

PROTÓTIPO DE DISPOSITIVO IoT PARA MEDIR CONDUTIVIDADE ELÉTRICA APARENTE NO SOLO ACESSÍVEL A PESSOAS COM DEFICIÊNCIA VISUAL

Aluisio Esdras Conceição Nogueira¹, Christiane Ferreira Lemos Lima²

RESUMO

A produção de qualquer tipo de planta depende diretamente da qualidade do solo, desde os níveis de pH e de condutividade elétrica, que são fatores importantes para o desenvolvimento na produção. Desta maneira, monitorar essas variáveis é indispensável, visando ao alto rendimento. Por conseguinte, este trabalho propõe a criação de um protótipo para o monitoramento de condutividade elétrica aparente no solo acessível a pessoas com deficiência visual. No protótipo desenvolvido, que usa conceitos de Internet das Coisas (IoT), tem-se um microcontrolador ESP32 e um sensor de condutividade THC-S, que serve para obter os dados coletados e enviá-lo para um aplicativo IoT, instalado em um dispositivo móvel, em tempo real. Deste modo, o protótipo permite o monitoramento dos níveis de condutividade a um baixo custo, auxiliando pequenos produtores na funcionalidade dessa ferramenta, sendo uma Tecnologia Assistiva.

Palavras chaves: Condutividade elétrica do solo, Deficiência visual, Internet das coisas (IoT), ESP32. Tecnologia Assistiva.

1 INTRODUÇÃO

As inovações tecnológicas mudam constantemente as formas de agir, pensar e garantir novas tecnologias. As tecnologias assistivas desempenham um papel fundamental ao assegurar a qualidade de vida, proporcionando independência a pessoas com deficiência, permitindo sua inclusão no mercado de trabalho e nas universidades.

Percebe-se que as necessidades vivenciadas por pessoas com deficiência, em especial, as com deficiência visual (cegueira e baixa visão) no exercício do trabalho, seja no campo ou em sala de aula, são significativas. Um fator crucial desses problemas é o desafio de manusear equipamentos básicos, como um medidor de condutividade do solo.

Dessa forma, este trabalho tem como objetivo a utilização da Internet das Coisas (IoT, do inglês *Internet of Things*) na elaboração de um medidor de condutividade elétrica aparente no solo, uma solução capaz de melhorar significativamente produtividade de pessoas com deficiência visual no âmbito do trabalho.

¹ Estudante de Licenciatura em Ciências Agrárias, IFMA, campus Maracanã; e-mail: nogueiraconceicao@acad.ifma.edu.br

² Professora Dr^a do Departamento de Ensino, IFMA, campus Maracanã; e-mail: cflima@ifma.edu.br

A medida da condutividade elétrica aparente do solo (CEa) se tornou valiosa para identificar as características físico-químicas do solo, que influenciam os padrões de rendimento das culturas e para estabelecer a variação espacial dessas propriedades do solo (Corwin et al., 2003).

Adicionalmente, a Internet das Coisas (IoT) descreve a revolução já em curso que pode ser observada no número crescente de dispositivos habilitados para internet. Nesse contexto, a IoT refere-se a um estado onde “coisas”, como objetos, ambientes, veículos e roupas podem se conectar e se comunicar uns com os outros e com demais dispositivos habilitados para a web (Revell, 2013).

Com base no exposto, o objetivo deste trabalho é apresentar o desenvolvimento de um protótipo de condutividade aparente no solo, utilizando Internet das Coisas (IoT), capaz de atender às necessidades de pessoas com deficiência visual, promovendo sua autonomia e independência em atividades no campo, a um baixo custo.

Devido a considerações técnicas e econômicas, a plataforma de prototipagem eletrônica ESP32 (Espressif, 2025), utilizando o protocolo de comunicação MQTT (*Message Queuing Telemetry Transport*), com um Mosquitto Broker (um servidor preferencialmente gratuito) (Yuan, 2017) e o aplicativo gratuito IoT MQTT Panel, um aplicativo disponível para Android e iOS.

2 METODOLOGIA

Neste estudo, tem-se como abordagem metodológica a criação de um protótipo para medir a condutividade do solo. No que diz respeito aos objetivos, foi desenvolvido a partir de pesquisas, testes práticos com plataformas e técnicas aplicadas em Internet das coisas, explorando os conhecimentos da área do solo e suas especificidades na produção, para uma compreensão mais aprofundada do tema.

Para alcançar os objetivos para este trabalho, foi utilizada a metodologia apresentada a seguir:

I. Estudos dos materiais utilizados no desenvolvimento do protótipo ((hardware e software)

ESP 32

O microcontrolador ESP32 (Figura 1) é uma ferramenta desenvolvida pela empresa Espressif Systems Company. Consiste em uma placa de desenvolvimento, de

baixo consumo de energia, composta por um chip processador ESP-WROOM-32 equipado com Wi-Fi e Bluetooth, periféricos de saída e entrada programáveis que necessitam de uma alimentação de 3.3V (Espressif, 2025). Possui um alto desempenho devido ao seu processador dual-core, que permite a execução de tarefas complexas de maneira eficiente. O ESP32 suporta múltiplas interfaces de comunicação, como SPI, I2C e UART, tornando-o extremamente versátil para diversos projetos de IoT, sendo aplicado em diversas áreas, tais como, automação, controle, monitoramento de solo e no meio educacional.

Figura 1 - Fotografia do ESP32.



Fonte: USINAINFO (2024).

Protocolo MQTT

O protocolo MQTT, criado em 1999 por Andy Stanford-Clark e Arlen Nipper, é um protocolo de mensagens baseado na arquitetura *publisher/subscriber*, para uso em dispositivos restritos e redes não confiáveis. Os princípios do protocolo são minimizar os requerimentos de hardware de dispositivo e de largura de banda para garantir confiabilidade e garantia na comunicação (Silva Junior, 2021).

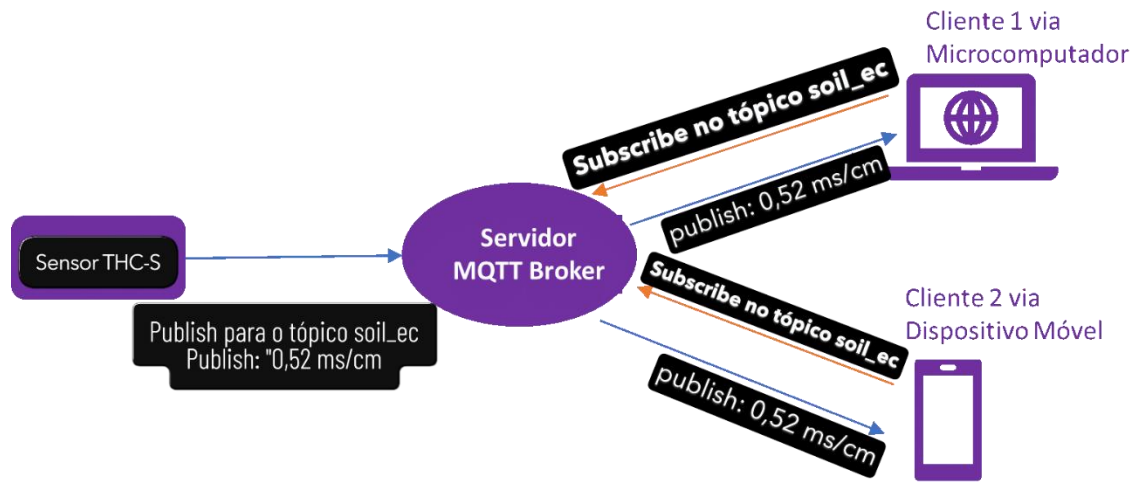
O MQTT é formado por três componentes: *subscriber*, *publisher* e o servidor broker. Os clientes (*subscribers*) se conectam em determinado tópico de um servidor broker para receber os dados de interesse que serão enviados por publicadores (*publishers*) até o broker (Yassein, 2017).

O principal componente do protocolo MQTT é o servidor broker, responsável por concentrar e distribuir as informações publicadas. Quando houver uma nova publicação em algum tópico, o broker distribui a mesma para os clientes que se inscreveram nesse tópico (Patel et al., 2015).

Tem-se um exemplo ilustrado na Figura 2, em que o valor coletado pelo sensor THC-S (por exemplo, 0,52 mS/cm³) é enviado por meio de um publish para o servidor Broker MQTT, usando tópico "soil_ec" e os usuários que têm acesso ao mesmo tópico,

por meio de um subscribe, podem usar um navegador web ou um aplicativo IoT MQTT para os dispositivos móveis, para obter o valor medido.

Figura 2 – Protocolo MQTT



Fonte: adaptado de Tomov (2021).

Sensor de Condutividade do solo (THC-S)

Na Figura 3, tem-se o sensor THC-S utilizado no protótipo, responsável pelas medidas de condutividade elétrica aparente do solo, que envia suas informações para o conversor RS-485, em sequência para o ESP32.

Figura 3 - Medidor THC-S



Fonte: elaborado pelos autores (2025).

O Sensor Condutividade, Umidade e Temperatura do Solo RS485 THC-S é um sensor de solo, de baixo custo econômico e baixo consumo de energia para aplicação de medição de EC e salinidade. Ele é projetado com os padrões da indústria, apresentando alta precisão, alta sensibilidade e durabilidade (Usinainfo, 2022). Pode-se usar este sensor para a avaliação das condições de diferentes tipos de solo, em termos de condutividade aparente e salinidade.

Especificações do Sensor Condutividade THC-S

1. Fonte de alimentação: 5-30VDC;
2. Sinal de saída: Modbus RS485;
3. Faixa de temperatura de trabalho: -40°C a 80°C;
4. Faixa de medição de condutividade elétrica: 0-10000us/cm;
5. Resolução de condutividade: 10us/cm;
6. Tempo de resposta: <1s;
7. Nível de proteção: Caixa impermeável IP68.

II. Desenvolvimento do protótipo

Durante esta etapa, foi realizada a implementação e testes do módulo de áudio e do display OLED para depois incorporá-los ao protótipo. Foi necessário estudar cada componente utilizado no desenvolvimento do dispositivo IoT para monitorar a condutividade aparente do solo.

O referido desenvolvimento envolveu a construção do circuito eletrônico e a programação do código-fonte, usando a IDE Arduino. Em seguida, houve a fase de testes. Por fim, foi realizada a validação do protótipo desenvolvido em termos de acessibilidade e precisão.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

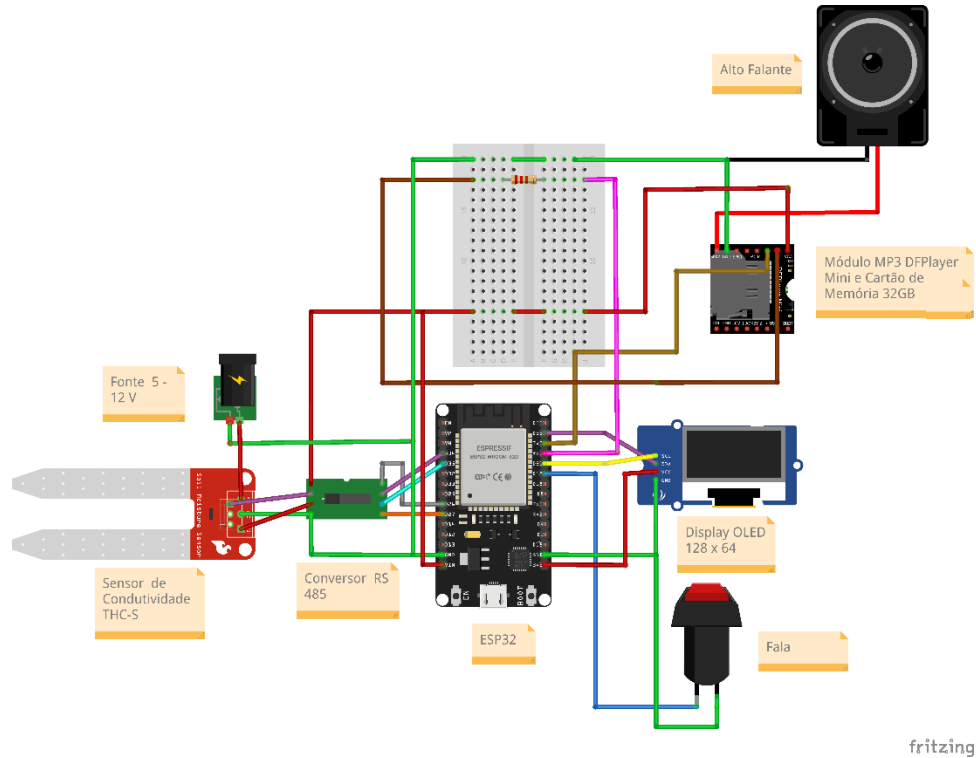
Nesta etapa, serão exibidos os resultados encontrados no desenvolvimento e teste do protótipo, que foram realizados em duas fases diferentes: montagem do protótipo e testes e validação.

a. Montagem do protótipo

A inicialização do trabalho se deu a partir de estudos e pesquisas acerca de cada componente, com a finalidade de aprofundar os conhecimentos sobre, levando em

consideração as funções de cada um para o perfeito funcionamento. Buscando a praticidade e o maior custo-benefício para os produtores, na Figura 4 apresenta-se o diagrama eletrônico do protótipo, feito por meio do aplicativo Fritzing.

Figura 4 - Diagrama eletrônico do protótipo.



Fonte: elaborado pelos autores (2025).

O diagrama (Figura 3) apresenta todos os componentes utilizados na montagem do protótipo. O microcontrolador ESP32, se conecta via wi-fi diretamente ao servidor broker MQTT, para o envio de dados. Já o sensor THC-S, que mede os níveis de condutividade e salinidade do solo, está diretamente conectado à placa RS485, que amplifica e envia os dados para o ESP32. Em seguida, os dados das medidas são apresentados no display OLED. O módulo MP3 DFPlayer contém todos os áudios das medidas de condutividade armazenados em um cartão de memória e é acionado quando o botão Fala é pressionado.

b. Testes e validação do protótipo

Os primeiros testes de validação do protótipo ocorreram em laboratório, utilizando o aplicativo IoT MQTT Panel, um aplicativo gratuito e acessível tanto para iOS quanto para Android, para o acompanhamento em tempo real das medidas. Os testes iniciais foram a validação de cada componente, o teste em módulo de áudio para validar o perfeito funcionamento do som, em sequência o teste do display OLED.

A partir dos dados analisados, pode-se observar o desempenho do protótipo de condutividade em termos de exatidão e acessibilidade. Ao pressionar o botão Fala (Figura 4) do protótipo, é possível obter os dados medidos por áudio. Na Figura 5, tem-se o aplicativo IoT MQTT Panel, que recebe os valores medidos pelo sensor em tempo real. Esses valores podem ser lidos por leitores de tela, sendo acessível a pessoas com deficiência visual.

Figura 5 – Interface do aplicativo (IoT MQTT)



Fonte: elaborado pelo autor (2025)

No entanto, por falta de tempo hábil, são necessários mais testes em campo, que ficarão como trabalhos futuros, analisando fatores que tendem a impactar o pleno funcionamento do protótipo construído.

4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A partir da realização deste trabalho, os objetivos traçados foram alcançados, que foi desenvolver um protótipo de condutividade elétrica do solo para pessoas com deficiência visual com dispositivo IoT para analisar níveis de condutividade, uma solução útil na área de análises de solo.

Com o pleno funcionamento do protótipo, as medições podem ser visualizadas no display OLED, por meio de um aplicativo IoT, em tempo real, ou por meio de áudio, sendo uma Tecnologia Assistiva de baixo custo, proporcionando maior eficiência do medidor no monitoramento dos níveis de condutividade elétrica aparente no solo.

Nesse viés, esta pesquisa visa contribuir para que produtores, com deficiência visual ou nível de escolaridade baixo, tenham uma ferramenta que poderá melhorar significativamente o ganho no seu nível de produção.

AGRADECIMENTOS

A presente pesquisa foi executada com apoio do Instituto Federal do Maranhão - Campus Maracaná e da Fundação de amparo à pesquisa do Maranhão, por meio de concessão de bolsa de iniciação científica.

REFERÊNCIAS

CORWIN, D. L.; LESCH, S. M.; SHOUSE, P.); SOPPE, R.; AYARS,). E. Identifying soil properties that influence cotton yield using soil sampling directed by apparent soil electrical conductivity. **Agronomy Journal**, v. 95, n. 2, p. 352-364, 2003. Disponível em: <https://www.alice.cnptia.embrapa.br/alice/bitstream/doc/1003692/1/BERNARDI48.pdf>.

Acesso em: 23 set. 2025

Espressif Systems. **ESP32-WROOM-32D and ESP32-WROOM-32U Datasheet**. [Online]. 2025. Disponível: <https://encr.pw/22pzH>. Acesso em: 26 de set. 2025

PATEL, K. K., Patoliya, J. & Patel, H. (2015). **Low cost home automation with esp8266 and lightweight protocol mqtt**. Transactions on Engineering and Sciences 3(6): 14–50 19. Disponível em: [https://repositorio-api.animaeducacao.com.br/server/api/core/bitstreams/98f84f2c-6d08-4986-b86a-](https://repositorio-api.animaeducacao.com.br/server/api/core/bitstreams/98f84f2c-6d08-4986-b86a-521a6a53f238/content)

521a6a53f238/content. Acesso em: 23 set. 2025.

REVELL, S. **Internet of Things (IoT) and Machine to Machine Communications (M2M) Challenges and Opportunities**. Final Paper, London, UK Google Scholar, 2013.

Disponível em: <https://repositorio.utfpr.edu.br/jspui/bitstream/1/31836/1/iothttpmqttredes.pdf>. Acesso em: 25 set. 2025.

SILVA JUNIOR, Mauricio Pavan da. **Análise entre protocolos HTTP e MQTT em projetos IOT**. 2021. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Ciência da Computação) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Ponta Grossa, 2021. Disponível em: <https://repositorio.utfpr.edu.br/jspui/handle/1/26712>. Acesso em: 27 set. 2025.

TOMOV, Konstantin. 2021. **Learn How to Use The MQTT Protocol in Delphi With This Library**. Disponível em: <https://blogs.embarcadero.com/learn-how-to-use-the-mqtt-protocol-in-delphi-with-this-library/>. Acesso em: 24 set. 2025.

USINAINFO. **Medindo Condutividade Elétrica e Salinidade do Solo THC-S com Arduino**. 2022. Disponível em: https://www.usinainfo.com.br/blog/projeto-sensor-condutividade-solo-thc-s-com-arduino/?srsltid=AfmBOophL8AhofvnMPrPnCpQdWIP7R_hn6a4dHqrcDt0GMUReSCipxRQAcesso em: 27 set. 2025

YASSEIN, Muneer Bani et al. Internet of Things: Survey and open issues of MQTT protocol. In: IEEE. **2017 International Conference on Engineering & MIS (ICEMIS)**.

[S.l.: s.n.], 2017. p. 1–6. Disponível em:
<https://repositorio.utfpr.edu.br/jspui/bitstream/1/31836/1/iothttpmqttredes.pdf>. Acesso em: 26 set. 2025

YUAN, Michael. **Getting to know MQTT**. IBM, 2017. Disponível em:
<https://developer.ibm.com/articles/iot-mqtt-why-good-for-iot/>. Acesso em: 27 set. 2025