

Irrigação e fertirrigação na cultura de citros

Eugênio Ferreira Coelho

Maurício Antonio Coelho Filho

Antônia Fonseca de Jesus Magalhães

Áureo Silva de Oliveira

Introdução

Os citros compreendem um dos grupos de fruteiras mais importantes no Brasil, não somente pelo valor nutritivo dos frutos, mas também pelo papel social e econômico que desempenham como produto de exportação, gerando empregos e renda. O Brasil colheu aproximadamente 14,2 milhões de toneladas em 2002 (CITROS, 2002), respondendo por mais de um terço da produção global. A produção de limão, no mesmo período, foi de 454 mil toneladas. A maior parte da produção de citros é consumida internamente, e as exigências fitossanitárias constituem os maiores obstáculos de acesso ao mercado externo.

Em geral, os pomares brasileiros apresentam baixa produtividade em razão de vários fatores. É relevante citar a implantação de pomares em solos de baixa fertilidade e em épocas inadequadas. A esses fatores, somam-se as adubações insuficientes e a deficiência hídrica, decorrente de precipitações aquém do necessário e/ou distribuídas irregularmente durante o ano. Em grande parte do território brasileiro, o volume anual de chuvas é insuficiente para atender as necessidades hídricas das plantas cítricas. A distribuição irregular das chuvas propicia a ocorrência de longos períodos de deficit, submetendo as plantas ao estresse hídrico, o que acaba por determinar grandes quebras de produção (VIEIRA, 1991). Nesse contexto, a irrigação constitui ferramenta indispensável para manter e incrementar a atual produção.

O uso da irrigação em pomares cítricos traz muitos benefícios. O aumento da produção de frutos em decorrência da irrigação é da ordem de 35% a 75% quando comparado aos pomares não irrigados, o que proporciona ganho econômico extra ao produtor. A irrigação assegura boa floração e pegamento, resultando na produção de frutos de melhor qualidade. Essa melhoria é representada por alterações no aspecto, no tamanho, no peso e na quantidade de óleo na casca. Além disso, proporciona um maior desenvolvimento das plantas, que adquirem superfície foliar, a qual pode ser mais abundante, dependendo das condições do pomar, do manejo da irrigação e da combinação copa/porta-enxerto (BARREDA et al., 1984; COHEN; GOELL, 1988).

Sistemas de irrigação

Na citricultura, utilizam-se todos os métodos de irrigação. Na escolha do método, é necessário levar em conta sua eficiência no que diz respeito à economia de água e energia, sem comprometer a produtividade da cultura.

A irrigação por aspersão tem sido usada tanto como aspersão sobrecopa, incluindo o sistema autopropelido, quanto subcopa. Esse método proporciona 100% de área molhada; portanto, não impõe nenhuma limitação ao pleno desenvolvimento das raízes. No entanto, não apresenta alta eficiência de aplicação, e é necessário estar atento ao período de floração, quando o impacto do jato de água dos aspersores pode provocar queda de flores. A água usada em aspersão sobrecopa deve ser de boa qualidade quanto ao conteúdo de sais. Países como Austrália e Israel abandonaram esse tipo de irrigação em razão dos prejuízos que águas salinas causavam às folhas (SHALHEVET; LEVY, 1990).

Os sistemas de irrigação localizada – gotejamento (superficial e subsuperficial) e microaspersão – têm tido grande aceitação em todo o mundo para irrigação de citros. Entre as vantagens desses métodos, incluem-se os seguintes aspectos: alta eficiência de aplicação, baixa pressão, facilidade de operação e bom controle sobre a aeração do solo. Antes de optar por gotejamento ou microaspersão, o citricultor deve levar em conta fatores de natureza técnica e econômica.

O tipo de solo existente na propriedade é um dos primeiros pontos a serem considerados. Os solos com textura média (francos) ou fina (argilosos) são mais propícios ao gotejamento que os arenosos, pois nestes últimos, em geral, não se desenvolve um volume de solo molhado suficiente para conter todo o sistema radicular, a não ser que seja utilizado um número maior de emissores por planta. A microaspersão adapta-se melhor aos solos arenosos pela maior área molhada que assegura à planta. Os microaspersores podem ser dispostos próximos às plantas ou entre as fileiras de plantas.

Os sistemas de irrigação localizada, diferentemente dos sistemas de irrigação por superfície e por aspersão, não molham toda a superfície do terreno; portanto, um mínimo de área molhada deve ser garantido para que se evitem condições de estresse hídrico às plantas. Esse mínimo é representado pela porcentagem de área média molhada pelo emissor (P_m) em relação à área total da planta. Estudos demonstram que a P_m depende do tipo de solo (textura, estrutura e grau de estratificação do perfil), do tipo de emissor (microaspersor ou gotejador), do número de emissores e das condições climáticas locais (KELLER; BLIESNER, 1990). Segundo esses autores, a definição de um valor mínimo ideal de P_m para uma dada cultura ainda não tem sido alcançada em virtude da multiplicidade dos fatores que influenciam a P_m e a interação entre eles.

Para fins práticos, Keller e Bliesner (1990) recomendaram valores entre 33% e 67% para culturas largamente espaçadas, como os citros. O valor de P_m deve ser maior onde a precipitação é menor. Os autores ainda sugeriram que, em regiões de

considerável precipitação, valores de Pm inferiores a 33% são aceitáveis em solos de textura média a fina, ou seja, solos siltosos a argilosos.

O gotejamento adapta-se muito bem à citricultura pela vantagem de ser permanente, de utilizar pouca mão de obra, além de não molhar toda a superfície do terreno, apresentando eficiência de aplicação de 95% em zonas tropicais, principalmente quando os solos não são arenosos (VIEIRA, 1991). Em pomares cítricos, recomenda-se instalar dois gotejadores por planta após o plantio e pelo menos quatro gotejadores quando as plantas estiverem mais desenvolvidas. Em solos de textura média a arenosa, devem-se instalar de cinco a seis gotejadores por planta (INTRIGLIOLO et al., 1994). Os gotejadores podem ser dispostos em duas linhas laterais por fileira de plantas ou ao redor do tronco (disposição em anel ou rabo de porco) no caso do uso de uma linha lateral por fileira de plantas. Segundo esses autores, o rendimento da laranja 'Valência' (*Citrus sinensis* L.) com a utilização de cinco gotejadores por planta, dispostos ao longo da linha lateral, foi maior quando comparado ao uso de três gotejadores por planta. O sistema com cinco gotejadores por planta também foi melhor quando comparado à microaspersão. Germana et al. (1994) avaliaram os efeitos do número e da disposição de gotejadores num pomar cítrico e verificaram que cinco gotejadores dispostos em torno da planta proporcionaram frutos maiores e maior produtividade do que três gotejadores por planta dispostos ao longo da linha lateral.

Os sistemas de microaspersão e gotejamento têm sido avaliados para citros no que diz respeito aos aspectos econômicos, ao rendimento e à qualidade de frutos. Roth et al. (1995) avaliaram a produtividade e a qualidade dos frutos da laranja 'Valência' durante 4 anos, após a conversão de sistemas de irrigação por faixa em sistemas de gotejamento, por microaspersão e por aspersão. A fase de adaptação das laranjeiras aos novos sistemas durou 3 anos, durante os quais o crescimento e a produtividade da cultura foram superiores aos obtidos no sistema de irrigação por faixas. Entretanto, no quarto ano, diferenças significativas na produtividade e na qualidade dos frutos não foram observadas. Orphanos e Eliades (1994) também não encontraram diferenças na produtividade da laranja 'Valência' quando irrigada por gotejamento e por microaspersão.

Necessidade hídrica dos citros

Vários estudos em todo o mundo têm procurado definir os requerimentos de água dos citros. Uma cultura estabelecida requer de 1.000 mm (KOO, 1963) a 1.560 mm

de água por ano (BAVEL et al., 1967). Nos Estados Unidos, a evapotranspiração da cultura (ET_c) anual varia de 900 mm a 1.200 mm (BOMAN, 1996; DOORENBOS; KASSAM, 1984; ERIE et al., 1982). Erie et al. (1982) relataram valores de 1,5 mm dia⁻¹ no inverno (dezembro/janeiro) e 4,7 mm dia⁻¹ no verão (julho/agosto) para a laranja 'Navel' (*Citrus sinensis* L.). Vink et al. (1971) encontraram valores de ET_c da laranja que variavam de 3,2 mm dia⁻¹ a 4,7 mm dia⁻¹ durante todo o período de verão, em regiões de clima temperado.

No que diz respeito ao volume de água por planta, produtividades de frutos consideradas ótimas, ou seja, em torno de 50 t ha⁻¹, podem ser obtidas com irrigação da ordem de 26 m³ planta⁻¹ ano⁻¹. Segundo Boman (1996), o consumo médio de plantas adultas e sadias na Flórida varia de 55 L planta⁻¹ dia⁻¹ a 110 L planta⁻¹ dia⁻¹ no inverno e de 110 L planta⁻¹ dia⁻¹ a 190 L planta⁻¹ dia⁻¹ na estação seca da primavera. Esses valores são da ordem de 220 L planta⁻¹ dia⁻¹ a 260 L planta⁻¹ dia⁻¹ durante os meses quentes e secos do verão. Na Flórida, Plessis (1994) determinou para a laranja 'Valência' um consumo de água da ordem de 8.600 m³ ha⁻¹ ano⁻¹. Estudos em lisímetros de drenagem com lençol freático mantido de 0,6 m a 0,9 m de profundidade mostraram que o consumo anual de água da laranja 'Valência' variou, conforme o ano, de 11.733 m³ ha⁻¹ a 16.030 m³ ha⁻¹ nas condições climáticas da Flórida (BOMAN, 1994).

À semelhança do que ocorre com as culturas agrícolas em geral, a necessidade de água dos citros varia conforme o estágio fenológico das plantas (NEWMAN, 1968). Nas fases de brotação, emissão de botões florais, frutificação e no início do desenvolvimento dos frutos, há maior demanda de água. Nesse período, as plantas são muito sensíveis ao déficit hídrico (BOMAN, 1996), e o aumento do tamanho dos frutos está altamente relacionado com a absorção de água. Na fase de maturação e durante a colheita e a semidormência, a demanda hídrica é menor.

Segundo Davis et al. (1985), o período mais crítico vai da brotação de primavera até o fruto atingir 2,5 cm de diâmetro. No período de estabelecimento da cultura, Shalhevet e Levy (1990) citam lâminas de 10, 15, 25, 45 e 65 L planta⁻¹ dia⁻¹ durante o verão, do primeiro ao quinto ano, respectivamente, para as condições de Israel. Do sexto ano em diante, os autores sugeriram aplicar 100 L planta⁻¹ dia⁻¹.

A necessidade hídrica dos citros também varia entre os diferentes materiais existentes (TORRES, 1980). Em geral, *Citrus reticulata* é mais exigente em água que *Citrus sinensis*, e este último mais que *Citrus limon*.

Transpiração da cultura

Em comparação com outras espécies agrícolas, os citros transpiram menos por unidade de área de terreno e têm significativa resistência foliar à difusão de vapor, decorrente das elevadas resistências estomáticas e cuticular (HALL et al., 1975). Entre os fatores ambientais, sob boa disponibilidade hídrica no solo, a umidade relativa do ar é muito importante para o mecanismo estomático e, conseqüentemente, para a transpiração, visto que os gradientes de pressão de vapor entre folhas e ar (DPV) representam a força motriz para o fluxo de vapor (SYVERTSEN; LLOYD, 1994). Esses autores citam que o mecanismo estomático é efetivo em plantas cítricas, observando-se, de maneira geral, que os estômatos respondem negativamente (diminuindo a sua condutância) com o aumento de DPV, constituindo-se um artifício da planta para a conservação de água em condições adversas e para permitir o bom desenvolvimento da planta em condições climáticas que variam do úmido ao semiárido. Levy (1980) realizou medidas de transpiração em folhas de limoeiro (*Citrus limon*), em condições de campo no semiárido de Israel, em pomar irrigado, e observou que os estômatos responderam efetivamente às condições de alta demanda evaporativa do ar, mantendo os potenciais da água da folha em níveis elevados (menos estresse hídrico) em plantas submetidas a elevadas temperaturas e condições secas.

A sensibilidade dos estômatos à umidade relativa do ar pode estar associada às elevadas resistências ao transporte de água em plantas cítricas, como sugerido por Kriedemann e Barrs (1981). Observou-se, no entanto, que existe uma tendência de estabilização da transpiração por regulação estomática em uma ampla faixa de gradiente de vapor entre folha e atmosfera (HAAL et al., 1975; LEVY, 1980; LEVY; SYVERTSEN, 1981). Esse mecanismo de controle estomático faz, em alguns casos, que plantas cítricas transpirem similarmente mesmo em condições distintas de demanda atmosférica, como relatado por Levy (1980) para as condições dos estados da Flórida e do Arizona, nos EUA. Shalhevet e Levy (1990) relatam também que o volume de água irrigado em pomares cítricos em Israel é o mesmo, independentemente do fato de o pomar estar na costa úmida ou no deserto.

Segundo Kriedemann e Barrs (1981), as relações hídricas de plantas cítricas são geralmente afetadas pela elevada resistência ao transporte de água pela planta, associada, em parte, à pequena relação entre o sistema radicular e a parte aérea da planta (raiz/copa) e também ao pobre desenvolvimento dos pelos radiculares. Segundo Castle (1978), a relação raiz/copa em plantas cítricas não é constante, variando em razão do desenvolvimento da planta, de sua idade e espécie. Também são fatores determinantes a textura do solo, a sua fertilidade e o clima da região. De maneira geral, observa-se que a relação raiz/copa tende a diminuir com a idade da planta.

Em contraste com a baixa condutividade hidráulica do caule e das raízes, as plantas cítricas possuem elevada superfície foliar por unidade de terreno de projeção da copa, e podem atingir de 9 a 11 dependendo da combinação copa/porta-enxerto (SYVERTSEN et al., 1988). Em condições adversas, esse contraste certamente faz que a transpiração das plantas exceda a absorção de água pelo sistema radicular, levando a um balanço negativo de água da planta mesmo quando o solo está com água facilmente disponível. Esse fato foi observado por Marin et al. (2001) em árvores adultas da lima ácida 'Tahiti', nas condições de Piracicaba, SP, em solo argiloso, em que a transpiração atingiu um valor máximo de $1,31 \text{ L m}^{-2}$ de folha dia^{-1} , quando os valores de radiação líquida (R_n) estavam em torno de $16 \text{ MJ m}^{-2} \text{ dia}^{-1}$, diminuindo acima desse limite. Em pomar jovem da lima ácida 'Tahiti', irrigado com quatro gotejadores por planta, também nas condições de Piracicaba, SP, Coelho Filho (2002) não observou esse comportamento. O autor constatou que existe tendência de crescimento da transpiração com o aumento de R_n , mesmo em condições de elevada disponibilidade energética, acima de $16 \text{ MJ m}^{-2} \text{ dia}^{-1}$, que pode ser explicada pela maior relação raiz/copa em plantas jovens.

Entre as alternativas para a determinação da transpiração de árvores em campo, a técnica lisimétrica é considerada de boa referência; entretanto, ao se trabalhar com árvores de grande porte, ocorre elevada limitação do seu emprego. Segundo Pereira et al. (1997), esses equipamentos contêm apenas uma pequena porção de solo por árvore, e isso perturba o crescimento natural e a absorção de água. As câmaras gasosas, entre elas o porômetro de equilíbrio dinâmico do ponto nulo, são bem-difundidas atualmente; porém, apresentam problemas relacionados à interferência das medidas nas respostas estomáticas, em razão dos distúrbios causados no ambiente aéreo, ao se inserir a folha na câmara de medida, e da representatividade e impossibilidade de automação das leituras (ANGELOCCI, 2001).

Para fins comparativos, a utilização da transpiração padronizada (T_r) pela área foliar (L m^{-2} de folha dia^{-1}) é uma solução adotada, pois reduz a variação causada pelo tamanho das árvores e as variedades, mesmo em estudos localizados em locais distintos. Esse artifício foi utilizado com sucesso em árvores de maçã, por Angelocci e Valancogne (1993) e Braun et al. (2000), e em lima ácida 'Tahiti', por Coelho Filho (2002) e Marin et al. (2001).

Como se pode observar pela Figura 1a, a transpiração determinada em plantas da lima ácida 'Tahiti' com área foliar entre $0,17 \text{ m}^2$ e $1,1 \text{ m}^2$ sofreu acréscimos para um mesmo valor de evapotranspiração de referência (ET_0) com o aumento da área foliar. Ao se escalonarem as medidas de transpiração (Figura 1b), verificou-se uma

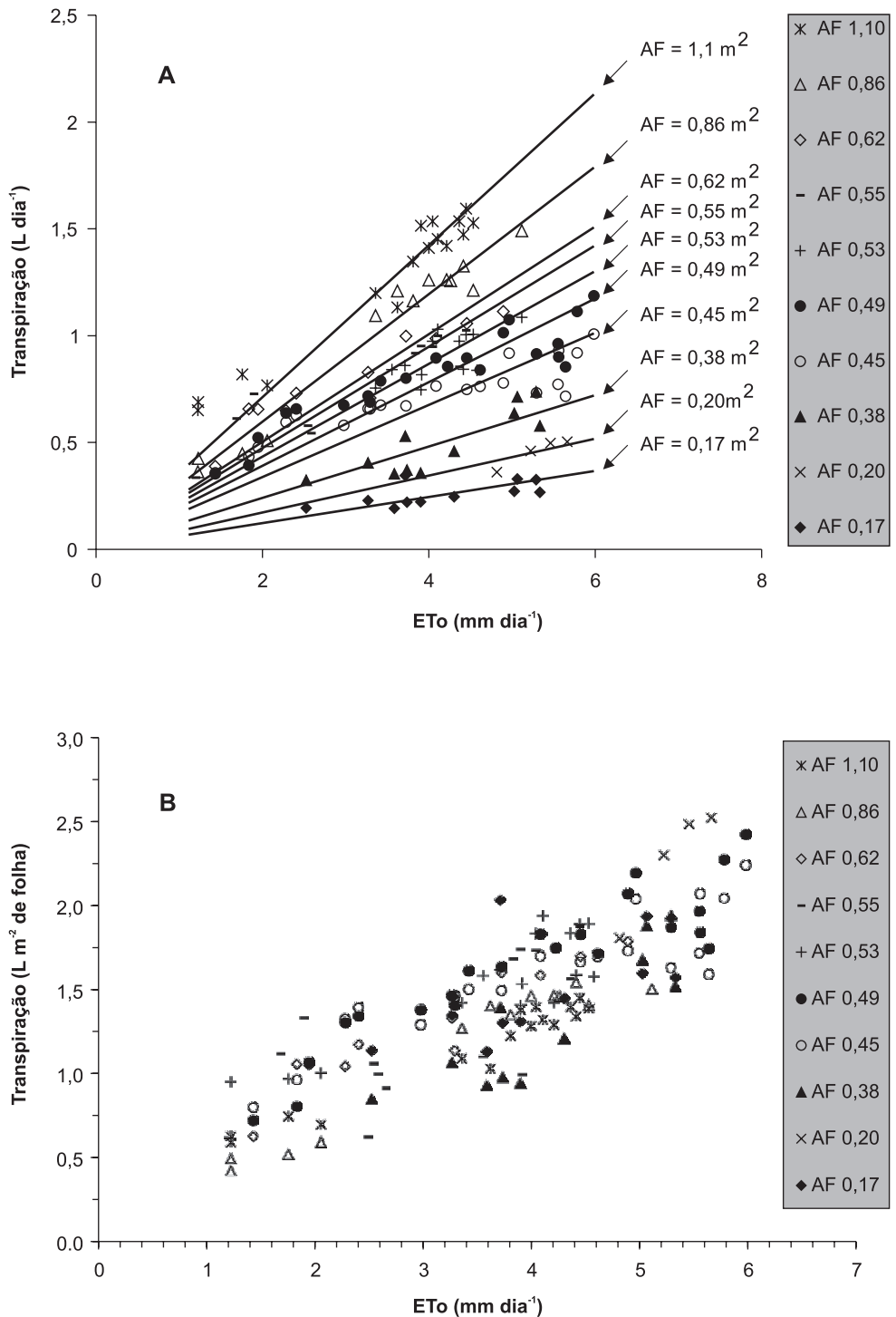


Figura 1. Relação entre transpiração máxima de plantas da lima ácida ‘Tahiti’, separadas por classes com mesma *AFT*, e a evapotranspiração de referência segundo Penman-Monteith (*ETo*) (A); relação entre transpiração máxima por unidade de área foliar (*Tr*) de plantas da lima ácida ‘Tahiti’ e a *ETo* (B).

Fonte: Coelho Filho (2002).

tendência de linearização (Figura 1B), sendo possível a estimativa de Tr com base em um modelo climatológico, conhecendo-se a área foliar da planta:

$$Tr = K \times ET_0 \quad (1)$$

em que K é o coeficiente de ajuste da relação e ET_0 representa a demanda atmosférica local, que pode ser substituída, por exemplo, por medidas de evaporação do tanque Classe A (ECA).

Coelho Filho (2002) e Marin (2000), trabalhando com ampla faixa de demanda atmosférica, encontraram coeficientes de ajuste de 0,34 e 0,25, respectivamente, quando se utilizou a ET_0 (Penma-Monteith), e 0,27 e 0,21 ao se utilizar a ECA. As relações obtidas com o uso do tanque Classe A são de grande utilidade na prática do manejo de irrigação. Essas diferenças encontradas nos coeficientes de ajuste se devem à idade do pomar. Os coeficientes mais elevados são característicos de plantas jovens. Quanto menor o autossombreamento das folhas, maior a transpiração por unidade de área foliar (Tr).

Quando se comparam as curvas de variação do fluxo de seiva e de radiação líquida (R_n) (Figuras 2 e 3), verifica-se certa defasagem entre ambas, que está relacionada

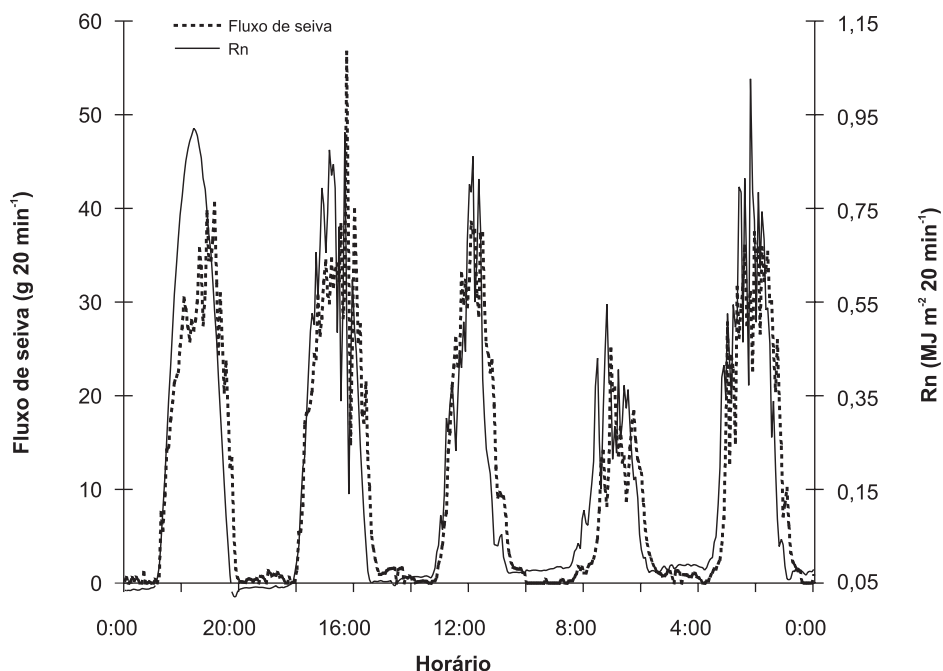


Figura 2. Variação do fluxo de seiva (transpiração máxima) de plantas da lima ácida 'Tahiti' e da radiação líquida determinada no pomar (0,6 m² de folha) dos dias julianos 337 a 341 de 2001, Piracicaba, SP.

Fonte: Coelho Filho (2002).

à capacitância dos ramos das plantas (maior nos ramos mais grossos) e é mais pronunciada em plantas adultas. Essa defasagem pode ser explicada pelo fato de que, pela manhã, há uma tendência de o fluxo de seiva não acompanhar a variação da transpiração (HEILMAN; HAN, 1990; SHACKEL et al., 1992; VALANCOGNE; NASR, 1993; WEIBEL; VOS, 1994). Nessa parte do dia, a transpiração tende a acompanhar mais a variação de R_n , cujo processo (transpiratório) ocorre nesse período, parcialmente, às expensas da água armazenada em tecidos. Já no final do dia, quando a transpiração tende a cessar, o fluxo de seiva continua a ocorrer em taxa que tende a repor a água do tecido perdida durante o dia, processo que pode ocorrer também durante parte do período noturno.

A Figura 3 apresenta o fluxo de seiva de quatro ramos de uma árvore da lima ácida 'Tahiti' em pomar irrigado em Piracicaba, SP. O fluxo de seiva total (transpiração máxima) da planta foi de 171, 130 e 183 L árvore⁻¹ dia⁻¹ para os dias julianos 253, 254 e 255 do ano 2001, respectivamente. O total transpirado cresceu com o aumento do total de energia disponível no pomar, porém observa-se que, ao se compararem os resultados dos dias julianos 253 e 255, a elevação da transpiração no dia juliano 255 ocorreu em razão do aumento do fluxo de seiva nos ramos 1, 3 e, especialmente, no ramo 4 (folhas com menor exposição), que foi bem superior (40 L) ao observado nos dias anteriores (\cong 10 L). Esse aumento compensou

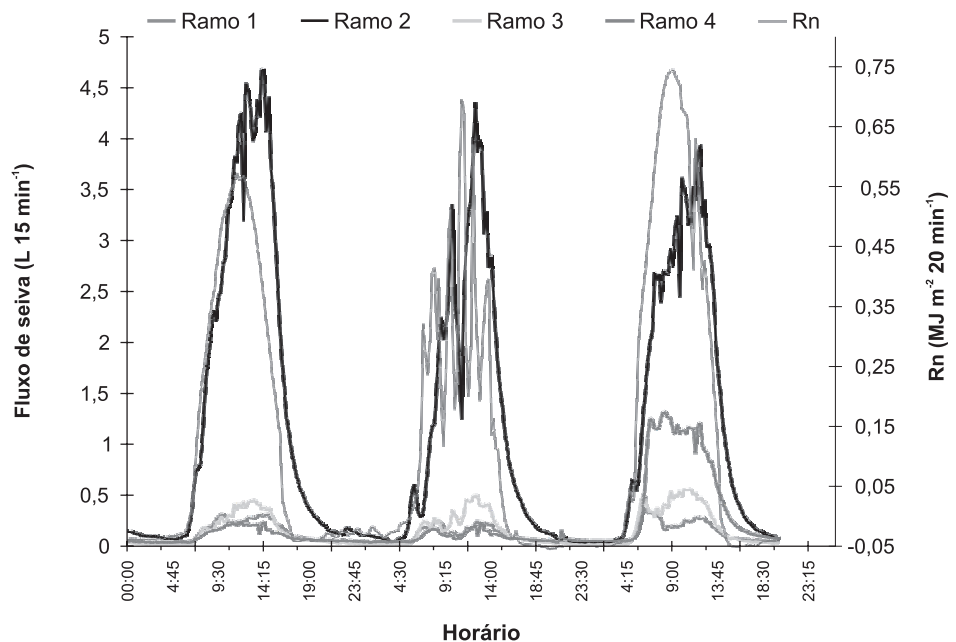


Figura 3. Variação do fluxo de seiva (transpiração máxima) de quatro ramos de uma planta da lima ácida 'Tahiti' adulta (total foliar de 165 m²) e da radiação líquida sobre o pomar (11,8, 8,44 e 15 MJ m⁻² dia⁻¹), Piracicaba, SP.

o decréscimo do fluxo de seiva no ramo 2 (111 L), cujas folhas situavam-se na porção superior da copa. O fluxo de seiva total observado no dia juliano 253 foi de 135 L. Esses resultados corroboram os obtidos por Cohen et al. (1997) e Marin et al. (2001), que observaram plantas em níveis energéticos diferenciados apresentarem o total de fluxo de seiva similar, seja pela redução da condutância estomática em folhas sob elevada disponibilidade energética e aumento da condutância foliar nas sombreadas, compensando a menor disponibilidade energética, seja pela incapacidade de o sistema radicular da planta suprir a tempo a demanda atmosférica.

Os valores de Tr para os três dias analisados foram de 1,04, 0,79 e 1,11 L m⁻² de folha dia⁻¹ e encontram-se na faixa observada por Marin et al. (2002) no mesmo pomar (Tabela 1). Porém, esses valores apresentaram ligeira queda em se tratando

Tabela 1. Evapotranspiração de referência segundo Penman-Monteith (ET_0) e transpiração (Tr) de plantas da lima ácida 'Tahiti' nas condições de Piracicaba, SP. Dados referentes a duas plantas adultas com 64 m² e 87 m² de área foliar e plantas jovens com área foliar variando de 0,17 m² a 1,1 m².

Planta adulta		Planta jovem	
ET_0 mm dia ⁻¹	Tr L m ⁻² de folha dia ⁻¹	ET_0 mm dia ⁻¹	Tr L m ⁻² de folha dia ⁻¹
1,34	0,29	1,23	0,49
1,37	0,74	1,69	1,20
3,62	1,08	2,53	0,85
3,62	0,64	2,98	1,38
4,02	1,38	3,29	1,41
4,10	1,11	3,71	1,62
4,14	1,13	3,90	1,38
4,26	1,23	3,90	1,40
4,63	1,19	3,91	1,54
4,69	1,27	4,04	1,73
4,71	1,22	4,04	1,83
4,88	1,20	4,42	1,34
5,01	1,32	4,53	1,39
5,10	1,14	4,53	1,41
5,17	1,94	4,53	1,89
5,79	1,14	4,58	1,57
5,83	1,02	5,06	1,94
5,92	1,09	5,46	2,49
6,53	1,06	5,98	2,42

Fonte: Coelho Filho (2002) e Marin et al. (2002).

de evapotranspiração de 4,47, 2,86 e 5,16, respectivamente, em cada dia juliano, o que provavelmente está ligado ao maior autossombreamento proporcionado pelo maior volume e densidade foliar da árvore apresentada na Figura 3.

Coeficiente de cultivo

Coeficientes de cultivo para os citros têm sido relatados na literatura especializada (Tabela 2). Castel (1996) determinou experimentalmente valores de K_c para laranja irrigada por gotejamento, usando lisímetros de pesagem. A água evaporada diretamente da superfície do solo variou de 8% a 30% da ET_c nos períodos secos, e de 30% a 50% da ET_c nos períodos chuvosos. O K_c variou de acordo com o desenvolvimento da cultura ao longo dos anos e dentro de um mesmo ano. Neste último caso, a variação deu-se em razão do crescimento da cultura a partir da poda feita no início de cada ano. Os valores de K_c variaram de 0,3 a 0,6 e atingiram 0,8 em apenas 4 meses, num período de estudo de 5 anos. O K_c para citros, assim como para outras culturas agrícolas, depende de condições locais, e deve

Tabela 2. Valores do coeficiente de cultura (K_c) para pomares cítricos.

Fonte	Jan.	Fev.	Mar.	Abr.	Mai	Jun.	Jul.	Ago.	Set.	Out.	Nov.	Dez.
Castel (A)	0,66	0,65	0,66	0,62	0,55	0,62	0,68	0,79	0,74	0,84	0,73	0,60
FAO (A1)	0,75	0,75	0,70	0,70	0,70	0,65	0,65	0,65	0,65	0,70	0,70	0,70
FAO (A2)	0,90	0,90	0,85	0,85	0,85	0,85	0,85	0,85	0,85	0,85	0,85	0,85
Castel (B)	0,55	0,71	0,54	0,52	0,44	0,53	0,63	0,69	0,68	0,66	0,72	0,79
FAO (B1)	0,65	0,65	0,60	0,60	0,60	0,55	0,55	0,55	0,55	0,55	0,60	0,60
FAO (B2)	0,90	0,90	0,85	0,85	0,85	0,85	0,85	0,85	0,85	0,85	0,85	0,85
FAO (C1)	0,55	0,55	0,50	0,50	0,50	0,45	0,45	0,45	0,45	0,45	0,50	0,50
FAO (C2)	1,00	1,00	0,95	0,95	0,95	0,95	0,95	0,95	0,95	0,95	0,95	0,95

A = Plantas adultas cobrindo mais de 70% do terreno.

B = Plantas jovens cobrindo 50% do terreno.

C = Plantas jovens cobrindo 20% do terreno.

1 - Plantas em terreno limpo; 2 - Plantas em terreno com mato.

Fonte: adaptado de Castel (1996) e Doorenbos e Pruitt (1977).

ser obtido mediante pesquisas que envolvem diferentes sistemas de irrigação, condições edafoclimáticas e combinações copa/porta-enxerto. Na falta de dados mais precisos, recomendam-se os valores da Tabela 2, em que os dados da FAO (DOORENBOS; PRUITT, 1977) referem-se a áreas de poucas chuvas, ventos moderados e grama como cultura de referência.

Absorção de água pelo sistema radicular sob irrigação

O conhecimento da distribuição estática ou dinâmica do sistema radicular de uma planta constitui uma relevante ferramenta para a determinação da quantidade de água a ser aplicada no manejo da irrigação. Em se tratando de irrigação localizada (gotejamento e microaspersão), apenas o conhecimento da profundidade efetiva do sistema radicular não é suficiente para inferir as zonas de absorção de água e nutrientes, uma vez que a geometria de distribuição de água é de caráter multidimensional, diferindo do caráter unidimensional da irrigação por aspersão.

A distribuição do sistema radicular das culturas cítricas é função das características físicas do solo, em especial da textura e estrutura, dos fatores genéticos, do teor de água do solo, que atua na resistência do solo à penetração das raízes e é um dos componentes da distribuição de água/ar e da temperatura do solo (GREGORY, 1987; KLEPPER, 1987).

Em condições de sequeiro, as raízes de plantas cítricas tendem a se concentrar nas camadas iniciais, isto é, entre 0 m e 0,3 m, onde os percentuais do total de raízes amostradas podem ficar entre 52% e 75% (CARVALHO et al., 1999; ZHANG et al., 1996). A avaliação da distribuição de raízes da laranja 'Pera' durante 5 anos após o plantio, em solo arenoso, sob condições de sequeiro (COELHO et al., 2002), mostrou que a distribuição de raízes foi, em geral, limitada pela distância horizontal do tronco a 2,0 m e a 1,5 m de profundidade. Os valores máximos de densidade de comprimento de raízes (DCR), superiores a $0,05 \text{ cm cm}^{-3}$, foram observados apenas abaixo do tronco, à profundidade de 0,5 m, com ocorrência de baixos valores de DCR em todo o restante do volume de solo explorado (Figura 4).

A distribuição de raízes de laranja em irrigação localizada deve ser observada em duas situações: na irrigação complementar em razão das necessidades hídricas

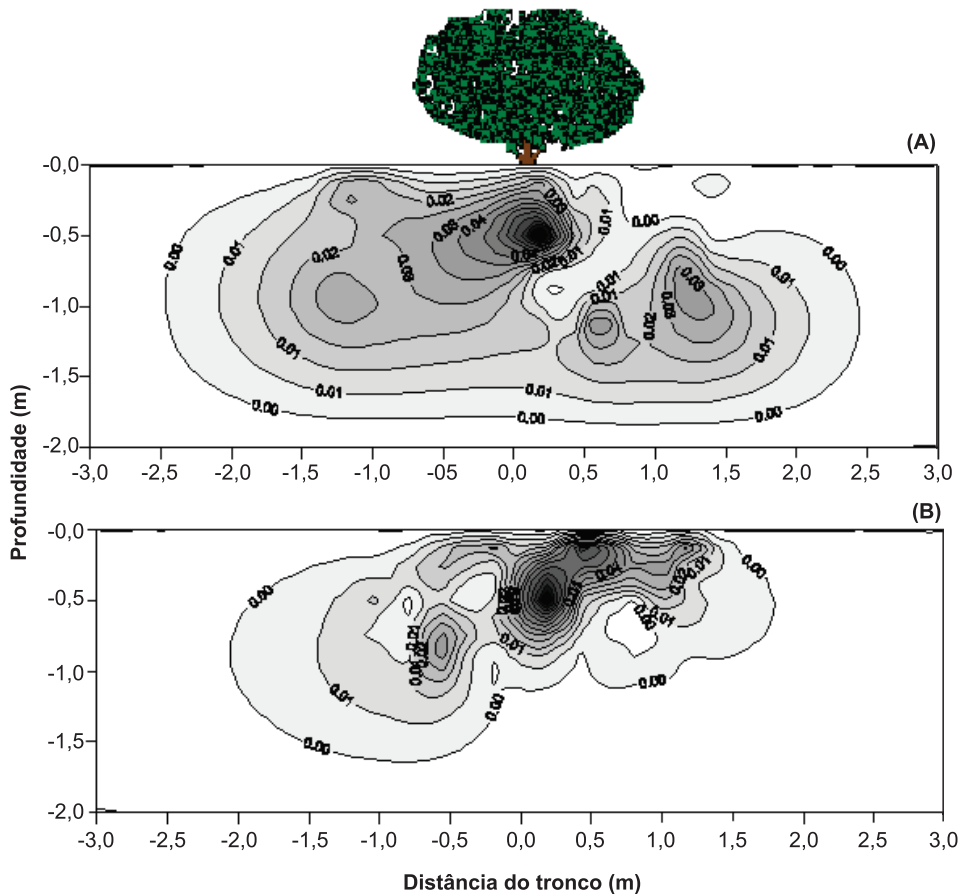


Figura 4. Distribuição de densidade de comprimento de raízes (cm cm^{-3}) em dois perfis: na direção ortogonal à fileira de plantas (A), e na direção longitudinal à fileira de plantas, em condições não irrigadas (B).

Fonte: Coelho et al. (2002).

da planta durante períodos de deficit, como é o caso de regiões úmidas e subúmidas, e na irrigação para o suprimento total ou em grande parte do ano das necessidades hídricas da planta, como ocorre nas regiões áridas e semiáridas. A diferença entre os dois casos é que o sistema radicular desenvolve-se muito mais nas condições de irrigação complementar. Coelho et al. (2003) verificaram que, caso haja necessidade de irrigação durante 6 meses do ano, em solo arenoso, a irrigação por microaspersão ocasiona maior volume de solo explorado, com maior profundidade e expansão lateral das raízes, de forma mais densa, isto é, com maiores valores de DCR em relação à condição não irrigada. Houve concentração significativa de raízes à distância horizontal do tronco inferior a 2,5 m e em profundidades entre 0 m e 1,5 m, com máxima concentração a distâncias horizontais do tronco entre 0,5 m e 2,0 m (Figura 5). Em irrigação por

gotejamento, com os gotejadores ao longo da fileira de plantas, distanciados 0,5 m entre si, a região explorada pelas raízes da laranja 'Pera' esteve entre 2,5 m e 2,8 m de distância horizontal do tronco e em profundidades de até 2,0 m. Os maiores valores de DCR ocorreram nas profundidades entre 0 m e 1,5 m (Figura 6). Houve maior concentração e uniformidade de raízes na direção da fileira de plantas onde se situaram os emissores (COELHO et al., 2003).

Com relação à lima ácida 'Tahiti', em condições semiáridas de irrigação complementar por microaspersão, Santos (2002) verificou que 83,6% das raízes localizavam-se até a profundidade de 0,5 m, e 85,9% das raízes foram encontradas em uma distância horizontal inferior a 1,5 m da planta (Figura 7).

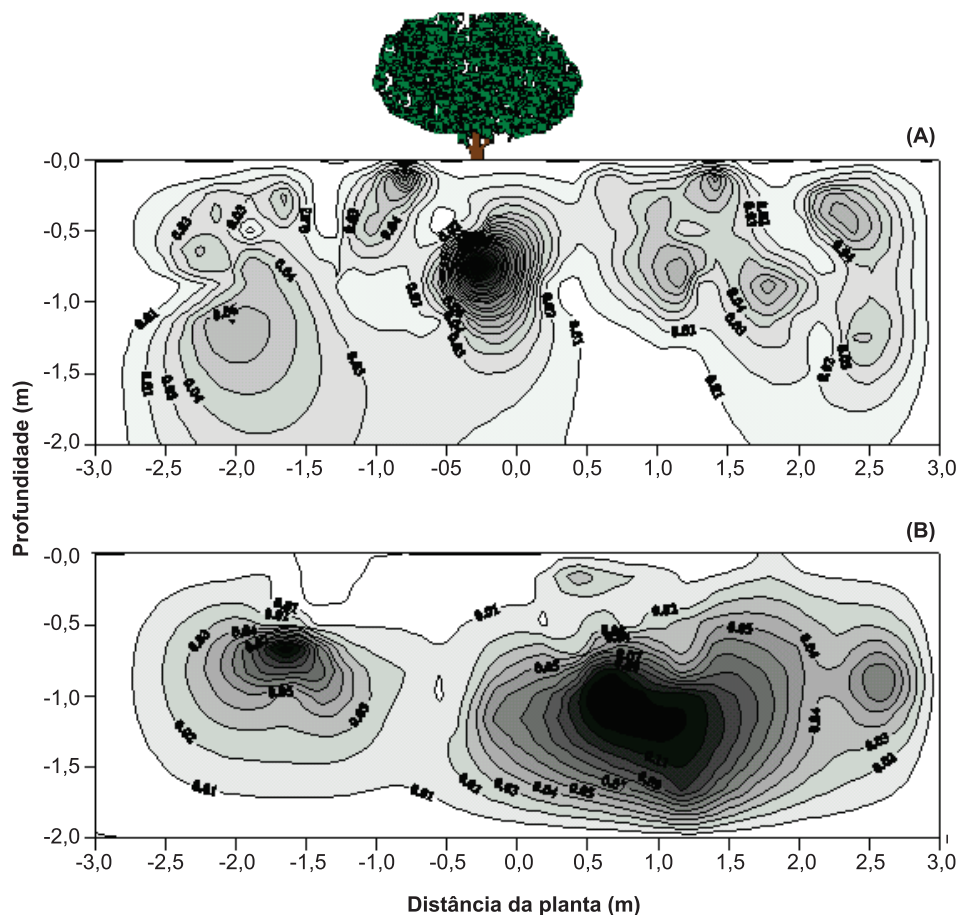


Figura 5. Distribuição de densidade de comprimento de raízes (cm cm^{-3}) em dois perfis: na direção ortogonal à fileira de plantas (A) e na direção longitudinal à fileira de plantas, em sistema de irrigação por microaspersão (B).

Fonte: Coelho et al. (2002).

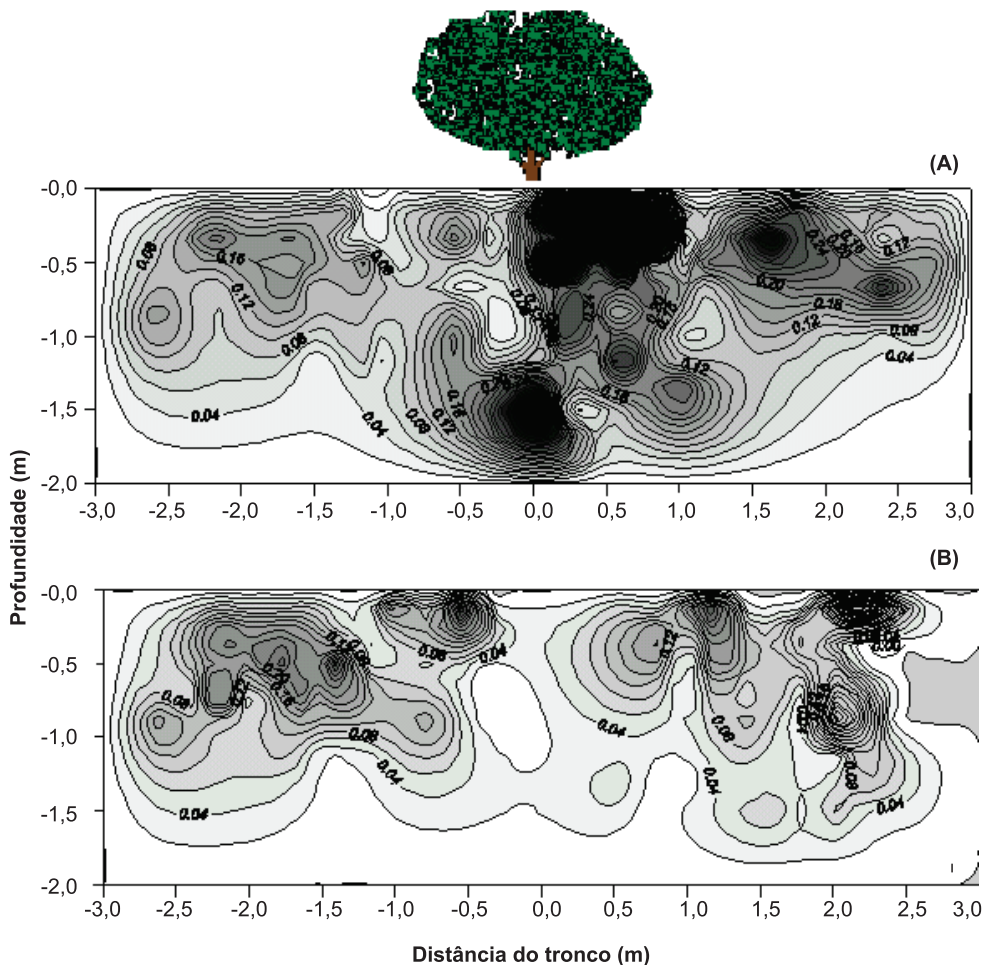


Figura 6. Distribuição de densidade de comprimento de raízes (cm cm^{-3}) em dois perfis: na direção ortogonal à fileira de plantas (A) e na direção longitudinal à fileira de plantas, em sistema de irrigação por gotejamento (B).

Fonte: Coelho et al. (2003).

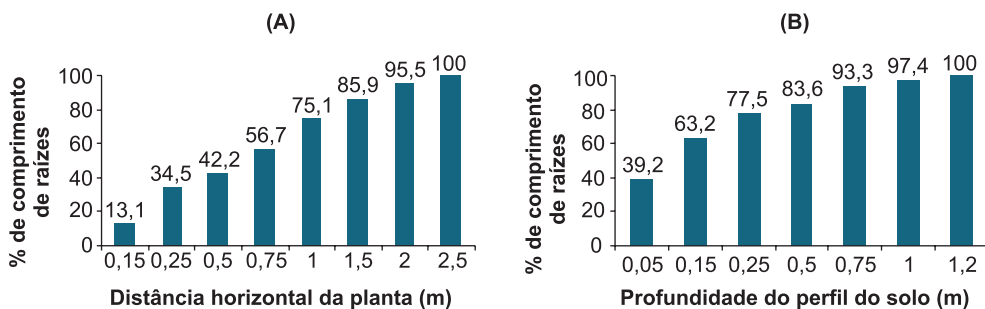


Figura 7. Distribuição de raízes do citrumele ‘Swingle’ sob lima ácida ‘Tahiti’ para uma frequência de irrigação de três dias; distância horizontal em relação à planta (A), profundidade do perfil do solo (B).

Fonte: Santos (2002).

As regiões de maior atividade do sistema radicular localizam-se em zonas de maior variação de água do perfil em razão do tempo, ou seja, em locais onde a água está sendo absorvida para suprir a evapotranspiração da cultura. No caso de plantas cítricas, 80% da extração de água ocorre entre 0 cm e 60 cm de profundidade no perfil do solo (DIRKSEN et al., 1979). Segundo Erie et al. (1982), de um consumo médio de 977 mm ano⁻¹ no Arizona para a laranja 'Navel', 44% foram extraídos da camada de solo de 0 m a 0,30 m, 26% da camada de 30 cm a 60 cm e 15% da camada de 0,60 m a 0,90 m, totalizando 85% de extração de água de 0 m a 0,90 m.

Santos (2002) observou que a absorção de água pelas raízes da lima ácida 'Tahiti', sob microaspersão em condições semiáridas, no sentido longitudinal à fileira de plantas, ocorreu a distâncias horizontais da planta inferiores a 1,5 m e em profundidade de até 0,5 m. Para distâncias horizontais da planta inferiores a 0,5 m, a absorção de água pelas raízes foi até a profundidade de 1,1 m. No perfil ortogonal à fileira de plantas, a extração de água pelas raízes localizou-se na região de profundidade de 0 m a 0,5 m e na distância horizontal da planta de 0 m a 1,2 m (Figura 8).

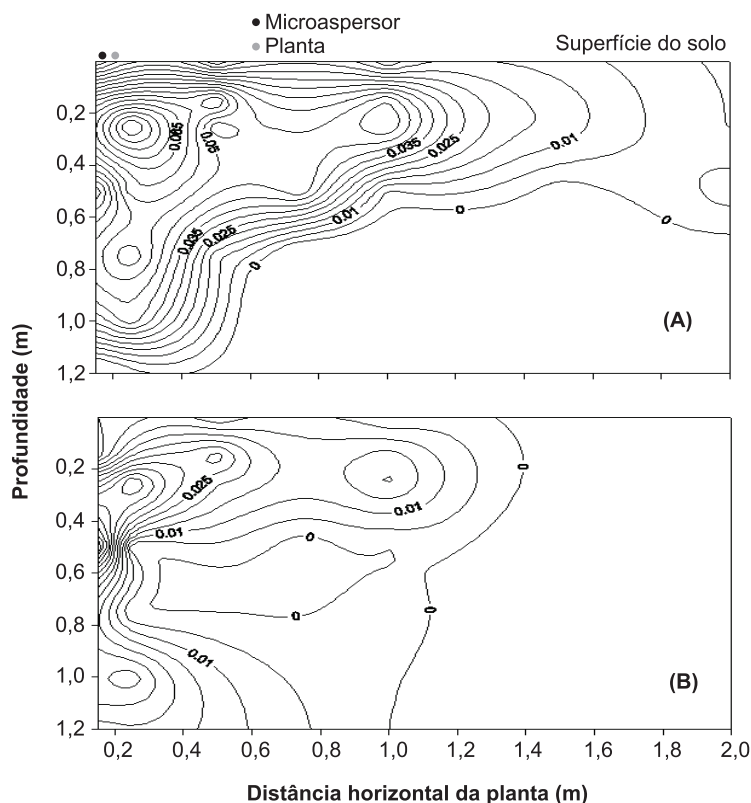


Figura 8. Estimativa da extração de água do solo pelo sistema radicular da lima ácida ($m^3 m^{-3}$) nas direções longitudinal (A) e ortogonal (B) à fileira de plantas.

Fonte: Coelho et al. (2007).

Manejo da irrigação

No uso do turno de rega calculado, para os citros, Davis et al. (1985) recomendaram valores de f de 0,30 a 0,35 durante o período crítico entre a brotação e até que o fruto atinja 2,5 cm de diâmetro. No restante do ano, esse valor pode subir para 0,50, permitindo assim menor frequência na aplicação de água. Doorenbos e Pruitt (1977) sugeriram valor máximo da fração de água disponível (f) em torno de 0,50. Os mesmos autores sugeriram ainda que o valor da profundidade do sistema radicular (z) deve estar entre 0,50 m, até o quarto ano do plantio, e 1,10 m a partir do quinto ano. No uso de sensores de água do solo, segundo Cassell e Klute (1986), os potenciais matriciais mantidos entre -15 kPa e -30 kPa a 0,30 m de profundidade proporcionam crescimento adequado à cultura. Por sua vez, valores de -30 kPa a -45 kPa têm sido tomados como limite para a manutenção de teores de umidade adequados à cultura, além dos quais é necessário realizar a irrigação. O crescimento das raízes é reduzido com potenciais matriciais no solo inferiores a -600 kPa.

Um ponto importante a ser observado diz respeito à localização dos sensores no perfil do solo. Como regra, devem-se instalar os sensores no centro de atividade do sistema radicular ou numa região do sistema radicular representativa do cenário geral de extração de água. Assim, os sensores devem ser instalados a distâncias horizontais máximas de 1,50 m do tronco, e em profundidade máxima de 1,10 m. A distância de 0,50 m do tronco e profundidades de 0,25 m e 0,50 m são as posições mais recomendadas para a instalação dos sensores de água do solo.

Fertirrigação

Os efeitos do uso da fertirrigação em citros têm sido relacionados aos diferentes porta-enxertos, às condições edáficas e às diferenças ambientais. Ainda não há consenso entre os trabalhos produzidos a respeito da viabilidade da fertirrigação como tecnologia para o aumento da produtividade dos citros. Diversos trabalhos relatam o aumento da produtividade pelo uso de fertirrigação (ALVA; PARAMASIVAM, 1998; DASBERG et al., 1988; KOO et al., 1974; WILLIS et al., 1991), mas outros não têm mostrado o mesmo efeito (ALVA; MOZAFFARI, 1995; INTRIGLILO et al., 1999; TOMLINSON; COETZEE, 1997). Uma justificativa para o insucesso da fertirrigação com nitrogênio em citros, comparada à adubação convencional, é o fato de as plantas absorverem o nitrogênio e o armazenarem como aminoácidos para serem usados no período seguinte (SWIETLIK, 1992; WILLIS et al., 1991). De qual-

quer forma, a fertirrigação é aconselhada para citros no caso de já existir o sistema de irrigação implantado, visto que o acréscimo de um injetor de fertilizante e o uso da tecnologia certamente serão, no mínimo, compensados pela economia da mão de obra que seria usada na adubação convencional.

Necessidades nutricionais

Nitrogênio

As plantas cítricas, como as demais culturas, possuem requerimentos nutricionais diferenciados com o tempo, isto é, há uma variação na intensidade de absorção dos nutrientes ao longo do ano. Isso depende basicamente das condições evapotranspirométricas da região, bem como do estágio fenológico da cultura. Em períodos de maior demanda evapotranspirométrica, há maior intensidade de absorção de água e, conseqüentemente, de nutrientes. Na floração, a demanda por N começa a acentuar-se, e atinge o máximo, no início da frutificação, após a queda das pétalas, reduzindo posteriormente. Em condições de florescimento natural, que ocorre em setembro, com colheita de frutos em março, sugere-se, a princípio, o seguinte parcelamento do N anual: 10% de setembro a outubro, 60% de novembro a janeiro, 20% de fevereiro a março e 10% de abril a maio.

No caso de regiões semiáridas, onde a irrigação deve responder pela maior parte da água consumida pela cultura, pode-se escalonar a produção por meio de reguladores de crescimento, tais como: o uso de produtos químicos (paclobutrazol, cloreto de mepquat, etefon, entre outros) ou com estresse hídrico. Nessas regiões, como em grande parte do Nordeste brasileiro, onde a temperatura é favorável ao crescimento durante praticamente todo o ano, a intensidade de absorção de nutrientes ficará condicionada ao período final do estresse e ao início da irrigação quando se iniciará a floração. Nesse caso, o parcelamento de N pode seguir os mesmos percentuais apresentados anteriormente, mas com variação nos meses, conforme a época prevista para o estresse.

Do teor total de N utilizado pelas plantas cítricas, apenas 30% do necessário é extraído do solo; os 70% restantes são translocados das raízes e folhas velhas. Trabalhos conduzidos na Espanha, em Israel e nos Estados Unidos permitiram concluir que ótimas produtividades são obtidas, considerando-se a necessidade individual de N do solo por plantas adultas entre 600 g planta⁻¹ ano⁻¹ e 1.300 g planta⁻¹ ano⁻¹ (CASTEL, 1987). Nas condições edafoclimáticas do Brasil, os níveis de N encontra-

dos nas pesquisas têm sido bem menores que os encontrados em outros países, o que pode ser em razão das condições de sequeiro ou da irrigação complementar sob as quais os resultados foram obtidos.

Nas condições edafoclimáticas do Nordeste brasileiro, com maior abrangência para os Tabuleiros Costeiros, as doses anuais de N podem ser distribuídas conforme a Tabela 3.

Castel (1987) sugeriu que as doses de fertilizante a serem aplicadas até a fase adulta das plantas podem ser também tomadas como uma porcentagem da quantidade máxima aplicada a partir do sexto ano. Assim, aplicam-se 8% dessa quantidade no primeiro ano, 20% no segundo ano, 30% no terceiro ano, 60% no quarto ano, 70% no quinto ano e 100% no sexto ano.

Dasberg et al. (1988) compararam diferentes doses de N aplicadas via água de irrigação e por adubação convencional. Não houve diferença significativa sobre o efeito do N no tamanho e na qualidade dos frutos. A dose de 160 kg de N ha⁻¹ via água de irrigação resultou em maiores produtividades, quando comparada com a mesma quantidade aplicada convencionalmente. Dasberg et al. (1983), ao fazerem avaliação semelhante, observaram também que altas quantidades de N estiveram correlacionadas à casca mais grossa e ao retardamento na coloração dos frutos.

Tabela 3. Doses anuais de N (kg ha⁻¹) para citros segundo a idade das plantas.

Espaçamento (m x m)	Período						
	Plantio	1º ano	2º ano	3º ano	4º ano	5º ano	≥ 6º ano
8 x 5 ou 7 x 6	20	30	40	50	60	80	100
7 x 4 ou 6 x 5	30	40	60	80	100	120	150
6 x 4	40	60	80	100	120	160	200

Fonte: Magalhães (1997).

Potássio

No que diz respeito à porcentagem da quantidade máxima recomendada de K no sexto ano, as doses do fertilizante até a idade adulta correspondem a 15% daquela quantidade no primeiro ano, 20% no segundo ano, 35% no terceiro ano, 65% no quarto ano, 85% no quinto ano e 100% no sexto ano (CASTEL, 1987). As doses anuais de potássio ou K₂O para citros, determinadas para o uso convencional, são apresentadas na Tabela 4 para as condições edafoclimáticas do Nordeste brasileiro, com maior abrangência para os Tabuleiros Costeiros. Tais quantidades podem,

inicialmente, ser usadas via água até que sejam obtidos resultados de pesquisa locais para a condição de fertirrigação.

Tabela 4. Doses de K_2O ($kg\ ha^{-1}$) para citros, considerando-se a idade das plantas, teores de K no solo ($mg\ dm^{-3}$) e o espaçamento utilizado.

Espaçamento (m x m)	Período K ($mg\ dm^{-3}$) - solo												
	Plantio	1º ano	2º ano	3º ano	4º ano			5º ano			≥ 6º ano		
	< 20	< 20	< 20	< 20	< 6	7-12	13-20	< 20	21-40	41-60	< 20	21-40	41-60
8 x 5 ou 7 x 6	20	30	40	50	60	40	30	70	50	30	80	60	40
7 x 4 ou 6 x 5	30	45	60	70	80	60	45	100	75	45	120	90	60
6 x 4	40	60	80	100	120	80	60	140	100	60	160	120	80

Fonte: Magalhães (1997).

Fósforo

A demanda de P pela planta segue a mesma tendência apresentada por N e K. Uma única aplicação no início da floração pode ser suficiente, não havendo necessidade de outras aplicações durante o ciclo anual. No que se refere à porcentagem da quantidade máxima recomendada para o sexto ano, as doses do fertilizante até a idade adulta correspondem no primeiro ano a 15% daquela quantidade, 20% no segundo ano, 25% no terceiro ano, 75% no quarto ano, 90% no quinto ano e 100% no sexto ano (CASTEL, 1987).

As Tabelas 5a e 5b sugerem doses anuais de P para os citros com idade de 1 a 6 anos, para as condições edafoclimáticas do Nordeste brasileiro, com maior abrangência para os Tabuleiros Costeiros.

Tabela 5A. Doses anuais de P_2O_5 ($kg\ ha^{-1}$) de acordo com a idade das plantas, teores de P no solo ($mg\ dm^{-3}$) e o espaçamento utilizado.

Espaçamento (m x m)	Plantio			1º ano			2º ano			3º ano		
	P ($mg\ dm^{-3}$) - solo			P ($mg\ dm^{-3}$) - solo			P ($mg\ dm^{-3}$) - solo			P ($mg\ dm^{-3}$) - solo		
	< 6	7-12	13-20	< 6	7-12	13-20	< 6	7-12	13-20	< 6	7-12	13-20
8 x 5 ou 7 x 6	15	10	5	20	10	10	25	15	10	25	15	10
7 x 4 ou 6 x 5	25	15	10	30	15	15	40	20	15	40	25	15
6 x 4	30	20	10	40	20	20	50	30	20	50	30	20

Fonte: Magalhães (1997).

Tabela 5B. Doses anuais de P_2O_5 ($kg\ ha^{-1}$) de acordo com a idade das plantas, teores de P no solo ($mg\ dm^{-3}$) e o espaçamento utilizado.

Período Espaçamento (m x m)	4º ano			5º ano			≥ 6º ano		
	P ($mg\ dm^{-3}$) - solo			P ($mg\ dm^{-3}$) - solo			P ($mg\ dm^{-3}$) - solo		
	< 6	7-12	13-20	< 6	7-12	13-20	< 6	7-12	13-20
8 x 5 ou 7 x 6	30	20	10	30	20	15	40	30	20
7 x 4 ou 6 x 5	45	30	15	45	30	20	60	45	30
6 x 4	60	40	20	60	40	30	80	60	40

Fonte: Magalhães (1997).

Manejo da fertirrigação

A dinâmica de absorção e do uso dos nutrientes pelas plantas cítricas provavelmente não é tão acelerada a ponto de demandar intensa e contínua absorção de nutrientes, mesmo em condições irrigadas. As quantidades de nitrogênio, potássio e fósforo requeridas no período de um ano não são elevadas. Dessa forma, não há necessidade de altas frequências de fertirrigação, como ocorre em culturas de ciclo curto. A frequência de fertirrigação para culturas cítricas pode ser, a princípio, de 15 dias nas épocas de maior demanda, isto é, nos 3 meses subsequentes ao florescimento, e acima de 20 a 30 dias nos demais períodos. Deve-se ater para a concentração da água de irrigação na saída dos emissores, de forma que os valores de concentração não sejam excessivos, evitando-se danos ao sistema e ao solo em médio e em longo prazo. O uso de extratores de solução é aconselhável para que se avaliem os efeitos das fertirrigações no ambiente solo, principalmente dos fatores químicos condutividade elétrica e pH. Os valores de condutividade elétrica do extrato de saturação devem estar abaixo de $1,4\ dS\ m^{-1}$ para que o desenvolvimento das plantas cítricas não seja afetado. O uso contínuo de água de irrigação com concentração próxima de $1,3\ dS\ m^{-1}$ provocará problemas de salinidade do solo.

Referências

ALVA, A. K.; MOZAFFARI, M. Nitrate leaching in a deep sandy soil as influenced by dry broadcast or fertigation of nitrogen for citrus production. In: DAHLIA GREIDINGER INTERNATIONAL SYMPOSIUM OF FERTIGATION, 1., 1995, Haifa. **Anais...** Haifa: Technion, 1995. p. 67-77.

ALVA, A. K.; PARAMASIVAM, S. Nitrogen management for high yield and quality of citrus in sandy soils. **Soil Science Society of America Journal**, Madison, v. 62, n. 5, p. 1335-1342, 1998.

ANGELOCCI, L. R. **Métodos e técnicas de estudo das relações água-planta-atmosfera**. Piracicaba: Departamento de Ciências Exatas-ESALQ-USP, 2001. 104 p.

- ANGELOCCI, L. R.; VALANCOGNE, C. Leaf area and water flux in apple trees. **Journal of Horticultural Science**, Ashford, v. 67, n. 2, p. 299-307, 1993.
- BARREDA, F. G.; LEGAZ, F.; PRIMO, E.; LORENZO, E.; IBAÑEZ, R.; TORRES, V. Irrigation of young W. navel cv. Frost Trees. In: INTERNATIONAL CITRUS CONGRESS, 5., 1984, São Paulo. **Proceedings...** [S.l.]: International Society of Citriculture, 1984. v. 1, p. 121-124.
- BAVEL, C. H. van; NEWMAN, M.; HILGEMAN, R. H. Climate and estimated water use by na orange orchard. **Agricultural Meteorology**, Tokyo, JP, v. 4, p. 27-37, 1967.
- BOMAN, B. Citrus: understanding its irrigation requeriments. **Irrigation Journal**, Encino, v. 16, n. 2, p. 8-11, 1996.
- BOMAN, R. J. Evapotranspiration by young Florida Flatwoods citrus trees. **Journal of Irrigation and Drainage Engineering**, New York, v. 120, n. 1, p. 80-88, 1994.
- BRAUN, P.; MAURER, B.; HEINEMANN, G. Scaling transpiration in apple orchards: meteorological versus plant based physiological measurements. **Acta Horticulturae**, The Hague, v. 537, p. 45-51, 2000.
- CARVALHO, J. E. B.; SOUZA, L. S.; JORGE, L. A. C.; RAMOS, W.; NETO, A. O. C.; ARAÚJO, A. M. A.; LOPES, L.; JESUS, M. Manejo de coberturas do solo e sua interferência no desenvolvimento do sistema radicular da laranja Pêra. **Revista Brasileira de Fruticultura Tropical**, Jaboticabal, v. 21, n. 2, p. 140-145, 1999.
- CASELL, D. K.; KLUTE, A. Water potential: tensiometry. In: KLUTE, A. (Ed.). **Methods of soil analysis**. Madison: American Society of Agronomy, 1986. p. 563-596.
- CASTEL, J. R. Evapotranspiration of a drip-irrigated Clementine citrus tree in a weighing lysimeter. In: CHARTOZULAKIS, K. S.; ANGELAKIS, A. N. (Ed.). **Proceedings of the Second International Symposium on Irrigation and Horticultural Crops**. Chania: ISHS, 1996. v. 1, p. 91-98.
- CASTEL, J. R. Programacion del riego localizado y fertirrigacion en citricos y frutales de hueso. **Levante Agrícola**, Valencia, n. 273, p. 19-27, 1987.
- CASTLE, W. S. Citrus root systems: their structure, function, growth, and relationship to tree performance. In: INTERNATIONAL CITRUS CONGRESS, Sidney, 1978. **Proceedings...** Sidney: International Society of Citriculture, 1978. p. 62-69.
- CITROS. In: AGRIANUAL 2002: anuário estatístico da agricultura brasileira. São Paulo: FNP, 2002. p. 315-316.
- COELHO FILHO, M. A. **Determinação da transpiração máxima em um pomar jovem de lima ácida 'Tahiti' (Citrus latifolia Tan.) e sua relação com a evapotranspiração de referência**. 2002. 91 f. Tese (Doutorado) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba.
- COELHO, E. F.; OLIVEIRA, F. C.; ARAÚJO, E. C. E.; VASCONCELOS, L. F. L. Distribuição de raízes de laranja Pêra sob sequeiro e irrigação por micropaspersão em solo arenoso. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 37, n. 5, p. 603-611, 2002
- COELHO, E. F.; OLIVEIRA, F. C.; ARAÚJO, E. C. E.; VASCONCELOS, L. F. L. Sistema radicular da laranja 'pêra' não-irrigada e irrigada por gotejamento em solo arenoso dos tabuleiros costeiros. **Magistra**, Cruz das Almas, v. 15, n. 1, p. 45-53, 2003.
- COELHO, E. F.; SANTOS, D. B. dos; AZEVEDO, C. A. V. de. Sensor placement for soil water monitoring in lemom irrigated by microsprinkler. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 11, p. 46-52, 2007.
- COHEN, A.; GOELL, A. Using the 'graduated irrigation' experimental mode for determining optimal irrigation requirements of citrus trees. In: INTERNATIONAL CITRUS CONGRESS, 6., 1988, Tel Aviv. **Proceedings...** Weikersheim: Margraf, 1988. p. 753-761.

- COHEN, S.; MORESHET, S.; GUILLOU, L. L.; SIMON, J. C.; COHEN, M. Response of citrus trees to modified radiation regime in semi-arid conditions. **Journal of Experimental Botany**, London, GB, v. 48, n. 306, p. 35-44, 1997.
- DASBERG, S.; BAR-AKIVA, A.; SPAZISK, S.; COHEN, A. Fertigation versus broadcasting in an orange grove. **Fertilizer Research**, The Hague, v. 15, p. 147-154, 1988.
- DASBERG, S.; BIELORAI, H.; ERNER, J. Nitrogen fertigation of shamouti oranges. **Plant and Soil**, The Hague, v. 75, p. 41-49, 1983.
- DAVIS, R. M.; JACKSON, L. K.; BULGER, J. M. Citrus basic: irrigation and drainage. **Citrus Industry**, Bartow, v. 8, n. 66, p. 20-46, 1985.
- DIRKSEN, C.; OSTER, J. D.; RAATS, P. A. C. Water and salt transport water uptake and leaf water potentials during regular and suspend high frequency irrigation of citrus. **Agricultural Water Management**, Amsterdam, NL, v. 2, p. 241-256, 1979.
- DOORENBOS, J.; KASSAM, A. H. **Efeito da água no rendimento das culturas**. Campina Grande: UFPB, 1984. 306 p. (FAO. Irrigação e Drenagem, 33).
- DOORENBOS, J.; PRUITT, W. O. **Crop water requirements**. Rome, IT: FAO, 1977. 144 p. (FAO. Irrigation and Drainage Paper, 24).
- ERIE, E. J.; FRENCH, O. F.; HARRIS, K. **Consumptive use of water by major crops in the Southwestern United States**. [Washington, DC]: United States Department of Agriculture, 1982. 42 p. (USA. Conservation Research Report, 29).
- GERMANA, C.; INTRIGLIOLO, F.; CONIGLIONE, L. Experiences with drip irrigation in orange trees. In: INTERNATIONAL CITRUS CONGRESS, 7., 1992, Acireale. **Proceedings...** Acireale: International Society of Citriculture, 1994. v. 2, p. 661-664.
- GREGORY, P. J. Development and growth of root systems in plant communities. In: GREGORY, P. J.; LAKE, J. V.; ROSE, D. A. **Root development and function**. New York: Cambridge University Press, 1987. p. 146-166.
- HALL, A. E.; CAMACHO-B, S. E.; KAUFMANN, M. R. Regulation of water loss by citrus leaves. **Physiologia Plantarum**, Copenhagen, DK, v. 33, n. 1, p. 62-65, 1975.
- HEILMAN, J. L.; HAN, J. M. Measurement of mass flow rate of sap in *Ligustrum japonicum*. **Hortscience**, Alexandria, v. 25, n. 4, p. 465-467, 1990.
- INTRIGLIOLO, F.; CONIGLIONE, L.; GERMANA, C. Effect of fertigation on some physiological parameters in orange trees. In: INTERNATIONAL CITRUS CONGRESS, 7., 1992, Acireale. **Proceedings...** Acireale: International Society of Citriculture, 1994. v. 2, p. 584-589.
- INTRIGLIOLO, F.; ROCCUZZO, G. Evaluation of different fertilization strategies on orange. In: ANAC, D.; MARTIN-PREVEL, P. **Improved crop quality by nutrient management**. Dordrecht: Boston Klumer Academic Publishers, 1999. p. 23-26.
- KELLER, J.; BLIESNER, R. D. **Sprinkle and trickle irrigation**. New York: Van Nostrand Reinholds, 1990. 650 p.
- KLEPPER, B. Origin, branching and distribution of root systems. In: GREGORY, P. J.; LAKE, J. V.; ROSE, D. A. **Root development and function**. New York: Cambridge University Press, 1987. p. 103-124.
- KOO, R. C. J. Effects of frequency of irrigation on yield of orange and grapefruit. **Proceedings of the Florida State Horticultural Society**, Tallahassee, v. 76, p. 1-5, 1963.
- KOO, R. C. J.; YOUNG, T. W.; REESE, R. L.; KESTERTON, J. W. Effects of nitrogen, potassium and irrigation on yield and quality of lemon. **Journal of the American Society for Horticultural Science**, Mount Vernon, v. 99, n. 4, p. 289-291, 1974.

KRIEDEMANN, P. E.; BARRS, H. D. Citrus orchards. In: KOZLOWSKI, T. T. (Ed.). **Water deficits and plant growth**. London, GB: Academic, 1981. v. 6, p. 325-417.

LEVY, Y. Effect of evaporative demand on water relations of *Citrus limon*. **Annual Botany**, Oxford, v. 46, p. 695-700, 1980.

LEVY, Y.; SYVERTSEN, J. P. Water relations of citrus in climates with different evaporative demands. In: INTERNATIONAL CITRUS CONGRESS, 4., 1981, Tokyo, JP. **Proceedings...** Tokyo, JP: International Society of Citriculture, 1981. v. 2, p. 501-503.

MAGALHÃES, A. F. de J. **Citros: nutrição e adubação**. Cruz das Almas: Embrapa Mandioca e Fruticultura Tropical, 1997. 37 p. (Embrapa Mandioca e Fruticultura Tropical-CNPMF. Circular técnica, 28).

MARIN, F. R. **Evapotranspiração, transpiração e balanço de energia em pomar de lima ácida 'Tahiti'**. 2000. 74 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, Piracicaba.

MARIN, F. R.; ANGELOCCI, L. R.; PEREIRA, A. R.; VILLA NOVA, N. A.; SENTELHAS, P. C. Sap flow and evapotranspiration in an irrigated citrus orchard. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Santa Maria, v. 9, n. 2, p. 219-226, 2001.

MARIN, F. R.; ANGELOCCI, L. R.; PEREIRA, A. R.; VILLA NOVA, N. A.; SENTELHAS, P. C. Balanço de energia e consumo hídrico em pomar de lima ácida 'Tahiti'. **Revista Brasileira de Meteorologia**, São José dos Campos, v. 17, n. 2, p. 219-228, 2002.

NEWMAN, J. E. Estimating water needs of citrus orchards. **Citrus Industry**, Bartow, v. 49, n. 1, p. 19-24, 1968.

ORPHANOS, P. I.; ELIADES, G. Nitrogen fertigation of Valencia orange irrigated by drip or minisprinkler. **Acta Horticulturae**, The Hague, n. 365, p. 105-120, 1994.

PEREIRA, A. R.; VILLA NOVA, N. A.; SEDIYAMA, G. C. **Evapo(transpi)ração**. Piracicaba: FEALQ, 1997. 183 p.

PLESSIS, S. F. Comparison of evaporation pan and tensiometers as methods of irrigation scheduling of citrus. **Citrus Journal**, Ahmedabad, v. 4, n. 4, p. 24-25, 1994.

ROTH, R. L.; SANCHEZ, C. A.; GARDNER, B. R. Growth and yield of mature 'Valencia' oranges converted to pressurized irrigation systems. **Applied Engineering in Agriculture**, Saint Joseph, v. 11, n. 1, p. 101-105, 1995.

SANTOS, D. F. **Extração de água pela cultura do limão 'Tahiti' com porta-enxerto citrumelo 'Swingle' sob microaspersão nas condições semi-áridas da Bahia**. 2002. 112 f. Dissertação (Mestrado em Irrigação e Drenagem) - Centro de Ciências e Tecnologia, Universidade Federal da Paraíba, Campina Grande.

SHACKEL, K. A.; JOHNSON, R. S.; MEDAWAR, C. K. Substantial errors in estimates of sap flow using the heat balance technique on wood stems under field conditions. **Journal of the American Society for Horticultural Science**, Mount Vernon, v. 117, n. 2, p. 351-356, 1992.

SHALHEVET, J.; LEVY, Y. Citrus trees. In: STEWART, B. A.; NIELSEN, D. R. (Ed.). **Irrigation of agricultural crops**. Madison: Amer Society of Agronomy, 1990. p. 951-986.

SWIETLIK, D. Yield, growth and mineral nutrition of young 'Ray Ruby' grapefruit trees under trickle and flood irrigation and various nitrogen rates. **Journal of the American Society for Horticultural Sciences**, Mount Vernon, v. 117, n. 1, p. 22-27, 1992.

SYVERTSEN, J. P.; LLOYD, J. J. Citrus. In: SCHAFFER, B.; ANDERSEN, P. C. (Ed.). **Handbook of environmental physiology of fruit crops**. Boca Raton: CRC, 1994. v. 2, p. 65-101.

SYVERTSEN, J. P.; LLOYD, J.; KRIEDEMANN, P. E. Salinity and drought stress effects on foliar ion concentration, water relations and photosynthetic characteristics of orchard citrus. **Australian Journal of Agricultural Research**, Victoria, v. 39, n. 4, p. 619-627, 1988.

TOMLINSON, I. R.; COETZEE, K. Can fertigation influence fruit quality? **Neltropika Bulletin**, Nelspruit, n. 296, p. 7-9, 1997.

TORRES, A. Influencia de la humedad del suelo y la fertilización sobre el régimen hídrico de las posturas cítricas. **Agrotécnica de Cuba**, v. 12, n. 1, p. 11-18, 1980.

VALANCOGNE, C.; NASR, Z. A heat balance method for measuring sap flow in small trees. In: BORGHETTI, M.; GRACE, J.; RASCHI, A. **Water transport in plants under climatic stress**. Cambridge: Cambridge University Press, 1993. p. 166-173.

VIEIRA, D. G. Irrigação de citros. In: RODRIGUEZ, O.; VIEGAS, F.; POMPEU JÚNIOR, J.; AMARO, A. A. **Citricultura brasileira**. 2. ed. Campinas: Fundação Cargill, 1991. p. 519-541.

VINK, N.; ABOUKHALED, A.; SARRAF, S. Measured and estimated water use by a citrus and apple orchard. **Economic Rural**, Libanaise, v. 36, p. 62-82, 1971.

WEIBEL, F. P.; VOS, J. A. de. Transpiration measurements on apple trees with an improved stem heat balance method. **Plant and Soil**, The Hague, v. 166, n. 2, p. 203-219, 1994.

WILLIS, L. E.; DAVIES, F. S.; GRAETZ, D. A. Fertigation and growth of young Hamlin orange trees in Florida. **HortScience**, Alexandria, v. 26, p. 106-109, 1991.

ZHANG, M.; ALVA, A. K.; LI, Y. C.; CALVERT, D. V. Root distribution of grapefruit trees under dry granular broadcast vs. fertigation method. **Plant and Soil**, The Hague, v. 183, n. 1, p. 79-84, 1996.

