

## **Transpiração em plantas de laranja e manga utilizando sonda de dissipação térmica e sensor de balanço de calor caulinar**

L. M. Vellame<sup>1</sup>; M. A. Coelho Filho<sup>2</sup>; V. P. S. Paz<sup>3</sup>; E. F. Coelho<sup>1</sup>; A. S. de Oliveira<sup>3</sup>

**Resumo:** O presente trabalho teve como objetivo comparar os métodos da sonda de dissipação térmica (SDT) e do balanço de calor caulinar (BC) na estimativa da transpiração em mangueira e plantas jovens de laranja. Os experimentos foram conduzidos na EMBRAPA – Mandioca e Fruticultura Tropical, no município de Cruz das Almas – BA (12°48'S; 39°06'W; 225 m). O trabalho foi desenvolvido com plantas de manga e laranja em fase inicial de desenvolvimento plantadas em vasos que colocados sobre plataformas de pesagens funcionaram como lisímetros e em um ramo de planta adulta de manga onde foram instalados os dois tipos de sensores. Apesar do método da sonda de dissipação térmica apresentar boa precisão nas estimativas de fluxo de seiva diário ( $R^2=0,859$  para laranja e  $R^2=0,888$  para manga) o método do balanço de calor se mostrou mais preciso ( $R^2=0,958$  para laranja e  $R^2=0,899$  para manga). Para utilização do método da sonda de dissipação térmica fez-se necessário modificar a equação geral de Granier enquanto que o método do balanço de calor não necessitou de calibração. Ocorreu uma diferença média de 6,5 % entre os métodos, que apresentaram boa correlação entre si em medidas em manga em ramo de planta adulta.

**Palavras-chave:** transpiração, fluxo de seiva, métodos térmicos

## **Estimate of the sap flow in orange and mango plants using heat dissipation probe and heat balance sensor**

**Resumo:** The objective of the present research was to compare the two methods – heat dissipation (HD) and heat balance (HB) – for estimating the transpiration rate of mango trees and young orange plants. The experiments were conducted at the Embrapa Cassava and Tropical Fruit Center, town of Cruz das Almas (12°48'S; 39°06'W; 225 m), State of Bahia, Brazil. For this work, mango and orange plants in the initial stage of development were used. The plants grown in plastic vases were put in a weighing platform which works as a lysimeter.

---

<sup>1</sup> Mestre em Ciências Agrárias, Ambientais e Biológicas do Centro de Ciências Agrárias da UFRB, CEP 44380-000, Cruz das Almas, BA. Fone: (75) 3621-5540. E-mail: lvellame@terra.com.br

<sup>2</sup> Pesquisador. Embrapa Mandioca e Fruticultura Tropical, Cruz das Almas, BA.

<sup>3</sup> Professor, Centro de Ciências Agrárias, Ambientais e Biológicas da UFRB, Cruz das Almas, BA.

In the field, determinations with both types of sensors were also made in a branch of a mango tree. The heat balance method showed a higher precision ( $R^2=0,958$  for orange and  $R^2=0,899$  for mango) for both plants as compared to the heat dissipation method ( $R^2=0,958$  for orange and  $R^2=0,899$  for mango) for the estimate of the daily plant transpiration rate. For using the heat dissipation method it was necessary to introduce a modification into the Granier's general equation while no calibration was needed with the heat balance method. An average difference of 6.5% between the methods was found, which presented a good correlation with transpiration data from the sensors installed at the mango plant branch.

**Palavras-chave:** transpiration, sap flow, dissipation methods

## INTRODUÇÃO

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, tem aumentado a importância da irrigação localizada. A transpiração é o principal elemento da evapotranspiração ao se trabalhar com irrigação localizada, onde apenas uma parte do solo é molhada (COELHO FILHO, 2002). Atualmente, grande parte dos estudos sobre medidas de transpiração de plantas, principalmente em frutíferas lenhosas, é feita com base em metodologias de fornecimento de calor no tronco.

Cohen et al. (1981), estudando o fluxo de calor, desenvolveram o método de fornecimento de pulsos de calor ao tronco, enquanto Granier (1985) apresentou o fornecimento contínuo de calor ao tronco com o método da sonda de dissipação térmica. O método do balanço de calor caulinar foi desenvolvido por Sakuratani (1981). Os dois primeiros métodos apresentam melhor resposta dinâmica que o método de balanço de calor, que por sua vez apresenta a vantagem de não necessitar de calibração. Os métodos de pulso de calor e da sonda de dissipação térmica, por medirem a velocidade da seiva, exigem a determinação da área efetiva do xilema para o transporte hídrico, transformando a densidade de fluxo de seiva em fluxo de seiva. Esses métodos se destacam por serem não destrutivos e permitirem o estudo simultâneo da transpiração em muitas plantas em nível de campo.

O presente trabalho tem como objetivo estabelecer comparações entre os métodos da sonda de dissipação térmica e o método do balanço de calor caulinar quanto às estimativas de fluxo de seiva em plantas jovens de laranja e manga tendo como base medidas lisimétricas.

## MATERIAL E MÉTODOS

O trabalho foi conduzido no campo experimental da Embrapa Mandioca e Fruticultura Tropical, localizada no município de Cruz das Almas – BA (12°48`S; 39°06`W; 225 m). O clima da região é classificado como úmido a sub-úmido com pluviosidade média anual de 1.143 mm (D'ANGIOLELLA et al., 1998). Utilizaram-se no estudo plantas de manga da variedade Tommy Atkins e plantas de laranja Pêra em fase inicial de desenvolvimento, plantadas em vasos de 15 litros e 50 litros.

Todos os sensores utilizados foram conectados a um sistema de aquisição de dados formado por um “datalogger” CR10X acoplado a um multiplexador AM 416 (Campbell Sci.), programado para realizar leituras a cada 10 segundos e armazenar a média dos dados a cada 10 minutos

Sensores comerciais de balanço de calor (modelos SGB9 e SGA13; Dynamax Inc.) foram instalados em 2 plantas de manga. As medições foram efetuadas no período de 09 a 13 de novembro de 2004. No período de 07 a 30 de abril de 2005 sensores de balanço de calor (modelos SGB9, SGA16 e SGA13; Dynamax Inc.) foram instalados em 2 plantas de laranja.

Os valores de fluxo de seiva (F) foram estimados pela equação 1 (SAKURATANI, 1981; BAKER & VAN BAVEL, 1987):

$$F = \frac{P_{in} - Q_v - Q_r}{c_p - \Delta T} \quad (1)$$

em que,

$P_{in}$  – calor fornecido ao tronco;  $Q_v$  – fluxos axiais;  $Q_r$  – fluxos radiais;  $C_p$  – calor específico da seiva;  $\Delta T$  – variação de temperatura

O estudo com a sonda de dissipação térmica foi conduzido em ambiente protegido com telado no período de 3 a 18 de julho de 2005 e em campo aberto de 2 de fevereiro a 5 de março de 2006. O fluxo de seiva (F) foi estimado pelas equações 2 e 3 (GRANIER, 1985) a partir de medidas de diferenças térmicas (DT) com sondas de 1 cm de comprimento construídas com agulhas de 1,6mm de diâmetro. Para o cálculo de F considerou-se a área da secção efetiva do xilema que conduz a seiva bruta (AS) e a diferença de temperatura entre as duas sondas, na situação de fluxo nulo (DTm).

$$k = \frac{(DTm - DT)}{DT} \quad (2)$$

$$F = 118,99 \cdot 10^{-6} k^{1,231} AS \quad (3)$$

As medidas de fluxo de seiva estimadas pelos dois métodos foram comparadas com a transpiração medida pelos lisímetros em escalas de 1 h, 4 h e 24 h.

A fim de efetuar medidas simultâneas de fluxo de seiva com os dois métodos foi utilizada uma planta de manga da variedade Tommy Atkins de 50,7 m<sup>2</sup> de área foliar. Em um ramo de 3,05 cm de diâmetro com área foliar de 3,39 m<sup>2</sup> instalou-se um sensor comercial de fluxo de seiva por balanço de calor (Dynamax SGA16) e no mesmo ramo foi inserida uma sonda de dissipação térmica de 1 cm. As medidas de fluxo de seiva realizadas no período de 13 a 23 de março de 2006 permitiram a comparação dos dados obtidos pela sonda de dissipação térmica e pelo método do balanço de calor.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

A Tabela 1 apresenta os valores dos coeficientes angulares (a) e de determinação (R<sup>2</sup>) de regressões lineares com intercepto forçado em zero para medidas de fluxo de seiva (sonda de dissipação térmica e balanço de calor) e transpiração (lisímetro) das plantas em diferentes tempos de integração. Observa-se que quanto maior o intervalo de tempo utilizado para as comparações maior é a concordância entre os dois métodos. Isso pode ser explicado pela defasagem entre fluxo de seiva e transpiração, além da anulação da variabilidade das medidas de ambas variáveis em torno de um ponto médio quando se faz a integração dos dados com maior número de pontos

Observa-se na Tabela 1 que o método da sonda de dissipação térmica utilizando os coeficientes originais da equação de Granier (1985) subestimou em média 31% os valores de fluxo de seiva em escala diária para manga e 22% para laranja em períodos de 24 horas. Tendo em vista a defasagem entre fluxo de seiva e transpiração optou-se por modificar o coeficiente linear da equação geral de Granier (equação 3) aproximando os valores em escala diária segundo a equação 4 para manga e 5 para laranja. O desvio médio entre o fluxo de seiva e a transpiração em escala diária no período estudado nas três plantas foi de -1,4% quando utilizando a equação 4 e de 0,04% utilizando a equação 5.

$$FS = 0,00017 \cdot k^{1,231} \cdot AS \quad (4)$$

$$FS = 0,00015 \cdot k^{1,231} \cdot AS \quad (5)$$

Apesar do método da sonda de dissipação térmica apresentar boa precisão nas estimativas de fluxo de seiva diário (R<sup>2</sup>=0,859 para laranja e R<sup>2</sup>=0,888 para manga) o método do balanço de calor se mostrou mais preciso (R<sup>2</sup>=0,958 para laranja e R<sup>2</sup>=0,899 para manga).

Verificou-se a tendência do método do balanço de calor subestimar (4,6%) os valores de transpiração diária em plantas de laranja e de superestimar (0,3%) em plantas de manga.

Tabela 1. Coeficiente linear (a), coeficiente de determinação ( $R^2$ ) de regressões lineares com coeficiente da regressão forçado em zero ( $y = a.x$ ) das medidas de fluxo de seiva estimado pelo método do balanço de calor e da sonda de dissipação térmica em função de medidas lisimétricas em plantas jovens de manga e laranja em diferentes tempos de integração

Tempo de integração (horas)	Balanço de calor				Sonda de dissipação térmica			
	Laranja		Manga		Laranja		Manga	
	a	$R^2$	a	$R^2$	a	$R^2$	a	$R^2$
1	0,857	0,875	0,916	0,750	0,629	0,703	0,600	0,736
4	0,919	0,935	0,976	0,931	0,6681	0,7656	0,650	0,865
24	0,954	0,958	1,030	0,899	0,7831	0,8591	0,688	0,888

A Figura 1 mostra a relação entre o fluxo de seiva diário no ramo estimado pelo método da sonda de dissipação térmica e pelo balanço de calor caulinar.

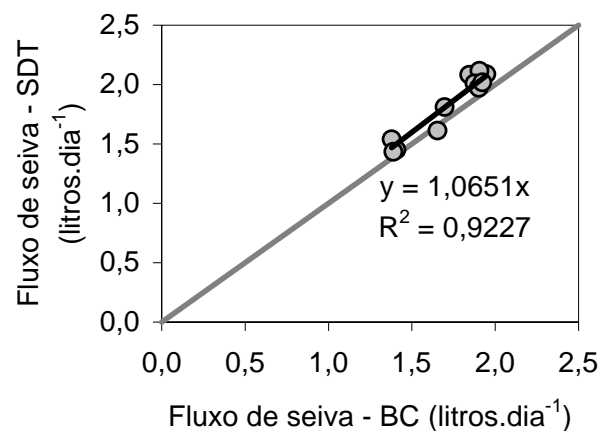


Figura 1. Fluxo de seiva estimado pelo método de balanço de calor e pelo método da sonda dissipação térmica.

Observou-se uma diferença média de 6,5 % entre os métodos, que apresentaram boa correlação entre si. Tournebize & Boistard (1998) em estudo com uma árvore do Mediterrâneo, observaram discrepância máxima de 10% entre os métodos da sonda de dissipação térmica e do balanço de calor caulinar. Entretanto, Rojas (2003) em plantas cítricas observou uma grande dispersão dos dados e uma tendência de superestimativa de 35% dos valores calculados pelo método de balanço de calor em relação aos de dissipação térmica.

## CONCLUSÕES

1. Apesar do método da sonda de dissipação térmica apresentar boa precisão nas estimativas de fluxo de seiva diário o método do balanço de calor se mostrou mais preciso para ambas as culturas;
2. Para utilização do método da sonda de dissipação térmica faz-se necessário à modificação da equação geral de Granier enquanto que o método do balanço de calor não necessitou calibração;
3. Ocorreu uma diferença média de 6,5 % entre os métodos, que apresentaram boa correlação entre si em medidas em manga em ramo de planta adulta.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BAKER, J.M.; VAN BAVEL, C.H.M. Measurement of mass flow of water in the stems of herbaceous plants. **Plant, Cell and Environment**, v.10, p.77-782, 1987.
- COELHO FILHO, M.A. Determinação da transpiração máxima em um pomar jovem de lima ácida 'Tahiti1 (Citrus latifolia Tan,) e sua relação com a evapotranspiração de referência. Piracicaba: USP/ESALQ, 2002. 91p. (Tese - Doutorado).
- COHEN, Y., FUCHS, M. e GREEN, G.C. Improvement of the heat-pulse method for determining sap flow in trees. **Plant Cell Environment**, v.4, p.391-397, 1981.
- D'ANGIOLELLA, G.L.B., CASTRO NETO, M.T.; COELHO, E.F. Tendências climáticas para os tabuleiros costeiros da região de Cruz das Almas, BA. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, 27, 1998, Poços de Caldas, MG. **Anais...** Lavras, MG: Sociedade Brasileira de Engenharia Agrícola, 1998. v.1, p.43-45.
- GRANIER, A. Une nouvelle méthode pour la mesure du flux de sève brute dans le tronc des arbres. **Annales des Sciences Forestières**, v. 42, p. 193-200, 1985.
- ROJAS, J.S.D. Avaliação do uso do fluxo de seiva e da variação do diâmetro do caule e de ramos na determinação das condições hídricas de citrus, como base para o manejo de irrigação . Piracicaba: USP/ESALQ, 2003. 110p. (Tese - Doutorado).
- SAKURATANI, T. A heat balance method for measuring water flux in the stem of intact plants. **Journal of Agricultural Meteorology**, v.37, p.9 - 17, 1981.
- TORNEBIZE, R.; BOISTARD, S. Comparison of two sap flow methods for the estimation of tree transpiration. **Annales des Sciences Forestieres**, v.55, n.6, p.706-713, 1998.