



## COMUNICAÇÃO LORA PARA DISPOSITIVOS IOT APLICADA NO CONTEXTO DA AGRICULTURA NO IFSULDEMINAS CAMPUS MUZAMBINHO

**Caio Henrique de A. MAGALHÃES<sup>1</sup>; Ramon Gustavo T. M. da SILVA<sup>2</sup>; Paulo Cesar dos SANTOS<sup>3</sup>; Igor Oliveira LARA<sup>4</sup>.**

### RESUMO

Este trabalho apresenta o relato de experimentos com a tecnologia LoRa para uso futuro em uma estação de sensoriamento remoto baseada em Internet das Coisas (IoT), para monitoramento agrícola no *Campus* do IFSULDEMINAS em Muzambinho. Foram realizados testes de campo utilizando microcontroladores Arduino e ESP32 para avaliar o alcance e a robustez da comunicação. Os resultados demonstraram a viabilidade da tecnologia, com comunicação bem-sucedida em distâncias de até 1.290 metros com linha de visada e 820 metros em áreas com múltiplos obstáculos. O estudo comprova o potencial do LoRa para a implementação de uma rede de sensores de baixo custo e longo alcance, fundamental para aplicações de Agricultura de Precisão na instituição.

**Palavras-chave:** Agricultura de Precisão; Redes de Sensores Sem Fio; Sensoriamento Remoto; Tecnologia LPWAN.

### 1. INTRODUÇÃO

A Agricultura de Precisão (AP), impulsionada pela Internet das Coisas (IoT), utiliza Redes de Sensores Sem Fio (RSSF) para coletar dados em tempo real e otimizar a produção agrícola. No entanto, a distância e a energia são desafios em áreas rurais. Para superá-los, a tecnologia LoRa se destaca como uma solução de Rede de Longo Alcance e Baixa Potência (LPWAN), oferecendo alcance e baixo consumo.

Este estudo teve como objetivo validar a tecnologia LoRa para monitoramento agrícola no *campus* do IFSULDEMINAS *Campus* Muzambinho. Para isso, foram realizados testes práticos para avaliar o alcance e a capacidade da comunicação LoRa de superar obstáculos como edificações, vegetação e relevo, confirmando sua viabilidade para a criação de uma infraestrutura de monitoramento agrícola inteligente.

### 2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

A Agricultura de Precisão (AP) otimiza a gestão agrícola através de dados espaço-temporais coletados por Redes de Sensores Sem Fio (RSSF), um conceito central da Internet das Coisas (IoT) (ALMEIDA *et al.*, 2020). Para viabilizar a comunicação em áreas rurais extensas, as tecnologias de Rede de Longo Alcance e Baixa Potência (LPWAN) são essenciais. Dentre elas, a tecnologia LoRa (*Long Range*) se destaca, oferecendo uma modulação na camada física que garante comunicação

<sup>1</sup>Bolsista PIBIC/FAPEMIG, IFSULDEMINAS – *Campus* Muzambinho. E-mail: caio.almeida@alunos.ifsuldeminas.edu.br.

<sup>2</sup>Orientador, IFSULDEMINAS – Reitoria. E-mail: ramon.silva@ifsuldeminas.edu.br.

<sup>3</sup>Coorientador, IFSULDEMINAS – *Campus* Muzambinho. E-mail: paulo.santos@muz.ifsuldeminas.edu.br.

<sup>4</sup>Docente, IFSULDEMINAS – *Campus* Muzambinho. E-mail: igor.lara@muz.ifsuldeminas.edu.br.

por quilômetros com baixo consumo de energia e alta imunidade a ruídos (SANTOS; ROCHA, 2021).

A implementação desses sistemas frequentemente emprega plataformas de prototipagem flexíveis e de baixo custo, como os microcontroladores Arduino e ESP32 (SILVA; JUNIOR, 2022). O desempenho de uma rede LoRa em campo é diretamente impactado por fatores como relevo, vegetação e edificações, que atenuam o sinal. No entanto, estudos demonstram que a tecnologia mantém a comunicação funcional mesmo em cenários sem linha de visada direta (*Non-Line-of-Sight - NLoS*), uma característica fundamental para garantir a cobertura em *campi* agrícolas (FAROOQ *et al.*, 2023).

### 3. MATERIAL E MÉTODOS

Trata-se de uma pesquisa aplicada experimental, com objetivo de validar tecnologia LoRa para a transmissão de dados por redes sem fios a longas distâncias. Para os experimentos foram utilizados os seguintes materiais: dois microcontroladores Arduino Uno com *Shield* LoRa Dragino LA66, dois microcontroladores ESP32 Heltec *WiFi* LoRa 32 (V2) e um sensor de umidade do solo HD-38. A programação e o monitoramento foram executados em um notebook Dell Inspiron 14, e as distâncias, aferidas com o software Google Earth. Os testes foram conduzidos durante a manhã, com a frequência de transmissão fixada em 915 MHz, uma banda liberada pela Anatel para uso no Brasil sem a necessidade de licença. As mensagens eram enviadas a cada 5 segundos.

Os procedimentos foram divididos em três etapas:

Etapa 1: Utilizando os dispositivos Arduino, um nó transmissor foi fixado em um ponto central (Laboratório de Software) e um receptor foi deslocado pelo *campus* para aferir o alcance máximo inicial. Nessa etapa, os parâmetros LoRa que apresentaram melhor resultado foram: *Spreading Factor*(SF): 7; Largura de banda(BW): 500 kHz; *Coding Rate*(CR): 4/8; Potência de transmissão(TX Power): 17 dBm.

Etapa 2: Com os microcontroladores ESP32, um nó transmissor lia dados de um sensor de umidade e os enviava a um nó receptor, buscando aferir o alcance máximo em condição de linha de visada (LoS). Nessa etapa, os parâmetros LoRa que apresentaram melhor resultado foram: SF: 12; BW: 125 kHz; CR: 4/5; TX Power: 19 dBm.

Etapa 3: Um transmissor ESP32 foi posicionado em um local com alta interferência (portaria do *campus*, cercada por árvores). O receptor foi então deslocado para pontos com obstrução visual direta para avaliar a capacidade de envio do sinal. Nessa etapa, os parâmetros LoRa que apresentaram melhor resultado foram: SF: 10; BW: 125 kHz; CR: 4/5; TX Power: 19 dBm.

## 4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os testes de campo comprovaram a eficácia da tecnologia LoRa para o contexto geográfico do IFSULDEMINAS - *Campus* Muzambinho. Na etapa 1, utilizando os dispositivos Arduino, obteve-se uma comunicação estável a uma distância de 920 metros com taxa de sucesso de transmissão por volta de 75% e RSSI(Indicador da Força do Sinal Recebido) por volta de -120.

Na etapa 2, os testes com os microcontroladores ESP32, que permitem uma configuração mais robusta, registraram um alcance máximo de 1.290 metros em um cenário com pouca interferência, com pouco ou nenhum edifício ou vegetação interferindo na comunicação, entre o setor de Mecanização e o de Zootecnia 3 (Z3). Este resultado demonstra o alto potencial de cobertura da tecnologia em áreas abertas. Nessa etapa, a taxa de sucesso de transmissão ficou em torno de 95% e o RSSI se estabilizou por volta de -115.

O resultado mais importante veio da etapa 3, que avaliou o desempenho em um cenário sem linha de visada (NLoS). Apesar de obstáculos como edifícios, vegetação e o relevo entre a portaria do campus e o prédio H, a comunicação foi mantida com sucesso a 820 metros. Esse achado é crucial, pois confirma estudos como o de Farooq et al. (2023), que também destacam a resiliência do sinal LoRa em terrenos com interferência. A manutenção de uma conexão estável sob essas condições prova a viabilidade de implementar uma rede de cobertura ampla, capaz de conectar pontos de interesse agrícola distantes e bloqueados no campus. Nesta etapa, a taxa de sucesso de transmissão foi de cerca de 90% e o RSSI se manteve em torno de -120.



Figura 1 - Linha azul indica o melhor resultado alcançado na etapa 1. Linha amarela, o melhor alcançado na etapa 2 e linha roxa, o melhor da etapa 3. Fonte: Google Earth.

A análise conjunta dos resultados indica que a tecnologia LoRa é adequada para as dimensões e a topografia do *campus*, possibilitando a cobertura da maioria das áreas produtivas e experimentais a partir de poucos gateways estrategicamente posicionados.

## 5. CONCLUSÃO

O estudo validou a tecnologia LoRa como uma solução robusta e viável para redes de sensoriamento remoto em ambientes agrícolas. Os experimentos demonstraram a capacidade do LoRa de manter a comunicação em longas distâncias, alcançando até 1.290 metros em cenários

abertos e, de forma ainda mais relevante, superando barreiras físicas como prédios, vegetação e o relevo a uma distância de 820 metros. Tais resultados comprovam a resiliência do sinal em condições de alta interferência, atestando o potencial da tecnologia para estabelecer uma infraestrutura de monitoramento autônoma e de baixo custo no campus do IFSULDEMINAS - Campus Muzambinho. A capacidade de cobrir áreas amplas e complexas com poucos pontos de acesso posiciona o LoRa como um pilar fundamental na implementação de futuras estações de Agricultura de Precisão.

## AGRADECIMENTOS

Agradecemos à Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Minas Gerais (FAPEMIG) pela concessão das bolsas de Iniciação Científica, fundamentais para o desenvolvimento deste projeto, e ao IFSULDEMINAS pelo apoio institucional contínuo.

## REFERÊNCIAS

ALMEIDA, L. G. de; SARAIVA, A. M.; BORGES, V. T. Internet das coisas aplicada ao agronegócio: uma revisão sistemática da literatura. **Interfaces**, Pombal, v. 8, n. 2, p. 289-305, 2020. Disponível em: <https://interfaces.scientias.com.br/index.php/interfaces/article/view/973>. Acesso em: 29 jul. 2025.

FAROOQ, M. S. *et al.* Propagation and performance evaluation of a LoRaWAN based network for smart agriculture in vegetated terrains. **Computers and Electronics in Agriculture**, Amsterdam, v. 210, p. 107909, 2023. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.compag.2023.107909>. Acesso em: 29 jul. 2025.

SANTOS, L. P. dos; ROCHA, H. R. O. Tecnologias de comunicação para internet das coisas: uma revisão. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE REDES DE COMPUTADORES E SISTEMAS DISTRIBUÍDOS, 39., 2021, Uberlândia. **Anais [...]**. Porto Alegre: Sociedade Brasileira de Computação, 2021. p. 412-425. Disponível em: <https://doi.org/10.5753/sbrc.2021.15904>. Acesso em: 29 jul. 2025.

SILVA, C. F. da; JUNIOR, V. P. S. Estação agrometeorológica de baixo custo utilizando ESP32 e plataforma de prototipagem IoT. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Pelotas, v. 30, e30002, 2022. Disponível em: <https://doi.org/10.51859/rbc.v30.e30002>. Acesso em: 29 jul. 2025.

YILDIRIM, M. S.; AYDEMIR, Ö. Energy Harvesting for IoT Devices: A Survey. **Journal of King Saud University - Computer and Information Sciences**, Riyadh, v. 35, n. 2, p. 660-679, 2023. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.jksuci.2023.02.012>. Acesso em: 29 jul. 2025.