



**IX Encontro de Iniciação Científica e Tecnológica**  
**IX EnICT**  
**ISSN: 2526-6772**  
**IFSP – Campus Araraquara**  
**6 de dezembro de 2025**



## **Desenvolvimento de Sistema de Monitoramento Inteligente de Nutrientes e Umidade do Solo**

Maria Antonia Marques Vital Vera<sup>1</sup>, João Vitor Piovezan<sup>2</sup>, Ricardo Arai<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Estudante do Técnico em Informática para Internet Integrado ao Ensino Médio do Instituto Federal Câmpus São Carlos, Bolsista PACTec, [antoniamarquesvvm@gmail.com](mailto:antoniamarquesvvm@gmail.com);

<sup>2</sup>Estudante do Bacharelado em Engenharia de Software do Instituto Federal Câmpus São Carlos, [piovezan.vitor@aluno.ifsp.edu.br](mailto:piovezan.vitor@aluno.ifsp.edu.br);

<sup>3</sup>Professor do Instituto Federal Câmpus São Carlos, [raraif@ifsp.edu.br](mailto:raraif@ifsp.edu.br);

### **Área de conhecimento 3.02.01.00-8**

**RESUMO:** A Agricultura 4.0 tem promovido avanços significativos ao integrar sensores, sistemas embarcados e Internet das Coisas (IoT), permitindo decisões mais precisas e sustentáveis. No contexto da agricultura familiar, que representa a maior parte dos estabelecimentos rurais brasileiros, o acesso a essas tecnologias ainda é limitado. Este trabalho apresenta o desenvolvimento de um sistema de monitoramento do solo de baixo custo, baseado no sensor multiparâmetro NPKPHCTH-S RS485 6 em 1 e na placa ESP32-S3 WROOM-1. O sistema foi programado em C++ utilizando o protocolo Modbus para realizar a leitura simultânea de umidade, temperatura e nutrientes (NPK). Os dados foram exibidos no monitor serial e integrados a uma interface web em desenvolvimento. Testes realizados em vasos de cultivo comprovaram o funcionamento do circuito e a precisão das medições. Os resultados demonstram a viabilidade do uso do sistema como ferramenta de apoio à agricultura familiar, contribuindo para o manejo eficiente do solo, redução de custos e promoção da sustentabilidade ambiental.

**PALAVRAS-CHAVE:** Adubação; Agricultura; Análise do solo; Irrigação; IoT; Sensoriamento;

## **INTRODUÇÃO**

A Agricultura 4.0 está revolucionando o monitoramento e o manejo das condições do solo ao integrar sensores, sistemas embarcados e análise de dados, permitindo decisões mais precisas e uma gestão mais eficiente dos recursos agrícolas (TOTVS, 2024; EMBRAPA, 2024). Esse avanço é especialmente importante em setores que historicamente não tinham acesso a tecnologias de precisão, como a agricultura familiar brasileira.

No Brasil, a agricultura familiar representa cerca de 77% dos estabelecimentos rurais e é responsável por uma parte significativa dos alimentos consumidos internamente (IBGE, 2017). Além disso, desempenha um papel importante no abastecimento das escolas públicas, já que o Programa Nacional de Alimentação Escolar (PNAE) determina que pelo menos 30% dos produtos da merenda sejam adquiridos diretamente de agricultores familiares (SENADO FEDERAL, 2024).

Entretanto, apesar de sua relevância social e econômica, muitos desses produtores ainda enfrentam desafios relacionados ao manejo adequado da fertilidade e da irrigação do solo. Em

vários casos, a falta de análises periódicas faz com que a adubação seja realizada sem informações precisas sobre as reais necessidades do solo, o que pode resultar em deficiências ou excessos nutricionais (Aegro, 2024). Uma aplicação inadequada de fertilizantes pode alterar o pH, reduzir a eficiência do cultivo e aumentar os custos de produção (MyFarm, 2024).

Nesse cenário, dispositivos capazes de medir nutrientes essenciais, como Nitrogênio (N), Fósforo (P), Potássio (K), pH, temperatura e umidade, tornam-se ferramentas valiosas para pequenos produtores. Diante disso, este trabalho apresenta o desenvolvimento de um sistema de monitoramento do solo baseado no sensor RS485 NPKTHC-S 6 em 1 integrado à placa ESP32-S3.

## **FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA**

A Agricultura 4.0 representa a integração de tecnologias digitais, sensores e sistemas inteligentes ao processo produtivo rural, permitindo decisões mais precisas e sustentáveis (EMBRAPA, 2024). O uso de ferramentas baseadas em Internet das Coisas (IoT) tem revolucionado o monitoramento agrícola ao possibilitar a coleta contínua de dados sobre o solo, clima e o estado das culturas, impulsionando dessa forma um caminho mais sustentável para o agronegócio (BASF, s.d).

Entretanto, na agricultura familiar o acesso a essas tecnologias ainda é limitado, principalmente por questões econômicas e técnicas. Nesse contexto, soluções de baixo custo e código aberto, como as baseadas em microcontroladores, como a ESP32 e o Arduino, tornaram-se opções viáveis para promover a inclusão tecnológica no campo.

A integração de microcontroladores com sensores capazes de medir parâmetros essenciais para garantir o equilíbrio nutricional e o bom desenvolvimento das plantas é fundamental para o manejo adequado do solo. Entre os principais indicadores estão o Nitrogênio (N), o Fósforo (P), o Potássio (K), o pH, a temperatura e a umidade, que influenciam diretamente a produtividade e a qualidade das culturas (EOS, 2025).

Sensores multiparâmetros, como o modelo NPKPHCTH-S RS485 6 em 1, possibilitam a medição simultânea dessas variáveis, oferecendo dados confiáveis para a tomada de decisão. Quando conectados a plataformas IoT, esses dispositivos permitem o acompanhamento em tempo real das condições do solo, favorecendo o uso racional de insumos e contribuindo para práticas agrícolas mais sustentáveis.

Portanto, observa-se que a união entre agricultura digital, sensores inteligentes e sistemas embarcados representa um avanço significativo para o fortalecimento da agricultura familiar, promovendo eficiência produtiva e sustentabilidade ambiental.

## **METODOLOGIA**

O desenvolvimento do sistema foi dividido em etapas: revisão bibliográfica, seleção de componentes, integração eletrônica, programação do microcontrolador e realização de testes de campo. O sensor RS485 foi escolhido por medir simultaneamente umidade, temperatura e os nutrientes NPK. A placa ESP32-S3 WROOM-1 foi selecionada devido à sua capacidade de comunicação Wi-Fi e Bluetooth, além do seu suporte nativo ao protocolo Modbus via bibliotecas externas.

A comunicação entre sensor e microcontrolador foi feita por meio de um módulo conversor RS485. A programação foi realizada em C++ (Arduino IDE), utilizando funções de leitura Modbus para acessar registradores específicos do sensor. Os dados coletados foram exibidos via monitor serial e enviados para testes de integração com uma interface web em desenvolvimento.

O sistema foi testado em pequenos vasos de plantas, a fim de verificar a precisão das medições em condições controladas. Durante o experimento, o sensor foi inserido no solo e

conectado à placa ESP32 para coleta e transmissão dos dados. As leituras obtidas demonstraram o correto funcionamento do circuito e a viabilidade do sistema para uso em campo.



**Figura 1** – Teste de campo.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os testes foram realizados em dois tipos de verduras cultivadas em vasos: alface e salsinha. O sensor NPKPHCTH-S foi inserido no solo de cada amostra, coletando dados de umidade, temperatura, Nitrogênio (N), Fósforo (P) e Potássio (K). As medições foram registradas e processadas pela placa ESP32, demonstrando a capacidade do sistema em realizar a leitura simultânea de diferentes parâmetros do solo. Os resultados obtidos estão apresentados na Tabela 1, que ilustra os valores médios coletados pelo sensor em cada cultivo.

Dados coletados pelo sensor					
Verdura	Umidade(%)	Temperatura (°C)	Nitrogênio (N)	Fósforo (P)	Potássio (K)
Alface	63,90%	24,70 °C	163 mg/kg	156 mg/kg	234 mg/kg
Salsinha	69,40%	24,90 °C	617 mg/kg	614 mg/kg	753 mg/kg

Tabela 1: Resultados coletados pelo sensor.

Esses resultados confirmam o funcionamento adequado do sistema e demonstram o potencial da tecnologia para auxiliar pequenos produtores na análise das condições do solo, favorecendo um manejo mais preciso e sustentável.

## CONCLUSÕES

O desenvolvimento do sistema de monitoramento baseado na placa ESP32 e no sensor NPKPHCTH-S RS485 demonstrou ser uma alternativa viável e de baixo custo para aplicação na agricultura familiar. Os testes realizados comprovaram a eficiência na coleta de dados essenciais do solo, como umidade, temperatura e nutrientes (NPK), permitindo uma análise precisa das condições para o cultivo. Com isso, o projeto contribui para a inclusão tecnológica no campo e para a promoção de práticas agrícolas mais sustentáveis, ao oferecer informações que auxiliam o agricultor na tomada de decisões sobre irrigação e adubação.

## AGRADECIMENTOS

A equipe agradece imensamente ao fomento dado à pesquisa através do Programa Institucional de Bolsas de Iniciação Científica e Tecnológica (PIBIFSP) do Instituto Federal de Educação do Câmpus e posteriormente ao Programa de Apoio à Ciência e Tecnologia (PACTec).

## REFERÊNCIAS

AEGRO BLOG. *Overfertilização: riscos e como evitá-la*. 2024. Disponível em: <https://blog.aegro.com.br/overfert/> Acesso em: 04 nov. 2025.

BASF. *IoT na agricultura*. Disponível em: <https://agriculture.basf.com/br/pt/conteudos/cultivos-e-sementes/veja-mais-cultivos/IoT-na-agricultura> Acesso em: 04 nov. 2024.

BRASIL. Ministério do Desenvolvimento Agrário. *25 de julho: Dia Internacional da Agricultura Familiar*. [S. l.], 2024. Disponível em: <https://www.gov.br/mda/pt-br/noticias/2024/07/25-de-julho-dia-internacional-da-agricultura-familiar> Acesso em: 04 nov. 2025.

CAMPO & NEGÓCIOS. *Inovação em sensores para análise de solo*. Disponível em: <https://campoenegocios.com/inovacao-em-sensores-para-analise-de-solo/> Acesso em: 04 nov. 2025.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA (EMBRAPA). *Trajatória da agricultura brasileira*. [S. l.], 2024. Disponível em: <https://www.embrapa.br/visao/trajetoria-da-agricultura-brasileira>. Acesso em: 30 out 2024.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA (EMBRAPA). *Monitoramento do solo possibilita diagnóstico preciso, decisões estratégicas e manejo sustentável*. Disponível em: <https://www.embrapa.br/busca-de-noticias/-/noticia/96181389/monitoramento-do-solo-possibilita-diagnostico-o-preciso-decisoes-estrategicas-e-man> Acesso em: 06 nov. 2025

EOS. *Fertilidade do solo: importância e métodos de medição*. Disponível em: <https://eos.com/pt/blog/fertilidade-do-solo/> Acesso em: 04 nov. 2025

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). *Censo Agropecuário, 2017*. [S. l.], 2017.

MYFARM. *Fertilizante NPK*. 2024. Disponível em: <https://www.myfarm.com.br/fertilizante-npk/> .Acesso em: 30 out. 2024.

SENADO FEDERAL. *Primeiro projeto do ano garante alimentos da agricultura familiar na merenda escolar*. Agência Senado, 05 jan. 2024. Disponível em: <https://www12.senado.leg.br/noticias/materias/2024/01/05/primeiro-projeto-do-ano-garante-alimentos-da-agricultura-familiar-na-merenda-escolar> . Acesso em: 06 nov. 2025

TOTVS. *Agricultura 4.0: o que é, benefícios e impacto na produção agrícola*. Disponível em: <https://www.totvs.com/blog/gestao-agricola/agricultura-4-0/> . Acesso em: 30 out. 2024.