

## PROJETO DE UM SENSOR DE TEMPERATURA MULTI-NÍVEIS DE SOLO NO ÂMBITO DE AGRICULTURA 5.0

BRENDA TEIXEIRA SILVA<sup>1</sup>; HENRIQUE BIERHALS TIETZ<sup>2</sup>; JONAS LUDTKE<sup>3</sup>,  
HENRIQUE MATTHES<sup>4</sup>, NOELY ROSA<sup>5</sup>, MAIQUEL S CANABARRO<sup>6</sup>

<sup>1</sup>Universidade Federal de Pelotas – [brendasilva20@gmail.com](mailto:brendasilva20@gmail.com)

<sup>2</sup>Universidade Federal de Pelotas – [henrique.b.tietz@gmail.com](mailto:henrique.b.tietz@gmail.com)

<sup>3</sup>Universidade Federal de Pelotas – [jonasludtke99@gmail.com](mailto:jonasludtke99@gmail.com)

<sup>4</sup>Universidade Federal de Pelotas - [henrique.matthes@ufpel.edu.br](mailto:henrique.matthes@ufpel.edu.br)

<sup>5</sup>Universidade Federal de Pelotas - [noelyrhminne55@gmail.com](mailto:noelyrhminne55@gmail.com)

<sup>6</sup>Universidade Federal de Pelotas – [maiquel.canabarro@ufpel.edu.br](mailto:maiquel.canabarro@ufpel.edu.br)

### 1. DESCRIÇÃO DA INOVAÇÃO

Para o desenvolvimento de qualquer cultura, a nutrição solo é um aspecto essencial, visto que, um solo rico em nutriente proporciona à planta um crescimento saudável. Neste contexto, a uma nutrição correta do solo é substancial para garantir a saúde das plantas e obter uma boa produção agrícola. (MALAVOLTA, 2006).

Sendo assim a temperatura do solo tem efeitos diretos no desenvolvimento da planta, pois a semente não germina até que o solo alcance uma temperatura crítica, assim como o desenvolvimento normal da planta também necessita de uma temperatura adequada (GASPARIM, 2005). Se faz essencial então, o monitoramento preciso de temperatura, além de um diferencial estratégico para a gestão agrícola, permitindo uma compreensão completa das condições do solo.

Visando contribuir na qualificação do solo e permitir uma coleta de dados detalhada e em tempo real, este projeto propõe um sistema de monitoramento eletrônico baseado em tecnologia Lora. O sistema utiliza um microcontrolador da família ESP e quatro sensores de temperatura. A escolha do sensor passa pela robustez desejada nas medições de temperatura em ambientes úmidos ou até mesmo subaquáticos, por conta da sua versão em forma de sonda impermeável (PAIVA, 2023).

Para coletar dados de temperatura em diferentes camadas do solo, foram posicionados três sensores em profundidades de 5cm, 15cm e 30cm, enquanto um quarto sensor foi mantido na superfície para registrar a temperatura ambiente externa. Os dados transmitidos pelo firmware são captados e encaminhados para a nuvem via plataforma *The Things Network* (TTN). A TTN, por sua vez, atua como um gerenciador de rede, direcionando as informações para a plataforma de visualização de dados (*dashboard*).

Configurado um painel de controle (*dashboard*) que permite a exibição em tempo real das medições de cada um dos quatro sensores. Essa interface facilita a análise dos dados, a criação de gráficos históricos e a exportação das informações para estudos posteriores.

O objetivo deste artigo é apresentar um projeto de device de multi-níveis de temperatura do solo, Figura 1, o qual foi integrado quatro sensores de temperatura em uma estrutura física vertical de medição, um microcontrolador com comunicação via rádio LoRa para transmissão de dados a longa distância. Neste contexto de multi-níveis de temperaturas, o device busca habilitar análises de possíveis sofrimento nas regiões das raízes plantas.



Figura 1 - Sensor de temperatura multi-níveis LoraWan.  
Fonte: Autoria própria

## 2. ANÁLISE DE MERCADO

O público a quem pode se beneficiar desse projeto irá desde pequenos agricultores, a grandes agricultores, que desejam monitorar e gerenciar as condições de solo, além de empresas que precisam de dados detalhados para oferecer serviços de alta precisão aos seus clientes.

No mercado de sensores para agricultura, existem soluções mais simples que oferecem dados limitados de um único ponto, e sistemas mais complexos e caros, tendo como maioria o foco em relação a umidade superficial. Para estimar o potencial de mercado de um produto ou serviço, especialmente em negócios de tecnologia e startups, existem três métricas-chave, o TAM, SAM e SOM.

O TAM pode ser estimado segundo um relatório da Grand View Research, em 2024 o tamanho do mercado global de agricultura de precisão, que engloba a IoT, foi avaliado em US\$ 10,50 bilhões e a previsão é que atinja uma receita projetada de US\$ 24,086 bilhões até 2030. SAM seria uma parcela diretamente relacionada ao mercado de sensores de solo, o tamanho do mercado de sensores agrícolas é estimado em US\$ 2,01 bilhões em 2024, e deve atingir US\$ 3,46 bilhões até 2029 (Mordor Intelligence). SOM é uma fatia do mercado para o primeiro ano de operação, iremos priorizar por procurar pequenos e médios produtores, localizados na parte do Sul do estado do Rio Grande do Sul.

## 3. ESTRATÉGIA DE DESENVOLVIMENTO E IMPLEMENTAÇÃO

O modelo de negócio da inovação não se baseará apenas na venda do hardware, mas também o acesso à plataforma de dados, suporte técnico, manutenção e atualizações de firmware. A distribuição se dará por meio de contato direto com cooperativas e associações agrícolas, além de parcerias estratégicas com empresas de agronomia e consultoria. Para o caso de inovação social, a implementação contará com a intermediação de prefeituras, agências de extensão rural e ONGs, que podem subsidiar a instalação dos sensores para comunidades de pequenos produtores.

O sensor que combina várias tecnologias de forma única para o monitoramento multinível de temperatura, pode ser protegido por meio de registro de patente, cobrindo o método de monitoramento ou o design da sonda. As etapas de desenvolvimento se iniciaram com a construção e testes do protótipo, que já validaram a configuração e integração dos componentes, incluindo a rede LoRa. Atualmente, o projeto se encontra no nível de prontidão tecnológica TRL 4

e segue para a próxima fase, que visa aprimorar o design para produção em escala, tornando a estrutura mais robusta, otimizando a caixa de proteção dos componentes e facilitando a instalação.

Os principais desafios e riscos a serem mitigados incluem o custo inicial, a durabilidade do dispositivo em ambientes severos, a calibração do sensor para diferentes tipos de solo e a resistência de alguns agricultores a novas tecnologias. Para superar o desafio financeiro, a busca por subsídios é a estratégia-chave, além de que a robustez do produto será garantida pelo foco no design industrial e por testes de longa duração. Sendo assim, a principal vantagem competitiva do projeto, o monitoramento multinível de temperatura a um plano de parceria com agrônomos e/ou empresas qualificadas, será utilizado para conquistar o mercado, agregando valor ao sensor e diferenciando-se da concorrência.

#### **4. RESULTADOS ESPERADOS E IMPACTO**

A principal contribuição do sensor é a qualificação dos dados com foco na redução de insumos agrícolas, como fertilizantes, por meio do fornecimento de dados precisos sobre as condições do solo em diferentes profundidades. Auxiliando o agrônomo a tomar decisões mais assertivas em pontos como a fertilização, evitando o excesso de recursos. Ao otimizar o uso desses insumos, os custos de produção diminuem, o que contribui para o aumento da rentabilidade do agricultor. Adicionalmente, a capacidade de monitorar a saúde das raízes e prevenir perdas de safra eleva a produtividade e a segurança financeira do agricultor.

A tecnologia com custo/benefício balanceados buscam democratizar o acesso a soluções de agricultura de precisão. Pequenos e médios agricultores, que geralmente não podem investir em sistemas complexos e caros, podem se beneficiar do seu sensor, o que reduz a desigualdade tecnológica no campo e contribui para a segurança alimentar em nível local.

O sensor de temperatura multinível é o ponto de partida, mas futuros sensores (umidade, pH, condutividade elétrica) devem ser incorporados na mesma estrutura, criando um monitoramento completo. Sendo assim, com o acúmulo de dados históricos, podemos prever a necessidade de irrigação ou fertilização, emitindo alertas proativos para o agricultor.

O device pode ser integrado com sistemas automatizados de culturas, possibilitando tomadas de decisões mais assertivas, sem a intervenção humana. Além disso, a tecnologia pode ser adaptada a diferentes áreas.

#### **5. CONCLUSÕES**

Este projeto demonstrou a viabilidade de um sensor de temperatura de solo multinível como uma solução de baixo custo e alta precisão para a agricultura de precisão, oferecendo uma visão detalhada das condições de temperatura do solo.

A inovação vai além da tecnologia, seu impacto é a criação de um sistema que capacita os produtores a tomar decisões mais inteligentes, resultando em uma agricultura mais rentável e sustentável. Ao otimizar o uso de água e insumos, o sensor contribui para a redução de custos e o aumento da produtividade, ao mesmo tempo em que promove a saúde do solo e a proteção ambiental. Com um potencial de evolução para incluir outros sensores, a solução pode se tornar a base de um ecossistema completo para a gestão agrícola.

Agradeço imensamente à Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado do Rio Grande do Sul (FAPERS) pela bolsa de pesquisa concedida. Esta oportunidade foi fundamental para o desenvolvimento do meu projeto, proporcionando os recursos e o suporte necessários para aprofundar minha pesquisa e transformar a teoria em uma inovação tangível. O apoio da FAPERS não apenas viabilizou a construção do protótipo, mas também impulsionou meu crescimento acadêmico e profissional, permitindo-me contribuir para a área de tecnologia agrícola e agricultura de precisão.

## 6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

PAIVA, R.V. de. **Sistema de Coleta de Dados de Agrícolas utilizando Microcontroladores Conectados à Rede Mesh**. Programa de Iniciação Científica PIC/CEUB, FAP/DF, CNPq, CEUB. Relatório final de pesquisa de Iniciação Científica apresentado à Assessoria de Pós-Graduação e Pesquisa. Brasília, 2023.

GASPARIM, E. **Temperatura no perfil do solo utilizando duas densidades de cobertura e solo nu**. Acta Scientiarum. Biological Sciences, Universidade Estadual de Maringá, 2005.

DINIZ, A.M. **Sistema Automatizado De Aquisição, em Tempo Real, de Umidade e Temperatura do Solo na Irrigação**. Universidade Estadual do Oeste do Paraná/Campus de Cascavel, Cascavel. Tese apresentada ao Programa de Pós Graduação em Engenharia Agrícola em cumprimento aos requisitos para obtenção do título de Doutor em Engenharia Agrícola, área de concentração Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental. Paraná, 2017.

JUNIOR, D.F. da S. **Agricultura 5.0 – Sustentabilidade e eficiência através de tecnologias avançadas**. Faculdade de Tecnologia de São José do Rio Preto, 2024.

OGAWA, R.O.A. **Sistema de Monitoramento do Solo Integrando Utilizando Lora**. Trabalho de Conclusão de Curso de Graduação apresentado como requisito para obtenção do título de Bacharel em Engenharia Eletrônica do Curso de Bacharelado em Engenharia Eletrônica da Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Paraná, 2023.

PRETTO, T.R. **Desenvolvimento de um Sistema Eletrônico para Monitoramento de Temperaturas do solo na cidade de Dourados - MS**. Universidade Federal de Grande Dourados. Mato Grosso do Sul, 2018.

**Precision Farming Market Size, Share & Trends Analysis Report By Offering (Hardware, Software, Services), By Application (Yield Monitoring, Field Mapping, Crop Scouting), By Region, And Segment Forecasts, 2025 - 2030**. 2024. Acessado em: 27 ago. 2025. Online. Disponível em: Precision Farming Market Size, Share | Industry Report, 2030

**Tamanho do mercado de sensores agrícolas e análise de participação – (2024 – 2029)**. Acesso em: 27 ago. 2025. Online. Disponível em: <https://www.mordorintelligence.com/pt/industry-reports/agricultural-sensors-market>