

DESENVOLVIMENTO DE UM SISTEMA DE AQUISIÇÃO DE DADOS DE FLUXO DE SEIVA PELA SONDA DE DISSIPACÃO TÉRMICA

Lucas Melo Vellame¹, Maurício Antônio Coelho Filho²,
Eugênio Ferreira Coelho², Eusímio Felisbino Fraga Júnior³

RESUMO: Atualmente, grande parte dos estudos sobre transpiração de plantas, principalmente em frutíferas lenhosas, se baseia em metodologias de fornecimento de calor no tronco. Esse trabalho objetiva o desenvolvimento e teste de um sistema de aquisição de dados dedicado a medição de fluxo de seiva pelo método da sonda de dissipação térmica. Os trabalhos se constituíram da montagem eletrônica, desenvolvimento do programa computacional e testes desenvolvidos no laboratório de Irrigação da EMBRAPA Mandioca e Fruticultura Tropical. O sistema de aquisição de dados é constituído de três partes: multiplexador-condicionador de sinal, conversor A/D e programa computacional. Foi montada uma malha de calibração usada para gerar a equação de calibração do sistema e avaliação dos erros. Foram medidas as diferenças de temperatura entre os termopares em ciclos de aquecimento e resfriamento pelo sistema e por um sistema de aquisição de dados comercial (CR10X Campbell Sci.). O valor máximo de incerteza nas medições encontrado foi de 0,02°C, valor bem abaixo da incerteza típica para termopares (0,8 °C). O sistema se mostrou eficiente na medição, podendo-se inferir que com 95% de confiabilidade que o valor real de fluxo de seiva considerando uma diferença máxima de temperatura no dia de 10°C em planta com 10cm de diâmetro de caule está em uma faixa que vai de -0,016 a +0,016 L.h⁻¹ do valor calculado pelo sistema.

PALAVRA-CHAVE: instrumentação agropecuária, transpiração, método Granier.

DEVELOPMENT OF A SAP FLOW DATA ACQUISITION SYSTEM BY HEAT DISSIPATION PROBE

SUMMARY: Currently, most studies on transpiration of plants, especially woody fruit, based on methods of providing heat in the trunk. This study aims to develop and test a dedicated data acquisition system to measuring the sap flow by the method of heat dissipation probe. The work consisted of electronics assembly and testing developed in the Irrigation Laboratory

¹Eng. Agrônomo. Doutor em Irrigação e Drenagem ESALQ/USP. lucasvellame@gmail.com

²Embrapa Mandioca e Fruticultura Tropical, CEP 44380-000, Cruz das Almas, BA. Fone: (75) 3621-8021. E-mail: macoelho@cnpmf.embrapa.br, ecoelho@cnpmf.embrapa.br

³Mestrando em Irrigação e Drenagem ESALQ/USP. eusimio@usp.br

of EMBRAPA. The data acquisition system developed consists of three parts: the multiplexer-signal conditioner, A / D converter and software. It was assembled a calibration system used to generate the calibration equation of the system and evaluation of errors. Measures were the differences in temperature between the thermocouples in cycles of heating and cooling the system presented in this work and a data acquisition system business (CR10X Campbell Sci). The maximum value of uncertainty found in measurements was 0.02 ° C, well below the uncertainty value for typical thermocouples (0.8 ° C). The system was efficient in measuring and can infer that with 95% confidence that the actual sap flow considering a maximum difference in temperature on the day of 10°C in plant with stems to 10cm in diameter at a track that goes from -0016 to +0016 litros.hora-1 value of the system.

KEYWORDS: instrumentation agriculture, transpiration, Granier method

INTRODUÇÃO

Grande parte dos estudos sobre medidas de transpiração de plantas, principalmente em frutíferas lenhosas, se baseia em metodologias de fornecimento de calor no tronco. A estimativa da transpiração com base nessas metodologias pressupõe a equivalência entre o fluxo de seiva no tronco e o fluxo transpiratório nas superfícies foliares, pressuposto válido quando se considera o fluxo em escala diária. (VELLAME, 2009; COELHO FILHO et al., 2005; DELGADO-ROJAS et al., 2007; LU et al., 2002)

O método da sonda de dissipação térmica desenvolvido por GRANIER (1985) permite à determinação da densidade de fluxo de seiva no caule possibilitando, assim, a estimativa do fluxo de seiva em plantas lenhosas. Comparado a outros métodos térmicos, o método da sonda de dissipação térmica, apresenta as vantagens de possuir maior simplicidade na construção dos sensores, menor custo e necessidade de um número menor de canais diferenciais para medição, viabilizando a tomada de um número maior de dados em trabalhos no campo. O maior custo nesse sistema de medição se dá na aquisição de dados, pois a maioria dos sistemas utilizados atualmente são importados e de alto custo.

Na pesquisa científica se fazem necessários instrumentos que possibilitem medições confiáveis. Para a correta escolha de um instrumento se faz necessário a quantificação de características técnicas devendo-se levar em conta, o custo, a versatilidade e praticidade nas leituras. Esse trabalho objetiva o desenvolvimento e teste de um sistema de aquisição de dados dedicado a medição de fluxo de seiva pelo método da sonda de dissipação térmica (método Granier).

MATERIAL E MÉTODOS

Os trabalhos se constituíram da montagem eletrônica e testes desenvolvidos no laboratório de Irrigação da EMBRAPA Mandioca e Fruticultura Tropical.

Princípio de funcionamento da sonda de dissipação térmica (SDT)

Cada sensor é composto por uma sonda aquecida à potência constante, e por uma sonda não aquecida (sonda de referência), ambas possuem internamente um termopar (Figura 1). Granier (1985) relacionou a velocidade de dissipação de calor, aplicado num ponto do tronco, com a densidade de fluxo de seiva.

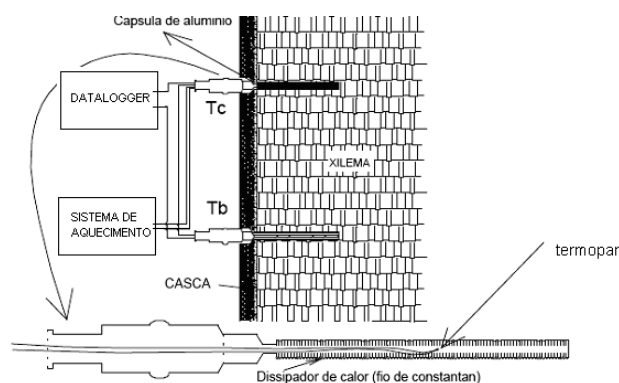


Figura 1 - Esquema de medição do sensor de dissipação térmica (Delgado-Rojas, 2003)

Descrição do sistema de medição

O sistema de aquisição de dados idealizado é ilustrado na Figura 2, sendo constituído de três partes: multiplexador-condicionador de sinal, conversor A/D e programa computacional

A potência a ser aplicada na sonda superior recomendada na literatura é de 0,1W por centímetro de comprimento da sonda. A corrente elétrica pode ser fornecida por meio de fonte de tensão ou fonte de corrente. A fonte de corrente apresenta vantagem, pois esta mantém a potência na sonda constante quando resistências elétricas dos fios de cobre variam com a temperatura ambiente.

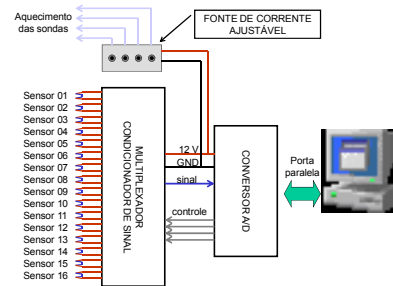


Figura 2. Diagrama em blocos do sistema de aquisição de dados

1. Multiplexador-condicionador de sinal - Esse componente ao comando de um programa computacional conecta a sonda a ser medida a um circuito condicionador de sinal amplificando em aproximadamente 90000 vezes à tensão gerada pelo termopar, essa amplificação possibilita a instalação do mesmo em maiores distâncias(Figura 3).

2. Conversor A/D - O sinal proveniente do multiplexador–condicionador de sinal é convertido em dado digital que é lido pelo programa computacional através da porta paralela do computador (Figura 3).

3. Programa computacional - O programa é responsável pela medição seqüencial dos sensores, comandando o multiplexador e lendo os dados do conversor. O sinal lido é convertido em unidade de temperatura e as médias podem ser registradas a diferentes intervalos. É gerada uma planilha de dados em que já são apresentados os cálculos de densidade de fluxo de seiva e o fluxo de seiva acumulado. Os dados de área efetiva do xilema e as constantes empíricas da equação geral de Granier podem ser modificados para cada sonda individualmente pelo usuário.

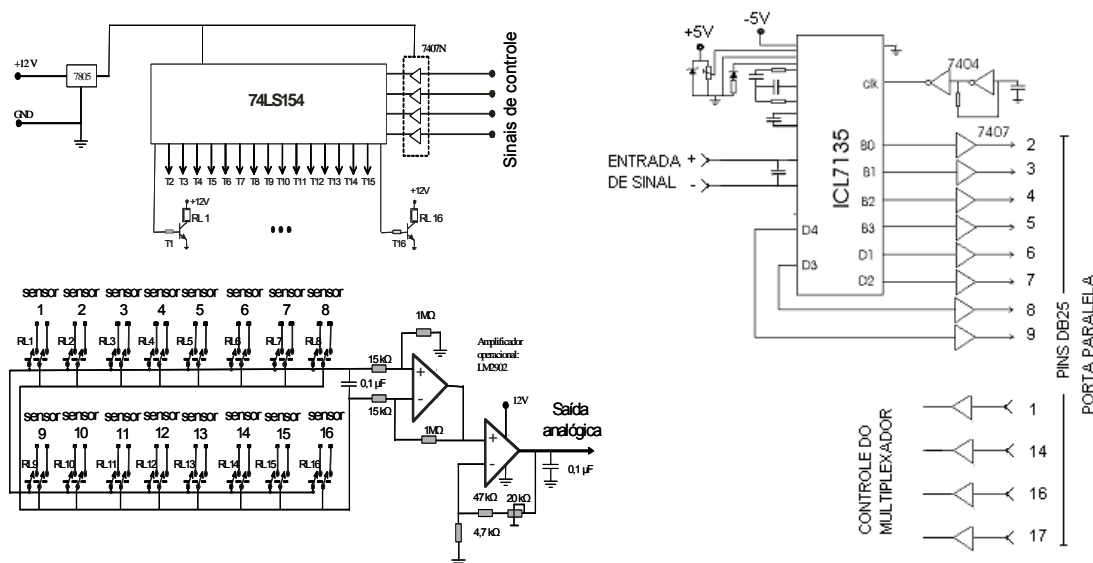


Figura 3. Diagrama eletrônico do multiplexador-condicionador de sinal e do conversor A/D; Janela principal e de visualização dos dados do programa computacional.

Construção e calibração do sistema

O programa foi desenvolvido em ambiente Delphi. Os circuitos eletrônicos do conversor A/ D e do multiplexador-condicionador de sinal foram montados em placas de circuito impresso para protótipos e acondicionados em caixas.

Embora haja equações para se calcular a voltagem total gerada pelo termopar, deduzidas a partir de abordagens termodinâmicas dos efeitos Peltier e Thomson, as hipóteses feitas na dedução destas equações não são inteiramente satisfeitas na prática. Assim, quando se usa um condicionador/indicador de temperatura eletrônico para termopar, o circuito incorpora estas equações para o par termoelétrico utilizado.

Foi desenvolvida uma malha de calibração utilizada para gerar a equação de calibração do sistema e avaliação dos erros. O aquecimento da agulha que condiciona os termopares se fez através de um fio de constantan enrolado na mesma e ligado a uma fonte de tensão ajustável.

Foram medidas as diferenças de temperatura entre os termopares em ciclos de aquecimento e resfriamento pelo sistema apresentado nesse trabalho e por um sistema de aquisição de dados comercial tomado como padrão (CR10X Campbell Sci.).

Os dados foram comparados por meio de regressão linear e calcularam-se os desvios. Calculou-se a incerteza das medições segundo metodologia proposta por GONÇALVES JR. (2004). A incerteza (I) das medições foi calculada pela equação 3 sendo σ o desvio padrão e t o coeficiente de Student para as 15 medidas (n) a 95% de confiabilidade:

$$I = \frac{\sigma \cdot t}{\sqrt{n}} \quad (3)$$

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na Figura 4 está apresentada a curva de calibração do condicionador de sinal e a relação entre sinal aplicado e leitura dos dados pelo conversor A/D. Vê-se claramente que os dados de ambos componentes do sistema se comportam de forma bastante linear apresentando coeficientes de determinação superiores a 0,999. A média e valor máximo dos desvios absolutos estão apresentados na Tabela 1 para os dois componentes físicos do sistema e para o sistema como um todo.

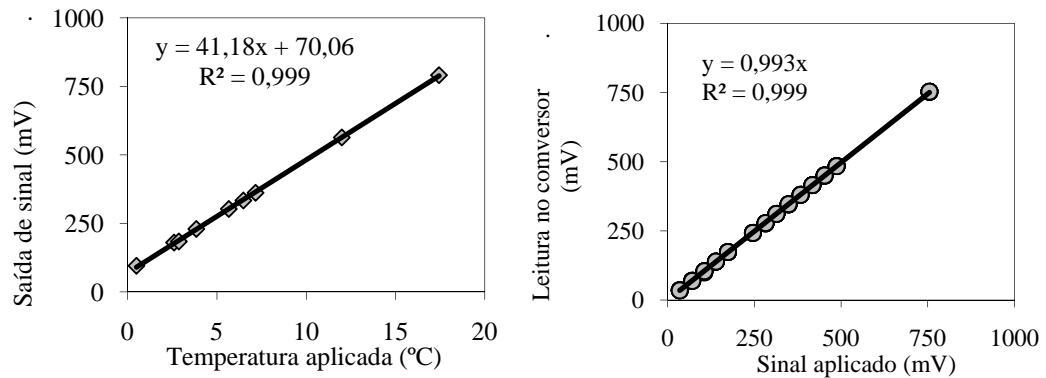


Figura 4. Sinal de saída do multiplexador condicionador de sinal em função das diferenças de temperaturas aplicadas (A) e leitura dos dados provenientes do conversor A/D em função de diferentes sinais analógicos aplicados (B).

Tabela 1. Desvios absolutos máximos e médios do sistema.

Desvio absoluto	Condicionador de sinal		Conversor A/D		Sistema	
	T(°C)	Tr(L.h ⁻¹)*	T(°C)	Tr(L.h ⁻¹)*	T(°C)	Tr(L.h ⁻¹)*
Máximo	0,121	0,015	0,1570	0,0206	0,3016	0,0469
Médio	0,062	0,007	0,0618	0,0065	0,07213	0,0078

* Considerando uma diferença máxima de temperatura no dia de 10°C em planta com 10 cm de diâmetro de caule

A curva de calibração e os valores de incerteza de medição do sistema esta apresentado na Figura 5. O valor máximo de incerteza nas medições encontrado foi de 0,02°C, valor bem abaixo da incerteza típica para termopares (0,8 °C) e do erro de calibração provocado pela diferença na medida dos dois termopares inseridos na agulha (0,154°C). Pode-se inferir que com 95% de confiabilidade que o valor real de fluxo de seiva considerando uma diferença máxima de temperatura no dia de 10°C em planta com 10cm de diâmetro de caule está em uma faixa que vai de -0,016 litros.hora⁻¹ a +0,016 litros.hora⁻¹ do valor calculado pelo sistema.

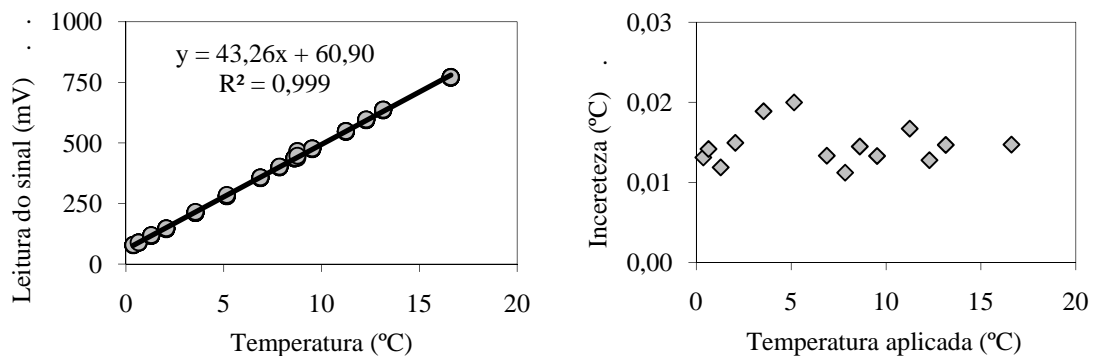


Figura 5. Leitura dos dados de temperatura pelo sistema em função das diferenças de temperaturas aplicadas (a) e incerteza nas medições a 95% de confiabilidade (b).

CONCLUSÃO

O sistema de aquisição de dados apresentado nesse trabalho, com base nos testes laboratoriais apresentados, é eficiente na medição do fluxo de seiva pelo método da sonda de dissipação térmica

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- COELHO FILHO, M.A.; ANGELOCCI, L.R.; CAMPECHE, L.F.S.M.; FOLEGATTI, M.V.; BERNARDES, M.S. Field determination of young acid lime plants transpiration by the stem heat balance method. *Scientia Agricola*, Piracicaba, v.62, n.3, p.240-247, 2005.
- 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*, v.27, n.2, p.404-413, 2007.
- 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 citrus, como base para o manejo de irrigação. Piracicaba: USP/ESALQ, 2003. 110p. Tese Doutorado.
- GRANIER, A. Une nouvelle methode pour la mesure du flux de seve brute dans le tronc des arbres. *Annales Sciences Forestieres*, v.42, p.193-200, 1985.
- LU P.; WOO K. C.; LIU, Z. T. Estimation of whole-plant transpiration of bananas using sap flow measurements. *Journal of Experimental Botany*, v.53, n.375, p.1771-1779, 2002.
- VELLAME, L. M. Transpiração em plantas de laranja e manga utilizando sonda de dissipação térmica e balanço de calor. Cruz das Almas: CCAAB/UFRB, 2007. 67p. Dissertação - Mestrado.