



Desenvolvimento de um equipamento para medida de umidade do solo baseado em sistema *open source* de baixo custo

Development of equipment to measure soil moisture based on a low-cost open source system

Gabriel Augusto Luz do Carmo ¹, Augusto Satoshi Yoshida Costa ², Fernando Yudi Obara ³, Augusto Luengo Pereira Nunes ⁴, Jefferson Sussumu Aguiar Hachiya ⁵, Leonardo Carmezini Marques ⁶, Daniele Albuquerque ⁷, Marcelo Hidemassa Anami ⁸

RESUMO

Monitorar a quantidade de água no solo tem várias funções, sendo uma delas o manejo da irrigação. Este trabalho teve por objetivo desenvolver um equipamento para medida de umidade do solo baseado em sistema open source de baixo custo. O sistema foi implementado sobre uma placa de desenvolvimento Arduino® Mega 2560 Rev3, a programação do hardware Arduino® se sucedeu utilizando-se a IDE que é baseada na linguagem C++. Foram construídos micro lisímetros com volume aproximado de 100 cm³ onde as amostras indeformadas foram coletadas em Latossolos da região de Londrina. Os resultados em relação aos custos, para aquisição dos componentes totalizou o valor de R\$200,00 durante o segundo semestre de 2022. O resultado da calibração inicial apresentou coeficiente de determinação de 90%, esta equação foi utilizado no programa para a configuração do sistema e validação com amostras retiradas a campo e o resultado das leituras realizadas pelo protótipo apresentou um coeficiente de determinação de 95,31% considerado excelente. Conclui-se que o protótipo desenvolvido é adequado, devido ao sistema de visualização, com baixo custo e precisão validados pela correlação com a umidade real do solo.

PALAVRAS-CHAVE: Arduino, Automação, Irrigação.

ABSTRACT

Monitoring the amount of water in the soil has several functions, one of which is irrigation management. This work aimed to develop equipment for measuring soil moisture based on a low-cost open source system. The system was implemented on an Arduino® Mega 2560 Rev3 development board, programming the Arduino® hardware was carried out using the IDE which is based on the C++ language. Micro lysimeters with an approximate volume of 100 cm³ were constructed where undisturbed samples were collected in Oxisols in the Londrina region. The results in relation to costs, the budget allocated for purchasing the components was R\$200.00 during the second half of 2022. The results of the initial calibration present a coefficient of determination of 90%, this equation was used in the program to configure the system and validation with samples taken in the field and the results of the readings carried out by the prototype showed a coefficient of

1 Bolsistas do CNPq. Instituto Federal do Paraná, Londrina, Paraná, País. E-mail: gabrluz123@gmail.com. ID Lattes: 4845002082494473

2 Bolsistas do CNPq. Instituto Federal do Paraná, Londrina, Paraná, País. E-mail: ygutocosta@gmail.com. ID Lattes: 0216953838317118

3 Bolsistas do CNPq. Instituto Federal do Paraná, Londrina, Paraná, País. E-mail: yudiobara@gmail.com. ID Lattes: 8588501963066298

4 Docente. Instituto Federal do Paraná, Londrina, Paraná, País. E-mail: augusto.nunes@ifpr.edu.br. ID Lattes: 6074532556808054

5 Docente. Instituto Federal do Paraná, Londrina, Paraná, País. E-mail: jefferson.hachiya@ifpr.edu.br. ID Lattes: 2703279126438378.

6 Docente. Instituto Federal do Paraná, Londrina, Paraná, País. E-mail: leonardo.carmezini@ifpr.edu.br. ID Lattes: 7559934174616296

7 Técnica de Laboratório - Bióloga. Instituto Federal do Paraná, Londrina, Paraná, País. E-mail: daniele.albuquerque@ifpr.edu.br. ID Lattes: 0605762301603623.

8 Docente. Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Londrina, Paraná, Brasil. E-mail: mhanami@utfpr.edu.br. ID Lattes: 3307401491797973.



determination of 95.31% considered excellent. It is concluded that the developed prototype is suitable, due to the visualization system, with low cost and accuracy validated by correlation with real soil moisture.

KEYWORDS: Arduino, Automation, Irrigation.

INTRODUÇÃO

O solo possui várias funções ecológicas como a sustentação e o desenvolvimento de vegetais além de garantir armazenamento e suprimento de água, elementos minerais e orgânicos necessários à vida. Assim é importante garantir a produção de alimentos para uma população crescente, ao mesmo tempo em que os recursos naturais estão sendo ameaçados em parte pela degradação do solo e pelos processos de urbanização (BRADY E WEIL, 2013).

As técnicas de medida de umidade do solo são classificadas geralmente como métodos diretos e métodos indiretos. Como método direto, tem-se o gravimétrico, que pode ser realizado com a utilização de uma estufa ou um forno de microondas. Os métodos indiretos são aqueles por meio dos quais torna possível determinar a quantidade de água presente no solo utilizando-se medidas de características dos mesmos, relacionadas com a umidade. Dentro os métodos de medidas indiretas tem-se a TDR, a sonda de nêutrons, blocos de gesso, atenuação por raios gama, etc. (BRAGA et al. 2017).

A automação da coleta de dados e análises é de grande importância para aumentar o número de amostras necessárias para realização das avaliações de qualidade física e hídricas do solo.

Este trabalho teve por objetivo desenvolver um equipamento para medida de umidade do solo baseado em sistema open source de baixo custo.

MATERIAIS E MÉTODOS

A programação do hardware Arduino® se sucedeu conforme os conceitos de Manzano e Oliveira (2005), nos quais o computador é utilizado para solucionar problemas que envolvam a manipulação de informações. A programação utilizada envolve conceitos da linguagem C++, sendo que a IDE utilizada é a própria do hardware Arduino® (ARDUINO, 2023.).

O sistema foi implementado sobre uma placa de desenvolvimento Arduino® Mega 2560 Rev3, que oferece 16 MHz de processamento, 8 KB de memória SRAM, 256 KB de memória flash e 4 KB de armazenamento EEPROM, bem como 70 pinos de comunicação, sendo 54 deles digitais (0-1) e 16 analógicos (0-1027), além de disponibilizar 4 canais seriais, conforme Arduino (2023). Apesar de limitado aparentemente, tais aspectos o tornam capaz de gerenciar vários periféricos, mostrando-se como um dos modelos mais potentes oferecidos.

Foram realizadas as seguintes etapas: seleção dos sensores e unidade de controle; seleção dos componentes acessórios; montagem dos componentes na unidade de controle; modelagem do circuito; realização da programação do hardware Arduino®; testes de funcionamento do periférico; ajustes e revisão final de funcionamento do periférico.

Para validar o sistema foram realizados ensaios em laboratório inicialmente, utilizando micro lisímetros com volume aproximado de 100 cm³ onde as amostras indeformadas foram coletadas em Latossolos da região de Londrina – PR. O material do



seu interior foi saturado para realização dos testes do sensor de umidade, segundo as recomendações de Trintinalha (2000), com adaptações.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

O Quadro 1 apresenta os custos levantados para o desenvolvimento do protótipo.

Quadro 1. Levantamento dos Componentes

Equipamento	QTD	Valor Mercado
Placa de desenvolvimento Arduino® Mega 2560 Rev 3	1	R\$140,00
Protoboard 400 pontos	1	R\$12,00
Conjunto de Jumper's	3	R\$3,00
Sensor Capacitivo de Umidade do Solo V2.0 - com Regulador	1	R\$15,00
Display LCD 16x2 (Azul) com Módulo Adaptador I2C	1	R\$35,00
Caixa plastica	1	R\$15,00

Fonte: Elaborado pelos autores (2023)

Quanto aos custos, o orçamento destinado para aquisição dos componentes ficou em R\$220,00 durante o segundo semestre de 2022. Para efeito comparativo, um medidor de umidade do solo sem fio modelo IP-291S, pode ser encontrado no mercado por no mínimo R\$ 424,15 (MADEIRAMADEIRA, 2023), porém, para se adquirir os modelos mais tecnológicos, o valor a ser desembolsado pode chegar em até R\$ 100.000,00.

O código do programa do sensor de umidade realizado na plataforma IDE do Arduino é mostrado na Figura 1



Figura 1. Linhas do programa no arduino IDE

```
sensor_de_umidade_2.0_Gabriel_Augusto_Luz | Arduino 1.8.13
Arquivo Editar Sketch Ferramentas Ajuda

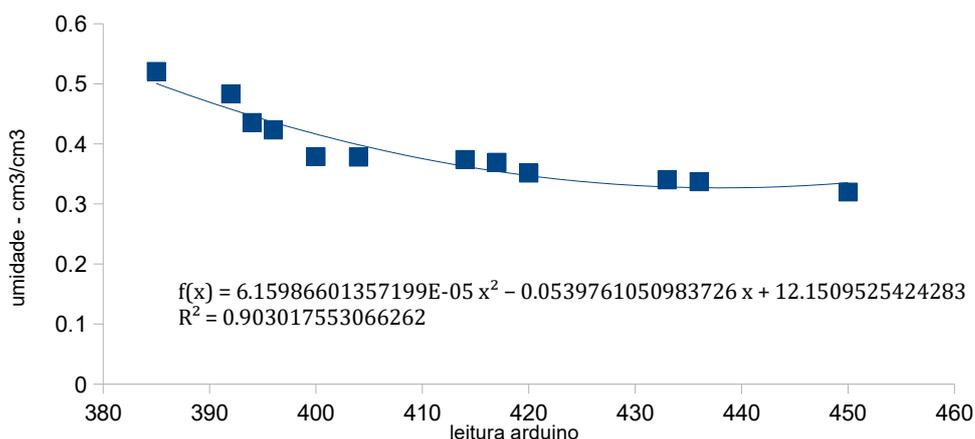
sensor_de_umidade_2.0_Gabriel_Augusto_Luz §

#include <Wire.h>
#include <LiquidCrystal_I2C.h>
#define umidPin A0
LiquidCrystal_I2C lcd(0x3F, 16, 2); // Endereço I2C, número de colunas e número de linhas do display
void setup() {
  Serial.begin(9600);
  lcd.init(); // Inicializa o display LCD
  lcd.backlight(); // Liga a luz de fundo do display
  lcd.clear();
  lcd.setCursor(0, 0);
  lcd.print("UMIDADE DO SOLO");
}
void loop() {
  delay(2000);
  int umidValue = analogRead(umidPin);
  double umidade = 0.00000616 * umidValue * umidValue - (-0.054) * umidValue + 12.15;
```

Fonte: Elaborado pelos autores (2023)

O resultado obtido com as medições realizadas pelo sensor de umidade capacitivo na versão 2.0 é apresentada na Figuras 2.

Figura 2. Calibração inicial das leituras realizadas por sensor de umidade capacitivo versão 2.0



Fonte: Elaborado pelos autores (2023)

A calibração inicial apresentou coeficiente de determinação de 90%, esta equação foi utilizado no programa para a configuração do sistema e validação com amostras retiradas a campo.

O protótipo desenvolvido com o microlisímetro utilizado para medição é mostrado na Figura 3.



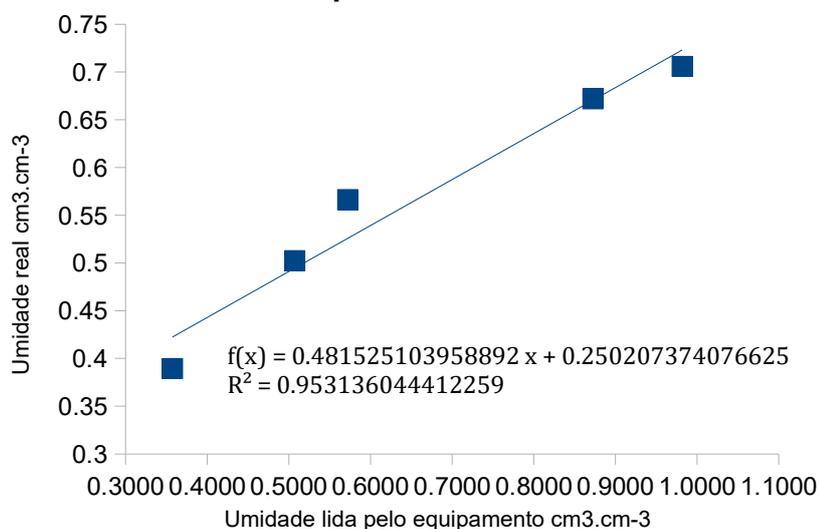
Figura 3. Protótipo desenvolvido com sensor de umidade capacitivo versão 2.0



Fonte: Elaborado pelos autores (2023)

A Figura 4 mostra o resultado da leitura do protótipo, comparado com a umidade real medida pela perda de massa de água do lisímetro

Figura 4. Leituras realizadas pelo protótipo usando o sensor de umidade capacitivo versão 2.0



Fonte: Elaborado pelos autores (2023)

O resultado das leituras realizadas pelo protótipo apresentou um coeficiente de determinação de 95,31% considerado excelente. Comparando com trabalhos realizados por Sena et al. (2020) que utilizou sensor capacitivo EC-5, e Paris e Rosa (2018) que utilizou sensor capacitivo CS12, ambos trabalhos obtiveram coeficientes de determinação na calibração acima de 90%.

Outros testes ainda são necessários para validação do protótipo.



CONCLUSÃO

Os resultados obtidos pelo protótipo desenvolvido é adequado, devido ao sistema de visualização, com baixo custo e precisão validados pela correlação com a umidade real do solo.

Agradecimentos

Agradecemos à Universidade Tecnológica Federal do Paraná – UTFPR e ao Instituto Federal do Paraná – IFPR, por disponibilizar os docentes, estrutura e apoio no desenvolvimento ao projeto, ao CNPq/CAPES pela concessão da bolsa.

Disponibilidade de código

Os códigos não estão disponíveis integralmente por questão de sigilo e futura solicitação de propriedade intelectual.

Conflito de interesse

Não há conflito de interesse, nesta pesquisa

REFERÊNCIAS

- ARDUINO®. **Arduino® Mega 2560 Rev3 Product Reference Manual**. Disponível em: <https://docs.arduino.cc/hardware/mega-2560>. 2023. Acesso em: 31/08/2023.
- BRADY, N.C.; WEIL, R.R. **Elementos da natureza e propriedades dos solos**. 3.ed. Porto Alegre: Bookman, 2013. 704p
- BRAGA, M. B.; GUEDES, I. M. R.; SILVA, J.; LIMA, C. E. P. **Determinação simplificada da umidade do solo visando o manejo de irrigação em hortaliças** - Brasília, DF: Embrapa Hortaliças, 2017. 25 p. (Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento /Embrapa Hortaliças, 155)
- MANZANO, J. A. N. G.; OLIVEIRA, J. F. **Algoritmos: lógica para desenvolvimento de programação de computadores**. 17. ed. Érica, 2005
- MADEIRAMADEIRA. Medidor de umidade do solo sem fio IP-291S, 2023. Disponível em: <https://www.madeiramadeira.com.br/medidor-de-umidade-do-solo-sem-fio-ip-291s-374571657.html>. Acesso em 21/10/2023
- PARIS, L.A. E ROSA, H. A. Calibração do sensor de umidade de solo capacitivo cs12 em latossolo vermelho distroférico. **Anais [...]** 12^a. Semana Acadêmica de Agronomia. Cascavel, PR. 2018. Disponível em: <https://www.fag.edu.br/upload/revista/seagro/6310c0bd3adf5.pdf>. Acesso 20/10/2023.
- SENA, C. C. R.et al. Calibração do sensor capacitivo de umidade do solo EC-5 em resposta a granulometria do solo. **Braz. J. of Develop.**,Curitiba, v. 6, n.4,p.17228-17240apr.2020
- TRINTINALHA, M. A. **Avaliação da técnica de reflectometria no domínio do tempo (tdr) na determinação de umidade em NITOSSOLO VERMELHO Eutroférico**. Maringá, 2000. (Dissertação de mestrado). Universidade Estadual de Maringá. 67P