

CALIBRAÇÃO DE SENSORES DE UMIDADE EM SUBSTRATO DE CASCA DE PINUS UTILIZANDO ARDUINO

JENNY ALINE GARCIA DA SILVA¹, BRUNA CAMILA LAMEIRA¹, MAYCON DIEGO RIBEIRO², RICARDO VIEIRA

¹ Graduanda em Engenharia Agrícola, Universidade Federal do Paraná/UFPR, Fone: (43)996157858, brunalameira.bcl@gmail.com. ² Engenheiro Agrícola, Prof. Doutor, UFPR/Jandaia do Sul-PR. Doutorando em Informática, PUC-PR.

Apresentado no
XLVIII Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola - CONBEA 2019
17 a 19 de setembro de 2019 - Campinas - SP, Brasil

RESUMO: A mensuração rápida, prática e precisa do teor de água no solo/substrato é um dos desafios para o meio agrícola. Alguns equipamentos como sensores de umidade necessitam de calibração para uma melhor acurácia. Nesse contexto, objetivo deste trabalho foi calibrar o sensor modelo LM393 da marca ZHIPU em substrato casca de pinus. Foram utilizados 3 sensores em 3 vasos (repetições) com substrato casca de pinus. Após as amostras serem saturadas iniciou-se o processo de secagem forçada em estufa à 65 °C, e realizadas 20 medições até que o valor da umidade base peso aproximasse de 0%. Sempre que se fazia leituras com os sensores utilizando o arduino, os vasos eram pesados para determinação da umidade gravimétrica, calculada pelo método padrão de estufa, com isso foi possível correlacionar com as leituras dos sensores. A curva de calibração de cada sensor foi ajustada através das leituras obtidas pelos sensores e as respectivas medidas de umidade gravimétrica. Desta forma, verificou-se que os sensores obteve uma correlação maior no intervalo de 0 – 40% de umidade.

PALAVRAS-CHAVE: Sensor resistivo, determinação da umidade, automação.

CALIBRATION OF MOISTURE SENSORS IN PINUS BARK SUBSTRATE USING ARDUINO

ABSTRACT: Rapid, practical and accurate measurement of water content in the soil / substrate is one of the challenges for the agricultural environment. Some equipment such as humidity sensors require calibration for better accuracy. In this context, the objective of this work was to calibrate the sensor model LM393 of the brand ZHIPU in substrate pinus bark. Three sensors were used in 3 vessels (repetitions) with substrate pinus bark. After the samples were saturated the oven forced drying process was started at 65 ° C, and 20 measurements were taken until the value of the basic moisture content was close to 0%. Whenever the sensor was read using the arduino, the vessels were weighed to determine the gravimetric humidity, calculated by the standard greenhouse method, with which it was possible to correlate with the readings of the sensors. The calibration curve of each sensor was adjusted through the readings obtained by the sensors and their gravimetric moisture measurements. In this way, it was verified that the sensors obtained a greater correlation in the range of 0 - 40% of humidity.

KEYWORDS: Resistive sensor, determination of humidity, automation.

INTRODUÇÃO: Na agricultura irrigada, o conhecimento do manejo de água é um fator fundamental e tem ganhado cada vez mais importância, visando maior eficiência de aplicação

de água, diante dos problemas hídricos atuais. Segundo Furlani et al. (1998) o manejo de irrigação em hortaliças cultivadas em substratos no Brasil, não tem o controle da umidade do substrato ou a evapotranspiração da cultura. A utilização de sensores para o monitoramento do teor de água no solo e/ou substrato tem papel fundamental no manejo da irrigação, auxiliando no momento correto de irrigar, evitando que o produtor corra o risco de sub ou superestimar o volume de água aplicada na planta. Apesar de existir vários métodos para a determinação do consumo hídrico, tanto métodos diretos quanto indiretos, poder ser desde muitos precisos e econômicos, precisos e prolongados ou rápidos e práticos. Métodos como o gravimétrico são métodos diretos em que não exigem materiais de alto custo, realizado por meio de pesagem e secagem de amostras de solo/substrato. E os sensores de umidade de solo/substrato são considerados métodos indiretos, por meio dos quais utilizam medidas de características do solo/substrato, relacionadas com a umidade, para determinação do teor de água, e possuem vantagens como mensuração rápida, medições não destrutivas, precisão aceitável (Stacheder et al., 2009). Esses sensores possuem calibração de fábrica que podem resultar em erro de leitura em função da variação da estrutura física do substrato. A metodologia mais aceita para reduzir esse erro é a calibração, onde esta permite reduzir diferenças que poderão afetar na precisão do sensor (Evet et al., 2006). Desta forma, o objetivo deste trabalho foi calibrar o sensor modelo LM393 da marca ZHIPU em substrato casca de pinus utilizando arduino.

MATERIAL E MÉTODOS: O experimento foi conduzido no laboratório de química da Universidade Federal do Paraná (UFPR), Campus Avançado de Jandaia do Sul, no município de Jandaia do Sul-PR. Foram utilizados 3 sensores de umidade do tipo resistivo modelo LM393 da marca ZHIPU anti corrosivo, com duas hastes de 5 cm para a estimativa da umidade do substrato em vaso. Os 3 sensores foram calibrados em substrato comercial de casca de pinus, em 3 vasos (repetições), durante um período de quatro dias das 9:00 às 21:00 horas, com medições dos sensores a cada 3 horas, totalizando 20 medições. Para cada sensor realizou-se 15 leituras para a obtenção da leitura média do sensor. Na aquisição de dados dos sensores, foi utilizada uma placa Arduino, base Shield Grove, cabo para conexões, display LCD e três sensores LM393 de umidade. Os sensores LM393 e o conversor do arduino AD de 10 bits de precisão converte o sinal de entrada de 0 a 5 volts para um valor numérico interno de programação de 0 a 1023. A linguagem utilizada para a programação foi a C++, desenvolvida no *software* Arduino. O procedimento de preenchimento dos três vasos plásticos de polietileno com o substrato seguiu a metodologia proposta, por Yeager (1995) e Pire & Pereira (2003). Após o preenchimento dos vasos com o substrato, tais foram submetidos ao processo de saturação. Os vasos ficaram em contato com a lâmina de água de $\frac{3}{4}$ da sua altura, por 16 horas, em seguida foram retirados da água e colocado em uma superfície perfurada durante 5 horas para drenar o excesso de água, e consequentemente deixar a umidade na capacidade de retenção de água do substrato. E logo após os vasos foram pesados em balança de precisão BEL S3102 que possuía resolução de 0,00 g, para determinar a massa úmida. Em seguida, foi feita a aferição nos vasos com substrato pelos sensores para a realização da leitura de dados, inserindo-os no centro do vaso. Depois da primeira leitura os vasos com substrato foram colocados na estufa à 65 °C, para acelerar a perda de água do substrato. A cada três horas os vasos eram retirados da estufa, deixando-os em temperatura ambiente para estabilizar a temperatura e depois eram realizadas as leituras de umidade pelos sensores, o qual emitia um valor numérico inteiro de 0 a 1023, de forma crescente quando reduzida a umidade, posteriormente os vasos eram pesados novamente em balança analítica e para determinar a umidade gravimétrica. Esse procedimento foi realizado durante quatro dias totalizando 20 tempos, até que as leituras aproximassem à 0% de umidade base peso, no qual foi verificado pelo método padrão de estufa (EMBRAPA, 1997). Para correlacionar os valores da leitura do sensor, com os resultados obtidos pelo método padrão de estufa, foram ajustadas a curva de calibração com sua respectiva equação, e a

qualidade do ajuste foi verificada pelo coeficiente de determinação (R^2). A curva de calibração de cada sensor foi determinada para intervalos de umidade de 0 a 200%, no qual foram subdivididos em intervalos menores, afim de obter o melhor ajuste.

RESULTADOS E DISCUSSÃO: Na Tabela 1, estão as equações de calibração de três sensores para o substrato de pinus. Conforme diminui a faixa de umidade aumenta o valor do R^2 . Nas condições de realização do estudo foi notado que ambos os sensores funcionou de maneira satisfatória no intervalo de 0 a 40% de umidade base peso, intervalo superior ao encontrado por Oliveira et al. (2008), o qual as leituras foram realizadas até o intervalo de 20 a 25 % de umidade do solo, apresentando dificuldades nas leituras, indicando resultados inconstantes e inconclusivos.

TABELA 1. Equações de calibração de três sensores para o Substrato de Pinus em cada intervalo de umidade.

SENSOR	UMIDADE BASE PESO (%)	EQUAÇÃO DE AJUSTE DA CURVA	R^2
1	0-200	$Y = -5,9E-07x^3 + 0,00123x^2 - 0,8181x + 175,859$	0,5133
2	0-200	$Y = -6,4E-07x^3 + 0,00135x^2 - 0,8879x + 180,862$	0,4926
3	0-200	$Y = -7,1E-07x^3 + 0,00142x^2 - 0,8950x + 186,243$	0,5220
1	0-160	$Y = -8,9E-07x^3 + 0,00171x^2 - 0,9893x + 175,381$	0,6991
2	0-160	$Y = -9,6E-07x^3 + 0,00188x^2 - 1,1040x + 185,040$	0,7221
3	0-160	$Y = -1,1E-06x^3 + 0,00210x^2 - 1,1535x + 193,837$	0,7228
1	0-120	$Y = -6,3E-07x^3 + 0,00121x^2 - 0,7032x + 131,348$	0,7807
2	0-120	$Y = -7,2E-07x^3 + 0,00141x^2 - 0,8216x + 141,811$	0,8344
3	0-120	$Y = -7,7E-07x^3 + 0,00145x^2 - 0,8073x + 144,312$	0,7891
1	0-80	$Y = -3,5E-07x^3 + 0,00068x^2 - 0,4155x + 89,570$	0,8296
2	0-80	$Y = -4,5E-07x^3 + 0,00088x^2 - 0,5237x + 100,579$	0,8728
3	0-80	$Y = -4,2E-07x^3 + 0,00080x^2 - 0,4675x + 96,411$	0,8359
1	0-40	$Y = -1,7E-07x^3 + 0,00032x^2 - 0,2067x + 55,60$	0,9554
2	0-40	$Y = -2E-07x^3 + 0,00041x^2 - 0,2555x + 61,216$	0,9000
3	0-40	$Y = -1,8E-07x^3 + 0,00034x^2 - 0,2169x + 58,073$	0,9415
1	0-20	$Y = -1,3E-07x^3 + 0,00023x^2 - 0,1421x + 41,190$	0,9478
2	0-20	$Y = -3,8E-09x^3 - 4,3E-05x^2 + 0,0314x + 10,783$	0,9421
3	0-20	$Y = -2,8E-08x^3 + 3E-07x^2 - 0,0182x + 19,303$	0,9060

Com os dados obtidos foi possível criar gráficos que representasse o comportamento dos sensores de acordo com a umidade presente no substrato, determinando uma equação de umidade, através das leituras dos sensores e umidade gravimétrica, método padrão de estufa. De acordo com Reichardt et al. (2012) a resistência do solo é variável, dependendo da umidade e potencial matricial do solo, etc. Conforme analisado na Tabela 1 a relação entre a Leitura dos Sensores e valores da Umidade base peso melhor se ajustou para a faixa de umidade de 0 a 40 %, por uma equação polinomial de terceiro grau, com elevado grau de ajuste de 0,9554; 0,9045 e 0,9415, respectivamente para os sensores 1, 2 e 3 (Figura 1). O comportamento da curva de calibração tende apresentar valores maiores das leituras do sensor quando a umidade base peso diminui. É possível observar que o sensor 2 apresentou R^2 menor, em relação ao sensor 1 e 3, com a leitura do arduíno variando de 1022 a 137, respectivamente. Miranda et al. (2007), ao avaliar um sensor dielétrico ECH₂O em dois tipos de solo, observaram que o sensor apresentou resultados inconsistentes e inconclusivos para teores mais altos de umidade do solo.

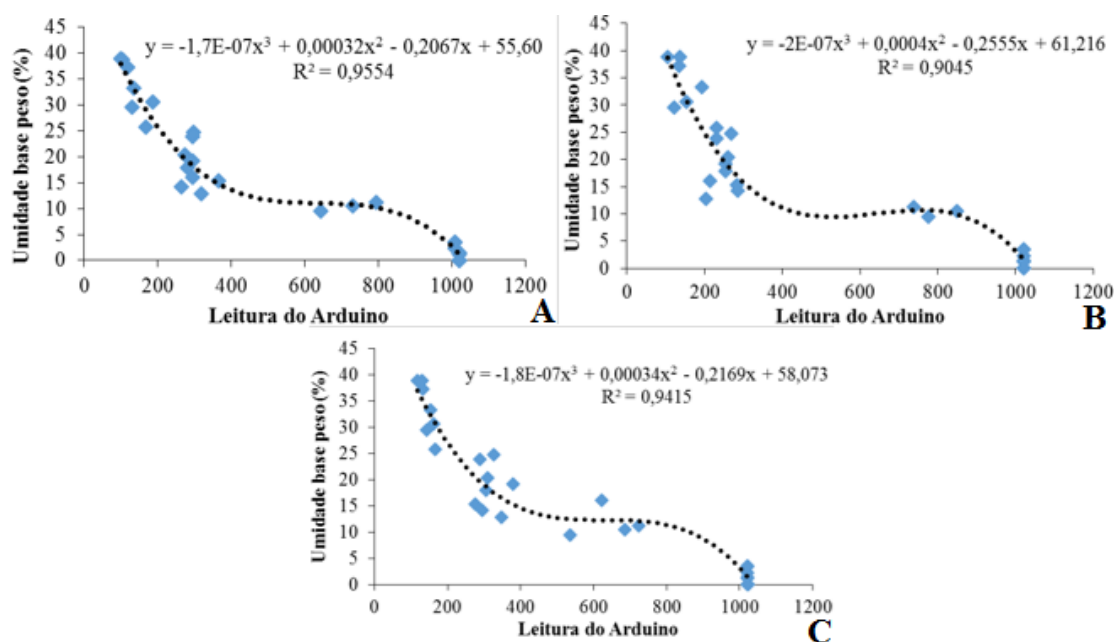


Figura 1. Curva de calibração do sensor 1 (A), sensor 2 (B) e sensor (3) para substrato de pinus no intervalo de 0 - 40%.

CONCLUSÕES: Os sensores de umidade LM393 1, 2 e 3 apresentou correlação maior que 0,9 no intervalo de 0 a 40% de umidade base peso do substrato de pinus. Os sensores 1, 2 e 3 apresentaram R^2 , respectivamente de 0,51, 0,49 e 0,52 no intervalo de 0 – 200% de umidade base peso para o substrato de pinus. É recomendado apenas utilizar o sensor na faixa de 0 a 40 % de umidade base peso.

REFERÊNCIAS:

- EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Manual de métodos de análises de solo**. Rio de Janeiro: Centro Nacional de Pesquisa de Solos, p.15-21, 1997.
- EVETT, S.R.; TOLK, J.A.; HOWELL, T.A. Soil profile water content determination: sensor accuracy, axial response, calibration, temperature dependence, and precision. **Vadose Zone Journal**, v.5, p.894-907, 2006.
- FURLANI, R.A.; BOTREL, T.A.; PAZ, V.P.S. Consumo de água pela cultura do crisântemo envasado sob condições de casa de vegetação. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**. Campina Grande, v. 2, n. 1, p. 52-55, 1998.
- MIRANDA, F. R.; SANTANA, M. G. S.; SOUZA, C. C. M.; OLIVEIRA, C. H. C. Calibração do sensor dielétrico ECH₂O em dois tipos de solo. **Revista Ciência Agronômica**. Fortaleza, v.38, n.3, p.317-321. 2007.
- OLIVEIRA, I. B.; NASCIMENTO, P. dos S.; RIBEIRO, R. S. **Medidor Alternativo de Umidade do Solo**. Preparação do resumo expandido para o 12º Seminário de Iniciação Científica da UEFS. 2008.
- PIRE R; PEREIRA A. 2003. **Propriedades físicas de componentes de sustratos de uso común en la horticultura del estado Lara**, Venezuela: Propuesta Metodológica. Bioagro 15: 55-63.
- REICHARDT, K.; & TIMM, L. C. **Solo, Planta e Atmosfera: Conceitos, Processos e Aplicações**. 2 ed., Barueri, SP: Manole, 2012.
- STACHEDER, M.; KOENIGER, F.; SCHUHMANN, R. New dielectric sensors and sensing techniques for soil and snow moisture measurements. **Sensors**, v.9, p.2951-2967, 2009.
- YEAGER TH. 1995. **Container substrate physical properties**. The Woody Ornamentalist, Environmental Horticulture Department, University of Florida, v.20, n.1.