

# PROTÓTIPO DE UM LISÍMETRO DE PESAGEM AUTOMÁTICO PARA ESTUDOS EM CASA DE VEGETAÇÃO

Reinaldo Lúcio GOMIDE<sup>1</sup>, Cid Sidney Garcia de OLIVEIRA<sup>2</sup>, Gregorio Guirado FACCIOLI<sup>3</sup>

## RESUMO

Um protótipo de lisímetro de pesagem automático foi desenvolvido para medições do requerimento de água das culturas. O sistema é operado com o auxílio de apenas um computador, na forma de placa, e, basicamente, feito de um conjunto de extensômetros de precisão ("strain gages"), um regulador de voltagem, um conversor de sinal analógico para digital e um conjunto de amplificadores operacionais. Os extensômetros transdutores foram colados, com adesivo epoxy, sobre uma lâmina de alumínio e conectados em um circuito de "ponte de wheatstone" para a medição de variáveis, tais como peso. Um sistema de aquisição automática de dados foi criado. Os princípios, esboço, montagem e funcionamento da instrumentação estão descritos. O sistema foi calibrado através de carregamento e descarregamento de pesos padrão pré-selecionados na plataforma de pesagem e testado e avaliado em plantas de milho e feijoeiro que foram cultivadas em vasos, em condições de casa de vegetação, na EMBRAPA-CNPMS. Um programa de computador foi desenvolvido para adquirir os dados dos sensores, permitindo os registros de local, data, horário e dados para posições específicas da memória e orientando o usuário para a entrada dos intervalos de tempo. Uma linguagem residente BASIC, contida no microprocessador, foi utilizada na programação.

## INTRODUÇÃO

O requerimento de água das culturas tem sido motivo de estudos em diversas áreas. Na agricultura, principalmente irrigada, é fundamental a sua quantificação. O conhecimento da demanda hídrica das culturas envolve relações de vários fatores ligados à planta, solo e atmosfera que juntos permitem estabelecer o uso e o manejo adequado da água de irrigação.

O fluxo, o consumo, a taxa de extração ou a taxa de evaporação da água podem ser medidos através de técnicas diretas ou indiretas de pesagem. No caso da determinação direta do requerimento de água das culturas, em condições de campo, são utilizados lisímetros. O peso da água extraída ou adicionada ao conteúdo dos recipientes dos lisímetros de pesagem é medido através de princípios de anulamento, de deflexão e, mais recentemente, através de células de carga comerciais (HOWELL et al., 1991; ALLEN & FISHER, 1991; DOEBELIN, 1990). A acuidade das medidas de quantidades de água adicionadas ou extraídas dos recipientes é função da sensibilidade estática, da resolução e das características dinâmicas do sistema de medição.

O presente trabalho descreve o desenvolvimento de um protótipo de lisímetro de pesagem, enfatizando os princípios teóricos, montagem e funcionamento de todo o sistema. Os objetivos principais deste estudo foram desenvolver um protótipo de lisímetro de pesagem com monitoramento automático do requerimento de água das culturas, buscando uma relação adequada entre custo, sensibilidade, resolução e desempenho dinâmico; desenvolver uma tecnologia para a automação do protótipo utilizando técnicas de microprocessamento, de dispositivos de microeletrônica e de sensores, visando o controle, a coleta, a transferência e o armazenamento dos dados para obtenção de medições precisas, rápidas e em tempo real; calibrar e avaliar o sistema para operar em condições de casa de vegetação.

<sup>1</sup> Engenharia e Manejo de Irrigação, Ph.D., Pesquisador da EMBRAPA-CNPMS, bolsista do CNPq, Cx. P. 151, 35701-970 Sete Lagoas-MG. E-mail: gomide@cnpmembrapa.br.

<sup>2</sup> Engenharia e Manejo de Irrigação, M.Sc., Pesquisador da EMBRAPA-CPATSA, Cx. P. 23, 56300-000 Petrolina-PE.

<sup>3</sup> Engenheiro Agrícola, B.Sc., bolsista do CNPq, Aperfeiçoamento Atividade de Pesquisa.

## MATERIAL E MÉTODOS

Técnicas de extensometria elétrica foram utilizadas para traduzir pequenas variações de consumo de água das culturas em um sinal analógico. Extensômetros elétricos (modelo WA-06-250BG-120) de precisão, do tipo lâmina, foram usados como sensores para transformar as deformações desta lâmina, devido ao consumo de água da cultura, em sinais analógicos equivalentes às variações de suas resistências elétricas.

Métodos de balanceamento de forças descritos em GOMIDE et al. (1996) para o caso de uma lâmina engastada livre foram empregados no cálculo das tensões máximas admissíveis, a fim de se evitar deformações não elásticas do material. As medidas das deformações estáticas e dinâmicas da referida lâmina foram realizadas com extensômetros elétricos de resistência, colados diretamente sobre a superfície da lâmina, utilizando o circuito da "ponte de Wheatstone". Com isso eliminou-se a possibilidade de influência da variação de temperatura nos sensores.

Todos os componentes elétricos do sistema de instrumentação desenvolvido, incluindo os extensômetros da ponte de wheatstone, foram montados em um "solderless breadboard". Para obter uma voltagem de excitação da ponte ( $E_i$ ) de + 3 Vdc foi usado um regulador de voltagem de precisão (LM 723). Um conversor de sinal analógico/digital (ADC) foi usado para a conversão do sinal. O sinal digital foi transferido e armazenado em um computador em forma de placa através da interface paralela de entrada/saída. O desenvolvimento teórico para o cálculo da sensibilidade estática dos extensômetros e da ponte de Wheatstone e a descrição completa do circuito elétrico usado encontram-se descritos com detalhes em GOMIDE et al. (1996).

Para a automação do protótipo e a obtenção de medições precisas, rápidas e em tempo real dos sinais, desenvolveu-se um programa de computador na linguagem Basic-52, visando o controle, a coleta, a transferência e o armazenamento dos dados. A calibração do protótipo de lisímetro de pesagem foi realizada com pesos padrão de valores conhecidos, visando determinar a sua sensibilidade estática real e a resolução real do conversor. A curva de calibração foi obtida para as condições de carregamento e descarregamento da plataforma de pesagem do lisímetro.

O protótipo de lisímetro de pesagem foi avaliado em condições de casa de vegetação com as culturas de milho e feijão, cultivadas em pequenos vasos. Três sementes foram semeadas em cada vaso. O vaso com as plantas e 100 % de água disponível apresentou um peso de 1190 g. As plantas foram avaliadas com 50 a 55 dias após a semeadura. O protótipo admitia em sua plataforma de pesagem um vaso por vez.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

A sensibilidade estática ( $K_s$ ) da ponte de wheatstone foi calculada para uma voltagem de excitação da ponte ( $E_i$ ) de 3000 mV, um ganho total dos amplificadores (G) de 2000 e um fator de sensibilidade dos extensômetros (GF) de 2.04, obtendo-se 5,0319537 mV/g. A resolução do conversor analógico digital foi de  $N = (V_{in} / 5) \times 256$ . A menor variação indicada pelo "display" equivale ao incremento de N de uma unidade. Neste caso,  $1 = (V_{in} / 5) \times 256$  ou  $V_{in} = 5/256 = 0,01953 \text{ V} \cong 20 \text{ mV}$ . Como são necessários 20 mV para incrementar uma unidade no display tem-se uma resolução final do conversor de  $(20 \text{ mV/N}) / (5,0319537 \text{ mV/g}) = 3,9745 \text{ g/N}$ .

A Figura 1 mostra os resultados da calibração do protótipo de lisímetro de pesagem na forma de saída digital (N) dos sinais da ponte para faixas de pesos padrão de 600 a 1200 g. Os limites de conversão dos sinais pelo ADC requereram a calibração em duas faixas de pesos, havendo necessidade de ajuste do offset com um potenciômetro. A curva e a equação da Figura 1 representam a média para as sequências de carregamento e descarregamento dos pesos padrão. Com o coeficiente angular da equação, determinou-se o valor de sensibilidade estática real da ponte de 5,610 mV/g e de resolução real do conversor de 3,565 g/N.

Os valores do monitoramento automático do consumo de água foram obtidos através do protótipo de lisímetro de pesagem com as culturas de milho e feijão para as condições de casa de vegetação. A variação do consumo de água do milho na forma de peso (g/vaso), em função do tempo acumulado (horas) para os dias 29/06 a 30/06 de 1995 encontra-se na Figura 2. Os registros foram tomados logo após a irrigação dos vasos, visando uma boa condição hídrica das plantas. Verifica-se um maior incremento de variação do consumo de água durante o dia, isto é, entre 6 e 13 horas do dia 30/06. Isto é explicado em

decorrência da maior variação da radiação solar e da temperatura do ar nestes horários, propiciando uma maior demanda evaporativa da atmosfera. No início e durante a noite o consumo de água tende a estabilizar. Os resultados obtidos para o feijão apresentaram o mesmo comportamento do milho.

O protótipo mostrou-se sensível para detectar o requerimento de água das culturas. A sensibilidade real da curva de variação do peso com o tempo esta de acordo com a obtida pela calibração.

## CONCLUSÕES

O protótipo de lisímetro de pesagem mostrou-se sensível para detectar o requerimento de água das culturas com valores de sensibilidade estática real da ponte de Wheatstone de 5,289 e 5,610 mV/g e de resolução real do conversor de sinal analógico digital de 3,781 e 3,565 g/N (número inteiro da saída digital) para as variações de peso de 0 a 598 g e 598 a 1192 g, respectivamente.

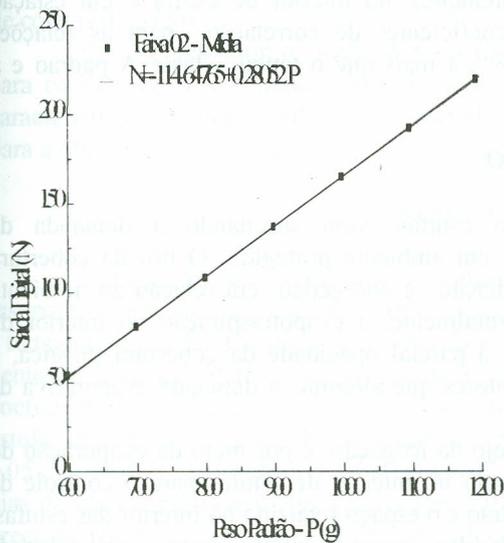


Fig 1 - Calibração do protótipo de lisímetro de pesagem na forma de saída digital (N) dos sinais da ponte de Wheatstone.

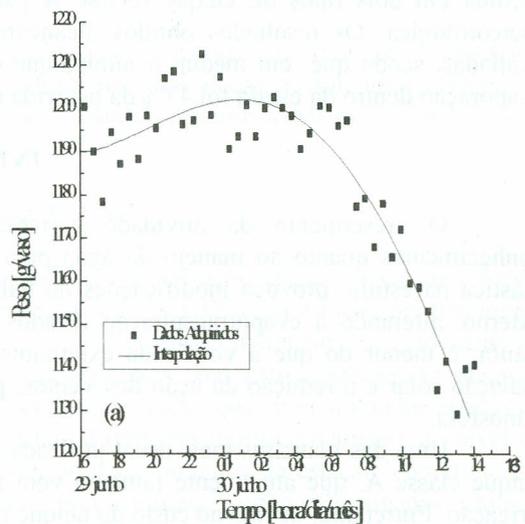


Fig 2 - Variação do consumo de água do milho em função do tempo para os dias 29 a 30 de junho, Sete Lagoas - MG, 1995.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALLEN, R.G.; FISHER, D.K. Direct load cell-based weighing lysimeter system. In: **Lysimeters for Evapotranspiration and Environmental Measurements**. Allen, R.G.; Howell, T.A.; Pruitt, W.O.; Walter, I.A.; Jensen, M.E. (ed.), Proc. of the Int. Symp. on Lysimetry, Amer. Soc. of Civil Eng., Irrig. and Drain. Division, New York, 1991. p. 114-124.
- DOEBELIN, E. O. **Measurement systems: application and design**. New York, McGraw-Hill, 4<sup>th</sup>. ed., 1990. 960 p.
- GOMIDE, R.L.; OLIVEIRA, C.S.G. de; FACCIOLI, G.G. Protótipo de um lisímetro de pesagem automático para estudos em casa de vegetação. **Rev. Bras. de Agrometeorologia**, Santa Maria, 4 (1):61-68, 1996.
- HOWELL, T.A.; SCHNEIDER, A.D.; JENSEN, M.E. History of lysimeter design and use for evapotranspiration measurements. In: **Lysimeters for Evapotranspiration and Environmental Measurements**. Allen, R.G.; Howell, T.A.; Pruitt, W.O.; Walter, I.A.; Jensen, M.E. (ed.), Proc. of the Int. Symp. on Lysimetry, Amer. Soc. of Civil Eng., Irrig. and Drain. Division, New York, 1991. p. 1-9.