

Sistema Automatizado para Irrigação de Plantas

Eliana So ¹; Pedro Bauke ¹; Andressa Martins ²; Rodrigo França ²

¹ Aluno do Instituto Mauá de Tecnologia (IMT);

² Professor do Instituto Mauá de Tecnologia (IMT).

Resumo. *Este relatório técnico descreve o desenvolvimento de um sistema automatizado para irrigação de plantas, com foco em otimizar o manejo da umidade do solo em ambientes domésticos. O sistema emprega um sensor de umidade do solo resistivo, escolhido por sua simplicidade e baixo custo, que opera pela variação da resistência conforme a concentração de água e íons no solo. A estrutura mecânica foi construída com MDF e materiais reciclados, utilizando uma bomba d'água para o transporte do líquido. A eletrônica é controlada por um microcontrolador RP2040, que gerencia a leitura do sensor, o acionamento de um relé para a bomba e a exibição de dados em um display OLED. Para realizar a quantificação de umidade foi realizada uma calibração do sensor coletando-se dados do pino de ADC a partir de determinadas concentrações de água. O sistema funcionou devidamente, porém foram identificados problemas de alta sensibilidade do sensor e a necessidade de calibração para diferentes tipos de solo devido à variação na concentração de íons, o que exige ajustes para garantir medições precisas.*

Introdução

A umidade é uma grandeza física fundamental em várias aplicações e a sua quantificação é essencial para otimizar desempenhos de sistemas, evitar perdas e gastos e garantir conforto à saúde humana. Para a sua medição são utilizados sensores de umidade que são amplamente utilizados em diversas áreas.

Em indústrias, por exemplo, monitora-se a umidade do ar para evitar problemas de ferrugem e danos às máquinas, além em indústrias alimentícias, controlam a qualidade do produto. No ambiente doméstico, os sensores são integrados em sistemas de aquecimento/refrigeração para otimizar a sua eficiência energética e melhorar a qualidade do ar reduzindo infecções respiratórias e alergias. Uso em agricultura, onde a concentração de água no solo é essencial para o rendimento das culturas, além disso, são ideais para prevenir o crescimento de mofo em plantas e solo.

É perceptível sua alta gama de aplicações em diversos setores, os quais alguns dos seus principais foram citados brevemente. Essa diversificação também se aplica à tecnologia empregada nos sensores, os principais e os mais populares tipos de sensores são os resistivos, capacitivos e de condutividade térmica.

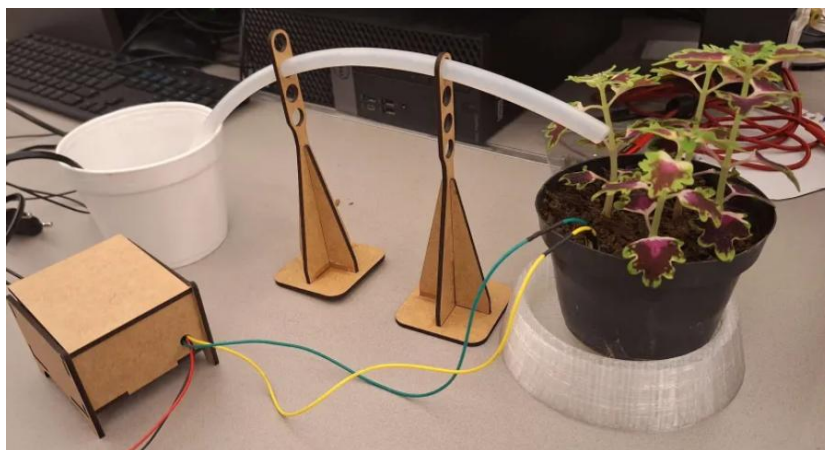
Visando em uma aplicação para automação residencial e agricultura, optou-se a criação de um sistema de irrigação inteligente para vasos de planta domiciliar, visto que, de acordo com o Censo QuintoAndar de Moradia de 2021, 37% dos entrevistados relataram um aumento no hábito de cuidar de plantas ou de jardins durante a pandemia de COVID-19, além de 69% dos entrevistados gostam de cultivar plantas em seus lares.

Para a realização do sistema de irrigação para agradar os amantes de plantas, optou-se na confecção de um sensor de umidade resistivo pela sua simplicidade de design, baixo custo e capacidade de medir grandes variações de umidade.

Material e Métodos

Com o foco na automação residencial, optou-se por utilizar materiais de fácil acesso, como MDF e materiais reciclados, pois dessa forma se torna possível a reprodução do sistema em ambientes residenciais. Na Figura 1 está a montagem final do projeto.

Figura 1 – Montagem final



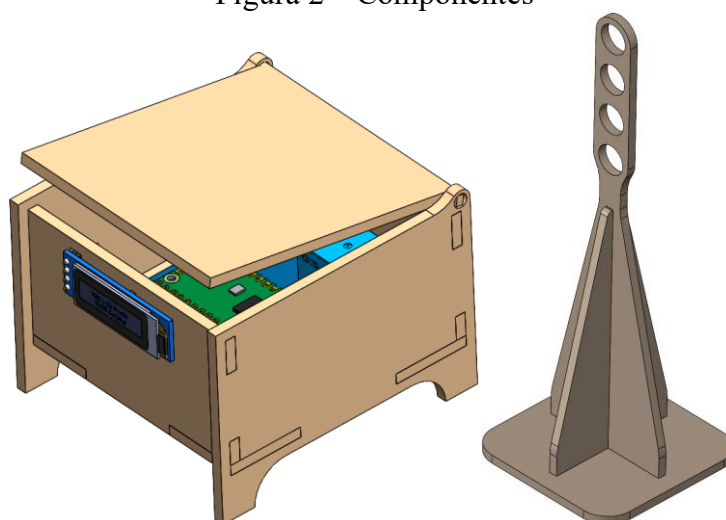
Mecânica

Para regar a planta é importante qualquer recipiente para armazenar água e um método de transportar o líquido para a planta. Optou-se no uso de um recipiente reciclável (vasilha de isopor) do tamanho ideal para caber uma bomba d'água, que no caso, utilizou-se de uma bomba para fonte de bebedouro para animais de estimação e um tubo de plástico de 10mm de diâmetro para o transportar a água para a planta.

O restante da parte estrutural, utilizou-se de chapas de MDF de 3mm, devido à versatilidade e rápida prototipação. A montagem é formada por um “corpo central”, definida por uma caixa com tampa basculante para comportar toda a eletrônica e um rasgo na parte frontal para o display, além disso, foram feitos “postes” reguláveis para arquear e suportar o tubo de plástico da bomba d'água, pois a fluidez da água depende da sua angulação.

Todos os componentes, para que sejam cortados no corte a laser, foram feitas no Solidworks como demonstra na Figura 2.

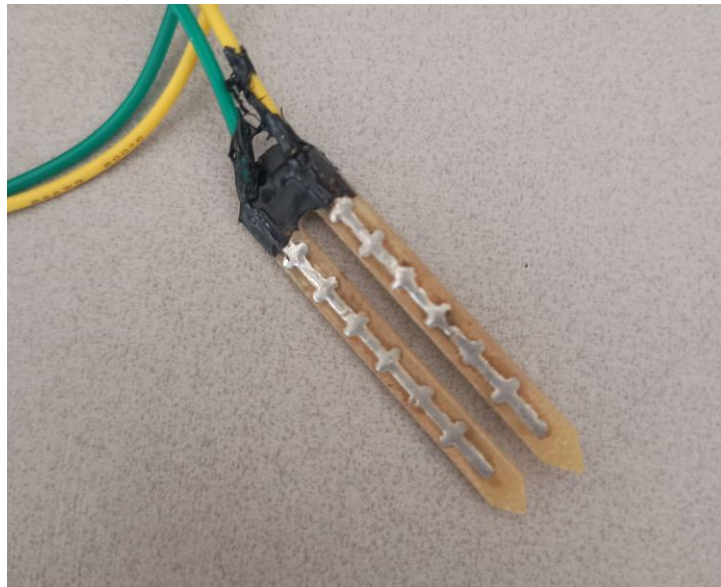
Figura 2 – Componentes



Sensor

O sensor desenvolvido é um sensor de umidade do solo resistivo, esse tipo de sensor consiste em basicamente dois eletrodos metálicos, ou seja, pode-se utilizar pregos, fios de cobre. A Figura 3 mostra a placa de circuito impresso com duas trilhas paralelas que servem como os eletrodos do sensor.

Figura 3 – Sensor de umidade do solo



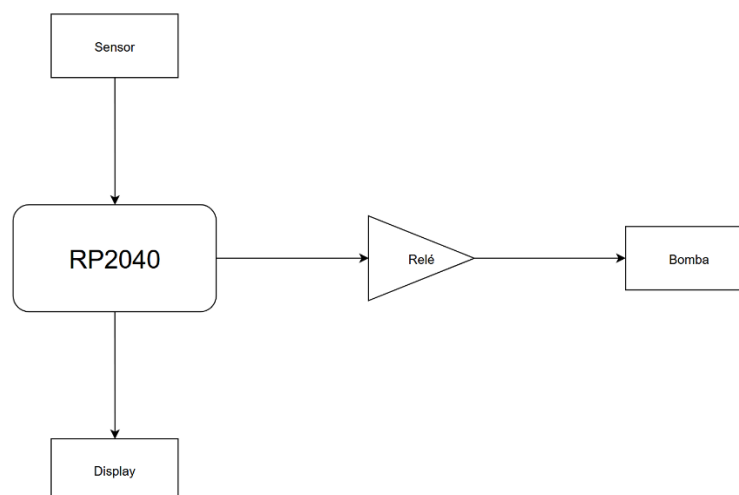
O sensor é composto por dois eletrodos que são inseridos no solo, e estabelecem uma conexão elétrica através dele. Por estar em constante contato com a umidade, o sensor é suscetível à oxidação e corrosão, um problema comum de se acontecer com eletrônicos, portanto, para aumentar a sua vida útil, as trilhas de cobres da placa foram estanhadas.

Seu funcionamento se dá pela variação da resistência do solo, ou seja, a capacidade do solo de resistir a passagem de corrente elétrica. Isso acontece devido a presença de íons dispersos no solo, e como a água também apresenta íons, quanto maior a concentração de água no solo, mais íons estarão presentes, dessa forma a resistividade diminui e mais elétrons conseguem atravessar entre os eletrodos do sensor.

Eletrônica

Para a criação e fabricação da placa de controle, foi montado o diagrama de blocos ilustrado pela Figura 4, que representa de maneira simples e clara como cada elemento do circuito se comunica, explicitando como os componentes trocam informações entre si.

Figura 4 – Diagrama de blocos do sistema



Com o diagrama de blocos montado, utilizou-se do software EasyEDA para a criação do esquema elétrico e da placa de circuito impresso. As Figura 5 e 6 apresentam o diagrama elétrico e a PCB, respectivamente.

Figura 5 – Esquema elétrico da placa de controle

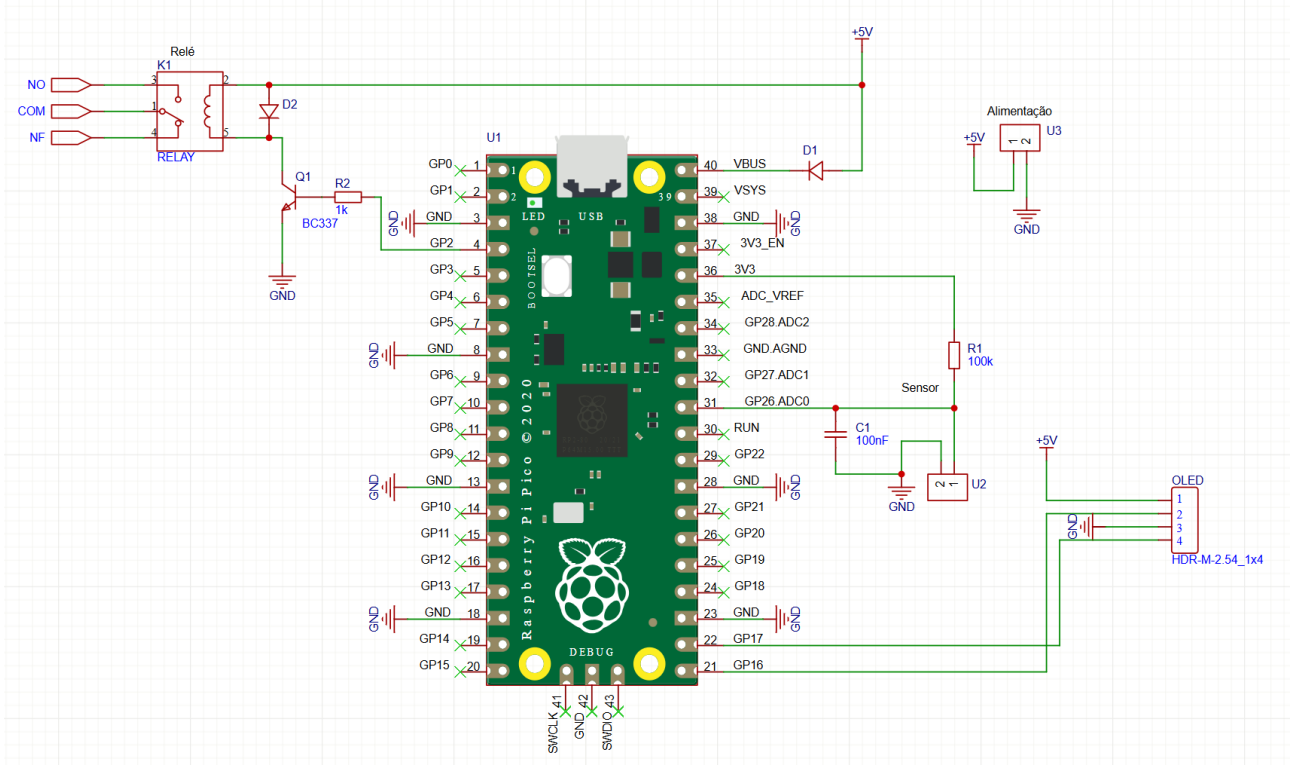
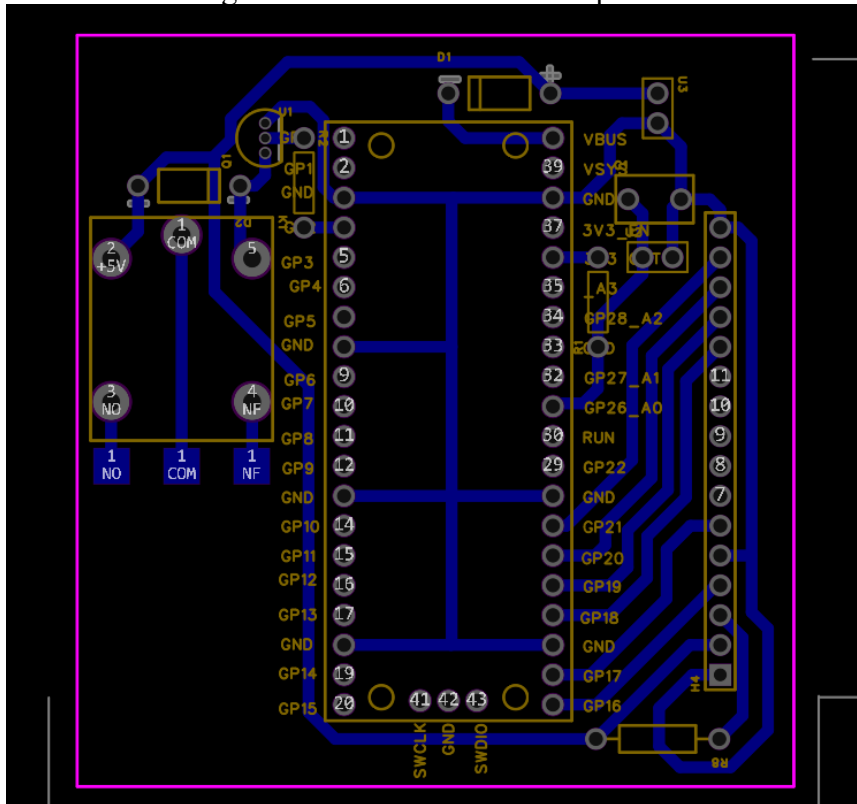


Figura 6 – Placa de circuito impresso



O sensor é conectado no conector U2 e a leitura ocorre através do divisor de tensão que existe com o resistor R1 de 100 k Ω e o próprio sensor, o capacitor C1 de 100 nF está presente para estabilizar a leitura do ADC que está no GPIO26 do microcontrolador Raspberry Pi Pico, o qual é representado pelo dispositivo U1 nas Figuras 5 e 6.

Para o acionamento da bomba, utiliza-se o relé 875B-1CC-F-S, uma vez que a bomba utilizada funciona em corrente alternada e o sistema de controle, em corrente contínua. Como o relé necessita de um sinal de +5V para ser acionado e o microcontrolador tem como nível lógico alto +3,3V, um transistor foi adicionado no circuito, agindo como elemento que chaveia a parte que conecta a bobina do relé ao GND.

Além disso, o circuito apresenta um display OLED 128x32, que se comunica com o microcontrolador através do protocolo I2C, para exibir informações como a umidade relativa do solo e o valor lido pelo conversor analógico-digital do RP2040, ilustrado na Figura 7. A PCB apresenta uma barra de 16 vias pois em sua versão inicial, um display LCD era considerado como forma de apresentar as informações.

Figura 7 – Visor OLED para apresentação dos dados



A alimentação da placa de controle é realizada através dos conectores U3, nos quais fios são soldados e na outra ponta desses fios conectam em cabos banana-jacaré conectados a uma fonte de bancada que fornece +5V ao sistema.

Calibração

Para conseguir mensurar o que o sensor está lendo, é imprescindível fazer sua calibração. O processo foi realizado utilizando uma amostra de 78,22g de terra seca e para cada 5 minutos, 6,37ml de água (equivalente ao volume de uma tampinha de garrafa) foram adicionados na amostra. Os valores de ADC, quando estabilizados, foram coletados em cada iteração e anotados na Tabela 1.

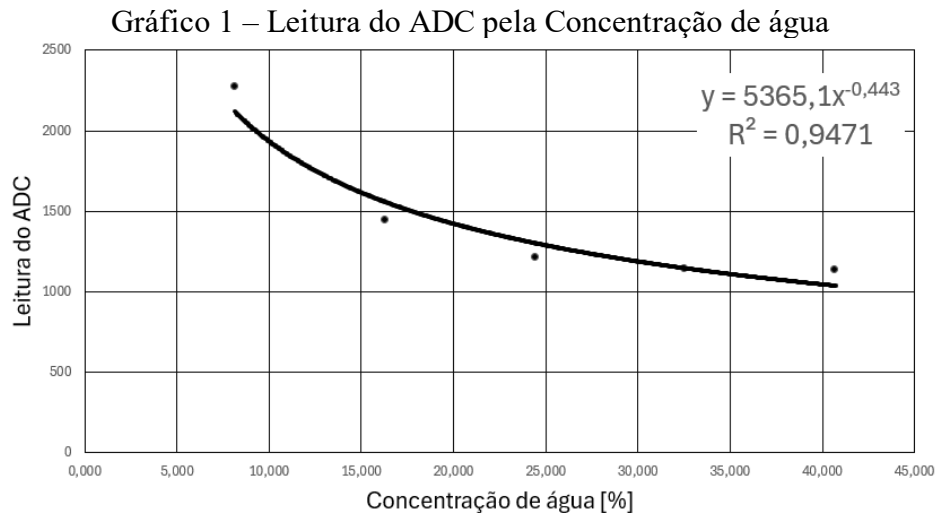
Tabela 1 – Dados coletados

Valor ADC	Água (ml)	Concentração de água (%)
3600	0,00	0,000
2270	6,37	8,145
1440	12,74	16,290
1210	19,11	24,435
1140	25,48	32,580
1135	31,86	40,725
1125	38,23	48,870
1113	44,60	57,016
1109	50,97	65,161
1110	57,34	73,306
-	63,71	81,451
-	70,08	89,596

A coluna de concentração de água foi determinada utilizando a quantidade de água acumulada dividida pela massa da amostra do solo, o qual denota um valor importante para a quantização de água no solo, e consecutivamente, o valor ideal para a planta.

É importante notar empiricamente que a partir de 31,86ml de água (equivalente a 1135 em ADC), o solo atinge a saturação, tornando-o extremamente úmido. Ressalta-se também, através da tabela, a baixa variação nos valores de ADC para esse estado, portanto, é desprezável os valores a partir do 6º ponto.

Com os dados entre 8,145% a 40,725%, o Gráfico 1 esboça a curva comportamental do sensor permitindo que sua tendência seja utilizada para estimar a concentração de água no vaso de plantas.



Código

Na parte do software, para a constante observação do estado do solo e verificar a necessidade de rega, a leitura do sensor é realizada via interrupção de timer, em um intervalo de 500ms. No loop principal, ocorre a conversão do valor lido pelo ADC em um valor de umidade relativa do solo, utilizando-se da Equação I, obtida através da calibração do sensor.

$$\%umidade = \left(\frac{adc_{raw}}{5365,1} \right)^{-2,257} \quad (I)$$

Além dessa conversão, realiza-se uma transformação na escala da umidade, uma vez que o sensor construído consegue medir apenas no intervalo de 10,00% a 40,00% de umidade relativa do solo. Ou seja, o intervalo de leitura do sensor é transformado em uma escala de 0% a 100,00%.

Com o valor convertido, uma comparação ocorre para verificar se o relé deve ser acionado, caso o valor lido represente uma umidade abaixo de um determinado patamar, o relé é ligado, e a partir do momento em que o sensor ler acima desse patamar novamente, inicia-se um timer que desliga a bomba 1,0 segundo após seu início. Após o desacionamento do relé, um segundo timer, que tem 120 segundos de duração é iniciado, de forma a garantir que o sensor possa estabilizar sua leitura antes de que o fluxo de água seja religado.

Por fim, ainda no loop principal temos a atualização do display OLED com as informações mais recentes de umidade e valor lido pelo ADC da Raspberry Pi Pico representado na Figura 7.

O código pode ser verificado em sua integridade no [repositório do GitHub do projeto](#).

Resultados e Discussão

Em um contexto geral, todo o sistema funcionou devidamente, foi possível observar uma

variação da resistência entre os eletrodos do sensor na faixa dos $80\text{k}\Omega$, sendo que em solo seco o sensor apresentava uma elevada resistência, mais especificamente um valor de $100\text{k}\Omega$, e no solo úmido, $20\text{k}\Omega$, ou seja, uma resistência baixa quando comparada ao valor medido no solo seco.

Foi possível de visualizar essa mudança de resistência por meio da entrada analógica (GPIO26 de ADC) do Raspberry Pi Pico, que estava conectada ao divisor de tensão resistivo. A escolha do microcontrolador foi essencial para o funcionamento de automatização da bomba d'água com customização de valor delimitante para a irrigação em momentos exatos.

Observou-se dois principais problemas que impactaram levemente o funcionamento do sistema. O primeiro foi a elevada sensibilidade do sensor, uma vez que o sinal apresentava rápidas variações quando o sistema se encontrava em estabilidade, isso poderia ser amenizado com a implementação de um filtro passa baixas entre o sensor e o microcontrolador. Esse problema também acarretou um elevado tempo de resposta do sensor.

O segundo problema é referente à composição do solo no qual o sensor é inserido, percebeu-se que os valores limites de terra seca e terra molhada variam dependendo do tipo do solo. Segundo Thiago Rogério, diversos fatores influenciam a condutividade elétrica do solo, incluindo a textura do solo, a umidade, a temperatura e a composição química, ou seja, em solos mais ricos em nutrientes e matéria orgânica possuem uma concentração maior de íons quando comparados em terras pobres. Isso acarreta a necessidade de realizar a calibração do sensor em cada tipo de solo para garantir medições precisas.

Conclusões

O sistema automatizado para irrigação de plantas demonstrou funcionalidade e eficácia geral, cumprindo o objetivo de monitorar a umidade do solo e realizar a rega de forma autônoma. A escolha do sensor resistivo se mostrou adequada pela simplicidade e custo-benefício, e o microcontrolador Raspberry Pi Pico foi essencial para a automatização e customização do processo de irrigação.

No entanto, foram identificados os desafios significativos de filtragem do sinal e considerações de qualidade dos solos que merecem consideração em futuros aprimoramentos.

Apesar desses pontos, o projeto valida a viabilidade de um sistema de irrigação inteligente e acessível para uso doméstico, alinhado ao crescente interesse em cultivo de plantas em ambientes residenciais. Melhorias futuras devem focar na estabilização da leitura do sensor e no desenvolvimento de métodos de calibração mais versáteis para diferentes composições de solo.

Referências Bibliográficas

- 7 em cada 10 brasileiros gostam de ter e cuidar de plantas.** 2022. Disponível em: <https://alnb.com.br/brasil/7-em-cada-10-brasileiros-gostam-de-ter-e-cuidar-de-plantas/>. Acesso em: 25 jun. 2025.
- BRUNO DRUMOND. **Resistividade do solo: o que é e como fazer sua medição.** 2023. Disponível em: https://adequada.eng.br/resistividade-solo/#elementor-toc__heading-anchor-0. Acesso em: 25 jun. 2025.
- SENSOR ONE STOP. **How to Choose Humidity Sensors: A Comprehensive Guide.** 2024. Disponível em: <https://sensor1stop.com/knowledge/how-to-choose-humidity-sensors/>. Acesso em: 25 jun. 2025.
- THIAGO ROGÉRIO. **O que é condutividade elétrica do solo: fatores que afetam a condutividade elétrica do solo.** Fatores que afetam a condutividade elétrica do solo. 2024. Disponível em: <https://www.bienaldaagricultura.com.br/glossario/o-que-e-condutividade-eletrica-do-solo/>. Acesso em: 26 jun. 2025.