

# AVALIAÇÃO DO MÉTODO DO BALANÇO DE CALOR PARA MEDIDA DA TRANSPIRAÇÃO DE MUDAS DE LARANJEIRA E CAFEIEIRO<sup>1</sup>

Fábio Ricardo **MARIN**<sup>2</sup>; Rafael Vasconcelos **RIBEIRO**<sup>3,5</sup>; Luiz Roberto **ANGELOCCI**<sup>4,6</sup>; Ricardo Ferraz de **OLIVEIRA**<sup>3</sup>

## INTRODUÇÃO

O método do balanço de calor para medição do fluxo de seiva em plantas lenhosas tem sido largamente utilizado na experimentação agrônômica e, de forma mais restrita, na prática agrícola. Considerando que os dados de fluxo de seiva podem ser admitidos como equivalentes à transpiração das plantas, se integrados para períodos de 24 horas, alguns trabalhos têm sido realizados com vistas a estimar a transpiração de cafeeiros e de citros (lima ácida "Tahiti", considerando como referência dados obtidos com o método do balanço de calor (GUTIÉRREZ et al., 1994; TREJO-CHANDIA et al., 1997; COELHO FILHO, 2002).

Entretanto, a aferição das medidas de fluxo de seiva em condição de campo, especialmente das fruteiras em geral, é complicada devido ao porte das plantas quando adultas como também ao instrumental necessário para esse fim. Quando se trabalha com plantas de pequeno porte, o procedimento de aferição é facilitado pela possibilidade de acondicionamento das mesmas em vasos de pequeno volume, além de poderem ser pesadas em balanças eletrônicas de custo relativamente baixo e com alta resolução de medida.

O objetivo do presente trabalho foi avaliar o desempenho dos sensores comerciais de medida do fluxo de seiva pelo método do balanço de calor em condições de casa de vegetação em plantas de laranjeira e cafeeiro com distintos diâmetros de caule.

## MATERIAL E MÉTODOS

O procedimento de aferição foi realizado no Laboratório de Plantas sob Condição de Estresse, do Departamento de Ciências Biológicas, ESALQ/USP, entre setembro e dezembro de 2001. Foram realizadas duas seqüências de medidas de 11 dias cada para evitar a ocorrência de danos nos sensores e nas plantas pela exposição prolongada ao calor e à umidade.

Para aferição do método do balanço de calor, (SAKURATANI, 1981, BAKER & VAN BAVEL, 1987), foram utilizados sensores Dynamax Inc. e um sistema automático de aquisição de dados (CR7, Campbell Scientific,), realizando medidas dos sinais a cada 10 seg. e médias a cada 5 min. A alimentação elétrica dos sensores foi feita com fonte de corrente contínua Dawer mod. OS 3200, com fornecimento de voltagem de entrada de 4,5 Volts, equivalente a uma potência dissipada entre 0,1 W e 0,4 W, dependendo do modelo de sensor.

Os sensores foram instalados em uma muda de cafeeiro (*Coffea arabica* L. cv. Mundo Novo), com diâmetro de 10 mm, e duas de laranjeira [*Citrus sinensis* (L.) Osb. cv. Pêra] enxertadas sobre limoeiro cravo (*Citrus limonia* L.), com diâmetros de caules de 5 mm, 19 mm e 25 mm. As mudas foram pesadas diariamente pouco antes do nascer do sol, sendo as três de menor diâmetro em uma balança com capacidade de 10 kg e resolução de medida de 1 g e a de maior diâmetro em uma balança com capacidade de 50 kg e resolução de medida de 10 g.

Para que fosse assegurada a qualidade das medidas, foram seguidas recomendações feitas por GUTIÉRREZ et al. (1994), além das instruções básicas recomendadas pela literatura específica e pelo fabricante. Um desses procedimentos foi recobrir o sensor com quatro camadas de papel alumínio de modo a melhorar o isolamento térmico. Para evitar a entrada de água da chuva na parte superior dos sensores, utilizou-se uma camada de cola de silicone para vedar os espaços entre as folhas de papel alumínio e os ramos, minimizando os efeitos prejudiciais da umidade sobre os sensores e sobre o caule das árvores.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

As relações entre os valores diários de fluxo de seiva e de transpiração são apresentadas na Figura 1. Os coeficientes angulares (b) das equações de regressão variaram entre 1,019 e 1,297, sem uma relação clara entre o diâmetro ou modelo dos sensores e os erros de estimativa.

Não houve uniformidade de resposta comparativa dos sensores de fluxo de seiva com as medidas gravimétricas de transpiração. No caso da laranjeira com maior diâmetro, a concordância entre os dois tipos de medida foi excelente, mas nos outros três casos os valores obtidos pelo MBC superestimaram os valores gravimétricos em até 29,7%.

Para muda de lima ácida (diâmetro 18 mm), TREJO-CHANDIA et al. (1997) observaram, também, tendência de superestimativa do valor diário pelo MBC e discutiram as possíveis fontes de erro. Trabalhando em condições de campo com plantas de lima ácida no período entre 4 e 8 meses após o transplante para o pomar e área foliar entre 0,18 m<sup>2</sup> e 1,10 m<sup>2</sup>, COELHO FILHO (2002) encontrou uma relação média unitária entre os valores determinados pelo MBC e de transpiração por lisimetria de pesagem, embora em alguns dias tenha encontrado diferença entre +30% e -15% entre elas, tomando-se a lisimétrica como referência. Para limoeiro adulto no campo, DAAMEN et al. (1999) encontraram valores de 11 a 40% menores da transpiração diária estimada pelo MBC em relação aos estimados pelo modelo de Penman-Monteith adaptado, mas o uso do modelo, com suas aproximações, dificulta chegar-se a uma conclusão sobre a consistência da medida pelo MBC.

GUTIÉRREZ et al. (1994) estudaram em cafeeiro e em coqueiro efeito dos gradientes térmicos no tronco pelo ambiente sobre a resposta dos sensores, concluindo sobre a importância de se protegê-lo da incidência direta da radiação solar, sugerindo para isso a instalação em torno dele de um sistema protetor.

STEINBERG et al. (1990) também observaram uma alta correlação entre as medidas de fluxo de seiva e transpiração de espécie arbórea cultivada em casa de vegetação. Nesse estudo a diferença de estimativa da transpiração pelo MBC foi de 1%.

A literatura é conflitante quanto ao desempenho do MBC quando comparado com outros métodos de medida, principalmente o gravimétrico. Ao

lado de trabalhos nos quais os resultados são concordantes, há outros nos quais diferenças substanciais foram observadas em plantas lenhosas (SHACKEL et al., 1992; WEIBEL e de Vos, 1994; BRAUN E SCHMID, 1999), além dos já discutidos aqui. Muitas das discrepâncias observadas deve-se ao fato dele ter fontes de erro decorrentes da não consideração do armazenamento de parte do calor fornecido no caule, da falta de contato adequado do sensor com o caule, de infiltração de água entre

ambos, da própria estrutura anatômica de cada caule e do efeito das condições ambientais sobre os sinais gerados pelo sensor. Esse último efeito pode ter contribuído para as discrepâncias encontradas no presente estudo, pois não foi adotado a proteção em forma de cone de alumínio em torno do caule, recomendada por GUTIERREZ et al. (1994) de. Em função dos resultados obtidos, sugere-se que esse procedimento torne-se de uso comum em instalações de sensores do MBC em cafeeiros e citros.

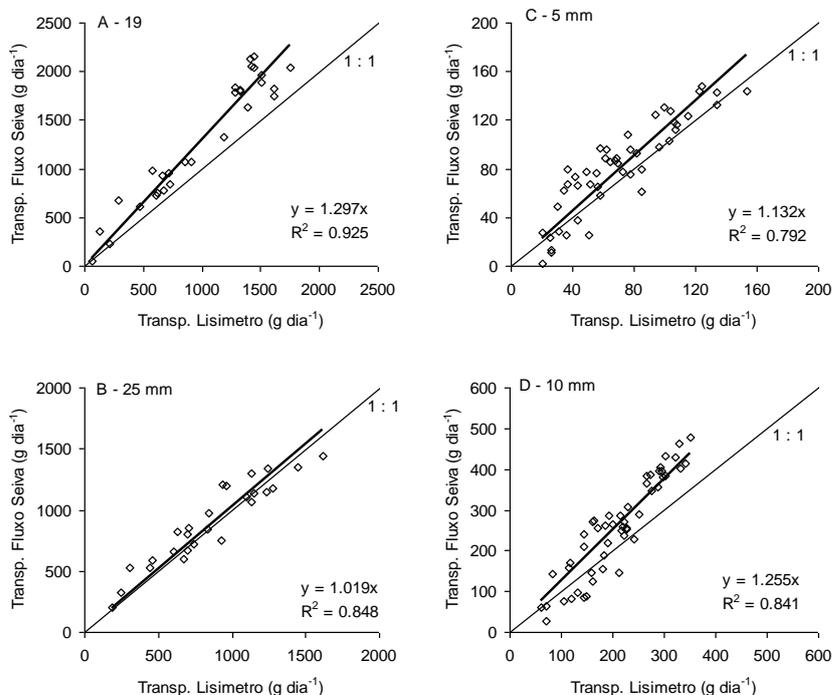


Figura 1. Relação entre a transpiração obtida pela pesagem dos vasos (Transp. Lisímetro) e a transpiração determinada pelo método do balanço de calor (Transp. Fluxo Seiva) com quatro modelos de sensores comerciais instalados em mudas de laranja (A, B e C) e cafeeiro (D) cultivadas em casa de vegetação em Piracicaba, SP

#### REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BAKER, J.M.; VAN BAVEL, C.H.M. Measurements of mass flow of water in stems of herbaceous plants. **Plant, Cell and Environment**, v.10, p.777-782, 1987.
- BRAUN, P.; SCHMID, J. Sap flow measurements in grapevine (*Vitis vinifera* L.) **Plant and Soil**, v. 215, p. 39-45, 1999.
- COELHO FILHO, M. **Determinação da transpiração máxima em um pomar jovem de lima ácida 'Tahiti' (*Citrus latifolia*) e sua relação com a evapotranspiração de referência**. Piracicaba, E.S.A. Luiz de Queiroz, USP, 2002. 90 p. Tese (Doutorado em Agronomia) – Programa de pós-graduação em Irrigação e Drenagem/USP, 2002
- DAAMEN, C.C.; DUGAS, W.A.; PRENDERGAST, P.T.; JUDD, M.J.; McNAUGHTON, K.G. Energy flux measurements in a sheltered lemon orchard. **Agricultural and Forest Meteorology**, v.93, p.171-183, 1999.
- GUTIÉRREZ, M.V.; HARRINGTON, R.A.; MEINZER, F.C.; FOWNES, J.H. The effect of environmentally induced stem temperature gradients on transpiration estimates from the heat balance method in two tropical woody species. **Tree Physiology**, v.14, p.179-190, 1994.
- SAKURATANI, T. A heat balance method for measuring water sap flow in the stem of intact plant. **Journal of Agricultural Meteorology**, v.39, n.1, p.9-17, 1981.
- SHACKEL, K.A.; JOHNSON, R.S.; MEDAWAR, C.K.; PHENE, C.J. Substantial errors in estimates of sap flow using the heat balance technique on woody stems under field conditions. **Journal of the American Society for Horticultural Science**, v.117, n.2, p.351-356, 1992.
- STEINBERG, S.L.; VAN BAVEL, C.H.M.; MCFARLAND, M.J. Improved sap flow gauge for woody and herbaceous plants. **Agronomy Journal**, v.82, p.851-854, 1990.
- TREJO-CHANDIA, J.E.; ANGELOCCI, L.R.; OLIVEIRA, R.F. Aplicação do método de balanço de calor na determinação da transpiração de mudas de limoeiro. **Scientia Agricola**, 54, n.3, p.221-231, 1997.
- WEIBEL, F.P.; de VOS, J.A. Transpiration measurements on apple trees with the improved stem heat balance method. **Plant and Soil**, V. 166, P.203-219, 1994.