

## **CALIBRAÇÃO DO SENSOR DE UMIDADE DE SOLO CAPACITIVO CS12 EM LATOSSOLO VERMELHO DISTROFÉRRICO**

Lucas Antonio Paris<sup>1</sup> e Helton Aparecido Rosa<sup>2</sup>

### **RESUMO**

O objetivo deste trabalho foi realizar a calibração do sensor capacitivo de umidade do solo CS12 para um Latossolo Vermelho Distroférico. O experimento iniciou-se através da coleta de solo feita na cidade de Cascavel - Paraná. Após esta etapa, as amostras foram colocadas em recipientes e secadas por 24 horas em estufa. Depois de secas, as amostras tiveram peso padronizado. Por fim, foram adicionadas medidas de água (20, 40, 60, 80 e 100 mL) em cada recipiente para obter os valores de umidade e registrar também as medidas de capacitância. Para o solo estudado este sensor mostrou uma linearidade aceitável, porém para melhor precisão seria necessário levar em consideração outras variáveis que podem influenciar seu funcionamento.

**PALAVRAS-CHAVE:** Agricultura, eletrônica, precisão.

### **1. INTRODUÇÃO/REFERENCIAL TEÓRICO**

Para realizar o manejo adequado de irrigação, é importante conhecer o teor de água existente no solo para dessa forma, aplicar a quantidade de água necessária no momento certo. Nesse contexto, a utilização de sensores é um dos meios mais precisos para acompanhar o conteúdo de água no solo, e sua aplicação vem trazendo várias contribuições ao meio agrícola (CRUZ et al., 2010).

O teor de água no solo é variável no espaço e no tempo, embora em uma mesma unidade pedológica o comportamento da umidade possa apresentar considerável variabilidade devido à ação de diversos fatores, especialmente associados ao uso e manejo do solo (ÁVILA et al., 2010).

No cenário da agricultura moderna pode-se notar um crescimento da inclusão das tecnologias no campo voltadas para diversos fins como: irrigação, aplicação de pesticidas, análises de plantações entre outros.

Lamas (2017), explica que a tecnologia é fundamental para o aumento da produtividade e para fazer uma gestão apropriada dos processos envolvidos na produção de alimentos independente da escala.

A inclusão dos sensores na agricultura de precisão com o intuito de melhorar o manejo da irrigação, vem para aumentar a eficiência e diminuir o consumo. Além disso, este processo de automatização na agricultura, também ajuda a melhorar a produção, gerar economia, visto que uma irrigação irregular pode prejudicar o plantio e aumentar os gastos de água e energia elétrica.

O manejo da irrigação contempla a aplicação de água no momento correto e na quantidade demandada pela cultura para aquele momento. Ele deve ser adequado aos sistemas de irrigação de forma a se obter elevadas eficiências. Não adianta ter um sistema de irrigação de alta eficiência se o manejo da irrigação é deficiente (COELHO, FILHO e OLIVEIRA, 2005).

Existem diversos sensores que podem auxiliar na automação dos processos agrícolas voltados para os estudos da umidade do solo. Segundo Coelho (2003), a obtenção dos valores de umidade do solo, pode ser de forma direta ou indireta. Na maneira direta, a obtenção ocorre através da secagem do solo em estufa. De forma indireta, foram citados: medidas de moderação de nêutrons, resistividade elétrica do solo, da constante dielétrica do solo e a tensão de água no solo.

Para este estudo foi utilizado um sensor de umidade capacitivo que segundo Cruz et al. (2010), tem tido sua aplicação difundida em pesquisas relacionadas a irrigação por ser um método não destrutivo.

O objetivo do trabalho foi correlacionar medidas de capacitância do solo, com processo de secagem do solo em estufa, com intuito de encontrar calibragem adequada para que o sistema sozinho consiga emitir um valor de umidade de solo com relativa precisão.

### **2. MATERIAL E MÉTODOS**

O estudo iniciou-se com a escolha do sensor e com pesquisa bibliográfica sobre as especificações e modo de funcionamento do mesmo. O sensor escolhido foi o sensor CS12, que tem por característica ser um sensor capacitivo para a aferição da umidade do solo.

<sup>1</sup> Acadêmico do Curso de Engenharia de Controle e Automação do Centro Universitário Fundação Assis Gurgacz E-mail:lucasparis97@gmail.com

<sup>2</sup> Docente do Centro Universitário da Fundação Assis Gurgacz E-mail:helton.rosa@hotmail.com

Para realizar o processo de compilar e tratar as informações obtidas através dos sensores, foi utilizado uma placa Arduino Leonardo, a qual possui um microcontrolador que é o responsável pelo processamento dos dados. A leitura dos dados foi feita através de computador em tempo real.

A calibração dos sensores foi feita através de amostras de solo retiradas no município de Cascavel - PR. No total foram utilizadas 5 amostras de Latossolo Vermelho Distroférico, o qual é um solo com baixa fertilidade e alto teor de ferro (EMPRAPA, 2006). Inicialmente as amostras foram analisadas com o sensor, pesadas e todos os dados foram anotados para possíveis consultas.

O método mais eficiente para a obtenção da umidade do solo é através do processo de secagem em estufa. Primeiro, as amostras são pesadas úmidas, posteriormente, elas são levadas para a estufa, onde ficam durante mínimo 24h até atingirem peso constante. Então, são pesadas novamente, e os valores encontrados são submetidos a equação 1, a seguir.

$$U = \frac{Ma}{Ms} = \frac{Mt - Ms}{Ms} \quad (\text{Equação 1})$$

Onde:

U = umidade do solo (%)

Ma = Massa de água (g)

Ms = Massa seca (g)

Mt = Massa total (g)

OBS: Para obter a porcentagem de umidade no solo basta multiplicar o resultado por 100.

Após as primeiras medidas serem coletadas, as amostras foram para a estufa de secagem, onde ficaram por de 24 horas, até peso constante, para se obter o peso do solo sem umidade. Quando as amostras foram retiradas passaram por uma nova pesagem e aferição dos valores lidos com o sensor.

O passo a seguir foi patronizar peso conhecido para 5 amostras de solo, o qual foi definido em 130g, pois sem a umidade é possível deixar as amostras com massas de solo iguais sem interferência, para que fosse possível realizar um experimento de controle onde as amostras foram misturadas a diferentes quantidades de água. Então efetuou-se a adição de água com o seguinte padrão: 20, 40, 60, 80 e 100 mL, após isto novas medidas foram realizadas e as amostras seguiram para mais uma etapa de secagem até se obter a massa inicial novamente.

Para obter essa calibragem esperada foi feita uma compilação dos dados onde foi obtida uma reta de regressão entre as umidades do solo e os valores de capacitância obtidos com o sensor. Com os dados obtidos, foi gerado um diagrama de dispersão e ajustada uma reta de regressão, com equação que pode ser utilizada para estimar valores de umidade do solo a partir dos valores medidos pelo sensor.

Este método utilizado para encontrar a equação é chamado de Análise de regressão como explica Franke (2015), Análise da regressão é uma metodologia estatística que utiliza a relação entre duas ou mais variáveis quantitativas (ou qualitativas) de tal forma que uma variável pode ser predita a partir da outra.

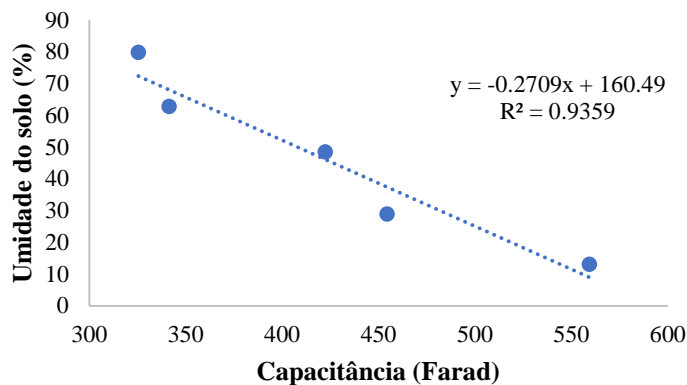
### 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na Tabela 1, encontram-se os valores calculados de umidade do solo de acordo com a quantidade de água adicionada a amostra.

**Tabela 1** - Dados de umidade do solo de acordo com a quantidade de água adicionada nas amostras.

H <sub>2</sub> O (mL)	Umidade do solo (%)	Capacitância (Farad)
20	13,05	559,5
40	28,82	454,5
60	48,42	422,5
80	62,66	341,5
100	79,75	325,5

De acordo com a Tabela 1, verifica-se que os valores de umidade do solo aumentaram conforme elevou-se a quantidade de água adicionada no mesmo, enquanto os valores de capacitância registrados pelo sensor apresentaram comportamento inverso, sendo reduzidos. Segundo Fraden (2010), conforme aumenta-se o teor de umidade, são diminuídos os valores registrados pelos equipamentos. Considerando essa relação foi possível verificar a correlação existente entre as medidas de umidade e capacitância, gerando assim regressão com os 5 pontos analisados (Figura 1).



**Figura 1** - Regressão linear entre umidade do solo (%) e capacitância (Farad)

Com a reta de ajuste traçada foi possível observar uma linearidade entre os valores obtidos. A partir da análise gráfica foi gerada uma equação de ajuste linear  $y = -0,2709x + 160,49$  e um coeficiente de determinação  $R^2 = 0,9359$ , onde indica que os valores de umidade do solo são explicados em aproximadamente 93% pelos valores registrados de capacitância do solo.

Segundo Nascimento e Araújo (2009), um coeficiente de determinação que indica um ajuste perfeito é  $R^2=1$ , isto significa que quanto mais próximo de 1 for o valor do coeficiente melhor é o ajuste aos dados. Então pode-se observar que o ajuste encontrado está relativamente aceitável.

Para efeitos de comparação é possível citar Gomes (2016), que utilizou um sensor de capacitância de própria autoria e alcançou um coeficiente de determinação  $R^2=0,988$ , utilizando 10 amostras. Outro trabalho que vale ressaltar foi escrito por Pizetta (2015), que fez testes dos sensores 10HS desenvolvido pela Decagon, Eletrodex e Grove em 3 tipos diferentes de solo sendo eles Argilossolo Vermelho distrófico, Latossolo Vermelho distroférico e Nitossolo Vermelho eutroférico, obtendo como resultados para o coeficiente de determinação do sensor 10HS 0,93 (Argissolo), 0,98 (Latosolo) e 0,99 (Nitossolo), para o sensor Eletrodex 0,70 (Argissolo), 0,72 (Latosolo) e 0,48 (Nitossolo) e para o sensor Grove 0,65 (Argissolo), 0,72 (Nitossolo) e 0,11 (Latosolo).

Costa et al. (2013), utilizando sensor capacitivo modelo IRRIGAP para Neossolo Quartzarênico descrevem com precisão e exatidão a variação da umidade do solo, onde seus resultados de  $R^2$  apresentaram valores próximo a unidade (0,99). Segundo Cruz et al. (2010), pela sensibilidade existente no sensor capacitivo, o mesmo pode ser utilizado para a determinação do teor de água do solo de forma adequada. Portanto, pesquisas devem ser aprimoradas tentando buscar valores mais precisos para o registro instantâneo da umidade dos mais diferentes tipos de solo.

## 5. CONCLUSÕES

Para o solo estudado o sensor mostrou linearidade aceitável, porém para melhor precisão seria necessário levar em consideração outras variáveis que podem influenciar seu funcionamento.

Trabalhos futuros serão realizados visando encontrar maior acurácia nas medidas realizadas.

## 6. REFERÊNCIAS

ÁVILA, L. F.; MELLO, C. R.; SILVA, A.M. Continuidade e distribuição espacial da umidade do solo em bacia hidrográfica da Serra da Mantiqueira. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**. v.14, n.12, p.1257-1266, 2010.

COELHO, E.F; FILHO, M.AC.; OLIVEIRA, S.L. **Agricultura irrigada: eficiência de irrigação e uso de água**. Universidade Federal do Recôncavo da Bahia (2005).



COELHO, S.L. **Desenvolvimento de um tensiômetro eletrônico para o monitoramento do potencial da água no solo.** 2003. 106 f. Dissertação (Mestrado em Irrigação e Drenagem) - Departamento de Engenharia Agrícola, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2003.

COSTA, BRS; SANTOS, L. M.; BASSOI, L. H. Calibração do sensor de capacitância IRRIGAP® para a medida da umidade em solo do Semiárido. In: Embrapa Semiárido, **Anais...** In: Congresso Brasileiro De Engenharia Agrícola, 2013.

CRUZ, T.M.L.; TEIXEIRA, A.S.; CANAFÍSTULA, F.J.F.; SANTOS, C., OLIVEIRA, A.D.S.; DAHER, S. Avaliação de sensor capacitivo para o monitoramento do teor de água do solo. **Engenharia Agrícola**, 30(1), 33-45, 2010.

EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Centro Nacional de Pesquisas de Solos. **Sistema brasileiro de classificação de solos.** 2.ed. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2006. 306p.

FRADEN, J. **Handbook of Modern Sensors: physics, designs and application**, 4. ed. Springer, 2010

FRANKE, A. **Análise de Regressão.** Disponível em: <[https://moodle.ufsc.br/pluginfile.php/1592338/mod\\_resource/content/1/An%C3%A1lise%20da%20regres%C3%A3o.pdf](https://moodle.ufsc.br/pluginfile.php/1592338/mod_resource/content/1/An%C3%A1lise%20da%20regres%C3%A3o.pdf)>. Acesso em 17/05/18.

GOMES, I. C. **Desenvolvimento de um sensor digital de umidade do solo e unidade remota de monitoramento utilizando comunicação sem fio.** Universidade Tecnológica Federal do Paraná, 2016.

LAMAS, F.M. **Artigo: A tecnologia na agricultura.** Disponível em: <<https://www.embrapa.br/busca-de-noticias/-/noticia/30015917/artigo-a-tecnologia-na-agricultura>>. Acesso em 16/05/18.

NASCIMENTO, G.; ARAÚJO, P. F.; **Estudo acerca do coeficiente de determinação nos modelos lineares e algumas generalizações.** Universidade Federal do Paraná, 2009.

PIZETTA, S. C. **Calibração de sensores de capacitância (FDR) para estimativa da umidade em diferentes solos.** Dissertação de Mestrado, Universidade Federal de Lavras, 2015.