOSLOWSKY T.T. **Water deficits and plant growth.** New York: Academic Pres, 1968. v.2.
- KELLER, J.; KARMELLI, D. Trickle irrigation design parameters. **Transaction of the ASAE**, St. Joseph, v.17, n.4, p.678-684, 1974.
- LUCAS, A.A.T. **Resposta do maracujazeiro amarelo (*Passiflora edulis* Sims. F. *flavicarpa* Deg) a lâminas de irrigação e doses de adubação potássica.** 2002. 88f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2002.
- MACIEL, N.; BATUTISTA, D.;AULAR, J. Crecimiento, desarrollo y arquitectura de *Passiflora edulis* f. *flavicarpa*. **Proceeding Interamerican Society Tropical Horticultural**, Homestead, n.38, p.133-138, 1994.
- PIZA JÚNIOR, C.T. A cultura do maracujá na Região Sudeste do Brasil. In: SIMPÓSIO SOBRE A CULTURA DO MARACUJÁ, 1998, Jaboticabal. **Anais.** Jaboticabal: FCAV, UNESP, Universidade Estadual Paulista, 1998. p.20-45.
- PEREIRA, A.R.; ANGELOCCI, L.R.; SENTELHAS, P.C. Agrometeorologia: fundamentos e aplicações práticas. Guaíba: Agropecuária, 2002. 478 p.
- RODRIGUES, J.J.V. Construção e testes preliminares de um evapotranspirômetro de célula de carga hidráulica: In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 21., 1987, Campinas. **Anais...** Campinas: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 1987. p.68.
- RUGGIERO, C. et al. **Maracujá para exportação: aspectos técnicos da produção.** Brasília: EMBRAPA-SPI, 1996. 64 p. (Publicações técnicas FRUPEX, 19).
- SENTELHAS, P.C.; PEREIRA A.R. A maior estiagem do século? **Notícias Piracena**, Piracicaba, v.6, n.50, p.1, 2000.
- SILVA, A.A.G.; KLAR, E.A. Demanda hídrica do maracujazeiro amarelo (*Passiflora edulis* Sims f. *flavicarpa* Deg.). **Irriga**, Botucatu, v.7, n.3, p.185-190, 2002.
- SILVA, F.C. **Determinação da evapotranspiração utilizando o método do balanço de energia e lisímetro de pesagem.** 2000. 72f. Tese (Doutorado em Agronomia) - Escola Superior de Agricultura “Luiz de Quiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2000.
- SOUZA, V.F. **Níveis de irrigação e doses de potássio aplicadas via fertirrigação por gotejamento no maracujazeiro amarelo (*Passiflora edulis* Sims. F. *flavicarpa* Deg).**

2000. 178f. Tese (Doutorado em Agronomia) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2000.

RAIJ, B. Van. et al. Recomendações de adubação e calagem para o Estado de São Paulo. **Boletim técnico do Instituto Agrônomo**, Campinas, n.100, p.1-107, 1992.