

DESENVOLVIMENTO DE UM PROTÓTIPO DE BAIXO CUSTO PARA LEITURA DE UMIDADE DO SOLO

CAROLINE BATISTA GONÇALVES DIAS¹, ANDERSON RODRIGUES DE MOURA², JUCIARA OLIVEIRA LOPES³, EDINEI CANUTO PAIVA⁴, GRACIELLY RIBEIRO DE ALCÂNTARA⁵

¹ Acadêmica do curso de Engenharia Agrícola e Ambiental e Bolsista de Iniciação Científica da FAPEMIG/IFNMG, Campus Januária. 38 991706260, caroline.eaa@hotmail.com

² Tecnólogo em Análise e Desenvolvimento de Sistema – Campus Januária, 38 991572064, franciney_abreu@hotmail.com

³ Acadêmica do curso de Engenharia Agrícola e Ambiental, Campus Januária. 38 999219416, juciaraooliveiralopes@yahoo.com.br

⁴ Físico, Instituto Federal do Norte de Minas Gerais – Campus Januária, 38 991126265, edineifis98@yahoo.com

⁵ Engenharia Agrícola, Instituto Federal do Norte de Minas Gerais – Campus Januária, 38 991649876, gracielly.alcantara@ifnmg.edu.br

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

RESUMO: O mapeamento detalhado da umidade do solo tem sido utilizado como ferramenta para identificação de áreas carentes, visto que, a falta de água é fator limitante para uma boa produção. Com a realização deste trabalho objetivou-se desenvolver um sensor capacitivo de baixo custo para leitura de umidade do solo e correlacionar com dados obtidos em laboratório, pelo método padrão de estufa. Os sensores foram desenvolvidos utilizando gesso, fio de cobre e cano de PVC de 50mm e de 32mm, sendo quatro sensores de 32mm e cinco sensores de 50mm, coletou-se os dados no período de 30 dias, utilizando uma ferramenta do Arduino. Cada protótipo foi inserido no centro de um recipiente com solo arenoso umedecido. Adquiriu-se os dados durante dois minutos e calculou-se a média para cada dia e também foram retiradas amostras de solo para identificação do teor de umidade. Os dados foram submetidos à análise de regressão linear. O protótipo não apresentou boa correlação, que pode estar associado ao fato do gesso ser higroscópico ou pelo tipo de solo utilizado. Após análise de regressão, os sensores de 32mm sofreram variação de $R^2=0,0225$ a $R^2=0,2943$ já os de 50mm apresentaram valores entre $R^2=0,1262$ a $R^2=0,2587$.

PALAVRAS-CHAVE: Automação, Microcontrolador, Sensor capacitivo

DEVELOPMENT OF A LOW COST PROTOTYPE FOR SOIL MOISTURE READING

ABSTRACT: The detailed mapping of soil moisture has been used as a tool to identify areas of need, since lack of water is a limiting factor for good production. The objective of this work was to develop a low cost capacitive sensor to read soil moisture and to correlate with laboratory data by the standard greenhouse method. The sensors were developed using gypsum, copper wire and PVC pipe of 50mm and 32mm, being four sensors of 32mm and five sensors of 50mm, the data was collected in the period of 30 days, using an Arduino tool. Each prototype was inserted in the center of a container with moist sandy soil. The data were acquired for two minutes and the mean was calculated for each day and soil samples were also taken to identify the moisture content. Data were submitted to linear regression analysis. The prototype did not present a good correlation, which may be associated with the fact that the gypsum is hygroscopic or the type of soil used. After regression analysis, the 32mm

sensors experienced a variation of $R^2= 0.0225$ to $R^2=0.2943$, while those of 50mm presented values between $R^2=0.162$ and $R^2=0.2587$.

KEYWORDS: Automation, Microcontroller, Capacitive sensor

INTRODUÇÃO

A redução no consumo dos recursos hídricos é assunto recorrente nos dias atuais, devido à carência de água para suprimento da população. Sendo a irrigação conhecida como a grande vilã no consumo da água, assim existe a necessidade do controle do sistema de irrigação para atuação somente quando a cultura precisar (FLORIANO,2014). A fim de aperfeiçoar o uso dos sistemas de irrigação, que devem ser dimensionados buscando reduzir o desperdício de água.

Para isso existem métodos diretos e indiretos para determinação do teor de água no solo. No método direto o valor é obtido através da diferença entre o peso úmido e o peso seco do solo, para essa identificação usa os métodos de estufa, destilação, evaporação. Já os métodos indiretos utilizam elementos elétricos que correlacionam com a umidade como, por exemplo, a resistência elétrica ou a permissividade elétrica (SILVA, J S; SAMPAIO, C P; MACHADO M C; MONACO, P A, 2001). O primeiro método demanda muito tempo e mão-de-obra para análise, e o segundo não necessita, pois são procedimentos com respostas rápidas e eficientes, geralmente com o uso de sensores.

Os sensores são dispositivos eletrônicos que recebem informações e transformam em sinais elétricos para identificação de uma variável, que pode ser a umidade do solo (CAPELLI, 2014). O desenvolvimento de sensores possibilita o aumento da eficiência na produção agrícola, tanto é que, o setor agrícola vem fazendo uso de maneira expressiva da tecnologia da computação e do desenvolvimento tecnológico a fim de obter e processar informações automatizadas. Os sensores capacitivos apresentam baixo custo, boa resposta e são menos sensíveis às temperaturas e pressão.

O uso de sensores de umidade auxilia na tomada de decisão na escolha da hora certa para realizar a irrigação. Uma vez que o excesso de água pode deixar a raiz da planta sem oxigênio, e a falta de água pode afetar no crescimento e desenvolvimento da planta, interferindo na produtividade da cultura (GOMES, 2016). Sendo que, o monitoramento detalhado da umidade do solo permite determinar o consumo diário de água pelas culturas, com a automatização desse monitoramento é possível acionar ou desligar os sistemas de irrigação permitindo um melhor controle do consumo de água.

Diante disso, objetivou-se com esse trabalho construir e calibrar um sensor capacitivo para determinação do teor de água no solo, comparando os dados obtidos através da leitura da frequência com o método padrão de estufa $105\text{ }^{\circ}\text{C}/24\text{h}$.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzindo no laboratório de física na Fazenda São Geraldo sede do Instituto Federal do Norte de Minas Gerais, campus Januária, com coordenadas geográficas $15^{\circ} 28' 55''$ S e $44^{\circ} 22' 41''$. Segundo a classificação de Köppen, a cidade de Januária possui clima Aw, ou seja, tropical úmido com inverno seco e verão chuvoso. Os dados foram coletados do dia 29 de novembro ate 16 de dezembro de 2016. Os protótipos foram desenvolvidos utilizando gesso, fio de cobre e cano de PVC de 32mm e 50mm, sendo confeccionados cinco sensores de cada diâmetro.

Para a elaboração do protótipo, cortou-se o cano de PVC dos dois diâmetros em pedaços

com 30cm de comprimento, em seguida utilizou-se aproximadamente 1,5m de fio de cobre o qual foi dobrado ao meio, enrolado e colocado no centro do cano de PVC. Posteriormente realizou-se o preparo do gesso, conforme instrução do fabricante, colocando essa mistura no cano de PVC. Após secagem natural o protótipo foi retirado do cano de PVC e levado para a estufa a 100 °C para completar o processo de secagem. Em cada protótipo soldou-se dois jumper, um no lado positivo e o outro no lado negativo (Figura.1).

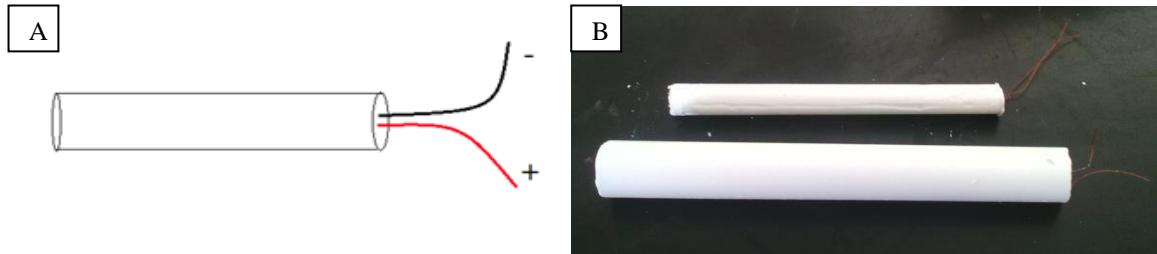


FIGURA 1. A. Representação do protótipo. B. Modelo do protótipo desenvolvido utilizado gesso, fio de cobre e cano de PVC de 32mm e 50mm.

O solo utilizado foi um latossolo-vermelho-amarelo (UFV, 2010), colocado umedecido em recipientes com as seguintes dimensões nominais 0,323x0,234x0,348(m), respectivamente comprimento, largura e altura, foi usado um recipiente para cada sensor. Os protótipos foram instalados verticalmente nos recipientes. A leitura da frequência foi realizada diariamente com o auxílio da ferramenta IDE (Integrated Development Environment) do Arduino, onde os comandos foram introduzidos, para a obtenção dos dados.

Inicialmente, fez-se uma leitura da capacitância do sensor com o uso de um multímetro digital, onde constatou-se valores muito baixos. Por isso foi preciso utilizar-se um oscilador (Figura 2) para se realizar as medidas no domínio da frequência, possibilitando a leitura dos dados pelo Arduino. No circuito do oscilador foi substituído o C1 pelo sensor capacitivo desenvolvido.

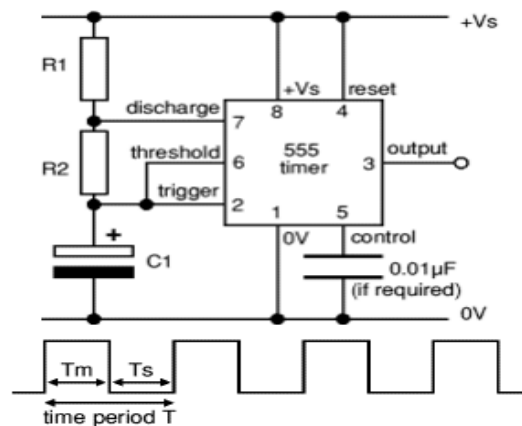


FIGURA 2. Esquema do Circuito do Oscilador. Fonte: LABORATÓRIO DE GARAGEM (2012)

A coleta dos dados ocorreu durante dois minutos em cada recipiente, posteriormente calculou-se a média e o desvio padrão das frequências para cada dia. As amostras de solo foram coletadas intercaladamente e conduzidas para a realização das análises do teor de água do solo, através da diferença de peso, seguindo as regras propostas pela EMBRAPA(1997), no método padrão de estufa 105°/24h.

O resultado, das coletas dos dados experimentarias, formam submetidos à análise de

regressão linear, empregando o método dos mínimos quadrados.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

O solo utilizado para calibração dos sensores apresentou textura arenosa e uma umidade média na capacidade de campo em torno de 16%. Resultados de ANDRADE & STONE (2011) mostraram que esse tipo de solo apresentam capacidade de campo de 0,24 m³/m³. A textura e a umidade são os principais fatores que interferem na absorção de água pelo solo. Os teores de areia, silte e argila no solo influenciam na quantidade de espaços vazios, pois o solo estando saturado possui todos os espaços vazios preenchidos com água, e o solo não saturado a água é substituída pelo ar. De acordo com SOARES et.al (2008), o latossolo-vermelho-amarelo apresentam boa qualidade para infiltração de água.

A relação das curvas de ajuste e dos coeficientes de regressão estão apresentados na TABELA 1.

TABELA 1. Relação das Curvas de ajuste lineares e coeficientes de regressão dos sensores desenvolvidos de 50mm. **Relation of the linear adjustment curves and regression coefficients of the developed 50mm sensors.**

<i>Sensores</i>	<i>Curva de Ajuste</i>	<i>R²</i>
S ₁	y = 0,0046x - 1,0874	0,1262
S ₂	y = 0,0035x + 1,9372	0,2587
S ₃	y = 0,0027x + 3,0169	0,1941
S ₆	y = 0,005x + 0,0413	0,2487
S ₇	y = 0,0033x + 1,8294	0,1419

Analisando-se a TABELA 1 verifica-se que os ajustes obtidos para os sensores de 50mm apresentaram valores muito baixos. O uso do gesso pode ter ocasionado esses valores baixos, devido a sua higroscopia. Apesar de o gesso ser um material frequentemente utilizado para a confecção de sensores, por ser um material capaz de absorver ou perder água ao buscar entrar em equilíbrio com a umidade do solo. Porém, essa característica higroscópica pode ter levado a este resultado. EUSTÁQUIO et.al (2012) e MENDES (2006) desenvolveram equipamentos para a leitura da umidade do solo e obtiveram respostas positivas, com elevados índices de correlação das variáveis.

Na TABELA 2 são apresentados os resultados das curvas de ajuste e os coeficientes de regressão para os sensores de 32mm.

TABELA 2. Relação das Curvas de ajuste lineares e coeficientes de regressão dos sensores desenvolvidos de 32mm. **Relation of the linear adjustment curves and regression coefficients of the developed 32mm sensors.**

<i>Sensores</i>	<i>Curva de Ajuste</i>	<i>R²</i>
S ₅	y = 0,0017x + 3,2664	0,0225
S ₈	y = 0,0015x + 10,672	0,0967
S ₉	y = 0,0022x + 6,3835	0,1926
S ₁₀	y = 0,0035x + 2,7714	0,2943

Em relação aos resultados apresentados (TABELAS 1 e 2), não foi possível observar a tendência linear dos dados, conforme esperado, pois a medida da frequência manteve-se praticamente constante enquanto a umidade diminuía com o tempo. A frequência de oscilação

do circuito deveria variar conforme a umidade medir a quantidade de água disponível no solo. FREITAS et.al (2012) utilizou o mesmo material para o desenvolvimento de sensores de umidade e obteve curvas de ajuste com tendência linear. No decorrer do experimento o sensor 4 quebrou-se impossibilitando a continuidade da coleta de dados com o mesmo.

Na FIGURA 3 é apresentado o comportamento médio dos sensores em função dos dias que foram realizadas as leituras.

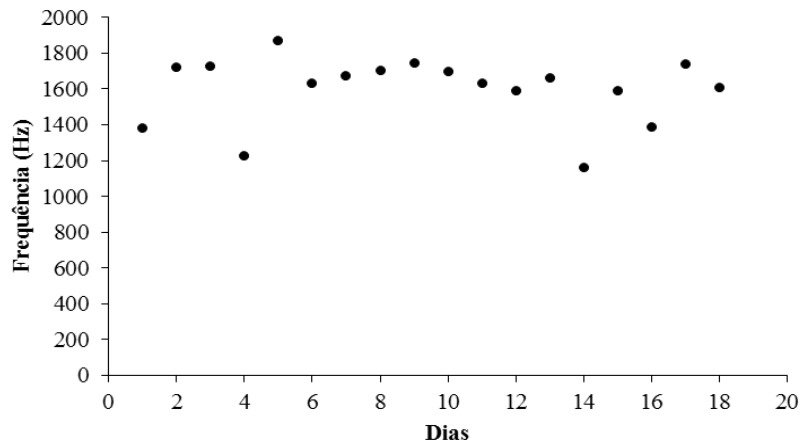


FIGURA 3. Representação do comportamento dos sensores desenvolvidos utilizado gesso.

O comportamento dos sensores desenvolvidos seguiu um padrão semelhante conforme verificado na FIGURA 3, devido à forma como que a frequência se relacionou com o passar do tempo. No dia 4 e 14 ocorreu algum problema com o circuito ou alguma interferência externa, pois todos os valores de frequência diminuíram bruscamente.

A FIGURA 4 mostra o comportamento médio da umidade dentro dos recipientes onde foram instalados os sensores desenvolvidos.

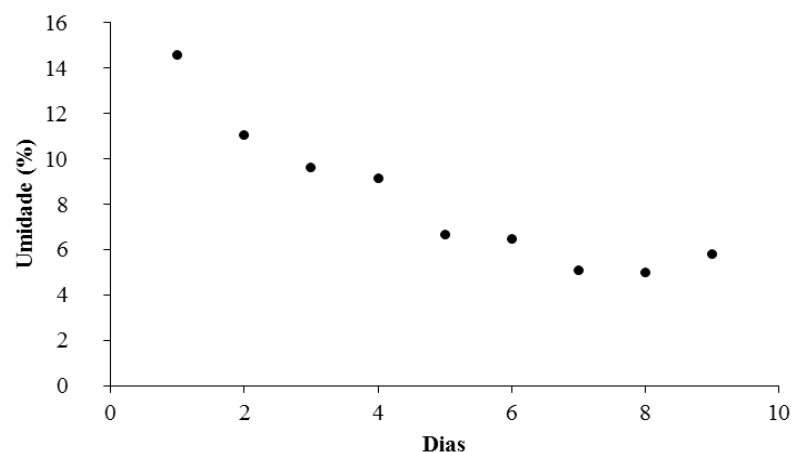


FIGURA 4. Curva da umidade média nos recipientes onde foram instalados os sensores.

A variação temporal da umidade média de acordo com as análises feitas pelo método padrão em estufa 24 horas, obteve o decréscimo conforme previsto. Entretanto, a leitura realizada no nono dia mostra que o valor da umidade aumentou, esse valor representa o local onde estava inserido o sensor, ou seja, foi retirada uma amostra de solo do local onde foi colocado o sensor para contraprova que o gesso estava retendo a umidade para ele. Assim, o

solo estava secando enquanto o gesso estava guardado a umidade, por isso os valores das frequências permaneciam praticamente constante. Com isso, o uso do gesso no desenvolvimento desse protótipo não atendeu as expectativas.

CONCLUSÕES

Os resultados obtidos mostraram que os sensores desenvolvidos com gesso, fio de cobre e cano de PVC de 32 e 50 mm, seguindo a metodologia aqui descrita não possibilitaram a quantificação do teor de umidade do solo, sendo necessário novos teste e avaliações. Portanto, trabalhos futuros podem utilizar outros materiais como, por exemplo, argila, cimento, sílica.

AGRADECIMENTO

A Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Minas Gerais (FAPEMIG), pela concessão da bolsa de iniciação científica.

REFERÊNCIAS

- ANDRADE, R da S & STONE, L F. Estimativa da umidade na capacidade de campo em solos sob Cerrado. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**. v.15, n.2, p.111–116, 2011
- CAPELLI, B. M. **Desenvolvimento de uma estufa controlada e monitorada remotamente**. 2014. Trabalho de conclusão de curso(Graduação em Engenharia de Computação). São Carlos/SP
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA –EMBRAPA. **Manual de métodos de análise de solo**. Rio de Janeiro: Ministério da Agricultura e do Abastecimento, 1997.212p.
- EUSTÁQUIO, J F L de L; SANTANA, G M de; SILVA, E L L da; ALEMÃO, P; VASCONCELOS, L C de L; SILVA, M E O da; PONTES, P M; SILVA, T F L da. **Construção e desenvolvimento de um sensor de umidade de solos utilizando Arduino**. Mostra Nacional de Robotica. Fundação Bradesco de Jaboatão/PE. 2012. 4p
- FLORIANO, Jordan da Silva; MACEDO, Euler Cássio Tavares de. **Desenvolvimento de sensor de umidade do solo de baixo custo para aplicação no setor agrícola paraibano**. 2014. XV Encontro de Extensão. Universidade Federal da Paraíba.
- FREITAS, W A de, CARVALHO, J D A, BRAGA, R. A & ANDRADE, M J de. (2012). Manejo da irrigação utilizando sensor da umidade do solo alternativo. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, 16(3), 268-275.
- KOPPEN, W. Das geographischa system der climate. In: KOPPEN, W.; GEIGER, G.C. Handbuch der klimatologie. Ger, Borntraeger, 1936. p. 1-44
- LABORATÓRIO DE GARAGEM. CI 555- Modo Astável (Oscilador). Disponível em: <<http://labdegaragem.com/profiles/blogs/ci-555-modo-astavel-oscilador>>. Acesso em: jan.2016.
- MENDES, Paulo Cesar de Souza. **Caracterização de um sensor para medição de umidade do solo com termo-resistor a temperatura constante**. Dissertação de mestrado em Engenharia elétrica. UFBA, 2006. Salvador/BA
- SILVA, J S; SAMPAIO, C P; MACHADO M C; MONACO, P A; 2001. **Preparo secagem e**

armazenamento. cap.5. p133 – 148. Dez. de 2001

SOARES, P. V.; PEREIRA, S. Y.; SIMÕES, S. J. C.; BERNARDES, G. P.; BARBOSA, S. A. Mapa de infiltração do alto e médio Vale do Paraíba do Sul com base em elementos do meio físico e na precipitação. Revista Ambi-Água, Taubaté, v. 3, n. 1, p. 26-42, 2008

GOMES, Isabelle Cordova. **Desenvolvimento de um sensor digital de umidade do solo e unidade remota de monitoramento utilizando comunicação sem fio.** Universidade tecnológica federal do Paraná. Departamento acadêmico de informática curso de engenharia de computação. Pato Branco- PA. 2016

UFV, UNIVERSIDADE FEDERAL DE VIÇOSA; FUNDAÇÃO CENTRO TECNOLÓGICO DE MINAS GERAIS; UNIVERSIDADE FEDERAL DE LAVRAS; FUNDAÇÃO ESTADUAL DE MEIO AMBIENTE. **Mapa de solos do Estado de Minas Gerais.** Belo Horizonte: Fundação Estadual de Meio Ambiente, 2010, 4p