

CALIBRAÇÃO DO MÉTODO DE SONDA DE DISSIPACÃO TÉRMICA NA DETERMINAÇÃO DO FLUXO DE SEIVA EM CAFEIEIRO

JUAN S. DELGADO-ROJAS¹, MARCOS V. FOLEGATTI², LUIZ R. ANGELOCCI³

¹ Eng. Agrônomo, Dr. em Irrigação e Drenagem, Bolsista CNPq de Pós-doutorado Junior – Depto. de Engenharia Rural, ESALQ/USP, Piracicaba – SP, (0XX19) 3429.4143 - R: 266, e-mail: jsdrojas@esalq.usp.br.

² Eng. Agrônomo, Prof. Dr., Depto. de Engenharia Rural, ESALQ/USP, Piracicaba – SP.

³ Eng. Agrônomo, Prof. Dr., Depto. de Ciências Exatas, ESALQ/USP, Piracicaba - SP.

Escrito para apresentação no

XXXV Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola

31 de julho a 04 de agosto de 2006 – João Pessoa - PB

RESUMO: A calibração do método da sonda de dissipação térmica para estimar o fluxo de seiva em cafeeiro foi realizada em laboratório com ajuda de um sistema hidráulico capaz de imprimir pressões variáveis para simular o fluxo de seiva através do caule. Esta calibração é necessária pois, poucos trabalhos têm sido realizados com espécies de plantas tropicais utilizando este método e todo indica que a equação universal, atualmente utilizada pela maioria dos autores, não pode ser empregado diretamente com espécies de plantas como o cafeeiro. O resultado deste trabalho demonstra que a equação universal de Granier subestima em 32% quando comparado com a equação de calibração obtido em ambiente laboratorial. É importante mencionar que este trabalho terá uma seqüência que consistirá na validação da equação de calibração para café em condições de campo. Trabalhos preliminares têm demonstrado que, obtendo uma correta calibração para cafeeiro, este método pode ser utilizado com sucesso para estimar o consumo individual de água e, conseqüentemente, pode servir como importante ferramenta no dimensionamento e manejo da irrigação.

PALAVRAS-CHAVE: Fluxo de seiva, sonda de dissipação térmica, cafeeiro.

DIAGNOSIS OF AVAILABLE FLOWS X ETO IN THE UNITS OF ADMINISTRATION OF RESOURCES HYDRICS OF THE STATE OF SÃO PAULO

ABSTRACT: The calibration of the thermal dissipation probe method for measure the sapflow of coffee tree was made in laboratory with the aid of a hydraulical system capable to print changeable pressures for simulate the sapflow through stem. This calibration is necessary therefore, few works has been made with species of tropical plants using this method and all it indicates that the universal equation, currently used for the majority of the authors, cannot directly be used with species of plants as the coffee tree. The result of this work demonstrates that the universal equation of Granier underestimation in 30% when compared with the equation of calibration made in laboratorial environment. It is important to mention that this work will have a sequence that it will consist of the validation of the equation of calibration for coffee in field conditions. Preliminary works have demonstrated that, getting a correct calibration for coffee tree, this method can be used successfully for to calculate the individual water consumption and, consequently, to serve as important tool in the planning and handling of the irrigation.

KEYWORDS: Sap-flow, thermal dissipation probe, coffee tree.

INTRODUÇÃO: Nos últimos tempos têm surgido numerosas técnicas para quantificar o consumo individual de água por espécies de plantas lenhosas. Tem sido demonstrado que os métodos que empregam sensores colocados diretamente no caule para medir certas variáveis térmicas e que são relacionadas ao fluxo de seiva são mais confiáveis e precisos do que aqueles métodos empíricos que utilizam numerosas variáveis climáticas e fisiológicas da planta. Uma das técnicas, denominada da "sonda de dissipação térmica" (SDT), introduzido por Granier (1985), vem sendo estudada por numerosos autores como Cabibel & Do (1991), Köstner et al. (1998), Loustau et al. (1998) em árvores de grandes portes e por Ferreira & Silvestre (2004), Delgado-Rojas (2003), entre outros, com espécies frutíferas. Em cafeeiro, no Brasil, foi testado por Delgado-Rojas et al. (2004) e Silva (2003). Este último obteve uma equação de calibração concordante com a introduzida por Granier mas, que subestima o resultado quando comparado com o valor gerado pela equação universal. Apesar da sua simplicidade e possibilidade de ser utilizado fora do ambiente acadêmico, têm sido identificadas numerosas fontes de erros que devem ser solucionadas para possibilitar seu uso na agricultura. Uma destas fontes é a equação de calibração para as espécies de interesse pois, todo indica que a equação universal, largamente utilizado, apenas pode ser empregada com espécies de árvores de clima temperada, similares às que foram utilizadas para criar aquela equação. Sendo o cafeeiro uma importante cultura, e cuja irrigação vem aumentando cada dia, é importante obter uma equação de calibração que possa ser totalmente confiável para esta cultura, considerando que o método da SDT pode servir como ferramenta para o dimensionamento e manejo da irrigação.

MATERIAL E MÉTODOS: Descrição Geral do experimento: O trabalho foi realizado em ambiente laboratorial, no setor de Agrometeorologia, pertencente ao Departamento de Ciências Exatas da ESALQ/USP, em Piracicaba, nas seguintes coordenadas geográficas: Latitude 22° 42' 12" S, 43° 33', Longitude: 47° 37' 21" e Altitude: 536 m.

Utilizou-se um sistema hidráulico, construído conforme descrito por Fernandes et al. (2001) (ver Fig. 1), capaz de fornecer pressões estáveis para simular o fluxo de seiva. No segmento de caule foi instalado o sensor e os valores térmicos registrados através de um datalogger (Campbell C. CR10X) com medidas a cada segundo e armazenamento de dados a cada minuto. Os sensores de fluxo de seiva foram confeccionados localmente utilizando agulhas hipodérmicas e termopares de cobre e de constantan (Tipo T), seguindo a descrição detalhada de Granier (1985). Com o intuito de quantificar o efeito do gradiente térmico natural (GTN) foi feita uma modificação do sensor, incluindo uma terceira sonda colocada em série, 5 cm a montante do sentido do fluxo de seiva, na mesma linha vertical do caule, conforme descrito por Delgado-Rojas et al. (2003). O sensor foi coberto com uma lâmina refletora para minimizar os efeitos da radiação eletromagnética que poderia ocasionar qualquer alteração térmica no caule.

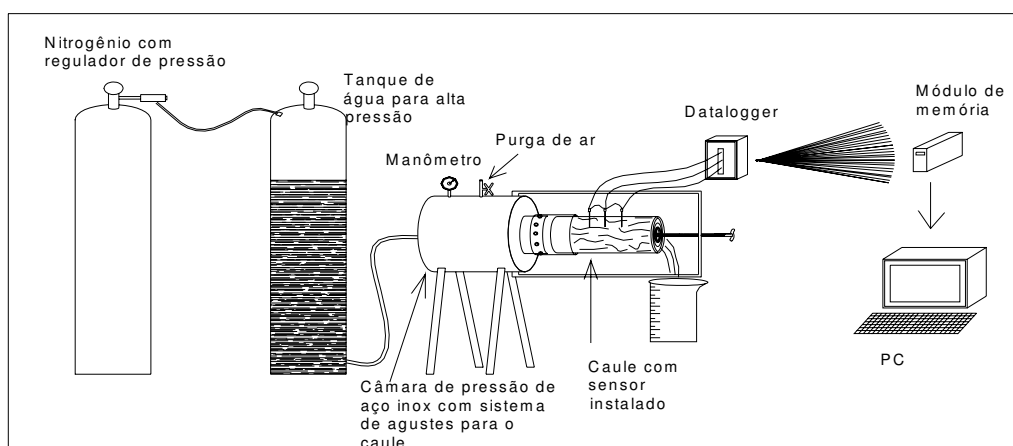


Figura 1. Esquema do sistema hidráulica utilizado para simulação do fluxo de seiva.

Método da SDT: Granier (1985) relacionou a densidade de fluxo de seiva (u , em 10^{-6} m s^{-1}) com as variáveis térmicas (fator K) registradas pelo sensor para cada valor de u . Assim ele obteve a seguinte relação:

$$K = 0,0206 u^{0,8124}$$

Ao incluir a área condutora de seiva, normalmente ocupada pelo xilema, pode-se obter o fluxo de seiva (FS, em $\text{m}^3 \text{ s}^{-1}$) através da seguinte equação:

$$FS = 118,99 \cdot 10^{-6} \cdot ((\Delta TM - \Delta T) / \Delta T)^{1,231} \cdot SA;$$

onde, ΔTM ($^{\circ}\text{C}$) a diferença máxima de temperatura entre os dois pontos de medidas, que normalmente ocorre durante a madrugada; ΔT a diferença de temperatura atual dado em $^{\circ}\text{C}$ e SA a área condutora da seiva bruta, dada em m^2 , normalmente considerado a área ocupada pelo xilema. Neste caso, após de simular o fluxo de seiva utilizando corante, foi considerada toda a área transversal do caule subtraindo apenas a área ocupada pela casca.

Procedimentos: Para fazer uma nova calibração teve que ser medido as variáveis térmicas (K) e a densidade de fluxo (u), tal como foi realizado pelo mencionado autor. Desta maneira, a cada pressão fornecida se tem certa vazão, cujo volume é medido através de uma proveta graduada. Este procedimento teve 4 repetições antes de aplicar uma nova pressão e, conseqüentemente, uma nova vazão. Antes de fazer a primeira leitura para a nova vazão, espera-se até que o valor de ΔT entre em equilíbrio dinâmico e fique o valor constante. Para cada vazão é acusando valores térmicos diferentes no datalogger. No quadro abaixo se resume, como exemplo, as anotações realizadas durante o experimento:

COMEÇO	FIM	VOLUME (L)	VAZÃO (L min ⁻¹)	ΔT ($^{\circ}\text{C}$)	ΔTM ($^{\circ}\text{C}$)
10:00	10:05	0,1	0,02	4,5*	7,1**

* varia de acordo à vazão

** valor constate obtido em condições de vazão = 0

Obtidas todas as leituras, desde um valor mínimo até um valor máximo pressuposto como a máxima transpiração que a planta poderia sofrer, diminui-se a pressão até o valor zero e espera-se que entre em equilíbrio dinâmico para se obter o valor de ΔTM , que é o que acusaria o sensor numa situação de transpiração nula, que acontece normalmente durante a madrugada.

RESULTADOS E DISCUSSÃO: A figura 2 mostra a curva de calibração para cafeeiro, obtida em laboratório (figura 2a), e a relação entre a equação de calibração original de Granier ($u_{\text{Granier}} = 118,99 \cdot 10^{-6} \text{ K}^{1,231}$) e a equação para cafeeiro ($u_{\text{Cafeeiro}} = 162,79 \cdot 10^{-6} \text{ K}^{1,205}$), gerada a partir da curva anterior (figura 2b). Observa-se que a tendência da curva é similar à da obtido por Granier (1985). Isto pode ser corroborado pela semelhança entre os fatores exponenciais de K. No entanto, se observa que a equação de Granier subestima em 32% do valor.

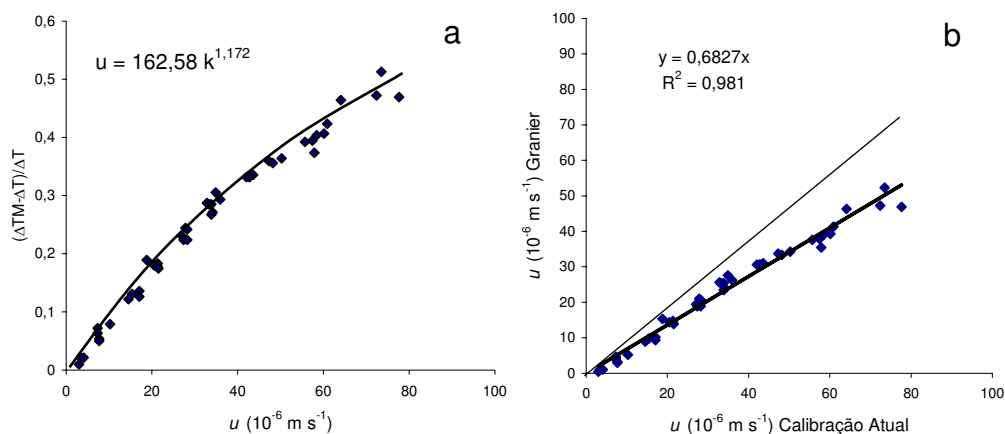


Figura 2. a) Curva de calibração atual. b) Relação entre a equação de calibração de Granier e a equação de calibração atual.

Esta subestimativa já tinha sido observado por Delgado-Rojas et al. (2004), quando o fluxo de seiva calculado através da equação original de Granier foi comparado com a transpiração medida através de um lisímetro de pesagem. Silva (2003) obteve um resultado contrário; ou seja, ele observou que a equação de Granier superestima o valor obtido por ele. Esta disparidade de resultado é difícil de ser explicado mas, aparentemente, ao simular a densidade de fluxo de seiva, este autor, forçou muito para obter valores de u com relação a K muito acima do que é esperado que aconteça em condições naturais. De qualquer maneira, com a persecução deste trabalho, durante a validação desta equação de calibração em condições de campo poderá ser tirada essa dúvida.

CONCLUSÃO: A curva de calibração do método de sonda de dissipação térmica (SDT) para cafeeiro tem uma tendência similar à da curva obtido por Granier. No entanto, a equação de Granier subestima em 32% o valor obtido em laboratório.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- CABIBEL, B.; DO, F. Mesures thermiques des flux de sève dans les troncs et les racines et fonctionnement hydrique des arbres: I. Analyse théorique des erreurs sur la mesure des flux et validation des mesures en présence de gradients thermiques extérieurs. **Agronomie**, v.11, p.669-678, 1991.
- DELGADO-ROJAS, J. S. ; ANGELOCCI, L. R. ; CORSATO, C. E. ; FERREIRA, M. I. Modificação da sonda de dissipação térmica para correção de erro devido ao gradiente térmico natural na determinação do fluxo de seiva. In: IX Congresso Brasileiro de Fisiologia Vegetal, 2003, Atibaia - SP. Brazilian Journal of Plant Physiology. Campinas-SP : Brazilian Society of Plant Physiology, 2003. v. 15. p. 441-441.
- DELGADO-ROJAS, J. S. ; KARASAWA, S. ; ANGELOCCI, L. R. . Determinación de la transpiración del café (*Coffea arabica* L) através del método de sonda de disipación térmica. Anais In: 9a. Reunión Argentina y 5a. Latinoamericana de Agrometeorología, 2004, La Plata. Asociación Argentina de Agrometeorología, 2004. v. 1. (CDRon)
- DELGADO-ROJAS, J.S. Avaliação do uso do fluxo de seiva e da variação do diâmetro do caule e de ramos na determinação das condições hídricas de cítricos, como base para o manejo de irrigação. Piracicaba, 2003. 110p. Tese (Doutorado) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo.
- FERNANDEZ, J. E.; PALOMO, M. J.; DÍAS-ESPEJO, A.; CLOTHIER, B. E.; GREEN, S. R. GIRÓN, I. F.; MORENO, F. Heat-pulse measurements of sap flow in olives for automating irrigation: test, root flow and diagnostics of water stress. *Agricultural Water Management*, v.51, p. 99-123, 2001.
- FERREIRA, M. I.; SILVESTRE, J. C. medição da transpiração em cobertos descontínuos: vinha em diferentes declives, na região do oeste. 7º Congresso da Água, Laboratório Nacional de Engenharia Civil (LNEC), APRH, Lisboa, 8-12 de Março.
- GRANIER, A. Une nouvelle méthode pour la mesure du flux de sève brute dans le tronc des arbres. *Annales de Sciences Forestières*, 42: 193-200. 1985.
- KÖSTNER, B.; GRANIER, A.; CERMÁK, J. Sapflow measurements in forest stands: methods and uncertainties. **Annuary Science Forestry**. v.55, p.13-27. 1998.
- LOUSTAU, D.; DOMEQ, J.C.; BOSCH, A. Interpreting the variations in xylem sap flux density within the trunk of maritime pine (*Pinus pinaster* Ait.): application of a model for calculating water flows at tree and stand levels. **Annales des Sciences Forestieres**, v.55, p.29-40, 1998.
- SILVA, M. G. Densidade de fluxo de seiva e relações hídricas do café (*Coffea arabica* L.), PARA A REGIÃO DE VARRE-SAI, RJ. Campos dos Goytacazes, RJ, 2003. 51p. Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal) – Universidade