

CALIBRAÇÃO DE SENSOR DE BAIXO CUSTO PARA MONITORAMENTO DO TEOR DE ÁGUA EM SOLO ARENOSO

Igor da Silva Dantas¹, Wagner Henrique Moreira², Wesley Tessaro Andrade³, Renan Antunes Ferreira⁴, Carlos Henrique da Silva⁵, Alisson Geraldo Alves Ferreira⁶

¹Acadêmico do curso de Agronomia, Instituto Federal de Educação Ciências e Tecnologia de Mato Grosso do Sul. Bolsista PIBITI/IFMS. igor.dantas1502@hotmail.com

²Orientador, Doutor, Professor EBTT, Instituto Federal de Educação Ciências e Tecnologia de Mato Grosso do Sul. wagner.moreira@ifms.edu.br

³Coorientador, Mestre, Professor EBTT, Instituto Federal de Educação Ciências e Tecnologia de Mato Grosso do Sul. wesley.andrade@ifms.edu.br

⁴Acadêmico do curso de Agronomia, Instituto Federal de Educação Ciências e Tecnologia de Mato Grosso do Sul. Bolsista PIBITI/IFMS. renan.ferreira@novaandradina.org

⁵Acadêmico do curso de Agronomia, Instituto Federal de Educação Ciências e Tecnologia de Mato Grosso do Sul. Bolsista PIBITI/IFMS. carlos.silvaenrique@novaandradina.org

⁶Acadêmico do curso de Agronomia, Instituto Federal de Educação Ciências e Tecnologia de Mato Grosso do Sul. Bolsista PIBITI/IFMS. alisson.ferreira@novaandradina.org

RESUMO

A retenção e a disponibilidade de água no solo para as plantas são fatores essenciais para o desenvolvimento e produtividade agrícola. O experimento teve como objetivo aprimorar e calibrar um sistema de monitoramento do teor de água do solo baseado na plataforma Arduino. O sensor utilizado foi o higrômetro LM393, submetido a um processo de calibração. Para calibração, foi realizado um experimento, em que, os tratamentos consistiram em avaliações ao longo do tempo do teor de água em diferentes densidades do solo (1,30; 1,40; 1,50; 1,60; e 1,70 Mg m⁻³) e diferentes formas de introdução do sensor na amostra (com ou sem gabarito), com quatro repetições em blocos ao acaso. O processo de calibração foi realizado com testes em laboratório, monitorando o sinal analógico obtido e a massa das amostras. O processamento dos dados indicou diferenças entre os tratamentos, ajustando modelo no qual a influência da densidade do solo (Ds) e da forma de introdução da amostra apresentou significância. Embora o modelo final seja complexo para aplicação a campo, por exigir conhecimento prévio da condição do solo, é importante haver indicativo de que a calibração dos sensores é relevante e complexa em solo arenoso. Além disso, foi obtido um segundo modelo, mais simples, para uso em condições que exigem menor precisão.

PALAVRAS-CHAVE: Arduino; Densidade do solo; prototipação.

1 INTRODUÇÃO

A água é um componente vital para o desenvolvimento da vida nas diferentes células vivas. Conforme Brady & Weil (2013), as propriedades físicas e químicas da molécula de água possuem capacidade de alterar processos químicos, físicos e biológicos. A água dentro da solução do solo atua como um solvente, influenciando o comportamento dos atributos do solo (LEPSCH, 2002). Com isso a retenção e a disponibilidade de água no solo para as plantas são fatores essenciais para o desenvolvimento e produtividade agrícola.

Na agricultura irrigada, o monitoramento do teor de água do solo pode reduzir aplicações excessivas de lâmina d'água e, conseqüentemente, reduzir custos, além de tornar a atividade mais sustentável. As práticas de automação e monitoramento vem ganhando espaço na agricultura moderna, porém, muitos sistemas possuem alto custo para implantação, tornando-os inviáveis. Assim, o monitoramento constante do teor de água do solo, ainda é pouco utilizado a nível de propriedade agrícola.

Por outro lado, novas tecnologias e sensores eletrônicos, para determinação dos atributos de solo têm proporcionado maior acurácia nas medições e a menor custo (MOREIRA *et al.*, 2014). Nesse contexto, as placas microcontroladoras contribuem para redução de custos na confecção de protótipos. Assim, o objetivo deste projeto foi aprimorar e calibrar um sistema de monitoramento do teor de água do solo baseado na plataforma Arduino.

2 MATERIAL E MÉTODOS

Para obtenção do protótipo, utilizou-se sensor higrômetro (LM393). Os sensores foram conectados na placa microcontroladora Arduino nas respectivas portas de comunicação e alimentação. Em seguida, o código de comunicação dos sensores foi desenvolvido no IDE do Arduino.

A calibração dos sensores foi realizada no laboratório de solos do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Mato Grosso do Sul, *campus* Nova Andradina. Para calibração do higrômetro foram realizadas análises em diferentes Ds (1,30; 1,40; 1,50; 1,60; e 1,70 Mg m⁻³) e também foi avaliada a interferência ou não da forma de introdução dos higrômetros nas amostras (com e sem gabarito). As amostras foram obtidas utilizando canos de PVC de 0,10 m de diâmetro e 0,10 m de altura. Ao todo, foram obtidas 40 amostras (4 repetições x 5 densidades do solo x 2 formas de introdução do sensor).

Para a obtenção de amostras o solo foi desagregado (peneirado), posteriormente as amostras eram secas em estufa de circulação de forçada de ar, por 24 horas a 105 °C e após esse período o cano de PVC era preenchido até obter a Ds desejada. Após as amostras serem saturadas gradualmente, pela elevação do nível da água em uma bandeja, num processo de 72 horas, foram iniciadas as leituras.

O sinal analógico foi registrado enquanto a amostra foi submetida a secagem em condição ambiente. Foram realizadas leituras a cada 12 horas por 10 dias consecutivos em cada amostra e as leituras foram realizadas durante 5 minutos. Paralelamente, foi registrada a massa úmida a cada determinação, para obtenção do teor de água pelo método gravimétrico, em que é necessário aferição quanto à massa com solo úmido e solo seco conforme Blake e Hartge (1986).

Em seguida, os dados obtidos foram utilizados para elaboração de uma curva de calibração, em que foi realizado ajuste de equações aos dados a $p < 0,05$, utilizando o programa estatístico SAS *University Edition* (DER; EVERITT, 2015).

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

O processo de calibração do higrômetro mostrou-se eficiente. O Gráfico 1, apresenta a relação entre o teor de água medido e o teor de água estimado pela equação ajustada aos dados. Quanto mais próximo da reta 1:1 estão os marcadores, maior a proximidade entre o teor de água medido e o estimado, ou seja, melhor o modelo. O modelo final ajustado, é apresentado na Equação 1:

$$\theta = 0.4764 - 0.00064 \times SA + 0.1097 \times Ds - 0.00038 \times \text{gabarito} \dots\dots\dots \text{Equação 1}$$

Em que: θ = teor de água no solo (m³ m⁻³); SA: sinal analógico; Ds = densidade do solo (Mg m⁻³) e gabarito = 0 quando não utilizado e 1 quando utilizado.

Os tratamentos de diferentes Ds e posição de amostragem (com e sem inserção de gabarito) se mostraram significativos, possuindo interferência direta no sinal analógico obtido durante as leituras. A Equação gerada possui um coeficiente de determinação 0,89 e existe uma correlação linear forte a muito forte (CALLEGARI-JACQUES, 2003). Sendo um modelo mais complexo, que envolve conhecimento prévio da área, a sua aplicação prática é comprometida.

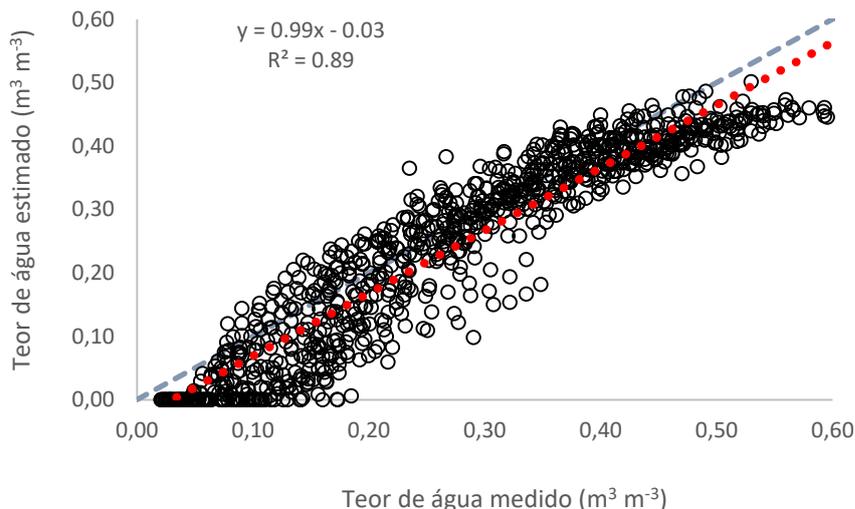


Gráfico 1. Relação entre teor de água medido e teor de água estimado pelo modelo com sinal analógico, densidade do solo e gabarito
Fonte: Dados da pesquisa

Buscando gerar um modelo simples foi ajustada uma equação aos dados utilizando um modelo logarítmico (Gráfico 2), em função apenas do sinal analógico. Apesar de redução no coeficiente de determinação (inferior a 0,03), a redução do coeficiente de determinação é baixa quando comparada a sua maior aplicação prática. Possuindo um coeficiente de determinação de 0,86, o coeficiente é classificado como uma correlação linear forte (CALLEGARI-JACQUES, 2003). O modelo simples, que ajusta o teor de água em função do sinal analógico pode ser empregado em leituras para um diagnóstico inicial e/ou rápido, com objetivo de conhecer o local de avaliação. Para implantação do sistema de monitoramento, que permanecerá coletando dados à longo prazo, recomenda-se o modelo mais completo, que foi mais preciso.

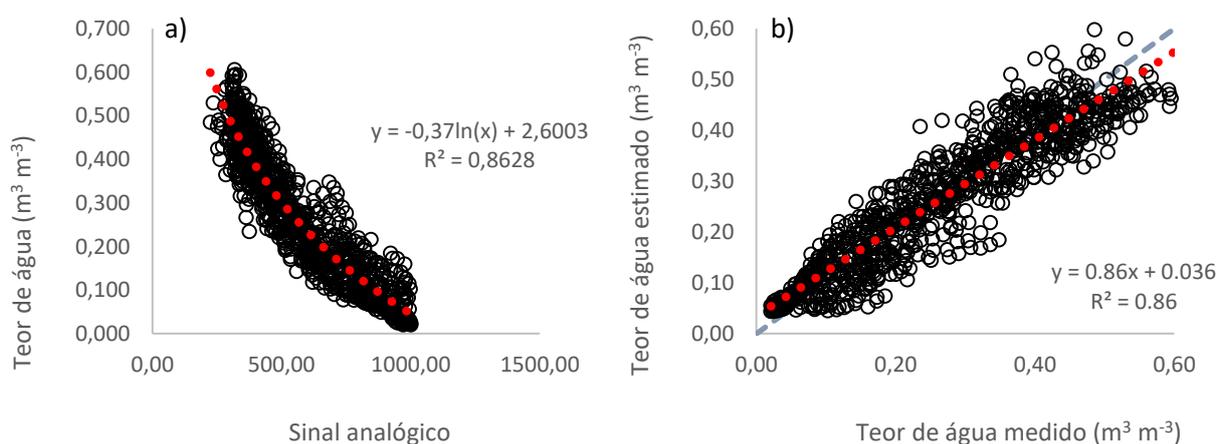


Gráfico 2. Teor de água do solo em função do sinal analógico (a) e relação entre teor de água medido e teor de água estimado pelo modelo logarítmico (b). A linha pontilhada azul indica a reta 1:1.

Fonte: Dados da pesquisa

4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O desenvolvimento de sistemas para o auxílio das práticas agrícolas vem mostrando um grande potencial, no entanto o aperfeiçoamento dos sistemas e de suas formas de uso, através da compreensão do sistema e calibração é de suma importância. O modelo mais completo, que inclui as variáveis de posição da amostragem, Ds e sinal analógico, mostra

a necessidade de calibração para cada ambiente e pode ser considerado mais indicado para monitoramento a longo prazo, por ser mais preciso e justificar procedimentos a mais para correta obtenção do teor de água. Por outro lado, para tornar o uso mais abrangente, foi ajustado um outro modelo, que leva em consideração apenas o sinal analógico, para que seja utilizado em situações de diagnóstico rápido e/ou situações em que a perda de precisão seja justificada.

REFERÊNCIAS

ARDUINO. **Arduino**. Disponível em: Arduino.cc. Acesso em: 17 abr. 2019.

BRADY, N. C.; WEIL, R. R. **Elementos da natureza e propriedades dos solos**. 3. Porto Alegre: Bookman, 2013. 686p

BLAKE, G.R.; HARTGE, K. H. Bulk Density. In: KLUTE, A. (ed.). **Methods of soil analysis: physical and mineralogical methods**. Part 1. Madison: American Society of Agronomy, 1986. p. 363-375.

CALLEGARI-JACQUES, S. M. **Bioestatística: princípios e aplicações**. Porto Alegre: Artemed, 2003. 255 p.

DER, G.; EVERITT, B. S. **Essential Statistics Using SAS University Edition**. SAS Institute. 2015. Disponível em: https://www.sas.com/pt_br/home.html. Acesso em: 05 jul. 2021.

LEPSCH, I. F. **Formação e Conservação Dos Solos**. Oficina de Textos. São Paulo. 2002.

MOREIRA, W. H.; PETEAN, L. P.; BETIOLI JUNIOR, E.; TORMENA, C. A.; FIGUEIREDO, G. C.; SILVA, Á. P. D. Método alternativo para quantificação do intervalo hídrico ótimo em laboratório. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 38, p. 158-165, 2014. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rbcs/a/TB5ySkbQxDsYdNVtjcfQ6KS/abstract/?lang=pt>. Acesso em: 05 jul. 2021.