

APLICAÇÃO DO MÉTODO DE BALANÇO DE CALOR NA DETERMINAÇÃO DA TRANSPIRAÇÃO DE MUDAS DE LIMOEIRO

José Efrain T.CHANDIA¹, Luiz R. ANGELOCCI², Ricardo Ferraz de OLIVEIRA³

RESUMO

A comparação entre os valores de fluxo de massa de seiva determinados pelo método do balanço de calor e a transpiração medida gravimetricamente em mudas de limoeiro Tahiti, indicou que o método é suficientemente preciso para aplicações agrônômicas e fisiológicas nesse tipo de planta.

INTRODUÇÃO

A quantificação do fluxo hídrico na planta é de interesse nos estudos das relações hídricas no sistema solo-planta-atmosfera, bem como para o monitoramento da irrigação. Tem-se procurado métodos que permitam a quantificação direta e que interfira o mínimo possível com o metabolismo da planta sendo que os que têm por princípio o fornecimento de calor ao caule ganharam destaque, embora durante muito tempo tenham apresentado problemas, como necessidade de calibração e amostragem destrutiva.

Para eliminar o problema de calibração, Sakuratani (1981) propôs o método de balanço de calor (MBC) para medir o fluxo de seiva de plantas, que para períodos de 24 horas e sob boas condições hídricas, pode representar a transpiração. Outros pesquisadores (Baker e van Bavel, 1987; Ham e Heilman, 1988; Valancogne e Nasr, 1989) adaptaram-no para uso em lenhosas de pequeno porte. Atualmente, está sendo testada a aplicabilidade do método em um número muito grande de espécies, bem como sendo desenvolvidos estudos para o seu aperfeiçoamento, para melhorar a precisão das medidas. O objetivo deste trabalho foi testar a aplicabilidade do método em citros, tendo em vista a inexistência de estudos nessas espécies.

MATERIAL E MÉTODOS

Princípios do método: a figura 1 ilustra os princípios do método. O calor é fornecido continuamente a uma taxa constante Q a um volume delimitado do caule, através de uma jaqueta térmica. Em condições de equilíbrio dinâmico, o calor fornecido é balanceado (repartido) por perdas para fora do volume delimitado. O fluxo de massa de seiva F por planta pode ser calculado pela seguinte equação :

$$F = \left[\frac{P - K_{st} * A * \left(\frac{dt_u + dt_d}{\Delta x} \right) - K_{sh} * E}{C_p * dt_{ud}} \right]$$

em que P é a potência aplicada (W), K_{st} é a condutividade térmica do caule ($W m^{-1} K^{-1}$) e A é a área da secção transversal do segmento de caule aquecido, $(dt_u + dt_d)/\Delta x$ é o gradiente de temperatura no limite superior e no inferior do segmento aquecido, K_{sh} é o coeficiente de transferência do fluxímetro ($W m^{-1}$), E é a f.e.m. medida na saída do fluxímetro (mV), C_p é o calor específico da seiva ($J kg^{-1} K^{-1}$) e dt_{ud} é a diferença de temperatura entre os termopares superior e inferior mais próximos ao elemento de dissipação de calor.

Montagem dos sensores: o elemento dissipador de calor (jaqueta térmica) era constituído de resistor de constantan de diâmetro 0,127 mm, ocupando altura igual a 1,5 vez o diâmetro do caule. Uma lâmina de alumínio com as mesmas dimensões foi colocada em ambos os lados do resistor, para assegurar aquecimento uniforme.

¹ - Professor, Depto. de Producción Vegetal, Univ. Nacional Autónoma de Honduras, Apto. Postal 89, La Ceiba, Atlántida, Honduras. CPG de Solos e Nutrição de Plantas, ESALQ/USP, Bolsista do CNPq.

² - Dr., Professor Associado, Depto. de Física e Meteorologia, ESALQ/USP, Caixa Postal 13418-970, Piracicaba, SP. E-mail: lrangelo@carpa.usp.br. Bolsista do CNPq.

³ - Dr., Professor Doutor, Depto. de Botânica, ESALQ/USP, C.P. 9, 13418-970, Piracicaba, SP.

Nas extremidades do segmento aquecido do caule foram instalados 8 termopares de cobre-constantan igualmente espaçados e ligados em paralelo, localizados 5 mm acima e 8 mm abaixo da jaqueta. Sobre o elemento dissipador foi instalado um fluxímetro para medidas de fluxo radial de calor constituído de 8 termopares ligados em série sobre uma placa de cortiça, sendo 4 em cada lado desta. Uma lâmina de politetrafluoretileno era colocada entre a placa de alumínio e o fluxímetro, para evitar contato direto dos termopares com a lâmina de alumínio. Todos esses elementos foram montados sobre uma lâmina de cortiça de 2 mm de espessura, reforçada com adesivo à base de borracha natural e verniz, sendo o conjunto encapsulado em cilindro isolante de isopreno com 17 mm de espessura (figura 1).

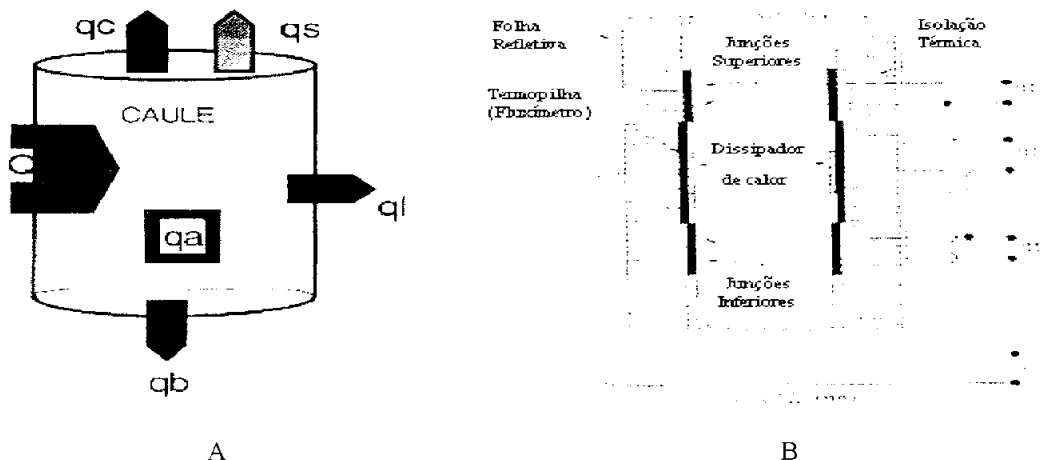


Figura 1. A) Esquema dos fluxos componentes do balanço de calor em um segmento do caule. B) Esquema dos sensores utilizados (adaptado de Steinbeg et al., 1989)

Procedimento experimental: mudas de limoeiro Taiti, com diâmetros em torno de 18 mm, foram transplantadas para vasos plásticos com capacidade de 50 kg, contendo mistura de solo e substrato à base de vermiculita e material orgânico na relação de 4: 1 em volume. Após mantidas por 20 dias em casa de vegetação para adaptação, eram selecionadas para os testes. Antes dos testes, os vasos eram irrigados até a saturação e deixados a drenar por 20 minutos, sendo então selados com papel alumínio na parte superior e colocado em embalagem plástica, visando evitar a evaporação pelo solo. Antes de instalar os sensores, a superfície do caule era lavada com solução alcóolica 60 % e o tecido suberoso era parcialmente eliminado com lixa fina nº 21; após, era colocada uma película de silicone dielétrico e o sensor instalado. O vaso com o sistema de medida era colocado sobre uma balança eletrônica com precisão de 10 g. O resistor dissipador de calor era alimentado por uma fonte de corrente contínua e os sinais registrados a cada segundo em "datalogger" Campbell CR-7, sendo os dados armazenados na memória a cada 30 minutos. O desempenho do método foi avaliado por comparação entre o fluxo de massa computado e as medidas gravimétricas de perda de peso do vaso, através análise de regressão. Para cada planta as medidas foram feitas por 3 dias consecutivos e no quarto era realizado um teste de resposta dinâmica do sistema a uma variação brusca do fluxo hídrico, causada pela eliminação instantânea da área foliar em momento de alto fluxo de seiva.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

As figuras 2a e 2b apresentam as correlações entre os valores de fluxo de seiva obtidos pelo método de balanço de calor e os de transpiração por pesagem, respectivamente para intervalos de 1 hora e para todo o período diurno. Para 1 hora, a concordância entre os métodos foi menor, com alta dispersão, sendo que parte dela deve ser creditada ao fato de que a balança tinha sensibilidade de 10 g. Para o período diurno inteiro, a dispersão é bem menor, sendo que houve tendência de maiores valores do método de balanço de calor.

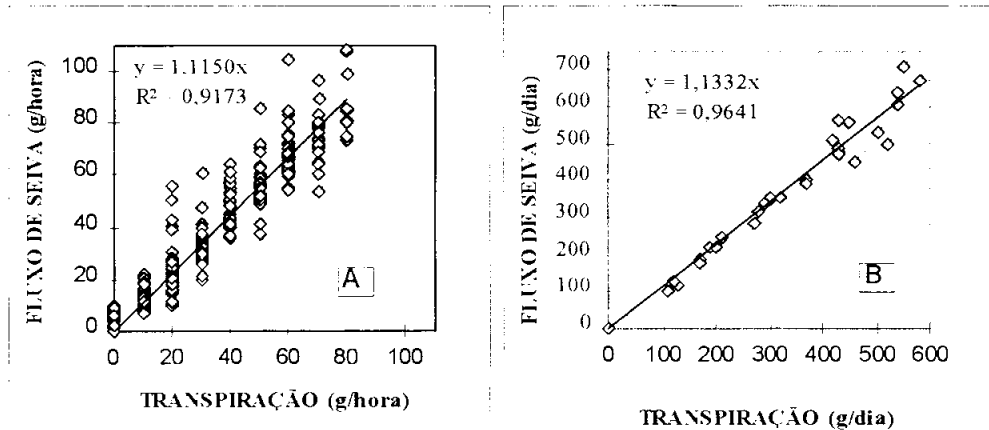


Figura 2. Relações entre fluxo de seiva determinado pelo método de balanço de calor e transpiração por pesagem. a) escala horária; b) escala diurna (8 a 18 horas).

A figura 3 mostra valores de cada fluxo de calor componente do balanço, para diferentes fluxos de seiva, em dois dias de medida. Durante os períodos de baixo fluxo hídrico, Q_r é o fluxo dominante. Quando a transpiração aumenta, Q_f passa a ser o fluxo dominante; Q_v foi consistentemente o menor componente, tanto em valores altos de fluxo de seiva, como em baixos. A resposta dinâmica dos sensores, expressa pelo tempo no qual é detectada uma queda de 63% no fluxo de seiva, esteve na faixa de 15 a 20 minutos.

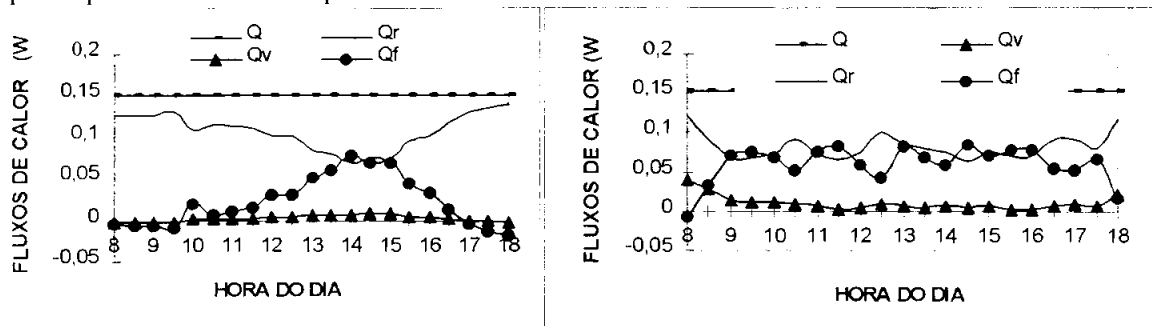


Figura 3. Partição dos fluxos do balanço de calor ao longo de dois dias.

CONCLUSÕES

Os resultados sugerem que o MBC é apropriado para medir fluxo de seiva em mudas de citros, principalmente em intervalos mínimos de 12 horas, com precisão para aplicações agrônômicas e fisiológicas.

BIBLIOGRAFIA

- BAKER, J.M. e VAN BAVEL, C.H.M. Measurement of mass flow of water in stems of herbaceous plants. *Plant, Cell & Environment*, v. 10, p. 777-782, 1987.
- HAM, J. M. e HEILMAN, J. L. Dynamics of a heat balance stem flow gauge during high flow high flow. *Agronomy Journal*, v. 82, p. 147-152, 1990.
- SAKURATANI, T. A. A heat balance method for measuring water flux in the stem of intact plants. *Journal of Agricultural Meteorology*, v. 37, n. 1, p. 9-17, 1981.
- STEINBERG, S. ; VAN BAVEL, C.H.M.; McFARLAND, M. A gauge to measure mass flow rate of sap in stems and trunks of woody plants. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.*, vol. 114, n. 3, p. 466-472, 1989.
- VALANCOGNE, C. e NASR, Z. Measuring sap flow in the stem of small trees by a heat balance method. *HortScience*, v. 24, n.2, p. 383-385, 1989.
- WEIBEL, F. e VOS, J. A. Transpiration measurements on apple trees with an improved stem heat balance method. *Plant and Soil*, v. 166, p. 203-219, 1994.