



**Universidade de São Paulo**

**Biblioteca Digital da Produção Intelectual - BDPI**

---

Departamento de Engenharia de Biosistemas - ESALQ/LEB

Artigos e Materiais de Revistas Científicas - ESALQ/LEB

---

2012

# Transpiração de plantas jovens de laranjeira 'valência' sob porta-enxerto limão'cravo' e citrumelo 'swingle' em dois tipos de solo

---

Rev. Bras. Frutic., v.34, n.1, p.24-32, 2012  
<http://www.producao.usp.br/handle/BDPI/38560>

*Downloaded from: Biblioteca Digital da Produção Intelectual - BDPI, Universidade de São Paulo*

# TRANSPIRAÇÃO DE PLANTAS JOVENS DE LARANJEIRA ‘VALÊNCIA’ SOB PORTA-ENXERTO LIMÃO ‘CRAVO’ E CITRUMELO ‘SWINGLE’ EM DOIS TIPOS DE SOLO<sup>1</sup>

LUCAS MELO VELLAME<sup>2</sup>, RUBENS DUARTE COELHO<sup>3</sup>, JOÃO BATISTA TOLENTINO<sup>4</sup>

**RESUMO** - A área total irrigada em pomares cítricos no Brasil tem aumentado ao longo das décadas. A principal causa desse aumento deve-se ao uso de porta-enxertos tolerantes à Morte Súbita dos Citros, porém menos tolerantes à seca que o limão Cravo. Este trabalho tem como objetivo estudar a influência do porta-enxerto e do tipo de solo na transpiração de plantas jovens de laranja Valência. O experimento foi conduzido em estufa, nas dependências do Departamento de Engenharia de Biosistemas da ESALQ/USP. Mudanças de laranja foram plantadas em caixas de 500 L. Determinou-se, simultaneamente, a transpiração de 20 plantas por meio de sondas de dissipação térmica (fluxo de seiva). Foram medidas a radiação solar global, a umidade relativa e a temperatura do ar com sensores instalados a 2 m de altura no centro da estufa. A evapotranspiração de referência ( $ET_{o_{PM}}$ ) foi calculada pelo método de Penman-Monteith proposto pela FAO. De acordo com os resultados encontrados, conclui-se que a transpiração das plantas de laranja Valência é influenciada não só pelo tipo de porta-enxerto utilizado, como também pelo crescimento em área foliar e estágio fenológico, sendo que sua relação com a  $ET_{o_{PM}}$  não é linear em toda a faixa de demanda evaporativa da atmosfera.

**Termos para indexação:** evapotranspiração, método Granier, sonda de dissipação térmica.

## TRANSPARATION OF YOUNG PLANTS OF VALENCIA ORANGE IN ROOTSTOCK RANGPUR AND SWINGLE IN TWO TYPES OF SOIL

**ABSTRACT** - The total citrus area irrigated in Brazil has increased over the decades. The main cause of this increasing is due to the use of rootstocks tolerant to Citrus Sudden Death however they are less tolerant to drought than Rangpur lime. This research aims to study the influence of rootstock and soil type on transpiration of young plants of Valencia orange. The experiment was conducted in a greenhouse at the Department of Biosystems Engineering, ESALQ / USP. Orange seedlings were planted in boxes of 500 L. It was determined simultaneously sweating of 20 plants through thermal dissipation probes (sap flow). It was monitored solar radiation, relative humidity and air temperature sensors were installed to 2 m tall at the center of the greenhouse. The reference evapotranspiration ( $ET_{o_{PM}}$ ) was calculated by the standard method suggested by FAO. According to these results it is concluded that plant transpiration of Valencia oranges are influenced not only by the type of rootstock but also by leaf area growth and phenological stage, and its relationship with  $ET_{o_{PM}}$  is not linear in the whole range of evaporative demand of the atmosphere.

**Index terms:** evapotranspiration, Granier method, heat dissipation probe

<sup>1</sup>(Trabalho 024-11). Recebido em: 04-01-2011. Aceito para publicação em: 04-01-2012. Parte da tese de doutorado do primeiro autor

<sup>2</sup>Eng. Agr. Professor IF Sertão Pernambucano – Câmpus Ouricuri; End. Rua Abdon Coelho s/n ap.101 - Centro - CEP 56200-000 - Ouricuri-PE; Email: lucasvellame@gmail.com

<sup>3</sup>Eng. Agr. Professor ESALQ-USP; Endereço: Av. Pádua Dias, nº 11, CP 09 CEP 13418-900, Piracicaba-SP. Email: rdcoelho@esalq.usp.br

<sup>4</sup>Eng. Agr. Doutorando em Ciências ESALQ-USP; Endereço: Av. Pádua Dias, nº 11, CP 09 CEP 13418-900, Piracicaba-SP; Email: joaobtj@hotmail.com

## INTRODUÇÃO

A irrigação é utilizada na citricultura brasileira desde meados da década de 70. Entretanto, na década de 90, a área de pomares irrigados representava cerca de 1% da área total. Atualmente, cerca de 15% da área de citros de São Paulo têm irrigação (AGRIANUAL, 2007). A causa primária desse aumento nos últimos anos foi a necessidade de substituição de porta-enxertos suscetíveis à Morte Súbita dos Citros, porém menos tolerantes à seca, exigindo dessa forma, para algumas regiões e condições de solo, o uso da irrigação.

O aumento dos conflitos de setores que utilizam os recursos hídricos, a cobrança pelo uso de água e as exigências do mercado por produtos certificados, decorrentes de uma atividade agrícola sustentável, têm aumentado a importância da irrigação localizada. Com esse sistema de irrigação, o volume de água aplicado é reduzido e restrito a uma parcela de solo, reduzindo-se as perdas por evaporação, tornando a transpiração o principal parâmetro para a determinação do consumo de água nos cultivos.

Os métodos de medição do fluxo de seiva possibilitam acompanhar a uma escala temporal de curtos intervalos o funcionamento hídrico das plantas em seu meio ambiente natural e em condições não perturbadas, durante períodos prolongados. Grande parte dos estudos sobre medidas de transpiração de plantas, principalmente em frutíferas lenhosas, baseia-se em métodos de fornecimento de calor no tronco. Em citros, medições de fluxo de seiva têm sido utilizadas em vários trabalhos ligados ao consumo de água pela planta e fisiologia do estresse (ORTUÑO et al., 2007; VASCONCELOS et al., 2010; VELLAME et al., 2010). A estimativa da transpiração com base nesses métodos pressupõe a equivalência entre o fluxo de seiva no tronco e o fluxo transpiratório nas superfícies foliares, pressuposto válido quando se considera o fluxo em escala diária (DELGADO-ROJAS et al., 2007; VELLAME et al., 2009; VELLAME et al., 2010).

Este trabalho tem como objetivo estudar a relação da transpiração com: a demanda atmosférica, o tipo de porta-enxerto e o estágio fenológico de plantas jovens de laranja Valência em dois tipos de solo.

## MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido em estufa, nas dependências do Departamento de Engenharia de Biosistemas da ESALQ/USP, Piracicaba - Brasil. Avaliou-se a transpiração de 20 plantas de laranja Valência sob porta-enxertos de limoeiro 'Cravo' e citrumelo 'Swingle' em dois tipos de solo, no período de janeiro a outubro de 2010.

A estufa conteve 54 caixas de 500 L, distribuídas em 4 fileiras, sendo 2 fileiras preenchidas com solo francoarenoso e 2 preenchidas com solo argiloso. As características físico-hídricas dos solos utilizados neste trabalho estão apresentadas na Tabela 1.

As mudas foram transplantadas no dia 20 de outubro de 2008. A transpiração das plantas ( $T_r$ ) foi estimada em 20 plantas através de medidas de fluxo de seiva, no período compreendido entre 18 de janeiro e 19 de setembro de 2010. Optou-se, neste estudo, pelo uso da sonda de dissipação térmica (SDT) em função do baixo custo dos sensores e do menor número de canais diferenciais necessários para a realização das medidas, viabilizando, assim, a medição em um maior número de plantas no experimento. Cada sensor é composto por uma sonda aquecida à potência constante, e por uma sonda não aquecida (sonda de referência), que possuem internamente um termopar. Granier (1985) relacionou a velocidade de dissipação de calor, aplicado num ponto do tronco, com a densidade de fluxo de seiva. A variação temporal da diferença de temperatura entre esse ponto e um ponto abaixo do mesmo é ocasionada pelo transporte conectivo de calor pela seiva.

Mediu-se o diâmetro do caule das plantas no local de inserção da sonda superior. Toda a secção do tronco foi considerada como secção efetiva do xilema que conduz a seiva bruta – AS ( $m^2$ ). O fluxo de seiva – FS ( $m^3 s^{-1}$ ) foi calculado pela equação de Granier calibrada anteriormente em uma das plantas do experimento, através de medidas lisimétricas Eq. 1. Steppea et al. (2010) concluem que uma calibração específica por espécie é necessária quando se utilizam as técnicas de pulso de calor, dissipação térmica e deformação do campo de calor para garantir estimativas precisas da densidade de fluxo de seiva.

$$FS = 0,00594 \left( \frac{\Delta T_{\text{máx}} - \Delta T}{\Delta T} \right)^{1,231} \quad (1)$$

em que,

$\Delta T_{\text{máx}}$  - diferença de temperatura entre as sondas em condição de fluxo nulo, °C;

$\Delta T$  - diferença de temperatura atual, °C.

As sondas foram construídas com 1 cm de comprimento, utilizando-se de termopares de cobre-“constantan” de 0,5 mm de diâmetro, inseridos em agulhas de 1,0 mm, preenchidas com resina para fixação.

Para corrigir o efeito dos gradientes térmicos naturais no caule, as diferenças térmicas foram medidas com o sensor não aquecido em períodos distintos à medição de fluxo de seiva. Foram gerados modelos de estimativa das diferenças térmicas naturais (DTN) para cada sonda, individualmente, em função de uma sonda de referência. Os dados coletados de diferença térmica entre as sondas foram corrigidos com base nestes modelos (Eq. 2).

$$\Delta T = \Delta T_m - DTN \quad (2)$$

O sinal proveniente dos termopares foi medido por um sistema de aquisição e armazenamento de dados com leitura a cada 30 segundos e armazenamento das médias a cada 15 minutos (“datalogger” CR1000 associado a multiplexadores AM16/32 - Campbell Sci.).

A radiação solar global foi medida por meio de piranômetro (LP02-L12 - Campbell Sci.), e a umidade relativa e a temperatura do ar, por sensor Vaisala (HMP45C-L12 - Campbell Sci.). Os sensores foram instalados a 2 m de altura no centro da estufa. A evapotranspiração de referência –  $ET_{0,PM}$  ( $mm\ d^{-1}$ ), foi calculada pelo método de Penman-Monteith, proposto pela FAO, com velocidade do vento fixada em  $0,5\ m\ s^{-1}$ . Em geral, a velocidade do vento a 2 m deve ser mantida em um valor mínimo de  $0,5\ m\ s^{-1}$ , quando utilizado na equação de  $ET_{0,PM}$ . Isso é necessário para explicar os efeitos da instabilidade da camada-limite e da flutuabilidade do ar em promover a troca de vapor à superfície, quando o ar está calmo (ALLEN et al., 1998).

Para fins de comparação, foram calculados valores de  $K_c$  (ALLEN et al., 1998), considerando nula a evaporação de água no solo. Para tanto, foi assumida uma condição de campo com área ocupada pelas plantas (A) de  $28\ m^2$  (espaçamento  $7 \times 4\ m$ ). Sendo assim, a área sombreada pelas plantas ( $P_s$ ) seria em torno de 3,6%.

Estabeleceu-se a relação entre a transpiração média das plantas ( $Tr$ ) com a  $ET_{0,PM}$ , de acordo com os resultados obtidos, e os dados diários de  $Tr$  foram divididos em duas classes, correspondentes a dias de alta e baixa demanda atmosférica.

O experimento foi considerado um fatorial, tendo como variável resposta à transpiração das plantas. A fim de realizar a análise de variância, foi calculada a  $Tr$  média de cada planta, agrupando os

dados diários de acordo com as fontes de variação: fase de desenvolvimento da cultura, linha de plantio, tipo de solo, porta-enxerto e classe de demanda evaporativa da atmosfera.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na Figura 1, é apresentado o curso dos valores de  $K_c$ . Os valores variaram de 0,15 a 0,50. Allen et al. (1998) apresentam valores de  $K_c$  que variam de 0,45 a 0,55 como um guia geral para a cultura dos citros com grau de cobertura de 20% em solo descoberto e de 0,4 a 0,5 para o coeficiente de cultura basal ( $K_{CB}$ ). O  $K_{CB}$  representa essencialmente o componente de transpiração e é definido como a razão entre a evapotranspiração da cultura e a evapotranspiração de referência, com a transpiração ocorrendo a uma taxa potencial e solo seco (evaporação mínima). Os valores encontrados foram inferiores aos apresentados por Allen et al. (1998). Entretanto, levando-se em consideração que as plantas em estudo apresentariam grau de cobertura inferior a 20% em um plantio comercial, os valores de  $K_c$  podem ser considerados coerentes. Vale ressaltar que o presente estudo não tem como objetivo recomendar valores de  $K_c$  para a cultura, sendo esse calculado apenas para fins de comparação e descrição da relação da transpiração com o ambiente atmosférico.

O  $K_c$  é predominantemente crescente até o final do mês de maio, a transpiração média desse período foi de  $3,93\ L\ dia^{-1}$ , com coeficiente de variação de 26,3%. Esse comportamento pode ser explicado pelo crescimento da área foliar das plantas e, conseqüentemente, da transpiração. A floração foi induzida por baixas temperaturas, não sendo necessário induzir a floração por déficit hídrico. Aproximadamente 40 dias antes de ser observado o aparecimento de botões florais, o  $K_c$  apresenta uma tendência decrescente. Nesse período (27-05 a 17-07-2010), a transpiração apresentou média de  $2,76\ L\ dia^{-1}$ , com coeficiente de variação de 20%. Em campo, observou-se a queda das folhas mais velhas, possivelmente pela translocação de nutrientes para o florescimento e pelo efeito do estresse por baixas temperaturas, o que pode explicar a redução do  $K_c$ .

Após a visualização dos botões florais, em 18-07-2010, a transpiração apresentou média de  $3,23\ L\ dia^{-1}$ , com coeficiente de variação de 17%. Na fase de formação e enchimento dos frutos (a partir de 20-08-2010) a transpiração média foi de  $3,77\ L\ dia^{-1}$  com coeficiente de variação de 21%.

Na Figura 2, está apresentado o curso da radiação global e do fluxo de seiva médio das 20 plantas, em quatro dias escolhidos, de forma a re-

presentar períodos com condições de baixa e alta demanda atmosférica. Observa-se que, nos dias de baixa demanda (Figura 2-B), o fluxo de seiva segue as variações de radiação solar. Já em dias de alta demanda (Figura 2-A), ocorrem poucas variações no fluxo de seiva em condições de radiação superiores a  $0,4\text{MJ m}^{-2} 15 \text{ min}^{-1}$ , provavelmente, devido ao fechamento estomático pelo aumento da temperatura foliar. Pode ser notado, também, que a linha que representa o curso do fluxo de seiva nos dias de alta demanda fica abaixo da linha de radiação solar, comportamento que se inverte nos dias de baixa demanda, indicando uma mudança da relação entre essas variáveis. Essa mudança na relação com a radiação solar pode ser explicada pelo aumento da resistência estomática quando ocorre mudança nas condições ambientais, em termos de saldo de radiação e das diferenças entre a pressão de vapor nas folhas e no ar, diminuindo a transpiração.

Observa-se, na Figura 3, que para valores de  $\text{ETo}_{\text{PM}}$  até  $2,4 \text{ mm dia}^{-1}$  há uma tendência linear de aumento da transpiração das plantas com o aumento da demanda evaporativa da atmosfera. Para valores de  $\text{ETo}_{\text{PM}}$  entre  $2,4$  e  $4,8 \text{ mm dia}^{-1}$ , a transpiração média das plantas foi de  $4,452 \text{ L dia}^{-1}$ , com coeficiente de variação de  $13,2\%$ , indicando a estabilização da transpiração média em maiores demandas. Coelho Filho et al. (2004) verificaram uma tendência de mudança da relação transpiração relativa à área foliar versus  $\text{ETo}_{\text{PM}}$  para um grupo de dados, com  $\text{ETo}_{\text{PM}}$  superior a  $2,5 \text{ mm}$ , em comparação com o grupo de dados abaixo desse valor. Os citros caracterizam-se, quanto à condutância foliar, por sua alta resistência à difusão de vapor, e por algum tipo de resposta adaptativa, quando expostos durante um tempo à demanda atmosférica elevada (HALL et al., 1975). O ajuste de duas retas permitiu estabelecer o valor de  $\text{ETo}_{\text{PM}} = 2,4 \text{ mm dia}^{-1}$  como limite entre as faixas de alta e baixa demanda, em função do menor erro (RMSE) na estimativa geral da transpiração, de acordo com os resultados que podem ser observados na Tabela 2.

Na Tabela 3, são apresentados os resultados da análise de variância da transpiração média do período estudado. Todas as fontes de variação, isoladamente, à exceção do tipo de solo, foram significativas ( $<5\%$ ). As interações, levando-se em conta o tipo de porta-enxerto, não foram significativas a  $5\%$ , entretanto a interação entre fase de desenvolvimento, demanda evaporativa e tipo de solo teve significância de  $1,6\%$ .

As plantas com porta-enxerto limão 'Cravo', de forma geral, apresentaram maior transpiração que as plantas enxertadas sobre citrumelo 'Swingle'. A maior transpiração com esse tipo de porta-enxerto pode ser explicada pela alta condutividade hidráulica das raízes de limoeiro 'Cravo', como observado por

Medina et al. (1998).

Em geral, o tipo de solo não influenciou na transpiração. Como a irrigação se deu em sua maior parte em intervalos diários, a variação de potencial de água no solo não foi limitante à transpiração na maioria das situações. O tipo de solo apenas influenciou significativamente na transpiração, na fase de desenvolvimento vegetativo, em plantas enxertadas com limão Cravo. Nessas condições, a transpiração, em média, foi  $34,3\%$  e  $35,4\%$  maiores em solo arenoso, em dias de baixa e alta demanda evaporativa da atmosfera, respectivamente (Tabela 4). Esse comportamento pode ser explicado pela maior taxa de crescimento radicular na fase de crescimento vegetativo em limão Cravo, associado à menor resistência à penetração das raízes em solo arenoso, levando à maior concentração de raízes e assim maior condutividade hidráulica das raízes, nesse período, comparada aos outros tratamentos.

Com bases nesses resultados, a transpiração das plantas foi estudada separadamente, em cada estágio de desenvolvimento, levando-se em conta a faixa de demanda evaporativa e o porta-enxerto utilizado.

Na Tabela 5, estão apresentados os coeficientes de regressão múltipla para estimativa da transpiração média das plantas em função do dia Juliano e da  $\text{ETo}_{\text{PM}}$ . Para o período de crescimento vegetativo, nota-se que as plantas com porta-enxerto limão 'Cravo' apresentam maior resposta na transpiração à demanda evaporativa da atmosfera ( $\text{ETo}_{\text{PM}}$ ), apresentando, em condições de baixa demanda, um coeficiente em média  $24\%$  maior que em citrumelo 'Swingle'. Em alta demanda, a diferença entre os coeficientes é bem pequena ( $0,6\%$ ), indicando que a resistência estomática passa a ter maior influência no fluxo de água na planta que a resistência radicular. Comparando-se os coeficientes que relacionam a transpiração com a  $\text{ETo}_{\text{PM}}$ , na fase de crescimento vegetativo, estes foram  $2,8$  e  $3,5$  vezes maiores em condição de baixa demanda para as plantas enxertadas sobre citrumelo 'Swingle' e limão 'Cravo', respectivamente. Observa-se também pelos valores de  $R^2$ , para ambos os porta-enxertos, maior dispersão nos dados na faixa de maior demanda evaporativa da atmosfera. Esses valores confirmam a forte influência do controle da planta na transpiração em altas demandas evaporativas da atmosfera.

Na Figura 4, é relacionada a transpiração média observada e a estimada por meio de regressão com os coeficientes apresentados na Tabela 4 para o mesmo conjunto de dados. Observa-se um bom ajuste dos dados, com coeficiente de determinação de  $0,811$  e  $0,817$  para as plantas com porta-enxerto citrumelo 'Swingle' e limão 'Cravo', respectivamente.

**TABELA 1** - Análise físico-hídrica dos solos utilizados no experimento: umidade na capacidade de campo (CC) e no ponto de murcha permanente (PMP), capacidade de água disponível (CAD), densidade do solo (Ds)

Camada (cm)	CC	PMP	CAD	D <sub>s</sub>	Frações granulométricas		
					Areia	Silte	Argila
	gg <sup>-1</sup>		mm	g cm <sup>-3</sup>	(%)		
Latossolo Vermelho-Amarelo “Série Sertãozinho”							
0 - 15	0,148	0,069	18,1	1,53	75,1	7,8	17,1
15 - 30	0,151	0,065	19,4	1,50	74,5	8,0	17,5
30 - 45	0,143	0,078	16,5	1,69	74,4	8,6	17,0
Nitossolo Vermelho eutrófico “Série Luiz de Queiroz”							
0 - 15	0,321	0,205	22,3	1,28	31,3	14,8	53,9
15 - 30	0,333	0,207	24,0	1,27	31,0	16,1	52,9
30 - 45	0,340	0,218	24,0	1,31	30,1	17,3	52,6

**TABELA 2** - Coeficiente linear da reta (Coef. a) que relaciona a transpiração média com a evapotranspiração de referência em baixas demandas evaporativas; transpiração média em alta demanda evaporativa; e raiz quadrada da média dos quadrados dos desvios (RMSE) para diversos valores que divide as faixas de alta e baixa demanda (ET<sub>PM</sub> limite)

ET <sub>PM</sub> limite (mm dia <sup>-1</sup> )	Coef. a	Média em alta demanda (L dia <sup>-1</sup> )	RMSE (L dia <sup>-1</sup> )
1,8	1,957	4,258	0,638
2,0	1,990	4,306	0,625
2,2	1,855	4,377	0,602
2,4	1,785	4,452	0,593
2,6	1,779	4,455	0,599
2,8	1,774	4,415	0,596
3,0	1,73	4,356	0,615
3,5	1,654	4,368	0,707

**TABELA 3** - Graus de liberdade (GL), quadrado médio dos desvios (QM) e probabilidade de significância (Pr>Fc) dos fatores de variação da análise de variância para transpiração.

Fator de variação	GL	QM	Pr>Fc
Linha	12		
Fase de desenvolvimento das plantas (Fase)	3	3,199	<0,001
Faixa de demanda evaporativa da atmosfera (ET <sub>o</sub> )	1	6,655	< 0,001
Solo	1	0,004	0,922
Porta-enxerto (PE)	1	4,032	0,002
Fase*ET <sub>o</sub> *PE	5	0,343	0,530
Fase*ET <sub>o</sub> *Solo	5	1,227	0,016
Fase*ET <sub>o</sub> *Solo*PE	6	0,880	0,057
erro	84	0,4121	
Total corrigido	119		
CV (%)	17,46		
Média geral	3,67		



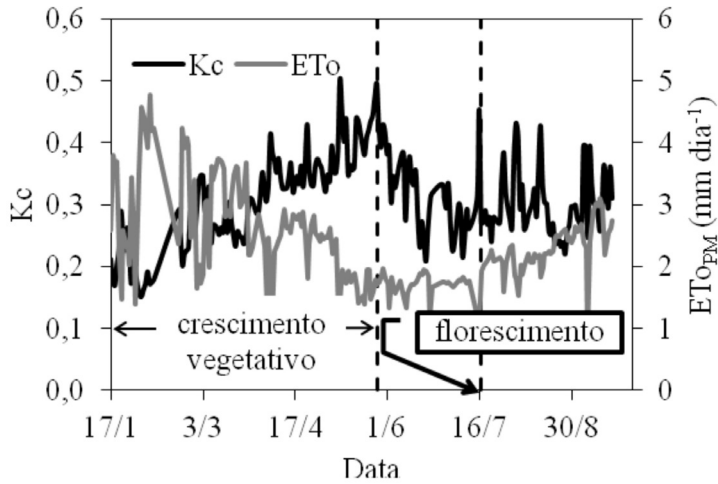
**TABELA 4** – Média da transpiração em dias de alta e baixa demanda evaporativa da atmosfera, para plantas de laranja sob porta-enxerto de limão Cravo e citrumelo Swingle, em dois tipos de solo, em cada fase fenológica.

Fase de desenvolvimento	Faixa de demanda evaporativa	Solo	
		Arenoso	Argiloso
Citrumelo Swingle			
Crescimento vegetativo	Baixa	3,09 a	3,40 a
	Alta	3,83 a	4,21 a
Repouso	Baixa	2,68 a	2,55 a
Floração	Baixa	2,80 a	3,50 a
Frutificação	Baixa	3,17 a	3,98 a
	Alta	3,32 a	3,99 a
Limão-Cravo			
Crescimento vegetativo	Baixa	4,58 a	3,41 b
	Alta	5,98 a	4,41 b
Repouso	Baixa	3,40 a	3,04 a
Floração	Baixa	3,61 a	3,60 a
Frutificação	Baixa	3,97 a	4,15 a
	Alta	4,13 a	4,49 a

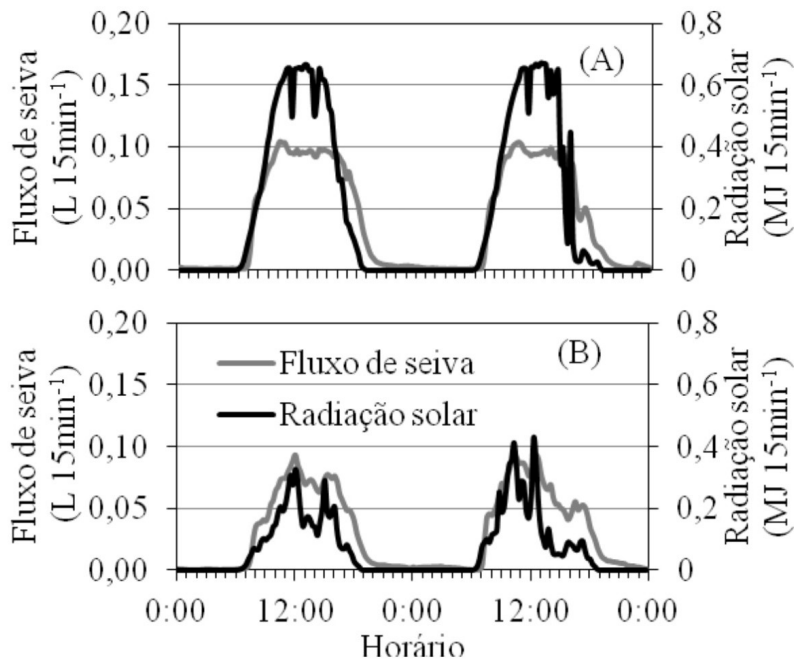
Médias seguidas pela mesma letra na linha não diferem pelo teste F, a 5% de probabilidade.

**TABELA 5** - Parâmetros da regressão múltipla com dia Juliano (J) e evapotranspiração de referência ( $ET_{o,PM}$ ) para estimativa da transpiração de plantas, sobre porta-enxerto de limão ‘Cravo’ (LC) e citrumelo ‘Swingle’ (CS), em dias de baixa ( $ET_{o,PM} < 2,4 \text{ mm dia}^{-1}$ ) e alta ( $ET_{o,PM} > 2,4 \text{ mm dia}^{-1}$ ) demanda evaporativa da atmosfera.

Fase		CS		LC		
		Coef.	Pr>Fc	Coef.	Pr>Fc	
Baixa demanda						
Crescimento Vegetativo (17-01 a 25-05-2010)	Interseção	-0,79		-0,78		
	J	0,01	< 0,01	0,01	< 0,01	
	$ET_{o,PM}$	1,40	< 0,01	1,74	< 0,01	
	$R^2$	0,83		0,75		
	Alta demanda					
	Interseção	1,03		1,83		
J	0,02	< 0,01	0,02	< 0,01		
$ET_{o,PM}$	0,50	< 0,01	0,50	< 0,01		
$R^2$	0,68		0,54			
Baixa demanda						
Repouso (26-05 a 17-07-2010)	Interseção	5,12		6,22		
	J	-0,02	< 0,01	-0,03	< 0,01	
	$ET_{o,PM}$	0,83	0,013	0,81	0,058	
	$R^2$	0,49		0,431		
Baixa demanda						
Floração (18-07 a 20-08-2010)	Interseção	1,14		1,08		
	J	0,02	0,041	0,01	0,049	
	$ET_{o,PM}$	-0,68	0,088	-0,01	0,864	
	$R^2$	0,21		0,13		
Baixa demanda						
Frutificação (20-08 a 19-09-2010)	Interseção	-21,2		-14,6		
	J	0,08	< 0,01	0,05	0,033	
	$ET_{o,PM}$	2,38	< 0,01	2,47	< 0,01	
	$R^2$	0,94		0,92		
Alta demanda						
Interseção	-11,7		-9,94			
J	0,06	< 0,01	0,05	< 0,01		
$ET_{o,PM}$	0,60	0,268	0,82	0,081		
$R^2$	0,75		0,79			

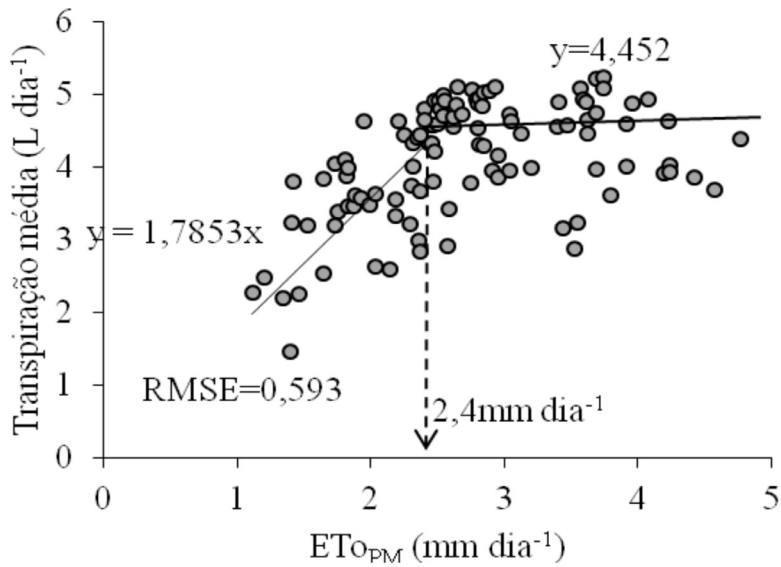


**FIGURA 1** - Curso da evapotranspiração de referência ( $ET_{oPM}$ ) e valores de  $K_c$  calculados com base na transpiração média de plantas.

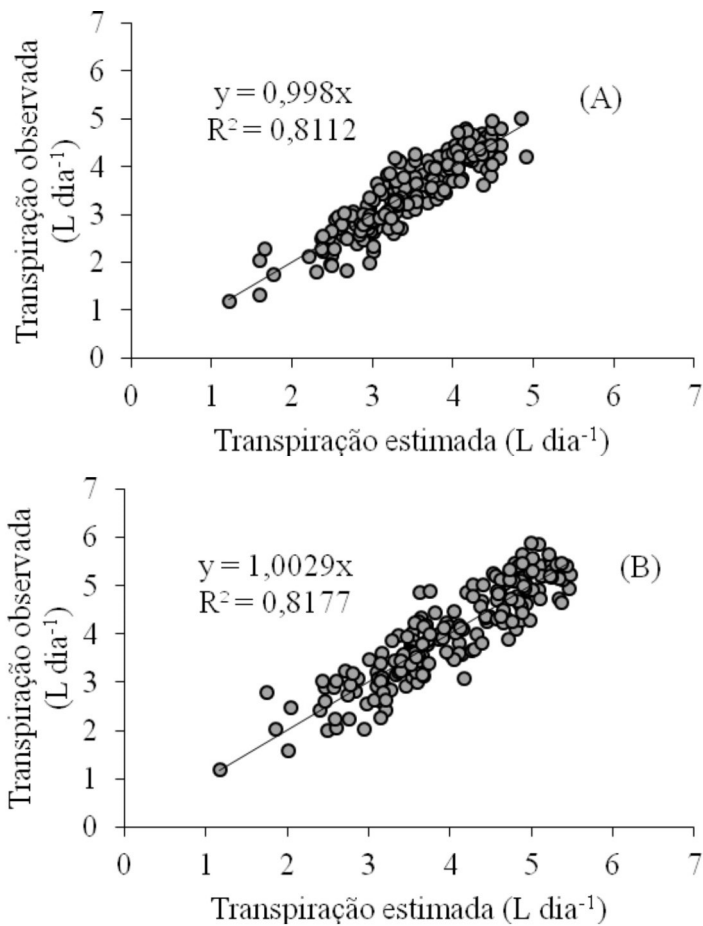


**FIGURA 2** - Curso da radiação solar global e fluxo de seiva médio de 20 plantas, em 2 dias consecutivos de alta (A) e baixa (B) demanda evaporativa da atmosfera.





**FIGURA 3** - Relação da transpiração média diária de 20 plantas com a evapotranspiração de referência ( $ET_{0_{PM}}$ ).



**FIGURA 4** - Relação entre a transpiração média diária observada e estimada para plantas sobre porta-enxerto de citrumelo 'Swingle' (A) e limão 'Cravo' (B).

## CONCLUSÃO

A transpiração das plantas de laranjeira ‘Valência’ é influenciada pelo tipo de porta-enxerto utilizado (maior em limão ‘Cravo’ que em citrumelo ‘Swingle’), além do crescimento vegetativo e estágio fenológico, sendo que sua relação com a  $E_{To_{PM}}$  não é linear em toda a faixa de demanda evaporativa da atmosfera. A transpiração, na maioria das situações estudadas, não é influenciada pelo tipo de solo.

## REFERÊNCIAS

- AGRIANUAL 2007: anuário da agricultura brasileira. São Paulo: FNP Consultoria & Agroinformativos, 2007. 504 p.
- ALLEN, R.G.; PEREIRA, L.S.; RAES, D.; SMITH, D. **Crop evapotranspiration**: guides for computing crop water requirements. Rome: Food and Agriculture Organization of the United Nations FAO, 1998. 300 p. (Irrigation and Drainage Paper,56.)
- COELHO FILHO, M.A.; ANGELOCCI, L.R.; ROJAS, J.S.D.; CAMPECHE, L.F.S.M.; FOLEGATTI, M.V. Relações entre a transpiração máxima, área foliar e evapotranspiração de referência em pomar jovem de lima-ácida-Tahiti. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Piracicaba, v. 12, n. 2, p. 265-274, 2004.
- DELGADO-ROJAS, J.S.; ANGELOCCI, L.R.; FOLEGATTI, M.V. ; COELHO FILHO, M.A. Desempenho da sonda de dissipação térmica na medida da transpiração de plantas jovens de Lima Ácida. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 27, n. 2, p. 404-413, 2007.
- GRANIER, A. Une nouvelle methode pour la mesure du flux de seve brute dans le tronc des arbres. **Annales Sciences Forestieres**, Versailles , v.42, n. 2, p.193-200, 1985.
- HALL, A.E.; CAMACHO, B.S.E.; KAUFFMAN, M.R. Regulation of water loss by citrus leaves. **Physiologia Plantarum**, Copenhagen, v. 33, p. 62-65,1975.
- MEDINA, C. L.; MACHADO, E. C.; PINTO, J. M. Fotossíntese de laranjeira ‘Valência’ enxertada sobre quatro porta-enxertos e submetida à deficiência hídrica. **Bragantia**, Campinas, v. 57, n. 1, 1998.
- ORTUÑO, M. F.; ALARCÓN, J. J.; NICOLÁS, E.; TORRECILLAS, A. Water status indicators of lemon trees in response to flooding and recovery. **Biologia Plantarum**, Prague, v. 51, n. 2, p. 292-296, 2007.
- STEPPEA, K.; PAUWB, D. J.W.; DOODYC, T. M.; TESKEY, R. O. A comparison of sap flux density using thermal dissipation, heat pulse velocity and heat field deformation methods. **Agricultural and Forest Meteorology**, Amsterdam, v. 150, n. 7, p. 1046-1056, 2010.
- VASCONCELOS, L. F. L.; RIBEIRO, R. V.; OLIVEIRA, R. F.; MACHADO, E. C. Variação da densidade de fluxo de seiva e do potencial hídrico foliar nas faces leste e oeste da copa de laranjeira ‘Valência’. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 32, n. 1, p. 35-46, 2010.
- VELLAME, L. M.; COELHO FILHO, M. A.; PAZ, V. P. S. Transpiração em mangueira pelo método Granier. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 13, n. 5, p. 516–523, 2009.
- VELLAME, L. M.; COELHO FILHO, M. A.; PAZ, V. P. S.; COELHO, E. F. Stem heat balance method to estimate transpiration of young orange and mango plants. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.14, n.6, p. 594-599, 2010.