

## ANÁLISE DE UM SENSOR DE EFEITO-HALL DRV 5053 COMO UMA ALTERNATIVA AOS SISTEMAS DE VERIFICAÇÃO DO CRESCIMENTO DE CAULES E FRUTOS

GOMES, D. F.<sup>1</sup>, SIENA, W.<sup>2</sup>, PAULA, A.S.<sup>3</sup>, VIGINOSKI, F. L. C.<sup>4</sup>, MIRELLES, P. B.<sup>5</sup>

<sup>1</sup> Especialista, Técnico de Ensino, Faculdade de Tecnologia SENAI CIC, Curitiba – PR Fone: (0xx41)3271-7165, [daniilo.gomes@pr.senai.br](mailto:daniilo.gomes@pr.senai.br)

<sup>2</sup> Mestre Engenharia Elétrica, Técnico de Ensino, Faculdade de Tecnologia SENAI CIC, Curitiba –PR.

<sup>3</sup>Especialista, Técnico de Ensino, Faculdade de Tecnologia SENAI CIC, Curitiba–PR.

<sup>4</sup>Mestre Engenharia Elétrica, Técnico de Ensino, Faculdade de Tecnologia SENAI CIC, Curitiba –PR.

<sup>5</sup>Graduação, Técnico de Ensino, Faculdade de Tecnologia SENAI CIC, Curitiba –PR.

Apresentado no  
XLVI Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola - CONBEA 2017  
30 de julho a 03 de agosto de 2017 -Maceió- AL, Brasil

**RESUMO:**A dinâmica de crescimento de caules e frutos consiste em um importante aspecto avaliativo no desenvolvimento de culturas, como exemplo: a avaliação do caule, onde seu crescimento é constantemente utilizado como indicador de vigor da cultura; outro fator consiste na avaliação do crescimento de frutos, um importante parâmetro fisiológico em sistema de horticultura. Neste sentido, o presente trabalho mostra a análise de um sistema baseado nos princípios do efeito-hall para monitoramento contínuo do crescimento de caules e frutos. O princípio do sistema desenvolvido é baseado na análise da verificação da densidade magnética mT (mili-Tesla) emitida por um ímã e verificada através do dispositivo DRV 5053, ambos acoplados junto ao caule. O sistema foi avaliado para diferentes geometrias de ímãs de modo a identificar diferentes aplicações para cada geometria. Em outra análise efetuada, mostrou-se um comportamento diferenciado das medidas dos caules em função do polo magnético, sendo que, um dos polos se mostrou mais eficaz para leitura de variações. A avaliação do sistema foi composta pela análise da resolução do sistema, que se mostrou apta para captação de variações na faixa de centésimos de milímetros.

**PALAVRAS-CHAVE:**Crescimento, Densidade magnética, Efeito-Hall

### ANALYSIS OF A DRV 5053 HALL EFFECT SENSOR AS AN ALTERNATIVE TO GRASS AND FRUIT GROWTH VERIFICATION SYSTEMS

**ABSTRACT:** The dynamics of growth consists of an important evaluative aspect in the development of crops, such as: stem evaluation where its growth is constantly used as an indicator of crop vigor, as well fruit growth is an important physiological parameter in the horticulture. In this sense, the present work shows the analysis of a system based on the principles of the hall effect for continuous monitoring of stem and fruit growth. The principle of the developed system is based on the analysis of verification of magnetic density (milli-Tesla) emitted by a magnet and verified through the device DRV 5053, both coupled to the stem. The system was evaluated for different magnet geometries in order to identify different applications for each geometry. Another analysis showed a different behavior of stem measurements as a function of the magnetic pole, and one of the poles was more efficient in

reading variations. The evaluation of the system was also composed by analysis of the system resolution, which proved capable of capturing variations in the hundredths of millimeters range.

**KEYWORDS:** Growth, Magnetic Density, Hall Effect

**INTRODUÇÃO:** Dentre as técnicas utilizadas pela Agricultura de Precisão (AP) destaca-se a medição e gestão das informações relativas ao estado hídrico do solo, para determinar o volume de água e o tempo necessário para a irrigação (ORTUÑO et al., 2010). Uma forma de aferir o estado hídrico consiste em analisar variações no diâmetro de caule, associado ao decréscimo da quantidade de água acondicionada nos tecidos da planta quando ocorre sua transpiração (BADAL et al., 2010).

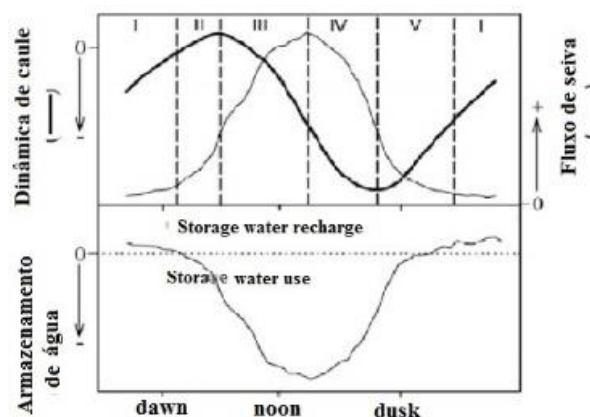


FIGURA 1. a) Dinâmica de caule em um dia. (Fonte: MORIANA et al., 2013)

A dinâmica de caule é explicada em cinco fases conforme figura 1, onde é possível observar que a transição entre as fases II e III determina o período em que o caule atinge seu máximo diâmetro, e está relacionada ao início da perda de água pela planta, já na transição entre as fases III e IV ocorre o mínimo armazenamento de água, momento em que o caule se encontra próximo ao seu menor diâmetro do dia (FERNÁNDEZ et al., 2010), a partir destes valores analisa-se a máxima redução diária de caule (MRDC).

Os valores de oscilação geralmente são mensurados com o auxílio de dendrômetros de precisão (MORIANA et al., 2013) que em sua maioria são baseados em dispositivos LVDT (Linear Variable Differential Transformer) capazes de verificar as medidas de deslocamento radial em resposta as condições hídricas da planta. Dendrômetros de precisão baseados em LVDT apresentam elevados custos e são de difícil manuseio por apresentarem demasiado peso, o que limita sua aplicação em frutos ou plantas de pequeno porte. Deste modo, o presente trabalho visa avaliar um sensor de efeito-hall DRV 5053, a partir da análise de sua resposta para dois ímãs com geometrias diferentes para aplicação no desenvolvimento de um dendrômetro de baixo custo e dimensões menores que as encontradas no mercado.

**MATERIAL E MÉTODOS:** O sistema proposto baseia-se no acoplamento de um sensor de efeito-hall a uma base fixa, e um ímã permanente conectado junto à uma haste móvel em contato com a planta, que a partir das oscilações advindas do caule, força a variação da distância relativa entre ímã e o sensor magnético, sendo possível uma medida indireta da distância a partir da aferição da densidade magnética.

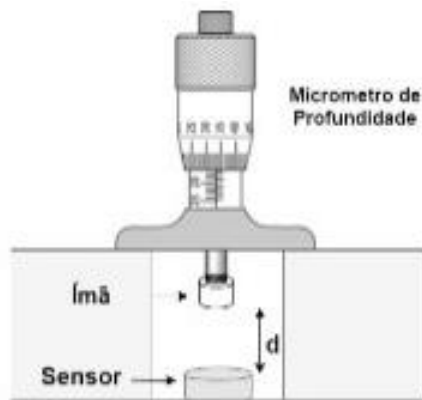


FIGURA 2. b) Sistema de calibração e verificação do comportamento da resposta do DRV.

Para avaliar a resposta do sensor magnético foi montada uma estrutura composta por um micrometro de profundidade com resolução de 0,01 mm (Figura 2) e um sensor magnético analógico bipolar de efeito-hall da *Texas Instruments DRV 5053* com sensibilidade de  $-45 \text{ mV/mT}$  (HUSSAIN and TOLIYAT, 2016), que produz uma saída de tensão de aproximadamente 0V a 2V, utilizado para realizar a medição do campo magnético produzido pelo ímã permanente.

Um filtro analógico passivo passa-baixa foi introduzido a saída do sensor e acoplado à entrada de um conversor analógico digital (A/D) com resolução de 14 bits e referência de 5V presente no equipamento *MyDAC NI USB 6009*.

Os dados digitalizados foram lidos e processados pelo *software LabView*, no qual foi implementado um filtro digital passa-baixa afim de minimizar o ruído provocado por interferências eletromagnéticas na leitura dos dados. O filtro utilizado baseia-se no princípio da média móvel no qual a amostra de saída  $y[n]$  é igual a média aritmética das últimas N amostra da entrada  $x[n]$ , onde N define o comprimento do filtro.

O experimento foi executado com dois diferentes ímãs de neodímio, Ferro e Boro  $\text{Nd}_2\text{Fe}_{14}\text{B}$  que apresentam campos magnéticos intensos em suas vizinhanças saturando o sensor para distâncias menores que  $6440 \mu\text{m}$  e  $8850 \mu\text{m}$  para o ímã 1 e 2 respectivamente. Ao todo, foram coletadas 4747 amostras, sendo que, em 2331 amostras utilizou-se um ímã cilíndrico com 2mm de altura e 6 mm de diâmetro (Ímã 1), e 2416 amostras com um ímã de mesmo diâmetro, porém com altura de 6mm (Ímã 2). As medidas realizadas com a saturação do sensor foram omitidas para a análise dos resultados, restando 3218 amostras.

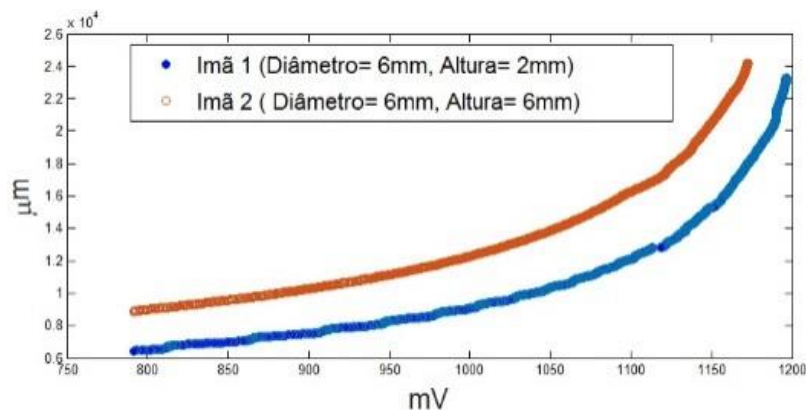


FIGURA3. Análise da resposta do DRV 5053 perante variação da distância entre sensor e ímãs.

A figura 3 apresenta os resultados das medições realizadas para os dois ímãs, sendo no eixo vertical a distância entre ímã e sensor em  $\mu\text{m}$  e no eixo horizontal a tensão gerada em mV. Tal representação foi escolhida para facilitar a implementação um sistema microcontrolado, de tal forma que realize o sensoriamento da dinâmica de caule e através do processamento das informações, determina o agendamento da irrigação.

**RESULTADOS E DISCUSSÃO:** Analisando os dados coletados na medição do diâmetro de uma árvore de oliveira apresentado por Fernández (2010), foi possível observar que o MDS que corresponde à diferença entre o máximo e mínimo diâmetro diário, possui valor típico de aproximadamente  $600 \mu\text{m}$  para uma oliveira.

Para variações da ordem de  $600 \mu\text{m}$ , o sistema proposto produziria no pior dos casos uma diferença de aproximadamente 32 mV na saída do sensor, situação na qual a taxa de variação da tensão em relação a distância tem o seu valor mínimo, já quando a taxa de variação é máxima o sistema apresentaria uma diferença de aproximadamente 60 mV sendo possível distinguir amostras com uma resolução  $10 \mu\text{m}/\text{mV}$ ,

**CONCLUSÃO:** O presente trabalho propôs um novo sensor baseado no princípio de efeito-hall para o monitoramento contínuo da dinâmica de caule de plantas. A validade deste sistema pôde ser confirmada mediante comparativo com outros trabalhos que utilizam o LVDT, onde a variação diária é da ordem de  $1000 \mu\text{m}$  e o sensor desenvolvido possui resolução de  $20 \mu\text{m}$ . Nas análises efetuadas foi verificado ainda que a dimensão do ímã influencia no tipo de cultura a ser analisada uma vez que ímãs de maior dimensão podem ser utilizados em plantas maiores. Além deste caso, notou-se que o ponto ótimo de operação do sistema está localizado na região de maior derivada da curva de resposta, região esta a partir de 9 mm de distância do ímã em relação a face do DRV 5053.

#### **REFERÊNCIAS:**

- BADAL., BUESA D., BONET L., FERRER P. AND INTRIGLIOLO D. Maximum diurnal trunk shrinkage is a sensitive indicator of plant water, stress in diospyros kaki (persimmon) trees,” **Agricultural Water Management**, vol. 98, no. 1, pp. 143–147, 2010.
- FERNÁNDEZ J. and CUEVAS M., “Irrigation scheduling from stem diameter variations: a review,” *Agricultural and Forest Meteorology*, vol. 150, no. 2, pp. 135–151, 2010.
- HUSSAIN H. A. AND TOLIYAT H. A., “Field oriented control of tubular pm linear motor using linear hall effect sensors,” in *Power Electronics, Electrical Drives, Automation and Motion (SPEEDAM)*, 2016 International Symposium on. IEEE, 2016, pp. 1244–1248.
- MORIANA A., CORELL M., GIRÓN I., CONEJERO W., MORALES D., TORRECILLAS A., AND MORENO F., “Regulated deficit irrigation based on threshold values of trunk diameter fluctuation indicators in table olive trees,” **Scientia horticultrae**, vol. 164, pp. 102–111, 2013.
- ORTUÑO M.F., CONEJERO W., MORENO F., MORIANA A., INTRIGLIOLO D.S., BIEL C., MELLISHO C.D., PÉREZ-PASTOR A., DOMINGO R., RUIZ-SÁNCHEZ M.C et al., Could trunk diameter sensors be used in woody crops for irrigation scheduling? A review of current knowledge and future perspectives. **Agricultural Water Management** V.97, p.1-11, 2010.