

## INDICADORES FISIOLÓGICOS DA LIMA ÁCIDA 'TAHITI' SUBMETIDA À IRRIGAÇÃO DEFICITÁRIA COM SECAMENTO PARCIAL DE RAIZ

ANTONIO HÉLDER RODRIGUES SAMPAIO<sup>1</sup>; MAURÍCIO ANTONIO COELHO FILHO<sup>2</sup>; EUGÊNIO FERREIRA COELHO<sup>2</sup> E ROSSINI DANIEL<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Doutorando em Ciências Agrárias, Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, UFRB, Cruz das Almas-BA. E-mail: helderagronomo@hotmail.com

<sup>2</sup>Engenheiro Agrônomo, Pesquisador. D.Sc., Embrapa Mandioca e Fruticultura, Cruz das Almas-BA. Mauricioantonio.coelho@embrapa.br; eugenio.coelho@embrapa.br

<sup>3</sup>Engenheiro Agrônomo, D.Sc, Pós-doutorando, Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, Cruz das Almas-BA. rossinidaniel30@gmail.com

### 1 RESUMO

O déficit hídrico com secamento parcial do sistema radicular (PRD) tem aumentado a eficiência no uso da água em diversas culturas. Esta técnica constitui na alternância da irrigação de parte do sistema radicular da planta, enquanto a outra parte é submetida ao secamento do solo. Neste trabalho objetivou-se avaliar indicadores fisiológicos em plantas de lima ácida 'Tahiti' submetidas ao PRD, nas condições semiáridas de Iaçú-BA. Avaliou-se tratamentos com aplicação de água correspondente a 50, 75 e 100% da ETc e a alternância da irrigação em lados opostos do sistema radicular em intervalos de 7, 14 e 21 dias. Foram monitoradas durante treze meses a condutância estomática ( $g_s$ -mol m<sup>2</sup> s<sup>-1</sup>), transpiração foliar ( $T_f$ -mmol m<sup>2</sup> s<sup>-1</sup>), temperatura foliar ( $T_p$ -°C), relação entre o potencial hídrico de ramos ( $\Psi_w$ -MPa) e resistência estomática ( $R_s$ -cm s<sup>-1</sup>) e densidade de fluxo de seiva ( $u$  - m<sup>3</sup> m<sup>-2</sup> s<sup>-1</sup>). A redução do volume de água em 50% associada à alternância dos lados de irrigação a cada 7 dias promoveu significativamente ( $p < 0,05$ ) o mecanismo de controle da abertura dos estômatos e reduziu a transpiração foliar. Em condições semiáridas, o PRD apresenta-se como uma técnica potencial para a otimização da água.

**Palavras – chave:** PRD, condutância estomática, transpiração, citros

SAMPAIO, A. H. R., COELHO FILHO, M. A., COELHO, E. F., DANIEL, R.  
PHYSIOLOGICAL INDICATORS OF 'TAHITI' ACID LIME UNDER  
REGULATED DEFICIT IRRIGATION AND PARTIAL ROOTZONE DRYING  
IRRIGATION

### 2 ABSTRACT

Regulated deficit irrigation with partial rootzone drying (PRD) has been used as an irrigation strategy to increase efficiency of water use in many crops. This technique alternates between irrigating part of the plant root system and leaving another part of soil to dry. The study aimed at evaluating the physiological response of 'Tahiti' acid lime undergoing PRD strategy in semi-arid climate in Iaçú-BA. Three irrigation levels were evaluated: 50, 75 and 100% of ETc and three PRD alternate intervals: 7, 14 and 21 days. Stomatal conductance ( $g_s$  - mol m<sup>2</sup>

s<sup>-1</sup>), leaf transpiration (Tf-mmol m<sup>2</sup> s<sup>-1</sup>), leaf temperature (Tp-°C), the relationship between water potential of branches ( $\Psi_w$ -Mpa) and stomatal resistance (Rs-cm s<sup>-1</sup>) and sap flux density (u-m<sup>3</sup> m<sup>-2</sup> s<sup>-1</sup>) were monitored for thirteen months. Reduction of water volume to 50% associated with alternate irrigation in both root sides every 7 days increased significantly (p < 0.05) the stomatal control mechanism and reduced leaf transpiration. In semi arid conditions, PRD proved promising as a technique for water optimization.

**Keywords:** PRD, stomatal conductance, transpiration, citrus

### 3 INTRODUÇÃO

A otimização dos recursos hídricos torna-se necessário principalmente em regiões semiáridas onde há baixa precipitação pluviométrica e sua distribuição ocorre em poucos meses do ano. A irrigação com déficit controlado tem sido adotada com a finalidade de maximizar o uso da água e garantir uma produção vegetal de qualidade. Neste sentido, a técnica de PRD (*Partial rootzone drying*) ou irrigação com secamento parcial do sistema radicular vem obtendo resultados satisfatórios em relação ao aumento da eficiência do uso da água (Kriedemann & Goodwin, 2003).

A técnica de PRD constitui na irrigação de parte do sistema radicular da planta, enquanto a outra parte é submetida ao secamento do solo. Os lados de irrigação são alternados com uma frequência que depende de diversos fatores, como espécie de planta, tipo de solo e condições climáticas. Diversos experimentos com fruteiras avaliaram o impacto do secamento parcial de raiz (PRD), em diferentes regiões, sendo em maior escala com a cultura da videira (COLLINS et al., 2010), além de Citros (HUTTON & LOVEYS, 2011; PÉREZ-PÉREZ et al., 2012) e manga (SPREER et al., 2007).

Segundo Rodrigues et al. (2008), a alternância de irrigação, em parte das raízes, induz o mecanismo de redução de perda de água através do fechamento dos estômatos. O controle na abertura estomática é atribuído à sinalização química de ácido abscísico (ABA) que se desloca a partir das raízes para a parte aérea (ROMERO et al., 2012). Experimentos conduzidos por Hartung et al. (2002) mostraram que o fechamento estomático ocorreu quando o potencial hídrico foliar não tinha sido ainda afetado, reforçando a teoria da emissão de sinais químicos das raízes para a parte aérea.

Geralmente a produção e eficiência de uso de água das culturas são utilizadas como as variáveis comparativas nos estudos envolvendo irrigação convencional, déficit hídrico e PRD. Informações relacionadas a respostas fisiológicas das plantas submetidas à técnica de PRD ainda são escassas na literatura e são fundamentais para o aprimoramento do manejo de irrigação. Os mecanismos das relações hídricas de plantas, submetidas ao manejo de irrigação deficitária, podem ser estudados mediante o uso de indicadores fisiológicos, com a finalidade de conhecer a melhor estratégia para o manejo da irrigação.

Dentre os parâmetros fisiológicos utilizados para caracterizar a resposta das plantas ao déficit hídrico podem-se destacar: condutância estomática, transpiração foliar, temperatura da folha, potencial de água na folha e densidade de fluxo de seiva. Utilizando estes parâmetros, objetivou avaliar indicadores fisiológicos em plantas de lima ácida 'Tahiti' submetidas à irrigação com déficit hídrico e secamento parcial de raiz - PRD, no município de Iaçú, semiárido baiano.

#### 4 MATERIAL E MÉTODOS

O estudo foi conduzido na fazenda Boa Vista, pertencente à Iaçú Agropastoril Ltda., no município de Iaçú, semiárido baiano, localizado nas coordenadas geográficas 12°46'00" de latitude sul e 40°13'00" de longitude oeste, com altitude de 280 m. O experimento ocorreu no período de junho de 2008 à Junho de 2009 em pomar de lima ácida 'Tahiti' (*Citrus latifolia* Tanaka) com cinco anos de idade, enxertadas em limão 'Cravo' (*Citrus limonia* Osbeck) no espaçamento de 8,0 x 5,0 m. Utilizou-se o sistema de irrigação de microaspersão com emissores de vazão de 19 L h<sup>-1</sup>.

O delineamento experimental foi o de blocos ao acaso, com seis tratamentos e seis repetições. Cada parcela experimental foi composta por uma planta que, em conformidade com os tratamentos aplicados, era irrigada com um ou dois microaspersores localizados a 2,5 m do tronco ao longo da fileira de plantas. Os tratamentos de PRD foram promovidos pela alternância de aplicação de água correspondente a 50% da evapotranspiração da cultura (ETc) em lados opostos da planta, em intervalos de 7, 14 e 21 dias (T1, T2 e T3, respectivamente). Somam-se a esses tratamentos, o da irrigação com déficit hídrico convencional (T4), que recebeu o volume de água de 50% ETc e utilizou um microaspersor fixo, que molhava apenas um lado do sistema radicular da planta; o tratamento testemunha (T5), que recebeu o volume de água correspondente a 100% da ETc, aplicado por dois microaspersores, um em cada lado da planta; e o tratamento de PRD (T6) que recebeu o volume de água correspondente a 75% da ETc, no qual alternou-se a aplicação de água em um e dos dois lados simultâneos da planta a cada 21 dias.

O volume de água aplicado ao tratamento testemunha foi estimado pela evapotranspiração da cultura para irrigação localizada de acordo equação 1 e 2, proposta por (KELLER & BLIESNER, 1990).

$$ETc = ETo \times Kc \times Kr \quad (1)$$

$$Kr = 0,10 PAS^{0,5} \quad (2)$$

Sendo:

ETc: Evapotranspiração da cultura (mm).

ETo: Evapotranspiração de referência (mm).

Kc: Coeficiente de cultura.

Kr: Fator de localização.

PAS: Percentagem de área molhada.

A precipitação pluvial e a evapotranspiração de referência (ETo) foram registradas, durante todo experimento, por pluviômetro e tanque classe A, localizados a 800 m do local do experimento. A Percentagem de área molhada foi definida como a relação entre área molhada pelo microaspersor e a área ocupada pela planta.

No período de junho a dezembro de 2008, foram determinados os indicadores fisiológicos, condutância estomática ( $g_s$ -mol m<sup>2</sup> s<sup>-1</sup>) e transpiração foliar ( $T_f$ -mmol m<sup>2</sup> s<sup>-1</sup>). E no período de janeiro a agosto de 2009, foram determinados os indicadores fisiológicos, temperatura foliar ( $T_p$ -°C), potencial de água na folha ( $\Psi_w$ -MPa), resistência estomática ( $R_s$ -cm s<sup>-1</sup>) e densidade de fluxo de seiva ( $u$ -m<sup>3</sup> m<sup>-2</sup> dia<sup>-1</sup>).

A  $g_s$  e  $T_f$  foram determinados em cinco épocas diferentes por meio do uso de um porômetro de equilíbrio dinâmico, modelo LI-1600 (LI-COR, Nebraska, USA). Estas medidas

foram realizadas em quatro ramos expostos a radiação solar, especificamente em uma folha fisiologicamente madura, localizada entre a primeira e a quinta folha após o ápice do ramo. A determinação da temperatura foliar foi realizada por meio do uso de termômetro de infravermelho, a partir de medições em 20 folhas por planta, localizadas na parte externa e representando toda circunferência da copa.

A resistência estomática da folha foi medida em quatro ramos da planta com uso de um porômetro de difusão modelo AP4 (Delta-T Devices, Cambridge, Inglaterra). Foram selecionados ramos com diâmetro médio de 2 a 5 mm, constituído de 4 à 6 folhas, situados na parte externa da copa com radiação solar incidente, entre 1,5 e 1,8 m de altura do solo. Após determinação da resistência estomática, os ramos foram seccionados para medições de potencial hídrico ( $\Psi_w$ -Mpa) com o uso de uma câmara de pressão tipo 'Scholander' modelo 3115 (Soilmoisture Equipment Corp., Santa Barbara, USA). Os indicadores fisiológicos foram medidos nos horários de maior demanda atmosférica, entre 11 às 14 h.

A densidade de fluxo de seiva foi determinada pelo método de dissipação térmica de Granier (1985). As medidas ocorreram em um bloco selecionado aleatoriamente, monitorando-se uma planta por tratamento. Em cada planta foram utilizadas três sondas termopares de 2 cm de comprimento, construídas e inseridas no tronco, conforme Vellame et al. (2009), aproximadamente a 0,30 m do solo. Os valores médios de diferença de temperatura (K) dos sensores foram armazenados automaticamente a cada 30 minutos por meio de um datalogger (CR10X Campbell SCi). A densidade de fluxo de seiva foi obtida conforme Granier (1985), equações 3 e 4.

$$u = 118,99 \times 10^{-6} K^{1.231} \quad (3)$$

$$K = (\Delta T_M - \Delta T) / \Delta T \quad (4)$$

Sendo:

u: densidade de fluxo de seiva ( $m^3 m^{-2} s^{-1}$ ).

K: diferença de temperatura entre sonda aquecida e não aquecida ( $^{\circ}C$ ).

$\Delta T_M$ : diferença máxima de temperatura no dia entre sondas ( $^{\circ}C$ ).

$\Delta T$ : diferença instantânea de temperatura entre os sensores ( $^{\circ}C$ ).

Foi realizada a análise de variância dos dados de condutância estomática, transpiração foliar e temperatura foliar e comparação de médias pelo teste de Tukey, a um nível de significância de 5% de probabilidade.

## 5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A baixa precipitação pluviométrica nos primeiros cinco meses favoreceu a aplicação do déficit hídrico, bem como o estudo dos indicadores fisiológicos. A ocorrência de chuvas concentradas entre os meses de novembro a Janeiro reestabeleceu o armazenamento de água no solo em todo sistema radicular da planta, o que minimizou o efeito dos tratamentos neste período. O período de maior demanda atmosférica no ano de 2008 foi entre os meses de setembro a novembro e em 2009 no mês de março. O coeficiente de cultivo ( $K_c$ ) variou de 0,60 a 1,09 de acordo ao estado fenológico da planta (Tabela 1).

**Tabela 1.** Valor mensal acumulado de precipitação (P), ETo, ETc para irrigação localizada e Kc utilizado no pomar de lima ácida ‘Tahiti’, Fazenda Boa Vista, Iaçú, BA.

	2008							2009					
	jun	jul	Ago	set	out	nov	dez	jan	fev	mar	abr	mai	jun
P (mm)	43,0	21,5	11,0	10,0	7,0	143,5	125,0	119,5	73,0	11,0	103,0	42,0	8,0
ETc (mm)	52,3	57,4	73,1	81,8	94,7	105,7	77,9	74,7	70,1	108,9	60,6	61,7	54,5
Kc	1,01	0,83	0,73	0,76	0,84	0,77	0,60	0,73	0,66	0,73	0,73	0,86	1,10

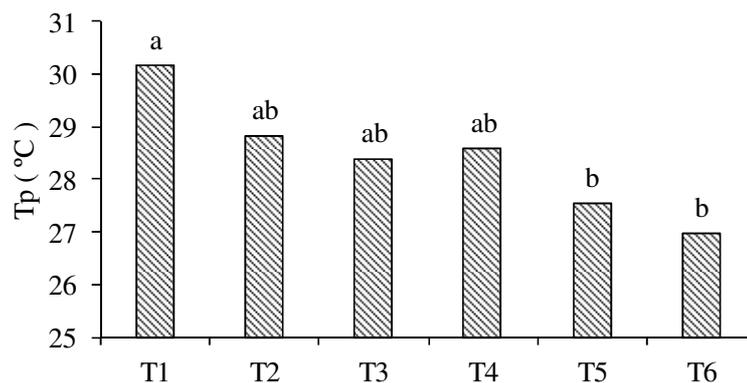
A análise estatística detectou diferenças significativas ( $p < 0,05$ ) para o fator tratamentos, não sendo comprovada a interação entre tratamentos e épocas de avaliação. O tratamento T1 apresentou significativamente ( $p < 0,05$ ) a menor média para condutância estomática ( $g_s = 0,27 \text{ mol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ ) e transpiração foliar ( $T_f = 0,56 \text{ mol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ ) com redução respectivamente de 50,91 e 45,43% em relação ao tratamento testemunha, indicando maior controle estomático quando se utilizou a técnica de PRD com 7 dias de alternância dos lados de irrigação (Tabela 2). Observou-se a tendência de maiores valores absolutos de  $g_s$  e  $T_f$  para o tratamento testemunha (T5), seguido do tratamento T6, entretanto estes não diferenciaram estatisticamente dos tratamentos T2, T3 e T4. Dzikiti (2008) ao estudar a técnica de PRD com alternância dos lados de irrigação a cada 10 dias, observou em plantas de laranja de umbigo com 4 anos de idade, a redução da condutância estomática e da transpiração com aplicação de 50% de déficit hídrico em relação às plantas testemunhas, irrigadas com 100% da ETc.

**Tabela 2.** Médias da condutância estomática e transpiração foliar, no período de junho à dezembro de 2008, em plantas de lima ácida ‘Tahiti’, fazenda Boa Vista, Iaçú – BA.

Tratamentos	$g_s$ ( $\text{mol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ )	$T_f$ ( $\text{mmol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ )
T1 - PRD 7 dias e 50% ETc	0,27 c*	7,82 c
T2 - PRD 14 dias e 50% ETc	0,39 ab	10,86 ab
T3 - PRD 21 dias e 50% ETc	0,44 ab	11,31 ab
T4 - Irrigação fixa e 50% ETc	0,38 ab	10,50 ab
T5 - Irrigação fixa e 100% ETc	0,56 a	14,33 a
T6 - PRD 21 dias 75% da ETc	0,45 ab	13,67 a

**Nota:** \*Médias seguidas pela mesma letra não difere estatisticamente pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

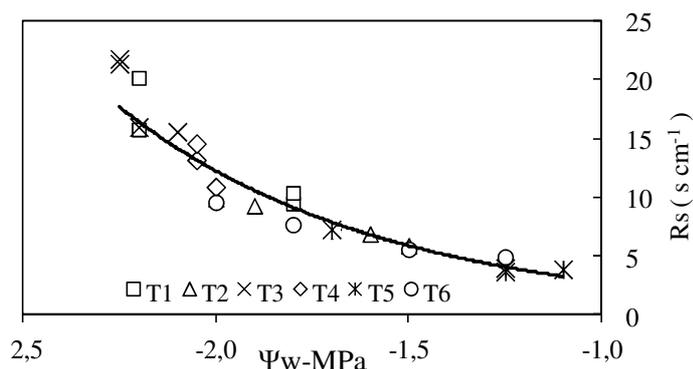
A temperatura foliar também apresentou diferença estatística ( $p < 0,05$ ) entre os tratamentos avaliados. Observou-se maiores temperaturas absolutas para os tratamentos com déficit hídrico de 50%, destacando-se o T1 (PRD 7 dias), seguido dos tratamentos T2, T3 e T4 em relação à testemunha T5 e ao tratamento T6 (PRD 75%), os quais apresentaram temperaturas muito próximas (Figura 1). Observou-se um aumento de temperatura foliar de 2,63 °C, comparando os tratamentos T1 e testemunha T5. Plantas sob as mesmas condições de demanda atmosférica, mas com condições de disponibilidade hídrica diferentes, podem apresentar temperaturas da folha diferenciadas, (ANGELOCCI, 2002). O resultado observado é atribuído aos menores valores de transpiração foliar por parte dos tratamentos de déficit hídrico, principalmente o T1 (PRD 7 dias) que apresentou o maior controle da abertura de estômatos. A redução da transpiração é benéfica para economia de água, entretanto, este efeito minimiza as trocas de calor por meio da vaporização da água, o que pode favorecer o aquecimento da folha.



**Figura 1.** Temperatura foliar ( $T_p$ ) de plantas de lima ácida ‘Tahiti’, Fazenda Boa Vista, Iaçú, BA. T1 - PRD 7 dias e 50% da  $ET_c$ , T2 - PRD 14 dias e 50% da  $ET_c$ , T3 - PRD 21 dias e 50% da  $ET_c$ , T4 - Irrigação fixa e 50%  $ET_c$ , T5 - irrigação fixa e 100% da  $ET_c$ , T6 - PRD 21 dias 75% da  $ET_c$ . Médias seguidas pela mesma letra não difere estatisticamente pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Houve uma correlação inversamente proporcional entre o potencial hídrico dos ramos e resistência estomática. Observou-se um aumento da resistência estomática com a redução do potencial hídrico (Figura 2). Segundo Syvertsen (1982) o potencial hídrico mínimo que coincide com o fechamento estomático varia de acordo com o estágio de maturação da folha. Para folhas jovens o autor encontrou potenciais mínimos de -1,6 MPa, enquanto para folhas maduras de 3 a 6 meses de idade, valores próximos de -3,5 MPa.

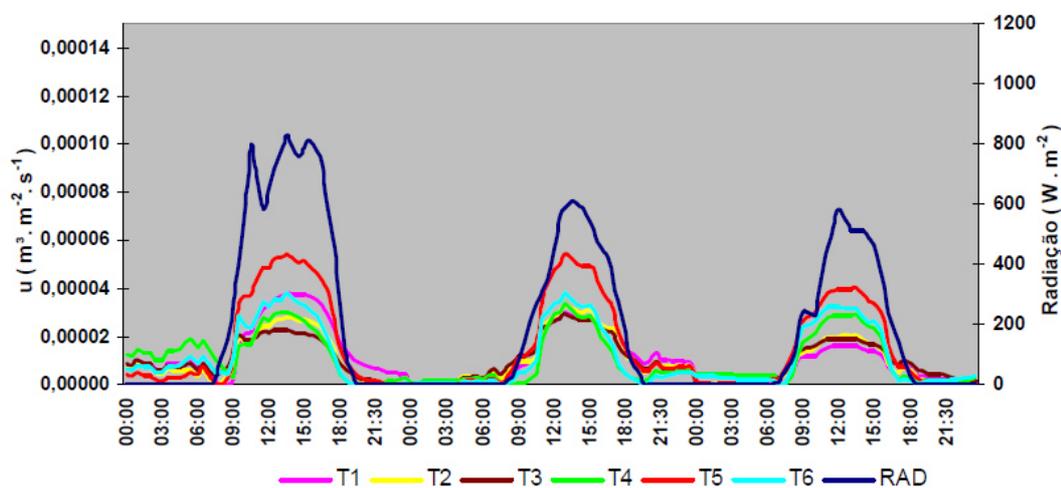
Vasconcelos et al. (2010) observaram potenciais de -1,89 MPa em plantas adultas de laranja ‘Valencia’, medidos também em ramos de 4 a 5 folhas, às 14h e 30 min e em dias ensolarados. Neste trabalho, os menores valores observados de potencial hídrico que coincidiram com as maiores resistências estomáticas foram para os tratamentos de déficit hídrico, aproximadamente -2,25 MPa, enquanto o tratamento testemunha apresentou valores próximos de 1,0 MPa (Figura 2). Raveh (2008) observou em plantas de limoeiro um aumento de resistência estomática das folhas de  $9,9 \text{ cm s}^{-1}$  para  $14,6 \text{ cm s}^{-1}$ , quando utilizou o PRD com 50% déficit hídrico, e neste trabalho o aumento da resistência estomática foi em média de 5 para  $20 \text{ cm s}^{-1}$  quando adotado o PRD com 50% déficit hídrico (Figura 2).



**Figura 2.** Relação entre potencial hídrico dos ramos ( $\Psi_w$ ) e resistência estomática ( $R_s$ ) de folhas em pomar de lima ácida ‘Tahiti’, fazenda Boa Vista, Iaçú, BA. T1 - PRD 7 dias e 50% da  $ET_c$ , T2 - PRD 14 dias e 50% da  $ET_c$ , T3 - PRD 21 dias e 50% da  $ET_c$ , T4 - Irrigação fixa e 50%  $ET_c$ , T5 - irrigação fixa e 100% da  $ET_c$ , T6 - PRD 21 dias 75% da  $ET_c$ .

Na Figura 3, observam-se os resultados de densidade de fluxo de seiva, em três dias representativos do período de estudo, no qual se pode notar que a estimativa da densidade de fluxo apresentou uma curva característica de crescimento semelhante à radiação solar, demonstrando uma relação direta com o aquecimento da atmosfera e conseqüentemente com seu poder evapotranspirante. A densidade de fluxo de seiva aumentou ao amanhecer, alcançando um pico no horário de meio dia, decrescendo nas horas seguintes, corroborando com o observado por Delgado-Rojas et al. (2007) que utilizaram o método de dissipação térmica em plantas de lima ácida 'Tahiti', Vellame et al. (2009) em plantas de manga e Vellame et al. (2010; 2012) em mudas jovens de laranja e manga.

A densidade de fluxo de seiva foi menor para os tratamentos com déficit hídrico T1, T2, T3, T4 e T6 em relação ao tratamento testemunha (T5), este apresentando densidade de fluxo próximo de  $5,0 \times 10^{-5} \text{ m}^3 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$  nos horários de maior demanda atmosférica (Figura 3). A maior densidade de fluxo de seiva por parte do tratamento testemunha está relacionada com a maior condutância estomática e transpiração foliar, pois de acordo a Taiz & Zeiger (2004) a saída de água em forma de vapor da câmara estomática origina a força motriz para ascensão da água pelos vasos condutores do xilema.



**Figura 3.** Densidade de fluxo de seiva ( $u \cdot \text{m}^3 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ ), em plantas de lima ácida 'Tahiti', determinada nos dias julianos 157, 158 e 159, do ano de 2009. T1 - PRD 7 dias e 50% da ETc, T2 - PRD 14 dias e 50% da ETc, T3 - PRD 21 dias e 50% da ETc, T4 - Irrigação fixa e 50% ETc, T5 - irrigação fixa e 100% da ETc, T6 - PRD 21 dias 75% da ETc.

Os valores médios diários analisados em 25 dias, entre os dias julianos 157 e 225, de densidade de fluxo de seiva, seguiram a tendência observada pelos demais indicadores fisiológicos. Os resultados demonstraram que o tratamento T1 (PRD 7 dias) apresentou menores valores de densidade de fluxo de seiva com média de  $1,17 \text{ m}^3 \text{ m}^{-2} \text{ dia}^{-1}$  em relação ao tratamento testemunha que apresentou a maior densidade de fluxo com média de  $1,77 \text{ m}^3 \text{ m}^{-2} \text{ dia}^{-1}$  (Tabela 3). Este resultado demonstra que a densidade de fluxo está diretamente relacionada com a abertura dos estômatos e transpiração foliar. Segundo McCarthy et al., (2002) o fechamento dos estômatos reduz a transpiração foliar por redução do fluxo de vapor de água na folha. É possível que a alternância da irrigação em intervalos de sete dias tenha induzido o fechamento parcial dos estômatos, minimizando a densidade de fluxo de seiva devido à sinalização química de ácido abscísico, produzido nas raízes e deslocado para as folhas, semelhante as constatações realizadas por Davies & Zhang (1991).

**Tabela 3.** Média diária de densidade de fluxo de seiva ( $u - m^3 m^{-2} dia^{-1}$ ) em plantas de lima ácida 'Tahiti', Fazenda Boa Vista, Iaçú, BA. T1 - PRD 7 dias e 50% da ETc, T2 - PRD 14 dias e 50% da ETc, T3 - PRD 21 dias e 50% da ETc, T4 - Irrigação fixa e 50% ETc, T5 - irrigação fixa e 100% da ETc, T6 - PRD 21 dias 75% da ETc.

Dia Juliano	T1	T2	T3	T4	T5	T6
157 – 168	1,27	1,38	1,12	1,24	1,85	1,34
213 – 225	1,06	1,36	1,48	1,30	1,69	1,39
Média	1,17	1,37	1,30	1,27	1,77	1,36

## 6 CONCLUSÕES

A irrigação com volume de água de 50% da ETc associada a técnica de alternância dos lados da irrigação a cada 7 dias promoveu maior controle da abertura dos estômatos reduzindo a transpiração foliar, comparado a irrigação fixa em parte do sistema radicular. A redução do potencial hídrico dos ramos e elevação da temperatura das folhas devem ser levados em consideração para adoção da melhor estratégia de irrigação. Em condições semiáridas, o PRD apresenta-se como uma técnica potencial para a otimização da água, sendo o uso da lâmina de 75% da ETc uma alternativa que oferece menor risco de estresse às plantas.

## 7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ANGELOCCI, L. R. **Água na planta e trocas gasosas/energéticas com a atmosfera:** introdução ao tratamento biofísico. Piracicaba, SP: O autor, 2002, p. 268.
- COLLINS, M. J.; FUENTES, S.; BARLOW, E. W. R. Partial rootzone drying and deficit irrigation increase stomatal sensitivity to vapour pressure deficit in anisohydric grapevines. **Functional Plant Biology**, Camberra, v. 37, n. 2, p. 128-138, 2010.
- DAVIES, W.J.; ZHANG, J.; Root signals and the regulation of growth and development of plants in drying soil. **Annual Review of Plant Physiology and Plant Molecular Biology**, Palo Alto, v. 42. p. 55 – 70, 1991.
- 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.
- DZIKITI, S.; STEPPE, K.; LEMEURE, R. Partial rootzone drying of drip irrigated 'Navel' orange trees [*Citrus sinensis* (L.) Osbeck] under semi-arid tropical conditions. **Acta Horticulturae**, n. 792, p. 249-256, 2008.
- 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.
- HARTUNG, W.; SAUTER, A.; HOSE, E. Abscisic acid in the xylem: where does it come from, where does it go to? **Journal of Experimental Botany**, v. 53, n. 366, p. 27-32, 2002.

HUTTON, R. J.; LOVEYS, B, R. A partial root zone drying irrigation strategy for citrus – effects on water use efficiency and fruit characteristics. **Agricultural Water Management**, Amsterdam, v. 98, n. 1, p. 1485-1496, 2011.

KELLER, J., BLIESNER, R.D. **Sprinkle and trickle irrigation**. New York: Avibook, 1990, p. 649.

KRIEDEMANN, P. E.; GOODWIN, I. **Regulated Deficit Irrigation and Partial Rootzone Drying**. Irrigation Insights n. 4. Land & Water Australia, Canberra, 2003, p. 102.

MCCARTHY, M. G. et al. Regulated deficit irrigation and partial rootzone drying as irrigation management techniques for grapevines. In: FAO. **Deficit irrigation practices**. Rome, 2002. p. 79-87. (FAO Report, 22).

PÉREZ-PÉREZ, J. G.; DODD, I. C.; BOTÍA, P. Partial rootzone drying increases water-use efficiency of lemon Fino 49 trees independently of root-to-shoot ABA signaling. **Functional Plant Biology**, Camberra, v. 39, n.5, p. 366-378, 2012.

RAVEH, E. Partial root-zone drying as a possible replacement for ‘Verdelli’ practice in lemon production. **Acta Horticulturae**, n.792, p.537-541, 2008.

RODRIGUES, M. C.; SANTOS, T. P.; RODRIGUES, A. P.; DE SOUZA, C. R.; LOPES, C. M.; MAROCO, J. P.; PEREIRA, J. S.; CHAVES, M. M. Hydraulic and chemical signalling in the regulation of stomatal conductance and plant water use in field grapevines growing under deficit irrigation. **Functional Plant Biology**, Camberra, v. 35, p. 565–579, 2008.

ROMERO, P.; DODD, I. C.; MARTINEZ-CUTILLAS, A. Contrasting physiological effects of partial root zone drying in field-grown grapevine (*Vitis vinifera* L. cv. Monastrell) according to total soil water availability. **Journal of Experimental Botany**, Oxford, v. 63, n. 11, p. 1 - 13, 2012.

SPREER, W.; NAGLE, M.; NEIDHART, S.; CARLE, R.; ONGPRASERT, S.; MÜLLER, J. Effect of regulated deficit irrigation and partial rootzone drying on the quality of mango fruits (*Mangifera indica* L., cv. ‘Chok Anan’). **Agricultural Water Management**, Amsterdam, v. 88, n. 1, p. 173-180, 2007.

SYVERTSEN, J. P. Minimum leaf water potential and stomatal closure in citrus leaves of different ages. **Annals of Botany**, Oxford, v. 49, n. 6, p. 827 - 834, 1982.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. 3. Ed. Porto Alegre: Artmed, p. 719, 2004.

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 laranja ‘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.

VELLAME, L. M.; COELHO, R. D.; TOLENTINO, J. B. Transpiração de plantas jovens de laranjeira 'valência' sob porta-enxerto limão'cravo' e citrumelo 'swingle' em dois tipos de solo. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 34, n. 1, p. 24-32, 2012.