

## CONSUMO DE SOLUÇÕES FERTILIZANTES EM PLANTAS ADULTAS DE LIMA ÁCIDA 'TAHITI' SOBRE LIMÃO 'CRAVO' NAS CONDIÇÕES DE IRRIGAÇÃO LOCALIZADA

**Carmello Crisafulli Machado; Ithamar Prada Neto; Rubens Duarte Coelho**

*Departamento de Engenharia Rural, Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, Piracicaba, SP, ccmachad@esalq.usp.br*

### 1 RESUMO

O trabalho de pesquisa foi realizado em um pomar com dez anos de idade, teve como objetivo medir o consumo de diferentes soluções fertilizantes pelo sistema radicular de porta-enxerto limão 'Cravo' sobre lima ácida 'Tahiti', pela metodologia do lisímetro poroso. Na projeção da copa de cada uma das plantas foram instalados nove conjuntos lisimétricos, sendo três para cada tratamento a ser implantado, sendo estes: água pura (testemunha) Tratamento 1, solução fertilizante com N, P e K Tratamento 2 e solução fertilizante com N, P, K, Ca, Zn e B Tratamento 3. A inclusão dos elementos Ca, Zn, B, e S na solução de N, P e K (Tratamento T3) promoveu aumento na absorção de água e nutrientes de 48% quando comparada à testemunha e a aplicação de apenas os elementos N, P e K (Tratamento T2) foi superior a testemunha em 9%. O consumo de solução do tratamento T3 (N, P, K, Ca, Zn, B, e S) foi superior ao tratamento T2 (N, P e K) em 35%. A metodologia do lisímetro poroso apresentou resultados satisfatórios na medição do consumo de água pelas plantas adultas, viabilizando a realização de estudos referentes à absorção de água e nutrientes em uma mesma planta, evitando assim, erros devidos à variabilidade espacial de consumo existente no pomar.

**UNITERMOS:** fertirrigação, manejo de irrigação, citros

### MACHADO, C.C.; NETO, I.P.; COELHO, R.D. CONSUMPTION OF FERTILIZING SOLUTIONS IN ADULT PLANTS OF 'TAHITI' LIME ON LEMON 'CRAVO' IN CONDITIONS OF LOCALIZED IRRIGATION

### ABSTRACT

The research trial was accomplished at an orchard with ten years old, and had as objective to measure the consumption of different fertilizing solutions by the root system of the 'Cravo' lemon rootstock on 'Tahiti' lime, by the methodology of the porous lysimeter. Nine lysimeters sets were installed in the canopy projection of each plant, being three for each treatment to be implanted, that were: pure water (control) Treatment 1, fertilizing solution with N, P and K Treatment 2 and fertilizing solution with N, P, K, Ca, Zn and B Treatment 3. The inclusion of the elements Ca, Zn, B, and S in the solution of N, P and K (Treatment T3) increased the uptake of water and nutrients in 48% when compared to the control, and the application of only the elements N, P and K (Treatment T2) was

superior to the control in 9%. The consumption of solution in the treatment T3 (N, P, K, Ca, Zn, B and S) was higher than the treatment T2 (N, P and K) in 35%. The methodology of the porous lysimeter presented satisfactory results in the measurement of the water consumption for the adult plants, making possible the accomplishment of studies regarding the absorption of water and nutrients in the same plant, thus avoiding mistakes due to the variability of existent consumption among plants.

**KEYWORDS:** fertigation, irrigation management, citrus

### 3 INTRODUÇÃO

A citricultura apresenta uma contribuição significativa para a economia do Estado de São Paulo, gerando receita e inúmeras oportunidades de trabalho, diretos e indiretos. Em consequência da má distribuição temporal das precipitações nas regiões do o parque citrícola do Estado gerando grandes reduções de produtividade e da grande elevação dos custos de produção devido a grande incidência de pragas e doenças, muitos citricultores sentem a necessidade de irrigar seus pomares, buscando a estabilidade e/ou aumento da produtividade de maneira a regularizar o fluxo de caixa anual dessa atividade agrícola.

Buscando economia de água, energia elétrica e mão-de-obra, parte dos citricultores irrigantes optam por projetos de irrigação localizada, sendo que o principal problema encontrado nesse sistema de irrigação é o fato da fração de área molhada ser reduzida, podendo em alguns casos não atender às exigências hídricas de plantas adultas nos primeiros anos de implantação do projeto de irrigação, período este, em que o sistema radicular não está adaptado à essa nova situação, principalmente no período pós-florada, no qual a água é de suma importância para a fixação dos frutos.

O molhamento de uma fração reduzida de solo ocasionada pela irrigação localizada tem apresentado inúmeras vantagens em relação a outros sistemas, dentre eles a economia de uma quantidade significativa de água. No entanto esta característica em determinadas culturas traz inúmeras peculiaridades, ainda pouco estudadas para regiões tropicais.

Sem dados oficiais, estima-se que existam hoje 60 mil hectares de pomares cítricos irrigados por gotejamento com uma linha de gotejadores por linha de plantio, o que representa uma fração de solo irrigado muito reduzida. Autores especializados indicam a porção de solo mínima a ser irrigada, evitando perdas no rendimento, e fazem correlações quanto ao regime hídrico local e fertilidade do solo, fatores estes que influenciam na adaptação radicular ao bulbo molhado (Bernardo, 1991; Pizarro, 1996). Em locais onde a adaptação radicular é mais intensa, ou seja, onde ocorrem menores pluviosidades e/ou solos menos férteis, recomenda-se irrigar frações maiores de solo.

No estado de São Paulo temos, basicamente, um período chuvoso, onde as raízes exploram grande volume de solo, e um período seco, onde as raízes se desenvolvem preferencialmente na região de solo irrigada. A irrigação realizada após o período seco (stresse hídrico) geralmente é responsável pelo processo de indução floral nas gemas, fazendo papel importante na floração e produção das plantas.

Tem-se verificado a ocorrência freqüente de problemas de manejo em pomares irrigados por gotejamento, dentre eles a acidificação intensa no bulbo molhado, ocasionada pela fertirrigação. Relatam-se problemas de lentidão na saída de estresse hídrico, desuniformidade de produção na planta e baixo pegamento de frutos, o que tem sido atribuído em partes, a demora de adaptação do sistema radicular de plantas adultas ao sistema de irrigação localizada.

A porcentagem de área molhada (PW) é calculada em função do espaçamento de plantio do pomar e da área molhada pela irrigação (equação 1), já a relação entre a área de projeção da copa da planta e a área molhada

pelo sistema de irrigação (P) é calculada de acordo com a equação 2 (Bernardo, 1995)

A irrigação de pomares, com microaspersor ou gotejador, é uma técnica em expansão em todo mundo. Essa prática levou a vários experimentos, com diferentes frações de áreas molhadas, notando-se mudanças no desempenho das raízes das árvores monitoradas.

Bielorai (1982) estudou os efeitos da porcentagem de área molhada (PW) sobre a produção, eficiência de uso da água e qualidade do fruto, em pomelo irrigado por gotejamento e aspersão, em Negev, Israel. A maior produtividade (192,6 kg.planta<sup>-1</sup>) foi obtida nas plantas irrigadas com PW igual a 40%, repondo-se 100% das necessidades hídricas das plantas.

Segundo Goell (1992), algumas indagações surgiram com o aparecimento da necessidade de se determinar o volume de solo a ser irrigado. Nesse sentido, conclui que um volume molhado de 50 a 70 % do solo é tão eficiente para o suprimento de água, quanto os 100% exigidos no contexto teórico da irrigação até então utilizada. Descobriu que o sistema radicular das plantas cítricas adapta-se às condições de irrigação parcial do solo, e que o crescimento extra de radículas compensa esse menor volume molhado. Segundo o autor, a fase de adaptação é mais difícil em solos arenosos e para plantas cítricas adultas; neles, porém, a manutenção constante de um volume com nível adequado de umidade, por meio de irrigações de alta frequência, favorece o ajuste das raízes à nova condição.

Zekri e Parsons (1989) trabalhando com pomelo irrigado na Flórida, observaram que em climas áridos as raízes das árvores ficam confinadas em um pequeno volume de solo, adaptando-se bem ao pequeno volume molhado pelos emissores, porém em locais da Flórida, onde o clima é úmido e chuvoso, as raízes não ficam confinadas no volume molhado gerado pelos emissores. Segundo os autores, em regiões chuvosas, um PW pequeno pode ser suficiente para árvores jovens, mas não para plantas adultas.

Em cinco anos estudando a produção da laranja 'Valência' e sua resposta à quantidade de água aplicada pelo método de irrigação por

gotejamento e microaspersão, Koo e Smajstrla (1984) basearam suas irrigações em 100%, 50% e 25% do potencial de evapotranspiração, calculado a partir do resultado da evaporação. A produtividade resultante dos diferentes métodos de irrigação foram para o sistema do tipo microaspersão, com cobertura de 28% a 51% da área abaixo da copa da árvore, observou-se uma majoração, no rendimento, de 65%, quando comparado à testemunha não irrigada; já o sistema de irrigação por gotejamento, com cobertura de 5 a 10% da área abaixo da copa da árvore, aumentou o rendimento em 44%.

Para as condições climáticas de Piracicaba e em solo de características arenosas como latossolo vermelho amarelo, Cruz (2003) determinou, em pomar sem irrigação, valores de ETc que variaram de 1,6 a 4 mm dia<sup>-1</sup> para o período de agosto a dezembro e a relação entre ETc e evaporação do tanque Classe A de 0,5, 0,3, 0,9, 0,6, e 0,5 para os meses agosto, setembro, outubro, novembro e dezembro respectivamente.

A fertirrigação se apresenta como ferramenta poderosa de redução de custos de produção e aumento na eficiência de utilização de fertilizantes. Se mal conduzida, pode criar condições químicas de solo desfavoráveis em curto espaço de tempo, devido a aplicação localizada. Por outro lado, uma fertirrigação bem conduzida acarreta no aumento da adaptação radicular à área molhada, o que pode ser encarado como uma meta de manejo.

Assim, o objetivo do trabalho foi verificar o aumento do consumo de solução fertilizante em função da aplicação de diferentes soluções e indiretamente o aumento da atividade radicular do limão 'Cravo' sobre lima ácida 'Tahiti'. Tal objetivo foi estabelecido para testar a seguinte hipótese: o fornecimento dos nutrientes N, P, K, Ca, Zn, B e S via fertirrigação proporciona aumento da eficiência de absorção de água e nutrientes pelo sistema radicular dos citros, quando comparado com o fornecimento de apenas N, P e K.

#### 4 MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi instalado na Área Experimental de Irrigação e Drenagem

(Fazenda Areão) do Departamento de Engenharia Rural na Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz"/ USP, situada no município de Piracicaba - SP, com as seguintes coordenadas geográficas: latitude 22°42' S, longitude 47°38' W e altitude de 520 m. O clima da região, na classificação climática de Köppen, é do tipo Cwa, isto é, subtropical úmido, com três meses mais secos (junho, julho e agosto), chuvas de verão, seca de inverno, temperatura média do mês mais quente superior a 22 °C e a do mês mais frio inferior a 18 °C.

Para medir o consumo de água pelas plantas, utilizou-se a metodologia do lisímetro poroso idealizado inicialmente por Coelho e aplicado pela primeira vez a campo por Machado (2000). A metodologia baseia-se na utilização de cápsulas de cerâmica porosas com pressão de borbulhamento de 2 mca e com as seguintes dimensões: 5 cm de diâmetro por 22 cm de altura. Com as cápsulas porosas construíram-se os emissores porosos, cuja função foi fornecer água para as plantas. Eles foram conectados a um reservatório de água, construído com tubo de pvc de 150 mm de diâmetro com 3 metros de altura operando como tubo de 'mariote', para que fosse possível controlar a carga hidráulica exercida no centro da cápsula porosa do emissor. A saída de água do reservatório para o emissor poroso foi instalada a 1m de altura. Na face externa do tubo, foi instalada uma mangueira cristal, para monitorar o nível interno da água no reservatório. No cap da parte superior do reservatório, foram colados dois tubos de acrílico de 1,4 cm de diâmetro, utilizados para encher o reservatório de água ou solução fertilizante. Para o funcionamento do tubo de 'mariote', os tubos de acrílico de reabastecimento são vedados com rolhas de borracha utilizadas em tensiômetros de punção. Para que o tubo reservatório operasse como um tubo de 'mariote', foi instalada uma mangueira no interior do tubo, que começa na parte superior do tubo e termina a 10cm da parte inferior do tubo, fazendo com que a pressão atmosférica atue no nível de referência determinado (Figura 1a).

As conexões do tubo de abastecimento do emissor poroso, e também da mangueira de monitoramento do nível de água

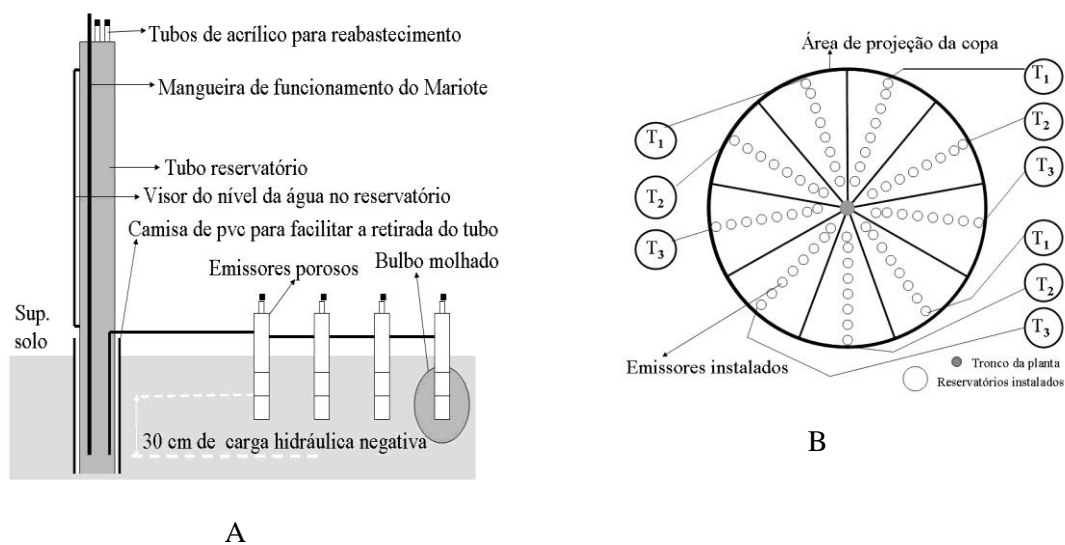
no reservatório foram feitas com conexões específicas para microtubos comumente utilizados em projetos de irrigação. O consumo de água foi medido diretamente no reservatório: enchia-se o tubo com água até um determinado ponto demarcado; em seguida, fecha-se o reservatório com as rolhas de tensiômetros de punção. No dia seguinte, uma certa quantidade de água era fornecida ao solo formando assim um bulbo molhado, abaixando o nível dentro do reservatório; pela mangueira cristal, instalada na lateral do tubo, marcava-se o nível da água no dia. Pela diferença das leituras e a área interna do tubo, calculava-se o volume de água que foi fornecido as plantas neste dia. Para facilitar a instalação e manutenção dos reservatórios, utilizou-se um tubo de 200 mm para revestimento do solo.

O espaçamento do pomar é de 8 x 7 m, contendo aproximadamente 180 plantas por hectare. Para evitar a interferência das precipitações naturais e garantir que o fornecimento de água as plantas fosse realizado somente pelo dispositivo lisimétrico, duas plantas de 10 anos de idade, foram isoladas com uma estrutura de madeira coberta com lonas transparentes. Foram abertas valetas de 0,8m de profundidade ao redor da planta, e instaladas lonas pretas para evitar os fluxos horizontais de água. A escolha das plantas baseou-se no trabalho de Coelho Filho (1998), que estudou a variabilidade e a dependência espacial dos seguintes componentes do solo: densidade do solo, potencial mátrico do solo e retenção de água; e também mapeou e identificou as zonas com baixa variabilidade, por meio do processo de interpolação por "krigagem", visando a definir um manejo racional da irrigação, de modo a associar as propriedades físicas do solo com o consumo hídrico das plantas do pomar de lima ácida 'Tahiti'. A subdivisão que melhor expressou o comportamento de consumo de água no pomar foi diferenciada em 4 regiões, com Kc variando de 0,56 a 1,2. Com isso, escolheram-se duas plantas, com diâmetro de copa de 5,1m., que pertenciam à mesma zona de consumo, apresentando pequena variabilidade de consumo, minimizando assim a variação de consumo de água entre as plantas estudadas.

Os tratamentos foram: testemunha, água do serviço municipal de tratamento de Piracicaba/SP (T1); solução fertilizante contendo N, P e K (T2) e solução contendo N, P, K, Ca, S, B e Zn (T3).

Cada uma das duas plantas escolhidas para realização do experimento foi considerada como um bloco experimental, sendo assim, a área experimental do bloco 1, ou seja, a área de projeção da copa da planta 1, foi dividida em nove partes iguais, sendo que em cada uma delas foi instalado um conjunto lisimétrico. Dos

nove conjuntos lisimétricos, três foram destinados ao fornecimento da solução do tratamento 1, outros três a solução do tratamento 2 (N, P e K) e os três restantes ao fornecimento da solução do tratamento 3 (N, P, K, Ca, Zn, B e S), obtendo assim, três repetições por tratamento em cada bloco experimental. Cada conjunto lisimétrico instalado foi composto por 8 emissores porosos e 1 tubo reservatório, totalizando 72 emissores porosos por planta e nove tubos reservatórios (Figura 1b).



**Figura 1.** Princípio de funcionamento do lisímetro poroso (A), Esquema de instalação do bloco experimental na área de projeção da copa da planta (B)

Foram coletadas amostras de solo nas duas plantas em estudo para realização de análise química completa. A produtividade esperada utilizada para determinar as quantidades de N, P e K foi na faixa de 21 a 30 ton/ha. Com base na análise de solo e nas recomendações do Grupo Paulista de Adubação dos Citros, determinou-se em conjunto com o departamento técnico da Empresa Stoller do Brasil Ltda, (*Consulta ao Supervisor Técnico da STOLLER do BRASIL (Eng. Agr. Eduardo Pimenta) em 05/05/02*) as quantidades de nitrogênio, fósforo e potássio a serem aplicadas nos tratamentos fertirrigados (T2 e T3), sendo 130, 90 e 100 Kg ha<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup>, respectivamente. Para diferenciar os tratamentos fertirrigados T2 e T3, definiu-se que o tratamento 3 seria

incrementado com as seguintes quantidades dos elementos: cálcio 40 kg, enxofre 1,8 kg, boro 1,6 kg e zinco 2 kg por hectare por ano aplicados via fertirrigação, dessa forma as quantidades de nutrientes a serem aplicados por ano e em gramas por planta, para os tratamentos T2 (N, P e K) e T3 (N, P, K, Ca, Zn, B e S) podem ser vistos na Tabela 1.

A aplicação dos nutrientes foi realizada de acordo com o calendário de fertirrigação programado em conjunto com o departamento técnico da Stoller do Brasil Ltda<sup>1</sup> (Tabela 2), seguindo as porcentagens propostas para cada fase fenológica da cultura de acordo com o calendário proposto. Para a determinação da concentração dos nutrientes nas soluções fertilizantes a serem aplicadas em cada fase

fenológica, as quantidades diárias de cada elemento foram divididas pelo consumo estimado de água pelas plantas (35 litros dia<sup>-1</sup>). Dessa forma foram determinadas as concentrações de cada nutriente para a preparação das soluções de fertilizantes em

cada fase fenológica (Tabela 3). Devido ao custo do tratamento T3 (N, P, K, Ca, Zn, B e S) ser superior ao tratamento T2 (N, P e K), este foi programado de ser aplicado somente nas fases de maior importância (pré-florescimento, florescimento e maturação).

**Tabela 1.** Quantidades de nutrientes a serem aplicadas nos tratamentos fertirrigados T2 e T3, em kg ha<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup> e em g planta<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup>.

	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	Ca	S	B	Zn
	kg ha <sup>-1</sup> ano <sup>-1</sup>						
Tratamento T2	130	90	100				
Tratamento T3	130	90	100	40	1,8	1,6	2,0
	g planta <sup>-1</sup> ano <sup>-1</sup>						
Tratamento T2	722,2	500	555,6				
Tratamento T3	722,2	500	555,6	216,7	10	9,12	10,95

O consumo das soluções nutritivas nos diferentes tratamentos foi medido no período de agosto a dezembro de 2002.

O delineamento estatístico utilizado foi em blocos casualizados. A distribuição dos

graus de liberdade para as diferentes causas da variação é apresentada na Tabela 4. Na ocorrência de efeito para os diferentes tratamentos, a comparação de médias foi realizada pelo teste de Tukey (Gomes, 2000).

**Tabela 2.** Calendário de fertirrigação, percentuais dos nutrientes a serem aplicados por fase vegetativa na cultura do limão 'Tahiti'.

Fases*	Período	n° dias	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	Ca	S	B	Zn
			%						
1	9/8 a 10/10	60	23,0	50,0	10,0	15,3	13,8	45,5	38,0
2	11/10 a 14/11	40	10,0	25,0	7,5	7,6	6,9	22,7	19,0
3	15/11 a 23/12	40	8,0	3,0	10,2				
4	24/12 a 24/03	90	33,4	8,0	45,0				
5	25/03 a 15/6	80	25,6	14,0	27,0	77,1	79,3	31,8	43,0
6	16/6 a 8/8	55							

\* 1 Pré-Florescimento; 2 Florescimento; 3 Pegamento dos frutos; 4 Crescimento; 5 Maturação e 6 Período sem irrigação.

**Tabela 3.** Concentrações dos nutrientes (mg L<sup>-1</sup>) nas soluções fertilizantes dos tratamentos 2 e 3.

mg L <sup>-1</sup>	TRATAMENTO T2			TRATAMENTO T3							
	Fases*	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	Ca	S	B	Zn
	1	120	182	43	120	182	43	108	1,3	3,0	3,0
	2	108	182	60	108	182	60	94	1,3	2,5	3,0
	3	83	21	82	83	21	82	0	0	0	0

\* 1(9/8 a 10/10 e 0 a 60 dias após a implantação (DAI)); 2 (11/10 a 14/11 e 61 a 90 DAI) e 3 (15/11 a 23/12 e 91 a 120 DAI)

**Tabela 4.** Distribuição dos graus de liberdade (G.L.) para as diferentes causas da variação.

Causas da variação	GL
Tratamento	2
Blocos	1
Resíduos	2
Total	5

## 5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

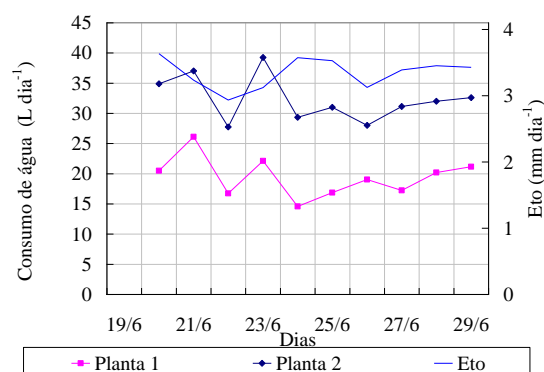
O período de aferição dos 18 conjuntos lisimétricos instalados nas duas plantas adultas foi de 19 a 29 de junho de 2002, sendo que neste período os tratamentos de fertirrigação não foram aplicados, ou seja, todos os tratamentos receberam somente água sem fertilizantes. Os valores de consumo de água total por planta (L dia<sup>-1</sup>) referente ao período de aferição e os valores da evapotranspiração de referência (ET<sub>o</sub> mm dia<sup>-1</sup>) estimados pelo método climatológico de Penman Monteith estão ilustrados na Figura 2. A coleta inicial dos dados de consumo total de água pelas plantas foi realizada para registrarmos o comportamento individual de cada uma delas, já que foi considerada cada uma como um bloco experimental. Os resultados de consumo total de água pelas plantas foram diferentes devido a vários fatores, os quais podem ser: a variabilidade genética do material vegetativo utilizado nas mudas, a área foliar presente nas plantas e também a algum problema no solo que impede um bom desenvolvimento radicular.

Para que ocorra o processo de florescimento, as plantas cítricas necessitam de um período de deficiência hídrica, com isso o

fornecimento de água foi interrompido durante o mês de julho, de forma a não comprometer a produção das plantas e aproximar-se da realidade encontrada nas propriedades irrigadas do Estado de São Paulo.

A partir do dia 2 de agosto de 2002, teve início a coleta dos dados de consumo de solução por tratamento, conforme ilustrado na Figuras 3 para as planta 1 e 2. Os resultados obtidos na planta 2, mostra uma tendência de aumento no consumo no tratamento T3 (N, P, K, Ca, Zn, B e S), em relação aos tratamentos T2 (N, P e K) e T1 (Testemunha).

Na Figura 4 observa-se o consumo de água diário das duas plantas avaliadas no pomar adulto, e a evapotranspiração de referência ET<sub>o</sub>, estimada pelo método de Penman-Monteith (PM), de acordo com os dados coletados na estação meteorológica do Departamento de Ciências Exatas da ESALQ/USP.

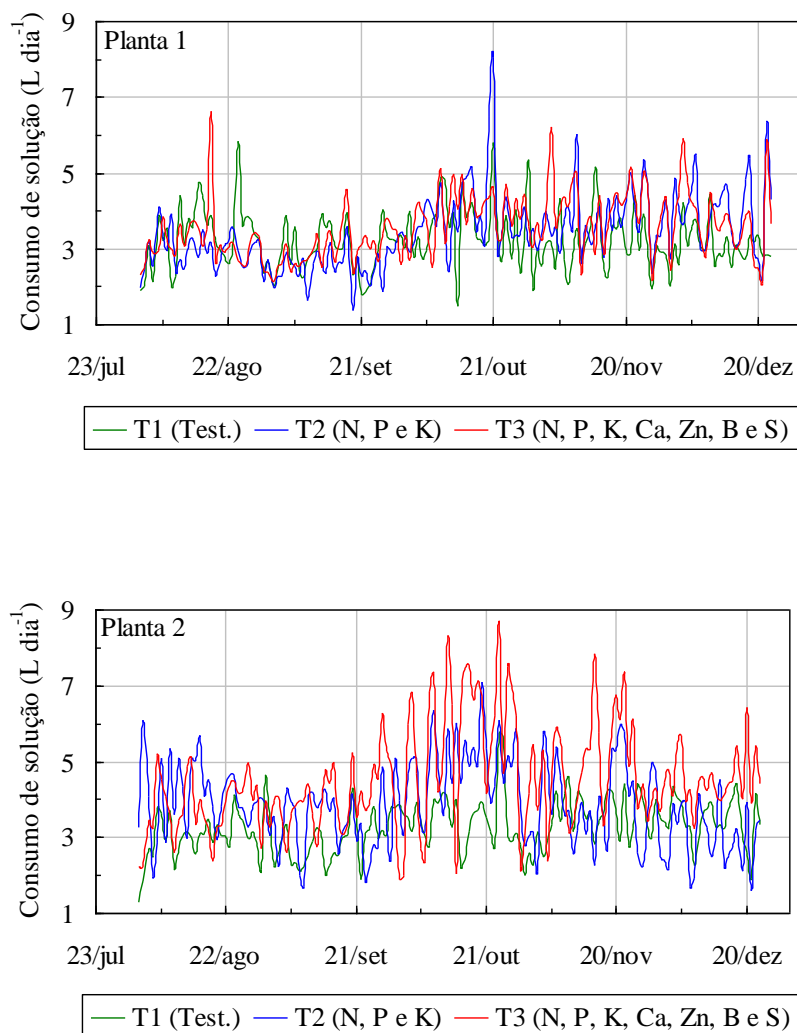


**Figura 2.** Consumo total de água por planta do pomar adulto no período de aferição dos lisímetros e a evapotranspiração de referência (ET<sub>o</sub>) estimada pelo método de Penman-Monteith (mm dia<sup>-1</sup>) no período em estudo.

A irrigação localizada na cultura do citros apresenta valores baixos de fração de

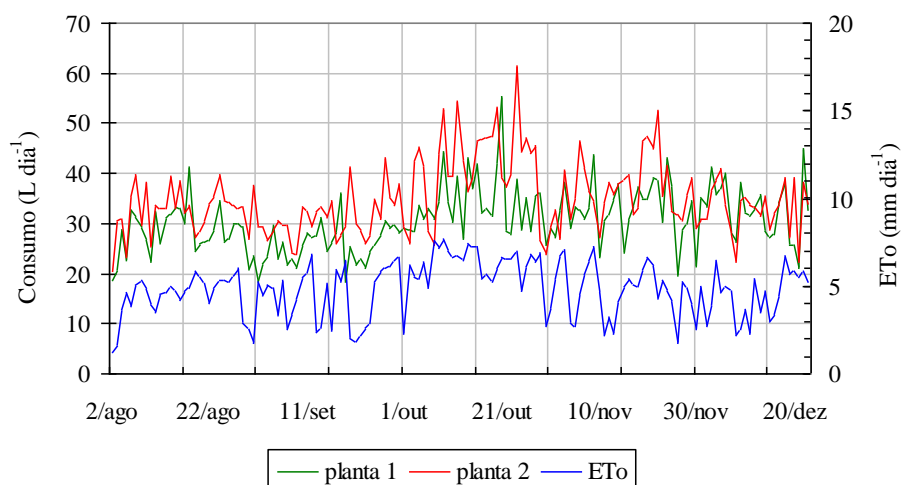
área molhada, para a condução do experimento simularam-se as condições utilizadas em campo pelos citricultores. A área molhada por cada emissor poroso foi de aproximadamente  $0,038 \text{ m}^2$ , foram instalados 72 emissores porosos por planta, assim a área molhada foi de aproximadamente  $2,74 \text{ m}^2 \text{ planta}^{-1}$ . O diâmetro da copa das plantas na ocasião do experimento apresentou valor

aproximado de 5 metros, proporcionando  $19,63 \text{ m}^2 \text{ planta}^{-1}$  de área de projeção da copa. Calculando os valores de porcentagem de área molhada (PW - área molhada dividida pelo espaçamento de plantio e P - área molhada dividida pela área de projeção da copa) encontraram-se valores de aproximadamente 5 e 13 % respectivamente.



**Figura 6.** Volumes de solução consumida por tratamento em  $\text{L dia}^{-1}$  para as plantas 1 e 2.





**Figura 7** Consumo total de solução pelas plantas 1 e 2 ( $L\ dia^{-1}$ ) e valores da evapotranspiração de referência estimados pelo método de Penman-Monteith ( $mm\ dia^{-1}$ ) no período em estudo.

As quantidades de nutrientes aplicadas em cada fase fenológica, separados para cada um dos tratamentos fertirrigados, são apresentadas na Tabela 5. O fornecimento dos nutrientes seguiu o calendário de fertirrigação proposto, o total de nutrientes fornecidos as plantas são apresentados na Tabela 6. Os totais de nutrientes fornecidos as duas plantas fertirrigadas estão representados graficamente na Figura 8, respectivamente para os macro e micro nutrientes.

Os resultados da análise multivariada detectou efeito dos tratamentos apenas na planta 2 (Bloco 2), estes foram verificados a partir do 92º dia após a implantação do experimento (Tabela 7). A comparação de médias foi realizada pelo teste de Tukey (Gomes, 2000), os

resultados estão apresentados na Tabela 8. Os resultados obtidos na planta 1 (Bloco 1) não promoveram efeitos significativos a 0,05 de probabilidade pelo teste F para a causa de variação analisada (Tabela 7). As diferenças entre os resultados obtidos nas duas plantas podem estar relacionados a vários fatores, mesmo sendo plantas com o mesmo diâmetro de copa, a área foliar pode ser diferente proporcionando transpiração distinta entre as plantas. Outro fator seria o solo onde pode haver diferenças químicas e físicas levando a condição desigual para o desenvolvimento radicular das plantas e ainda a variabilidade do material genético das mudas de campo utilizadas no plantio do pomar.

**Tabela 5.** Quantidades de nutrientes aplicados por fase fenológica para as duas plantas em estudo nos dois tratamentos de fertirrigação T2 (N, P e K) e T3 (N, P, K, Ca, Zn, B e S).

	Fases*	Tratamento T2 (g fase <sup>-1</sup> )			Tratamento T3 (g fase <sup>-1</sup> )						
		N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	Ca	S	B	Zn
Planta 1	1	69,6	105,5	24,9	76,8	116,5	27,5	60,3	0,8	1,9	1,9
	2	47,4	78,7	26,6	49,2	81,8	20,0	42,2	0,6	1,1	1,3
	3	37,5	9,6	27,2	36,5	9,3	19,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Planta 2	1	92,5	140,3	33,2	96,3	146,1	34,5	75,6	1,0	2,4	2,4
	2	54,6	91,1	30,6	66,3	108,8	37,6	56,0	0,8	1,5	1,8
	3	32,5	8,3	32,1	44,5	11,3	43,8	0,0	0,0	0,0	0,0

\*Fases: 1 (Pré-florescimento 9/8 a 10/10 e 0 a 60 dias após a implantação (DAI)); 2 (Florescimento 11/10 a 14/11 e 61 a 90 DAI) e 3 (Pegamento dos frutos 15/11 a 23/12 e 91 a 120 DAI)

Os resultados dos testes de médias aplicados aos dados da planta 2, mostrou que a solução T3 (N, P, K, Ca, Zn, B e S) é estatisticamente diferente da solução T1 (Testemunha), e não difere da solução T2 (N, P

e K), evidenciando que a aplicação de cálcio, boro, zinco e enxofre via fertirrigação propiciou um pequeno incremento de absorção de solução fertilizante

**Tabela 6.** Quantidades de nutrientes fornecidos para as plantas 1 e 2, separados pelos tratamentos fertirrigados T2 (N, P e K) e T3 (N, P, K, Ca, Zn, B e S) para o período em estudo.

		N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	Ca	S	B	Zn
		g planta <sup>-1</sup>						
Planta 1	T2	154,5	193,8	88,5				
	T3	162,5	207,6	91,0	102,5	1,4	3,0	3,3
	Total (g planta <sup>-1</sup> )	317,0	401,4	179,5	102,5	1,4	3,0	3,3
Planta 2	T2	179,7	239,7	95,8				
	T3	207,1	266,3	115,9	131,7	1,8	3,9	4,2
	Total (g planta <sup>-1</sup> )	386,8	506,0	211,7	131,7	1,8	3,9	4,2
média		351,9	453,7	195,6	117,1	1,6	3,5	3,7

**Tabela 7.** Resumo da análise de variância para consumo acumulado de solução nos diferentes tratamentos, para cada intervalo de tempo ao longo do período experimental.

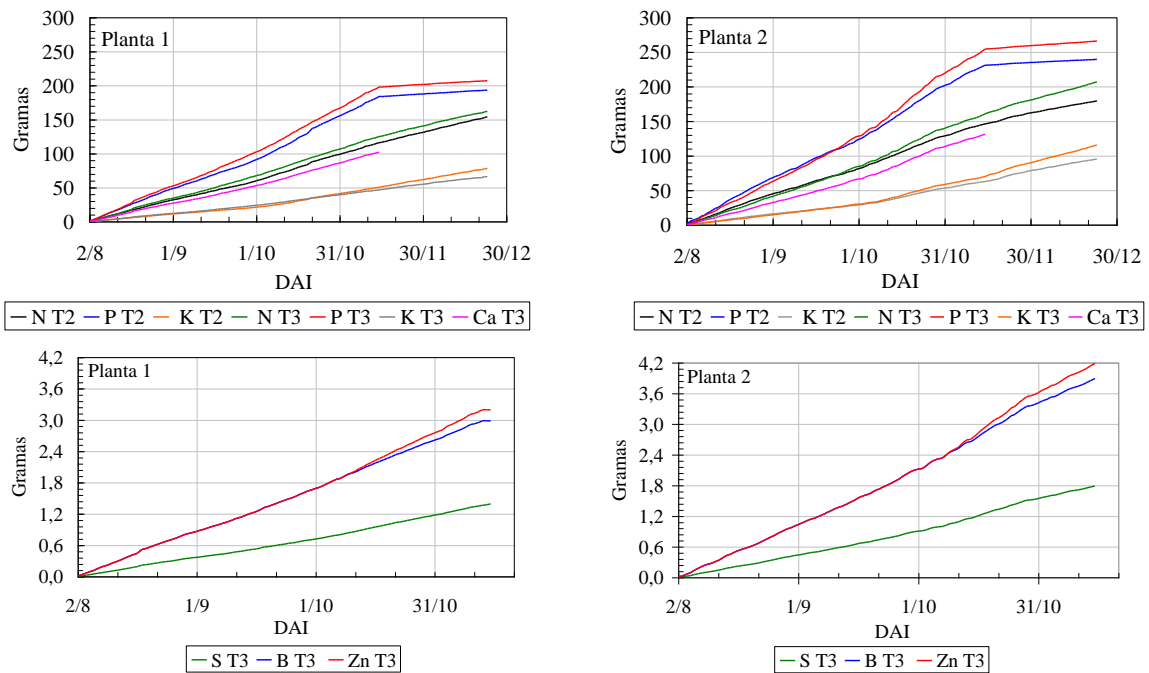
Causa da variação	Dias Após Implantação (DAÍ)				
	31	61	92	122	145
	F				
	Planta 1				
Tratamentos	0,20	0,76	0,11	0,28	0,62
	Planta 2				
Tratamentos	4,93	14,07	25,02*	20,30*	11,15*

\* Significativo a 0,05 de probabilidade pelo teste F.

**Tabela 8.** Consumo acumulado médio de solução (L Tratamento<sup>-1</sup>) pela planta 2 (Bloco 2), para cada tratamento, aos 92, 122 e 145 dias após a implantação (DAI) do experimento, e resumo da análise estatística.

Tratamentos	Dias Após Implantação (DAI)		
	92	122	145
L Tratamento <sup>-1</sup>			
T1 (Testemunha)	280 b	374 b	445 b
T2 (N, P e K)	333 b	429 b	487 ab
T3 (N, P, K, Ca, Zn, B e S)	394 a	555 a	661 a

Médias seguidas da mesma letra nas colunas não diferem entre si pelo teste de Tukey a 0,05 de probabilidade.



**Figura 8.** Absorção acumulada dos macros e micros nutrientes separados nos tratamentos fertirrigados T2 (N, P e K) e T3 (N, P, K, Ca, Zn, B e S), para as plantas 1 e 2.

A Tabela 9 apresenta os resultados de ETc (evapotranspiração da cultura medida) para valores de PW e P de 5 e 13%, respectivamente, e as relações ETc/ETo (Penman-Monteith) e ETc/ETo (Tanque Classe A) para os cinco meses monitorados. A preferência pelas expressões dos resultados de consumo de água pela cultura pelas relações entre ETc/ETo (Penman-Monteith) e ETc/ETo (Tanque Classe A) se deram em função de serem os dois métodos mais utilizados. Verifica-se que, para as condições climáticas ocorridas durante os meses analisados (agosto a dezembro de 2002), em solo de características argilosas como a

Terra Roxa Estruturada os resultados da relação ETc/ETo (classe A) foram superiores aos obtidos por Cruz (2003) nos meses de agosto, setembro, novembro e dezembro, sendo inferior apenas no mês de outubro. A relação ETc/ETo (Penman-Monteith) variou na faixa de 0,34 a 0,44 enquanto que na relação ETc/ETo (Classe A) variaram de 0,58 a 0,78, valores similares aos determinados por Hilgeman e Van Horn (1954), Reeve e Furr (1941), Kalma (1972) e Van Bavel et al., (1966), cujo os valores não ultrapassava 0,66, sendo o menor valor encontrado de 0,25.

**Tabela 9.** Evapotranspiração da cultura, evapotranspiração de referência pelos métodos de Penman Monteith (PM) e tanque classe A e as relações de ETc/ETo para o período analisado.

Período	ETc mm dia <sup>-1</sup>	ETo (P-M) mm dia <sup>-1</sup>	ETo (Classe A) mm dia <sup>-1</sup>	ETc/ETo (PM)	ETc/ETo (Classe A)
Agosto	1,61	4,35	2,24	0,42	0,78
Setembro	1,50	4,41	2,32	0,39	0,71
Outubro	1,99	5,08	3,25	0,34	0,66
Novembro	1,84	4,70	3,26	0,44	0,61
Dezembro	1,75	4,45	3,16	0,43	0,58

O volume total de solução fertilizante consumido por cada tratamento foi aplicado em três dos nove conjuntos lisimétricos instalados por planta, ou seja, em apenas um terço da área molhada total aplicada pelos sistemas lisimétricos, supondo que as soluções de cada tratamento fossem aplicadas na área total irrigada pelos lisímetros, obtém-se o valor estimado de consumo total em litros por planta no período analisado, em seguida foi dividido o valor total de consumo pelo número de dias do período (120 dias), determinou-se assim o valor médio de consumo diário por tratamento em litros. Dividiu-se o valor de consumo diário pela área de projeção da copa da planta, e determinou-se a evapotranspiração da cultura em mm dia<sup>-1</sup>, esses resultados são apresentados na Tabela 10. Observa-se que os dados do tratamento T3 (N, P, K, Ca, Zn, B e S) proporcionaria um valor de ETC diária cerca de 48% superior ao do tratamento T1

(Testemunha) e 39% superior em relação ao tratamento T2 (N, P e K), enquanto que o tratamento T2 (N, P e K) foi superior ao T1 (Testemunha) em apenas 9%. Os resultados evidenciam a importância da aplicação do Ca, B, Zn e S na fertirrigação. O programa de fertirrigação proposto para o tratamento T3 (N, P, K, Ca, Zn, B e S) tem custo superior ao tratamento T2 (N, P e K) em 63%, devido à aplicação de Ca, Zn, B e S, o que poderia inviabilizar sua aplicação em algumas situações de campo. Com isso surge a necessidade de desenvolver trabalhos para determinar qual dos elementos que aplicado separadamente promoveria o desenvolvimento radicular e/ou aumento no consumo de água e nutrientes, reduzindo assim o custo de aplicação e tornando-se a fertirrigação uma técnica viável para desenvolvimento de raízes no bulbo molhado pela irrigação localizada.

**Tabela 10.** Estimativa do consumo total e diário de solução fertilizante para os três tratamentos na planta 2, evapotranspiração da cultura (mm dia<sup>-1</sup>) e porcentagem de incremento de consumo dos tratamentos fertirrigados em relação ao volume estimado de consumo de água (Tratamento T1).

	Consumo Médio L trat. <sup>-1</sup> período <sup>-1</sup>	Consumo Total L planta <sup>-1</sup> período <sup>-1</sup>	Consumo diário L trat. <sup>-1</sup> dia <sup>-1</sup>	ETC mm dia <sup>-1</sup>	% de incremento
T1	445	1335,0	11,13	0,57	100,00
T2	487	1461,0	12,18	0,62	109,44
T3	661	1983,0	16,53	0,84	148,54

## 6 CONCLUSÕES

A inclusão dos elementos Ca, Zn, B, e S na solução de N, P e K (Tratamento T3) promoveu aumento na absorção de água e nutrientes de 48% quando comparada à testemunha e a aplicação de apenas os elementos N, P e K (Tratamento T2) foi superior a testemunha em 9%.

O consumo de solução do tratamento T3 (N, P, K, Ca, Zn, B, e S) foi superior ao tratamento T2 (N, P e K) em 35%.

A metodologia do lisímetro poroso apresentou resultados satisfatórios na medição do consumo de água pelas plantas adultas, viabilizando a realização de estudos referentes à absorção de água e nutrientes em uma mesma planta, evitando assim, erros devidos à variabilidade de consumo existente entre plantas.

Nas condições em que o experimento foi conduzido, ou seja, com valores de fração de área molhada de 5 % para PW e 13% para P, o consumo médio de água pelas plantas foi de 30 e 35 L.dia<sup>-1</sup> para as plantas 1 e 2, respectivamente.

## 7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BERNARDO, S. Manual de Irrigação. 6.ed. Viçosa: Imprensa Universitária, 1995.
- BIELORAI, H. The effect of partial wetting of the root zone on yield and water use efficiency in a drip and sprinkler-irrigated mature grapefruit grove. **Irrigation Science**, v.3, p.89-100, 1982.
- COELHO FILHO, M. A. **Variabilidade espacial aplicada ao manejo da irrigação por microaspersão em lima ácida ‘Tahiti’ (*Citrus latifolia* TANAKA)**. 1998. Dissertação (Mestrado) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, Piracicaba, 1998.
- CRUZ, A.C.R. **Consumo de água por cultura de citros cultivada em latossolo vermelho amarelo**. 2003. Tese (Doutorado) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2003.
- GOELL, A. Fisiologia da irrigação. In: SEMINÁRIO INTERNACIONAL DE CITROS, 2., 1992, Bebedouro. **Anais**. Bebedouro: Fundação Cargil, 1992. p. 173-181.
- GOMES, F.P. **Curso de estatística experimental**. 14. ed. Piracicaba: O autor, 2000.
- HILGEMAN, R. H.; VAN HORN, C.W. **Citrus growing in Arizona**. Tucson: Arizona Agricultural Experimental Station, 1954. 35p. (Bulletin,258).
- KALMA, J.D.; TANHILL, G. The climate of an orange orchard: physical characteristics and microclimate relationships. **Agricultural Meteorology**, v.10, p.185-201, 1972.
- MACHADO, C. C. **Influência da irrigação localizada na absorção de água do porta-enxerto limão ‘Cravo’, em plantas adultas de lima ácida ‘Tahiti’**. 2000, Dissertação (Mestrado) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2000.
- PIZARRO,F. **Riegos localizados de alta frecuencia**. 3ed. Madrid: Mundi Prensa, 1996.
- REEVE, J.O.; FURR, J.R. Evaporation from a shallow black pan evaporimeter as an index of oil moisture extraction by mature citrus trees. **Proceedings of the American Society for Horticultural Science**, v.39, p. 125-132, 1941.
- VAN BAVEL, C.H.M.; NEWMAN, J.E.; HILGEMAN, R.H. Climate and estimated water use by an orange orchard. **Agricultural Meteorology**, v.126, p.1-13,1966.
- ZEKRI, M.; PARSONS, L.R. Grapefruit leaf and fruit growth in response to drip, microsprinkler, and overhead sprinkler irrigation. **Journal of American Society for Horticultural Science**, St. Joseph, v.1, no.114, p.25-29, 1989