



Universidade Federal de Santa Catarina  
Campus Araranguá  
Centro de Ciências, Tecnologias e Saúde  
Departamento de Computação

Redes Sem Fio

**Sistema de Comunicação Sem Fio para monitoramento de um campo agrícola**

Fernando Doqui Futila

Junior Co

Rufino Sérgio Panzo

Araranguá, 2025

# **Sistema de Comunicação Sem Fio para monitoramento de um campo agrícola**

Fernando Doqui Futila

Junior Có

Rufino Sérgio Panzo

Relatório técnico apresentado como requisito parcial para obtenção de aprovação na disciplina Redes Sem Fio, no Curso de Engenharia de Computação, na Universidade Federal de Santa Catarina

Profa. Analúcia Schiaffino Morales

Araranguá, 2025

**SUMÁRIO**

1. Introdução -----3

2. Objetivos-----3

3. Justificativa-----4

4. Fundamentação teórica-----5

5. Metodologia-----8

6. Diagramas-----12

7. Resultados -----13

8. Conclusão-----16

Referências -----17

## **1. Introdução**

A crescente demanda por eficiência e sustentabilidade no setor agrícola está estimulando a busca por soluções tecnológicas inovadoras. O monitoramento contínuo de variáveis ambientais, como temperatura, umidade e precipitação, é essencial para otimizar o uso dos recursos disponíveis, prever condições adversas e aumentar ao máximo a produtividade das plantações. Nesse contexto, as redes de sensores sem fio (RSSF) se destacam como uma ferramenta estratégica que permite a coleta autônoma e remota de dados em tempo real.

Este projeto propõe desenvolver e implementar uma rede de sensores sem fio econômica e de longo alcance, utilizando a tecnologia LoRa (Long Range) integrada com microcontroladores ESP32. O sistema será formado por nós sensores distribuídos em uma área agrícola para coletar dados ambientais, além de uma estação base central que receberá essas informações e as retransmitirá para uma plataforma na nuvem. A solução tem como objetivo proporcionar acesso remoto simples aos dados e emitir alertas, possibilitando um gerenciamento agrícola mais preciso baseado em dados concretos.

## **2. Objetivos**

### **2.1. Objetivos Geral**

Criar um sistema abrangente de monitoramento ambiental para áreas agrícolas, utilizando uma rede de sensores sem fio com tecnologia LoRa. Esse sistema será capaz de coletar, transmitir e disponibilizar dados em tempo real para acesso remoto.

### **2.2. Objetivos Específicos**

- Desenvolver e construir dois nós sensores autônomos, equipados com sensores de temperatura e umidade (DHT11) e sensor de chuva (FC-37).

- Desenvolver uma estação base utilizando um módulo ESP32 LoRa para receber pacotes de dados dos nós sensores e enviá-los a uma plataforma na nuvem via Wi-Fi, usando o protocolo Blynk (TCP).
- Assegurar uma cobertura de comunicação LoRa estável e apropriada para distâncias de até 2 km em campo aberto.
- Desenvolver um painel online para a visualização intuitiva dos dados coletados e implementação de alertas automáticos.

### **3. Justificativa**

A agricultura moderna encontra o desafio de aumentar a produção utilizando menos recursos, enfrentando simultaneamente as crescentes incertezas climáticas. A ausência de informações precisas e em tempo real sobre as condições microclimáticas das plantações pode resultar em decisões inadequadas de manejo, levando a prejuízos na produção e ao desperdício de água e insumos.

Este projeto é fundamentado pela necessidade de uma solução que seja acessível, escalável e fácil de implementar. A escolha da tecnologia LoRa se mostra estratégica devido ao seu baixo consumo energético e à sua capacidade de longo alcance, características ideais para aplicações em extensas áreas rurais. O uso de componentes econômicos como o ESP32 e o sensor DHT11 torna a solução financeiramente viável para pequenos e médios produtores, fornecendo-lhes dados valiosos que possibilitam decisões mais rápidas e eficientes.

#### 4. Fundamentação teórica

- **Redes de Sensores Sem Fio (RSSF):** são formadas por **nós** sensores autônomos espalhados ao longo de uma área, os quais coletam e enviam dados ambientais para uma estação base. Elas desempenham um papel crucial em aplicações de monitoramento remoto, como na agricultura inteligente ou precisa.
- **Tecnologia LoRa (Long Range):** Trata-se de uma tecnologia de comunicação sem fio que oferece grande alcance e baixo consumo energético. Ela opera em bandas de frequência sub-gigahertz, o que garante alta resistência a interferências, sendo perfeita para transmitir pequenos pacotes de dados por vastas áreas.
- **Microcontrolador ESP32-Lora:** Trata-se de um microcontrolador econômico e de alto desempenho que oferece conectividade Wi-Fi e Bluetooth integrada. A versão com rádio LoRa integrado facilita o desenvolvimento de dispositivos para a Internet das Coisas (IoT).



Figura 1 – Módulo ESP32 LoRa [1]

- **DHT11:** é um sensor confiável para medir temperatura na faixa de 0 a 50 °C e umidade de 20 a 90%. Amplamente utilizado em projetos com Arduino, oferece precisão e facilidade de integração. Principais características:
  - Faixa de medição de umidade de 20% a 90%
  - Faixa de medição de temperatura de 0°C a 50°C
  - Precisão de  $\pm 5\%$  na medição da umidade e  $\pm 2^\circ\text{C}$  para temperatura
  - Interface digital

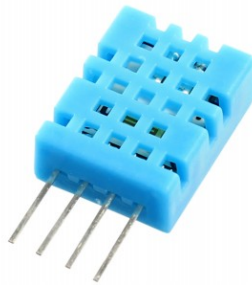


Figura 2 – Sensor de Temperatura e Umidade DHT11 [2]

- **Sensor de chuva FC-37:** O sensor de chuva é usado para detectar a água e pode detectar além do que um sensor de umidade faz. Ele é configurado por duas peças: a placa eletrônica (à direita) e a placa coletor (à esquerda) que coleta as gotas de água. O sensor de chuva possui um potenciômetro embutido para ajuste de sensibilidade da saída digital (D0). Ele também tem um LED de energia que acende quando o sensor é ligado e um LED de saída digital.



Figura 3 – Sensor de chuva FC-37 [3]

- **Plataforma Blynk Low-code IoT Cloud:** O Blynk é uma plataforma de IoT "low-code" (pouco código) com foco na experiência do usuário, que simplifica drasticamente o desenvolvimento de aplicativos para monitoramento e controle de dispositivos conectados. Ele se destaca por oferecer um ambiente completo que abrange desde a conexão do hardware à nuvem até a criação de dashboards e aplicativos móveis customizáveis.

## Principais Características e Benefícios do Blynk:

- **Abordagem Low-code/No-code:** O Blynk minimiza a necessidade de escrita de código complexo para a criação de interfaces de usuário e lógicas básicas. Sua interface de arrastar e soltar (drag-and-drop) permite que desenvolvedores, mesmo com pouca experiência em programação web ou mobile, construam dashboards e apps rapidamente. Isso acelera o ciclo de desenvolvimento e prototipagem, tornando-o ideal para projetos como o proposto.
- **Conectividade Versátil:** Suporta uma ampla gama de microcontroladores (como ESP32, ESP8266, Arduino) e protocolos de comunicação, incluindo MQTT, que é o padrão de mercado para IoT. Isso garante a compatibilidade da estação base (gateway) do nosso sistema com a plataforma Blynk.
- **Dashboards Customizáveis:** Oferece um conjunto rico de widgets (gráficos, medidores, botões, displays de valor) que podem ser facilmente configurados para exibir dados de sensores em tempo real, criar histórico de leituras e até mesmo enviar comandos para dispositivos. A capacidade de criar dashboards tanto web quanto móveis a partir de uma única plataforma é um grande diferencial.
- **Infraestrutura em Nuvem Gerenciada:** O Blynk cuida de toda a complexidade da infraestrutura de backend, permitindo que os desenvolvedores foquem na lógica da aplicação e na experiência do usuário. Isso reduz significativamente os custos e o tempo de desenvolvimento de soluções robustas.

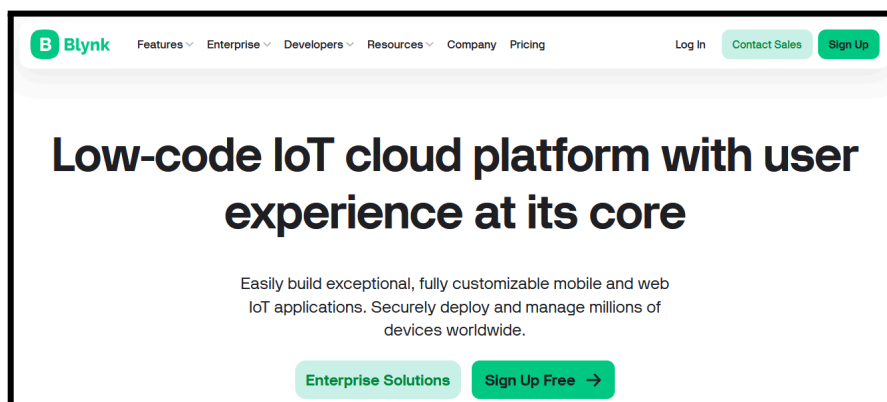


Figura 4 – Plataforma Blynk



## 5. Metodologia

A metodologia de desenvolvimento do sistema será organizada em etapas sequenciais e iterativas, assegurando uma construção modular com validação contínua dos componentes.

### 5.1. Arquitetura do Sistema Detalhada

A estrutura do sistema será baseada em três camadas principais:

- **Camada de Percepção (Nós Sensores):**
  - **Nós A e B:** Cada nó será desenvolvido com um módulo ESP32 LoRa.
  - **Sensores:**
    - **Sensor de Temperatura e Umidade DHT11:** Será conectado a uma porta GPIO digital do ESP32, realizando leituras periódicas (por exemplo, a cada 5 minutos) para o monitoramento do microclima.
    - **Sensor de Chuva (FC-37):** Ele será conectado a uma porta GPIO do ESP32 configurada para atuar como interrupção externa, possibilitando a detecção imediata da chuva.
- **Camada de Rede (Estação Base - Nó C):**
  - **Estação Base:** Será usado um módulo ESP32 LoRa, configurado para funcionar como um gateway LoRa. Sua função principal é receber pacotes de dados de vários nós sensores por meio do protocolo LoRa.
  - **Conectividade com a Nuvem:** O ESP32 da estação base estabelecerá conexão com uma rede Wi-Fi local, que pode ser um hotspot móvel ou uma rede doméstica próxima à área de monitoramento, para transmitir os dados à plataforma na nuvem.
  - **Protocolo de Transmissão:** Será utilizado o protocolo Blynk (TCP) para a comunicação com a plataforma na nuvem. A estação base estará publicando os dados recebidos dos **nós** sensores em tópicos predefinidos (Transmissor;Umidade;Temperatura;Chuva).

- **Camada de Aplicação (Plataforma em Nuvem e Dashboard):**

- **Protocolo Blynk:** Será utilizado um serviço Blynk A Biblioteca Blynk é uma biblioteca C++ portátil e fácil de usar, que vem pré-configurada para funcionar com centenas de placas de desenvolvimento. Ela implementa um protocolo de conexão de streaming, permitindo comunicação bidirecional e de baixa latência.
- **Plataforma Blynk (Dashboard):** Como dashboard, foi usada a plataforma Blynk para exibição em tempo real dos dados (gráficos de linha para temperatura e umidade, indicador de precipitação).

## 5.2. Desenvolvimento de Firmware

O firmware para os nós sensores e a estação base será desenvolvido usando a IDE do Arduino e a linguagem C++, utilizando bibliotecas otimizadas para ESP32 LoRa.

- **Firmware dos Nós Sensores (Nó A e Nó B):**

- **Inicialização:** Configuração dos pinos GPIO, inicialização dos sensores DHT11 e FC-37, além da configuração do módulo LoRa (frequência, fator de espalhamento e largura de banda).
- **Leitura dos Sensores:** Desenvolvimento de procedimentos para a coleta periódica de dados do sensor DHT11, incluindo manejo de erros durante as leituras, e monitoramento eficaz do sensor de chuva através da utilização de interrupções para uma detecção ágil.
- **Formatação do Pacote de Dados:** Os dados coletados, que incluem temperatura, umidade, condição da chuva e identificador do nó serão encapsulados em um pacote string de texto otimizado para transmissão via LoRa.
- **Transmissão LoRa:** Uso da biblioteca LoRa para enviar o pacote à estação base.

- **Firmware da Estação Base (Nó C):**

- **Inicialização:** Configuração do módulo LoRa para funcionar como receptor (gateway), ativação do Wi-Fi e conexão à rede especificada com SSID e senha.
- **Recepção LoRa:** O ESP32 ficará em modo de escuta contínua para receber pacotes LoRa dos nós sensores. A biblioteca LoRa será configurada com uma função callback para processar os pacotes recebidos.
- **Decodificação e Validação:** Os pacotes LoRa recebidos serão processados para decodificar o conteúdo e assegurar sua validade, através de verificação do formato.
- **Conexão Wi-Fi e Blynk:** Desenvolvimento de rotinas para gerir a conexão com redes Wi-Fi e a plataforma Blynk. Em situações de falha, serão efetuadas tentativas periódicas de reconexão.
- **Formatação dos Dados para Transmissão LoRa:** Os dados coletados pelos nós sensores serão organizados em um formato de string otimizado para transmissão via LoRa, seguindo a estrutura **"TX1;H:xx;T:xx.x;C:x"**. Esse formato é compacto e ideal para redes de IoT com restrições de largura de banda. Por exemplo, um pacote pode ter a forma **"TX1;70.2;25.5;0"**, onde:
  - **TX1** identifica o nó transmissor (nó 1),
  - O primeiro valor representa a umidade relativa do ar (**H**) em percentagem;
  - O segundo valor indica a temperatura (**T**) em graus Celsius com uma casa decimal,
  - O terceiro campo (**C**) indica a presença de chuva, sendo **"Sim"** para presença e **"Nao"** para ausência.

### 5.3. Configuração da Plataforma em Nuvem e Dashboard com Blynk

Nesta fase, será utilizada a plataforma **Blynk** para a visualização e monitoramento remoto dos dados dos sensores. O Blynk oferece uma solução integrada com conectividade TCP e suporte a dashboards móveis personalizáveis, ideal para aplicações em Internet das Coisas (IoT).

- **Escolha de Protocolo Blynk:** O Blynk simplifica a necessidade de um broker MQTT próprio, já que a comunicação é gerenciada por meio da infraestrutura da plataforma. O dispositivo (nó base) envia os dados diretamente para a nuvem Blynk via biblioteca oficial (**BlynkSimpleEsp32.h**).
- **Configuração do Painel de Controle (Dashboard):** A interface do usuário é criada através do app Blynk (iOS/Android), com os seguintes elementos:
- **Conexão com o Projeto Blynk:** Cada sensor será associado a um **Virtual Pin (Vx)**. O código do microcontrolador será programado para enviar os dados utilizando **Blynk.virtualWrite(Vx, valor)**.

## 6. Diagramas

### 6.1. Diagrama de blocos

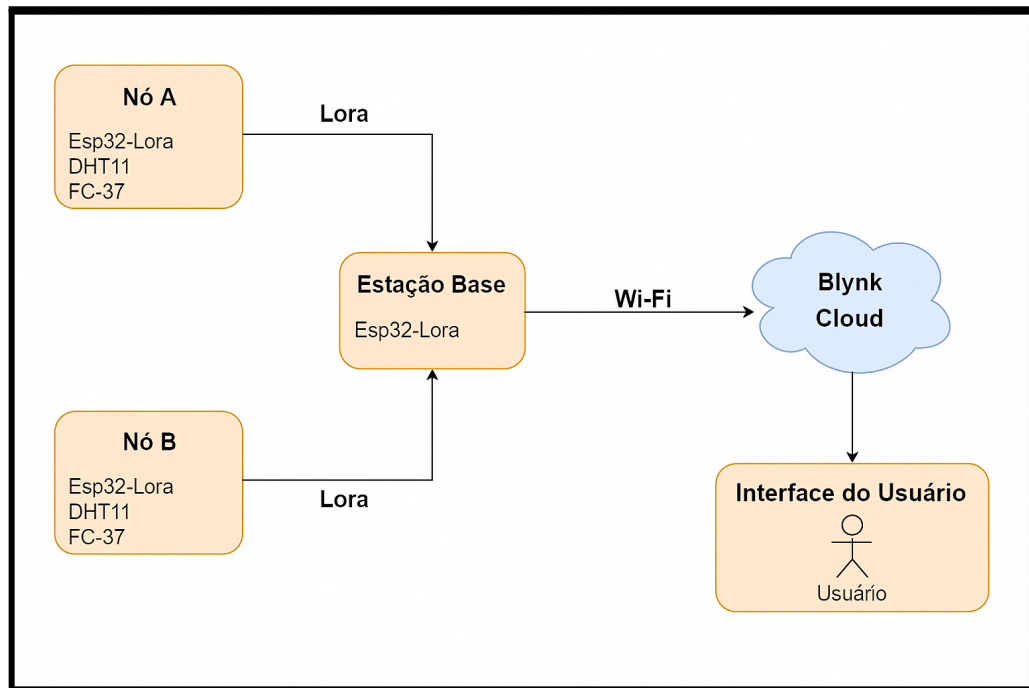


Figura 5 – Diagrama de blocos do sistema

### 6.2. Diagrama elétrico

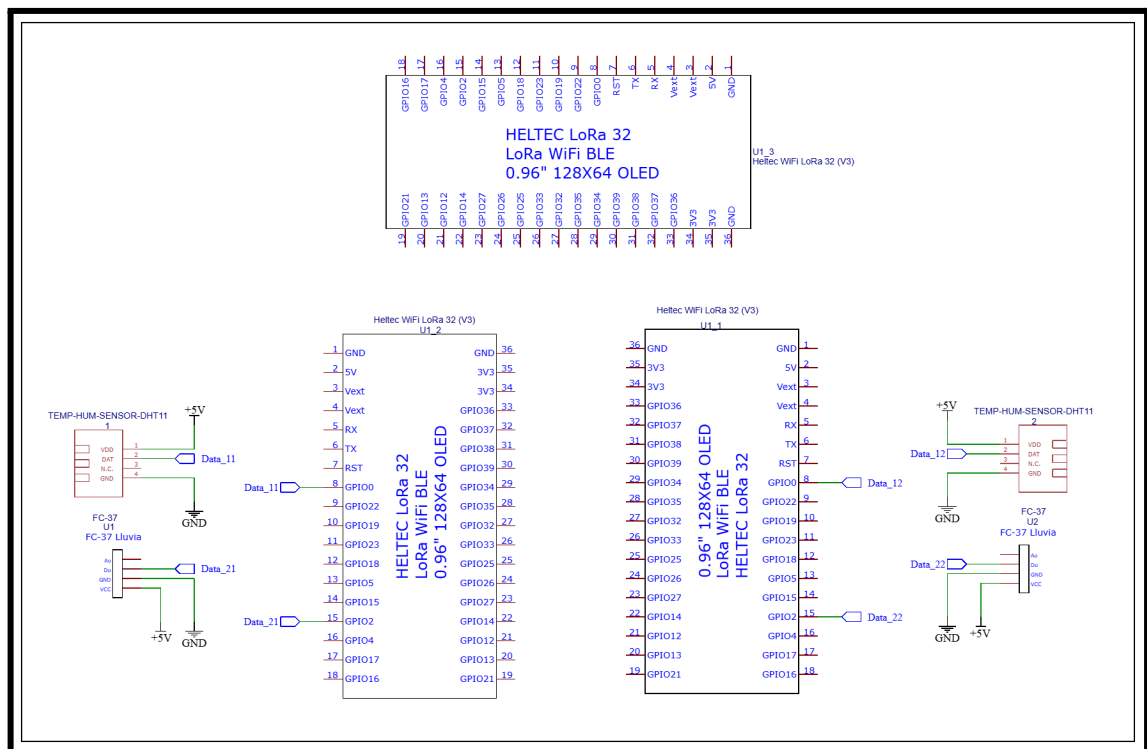


Figura 6 – Diagrama elétrico do sistema

## 7. Resultados

### 7.1. Parâmetros Do Transmissor/Recetor Lora

Nesta etapa, foram definidos os parâmetros de configuração do sistema de comunicação LoRa, considerando o ambiente de teste (urbano) e a frequência utilizada. A **equação de perda no espaço livre** foi aplicada para estimar a atenuação do sinal:

- $L = 20\log_{10}(f) + 20\log_{10}(d) + 32.44$
- $f = 915\text{MHz}$  (frequência utilizada)
- $L = 83\text{dB}$  (perda estimada para ambiente urbano)
- $d \approx 370\text{m}$  (alcance)

Parâmetro	Valor
Frequência	915 MHz
Potência	5 dBm ( $\approx 3\text{ mW}$ )
Largura de banda	125 kHz
Spreading Factor	SF7
Coding Rate	4/5

Figura 6 – Parâmetros utilizados na configuração do módulo LoRa para os testes de comunicação



Figura 7 – Gráficos gerados a partir de simuladores LoRa para estimar alcance e consumo energético com os parâmetros definidos.

## 7.2. Dashboard (Plataforma Blynk)

Nesta etapa do projeto, foi utilizada a plataforma Blynk para desenvolver o painel de visualização (dashboard) dos dados dos sensores de forma remota e em tempo real. A solução foi implementada tanto para a interface web (**Blynk.Console**) quanto para dispositivos móveis (aplicativo Blynk para iOS/Android).

Os sensores **TX1** e **TX2** enviam informações de:

- Umidade do ar (%)
- Temperatura (°C)
- Presença de chuva (Sim/Não)

As informações são organizadas visualmente com widgets interativos, permitindo fácil monitoramento ambiental.

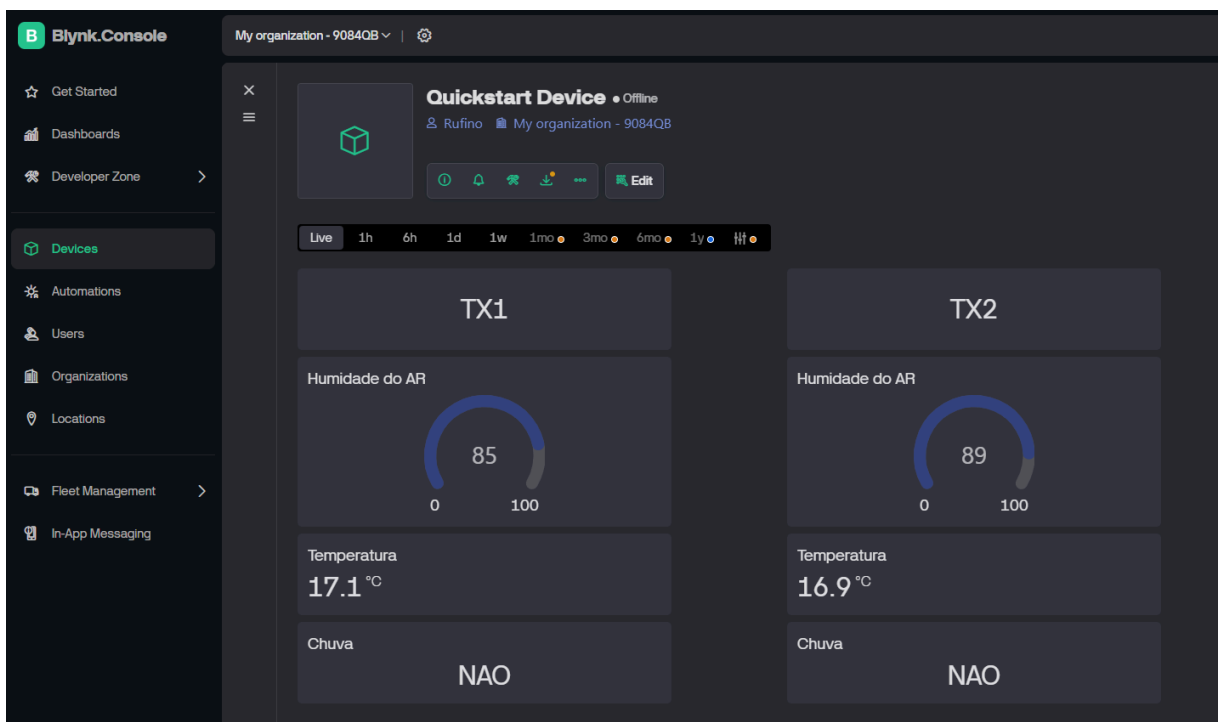


Figura 8 – Dashboard Web (Blynk.Console). Visualização dos dados em tempo real via interface web da plataforma Blynk



Figura 9 – Dashboard Mobile (Aplicativo Blynk). Painel de controle acessado por smartphone



## **8. Conclusão**

O desenvolvimento deste projeto resultou em um protótipo funcional de uma rede de sensores sem fio, composta por dois nós remotos e uma estação base, operando de forma estável e confiável. O sistema foi capaz de validar a comunicação LoRa em campo aberto, alcançando a meta estabelecida de cobertura de aproximadamente 60m, demonstrando a viabilidade da tecnologia para aplicações em áreas rurais ou de difícil acesso.

Os nós sensores realizaram com sucesso a transmissão dos dados ambientais em tempo real, incluindo informações de temperatura, umidade e detecção de chuva, os quais foram enviados para uma plataforma em nuvem (Blynk Cloud). O dashboard online desenvolvido permitiu o monitoramento remoto e a visualização clara e intuitiva dos dados coletados, facilitando a análise e a tomada de decisão.

## Referências

AUGUSTIN, A.; YI, J.; CLAUSEN, T.; KROGH, W. M. A study of LoRa: Long range & low power networks for the internet of things. **Sensors**, v. 16, n. 9, p. 1466, 2016.

Datasheets dos componentes: ESP32, **DHT11**, FC-37.

Documentação oficial da plataforma de IoT e do broker MQTT escolhidos.

HUNKELER, U.; TRUX, H.; STANFORD-CLARK, A. MQTT-S—A publish/subscribe protocol for Wireless Sensor Networks. In: **2008 3rd International Conference on Communication Systems Software and Middleware and Workshops (COMSWAREs 2008)**. IEEE, 2008.

KOLBAN, N. **Kolban's Book on ESP32**. Leanpub, 2017.

[https://www.makerhero.com/produto/sensor-de-umidade-e-temperatura-dht11/?srsltid=AfmBOooBWDPJvqplOdGqGUpNMkmVnLOIN3Y5DGe3-XQxjRqJ\\_5Mr7NIV](https://www.makerhero.com/produto/sensor-de-umidade-e-temperatura-dht11/?srsltid=AfmBOooBWDPJvqplOdGqGUpNMkmVnLOIN3Y5DGe3-XQxjRqJ_5Mr7NIV)

<https://www.usinainfo.com.br/lora/heltec-esp32-lora-wifi-32-v3-sx1262-868915mhz-com-display-oled-com-usb-c-8437.html>

<https://www.usinainfo.com.br/sensor-de-umidade-arduino/sensor-de-umidade-e-temperatura-dht11-2823.html>

<https://www.megasmart.com.br/arduino/arduino-rain-sensor-fc-37>

BLYNK INC. *Blynk IoT Platform Documentation*. Disponível em: <https://docs.blynk.io>. Acesso em: 10 jul. 2025.

BLYNK INC. *Blynk Console*. Disponível em: <https://console.blynk.io>. Acesso em: 10 jul. 2025.

## Anexo

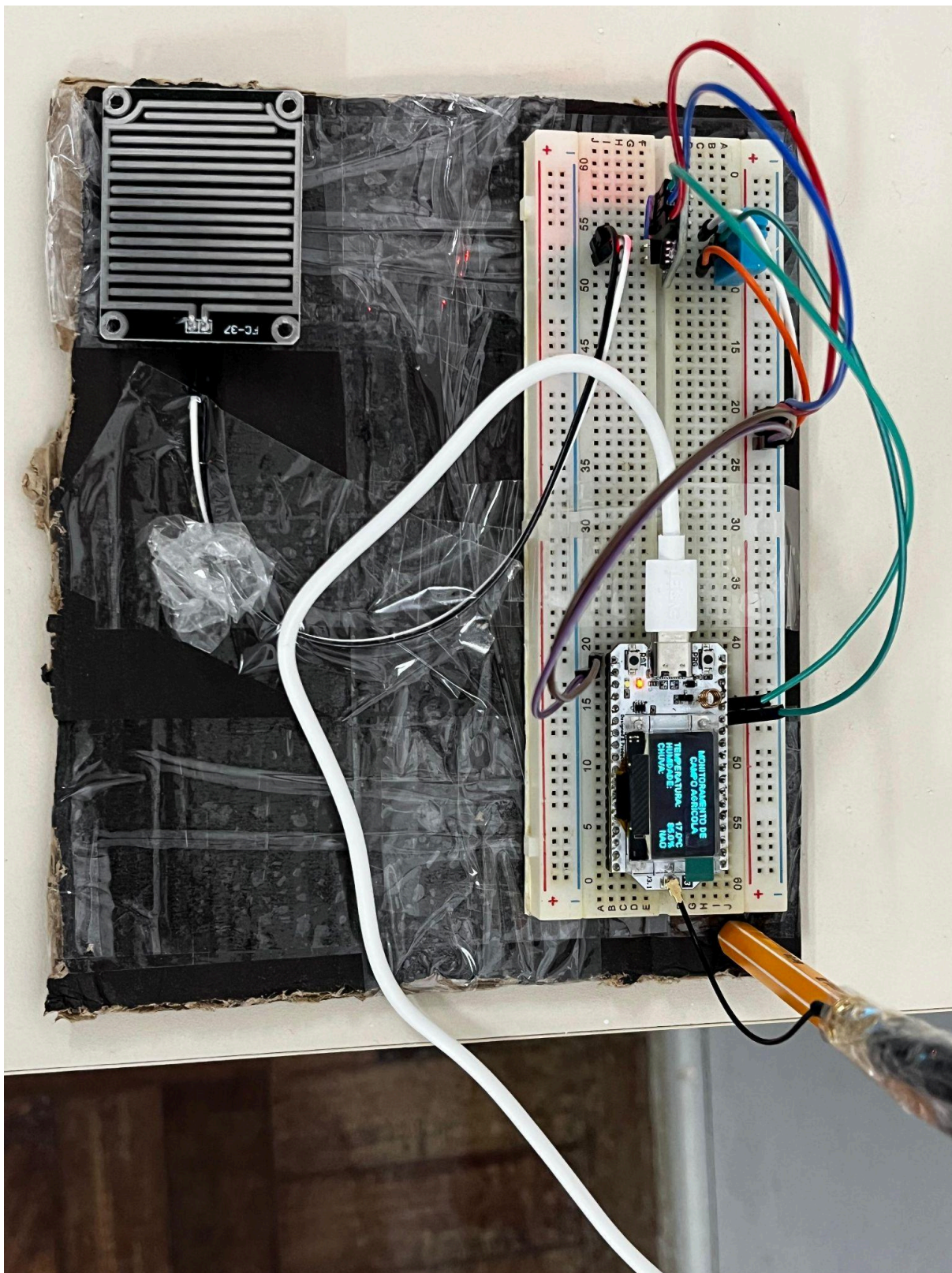


Figura 10 – Transmissor Funcionando



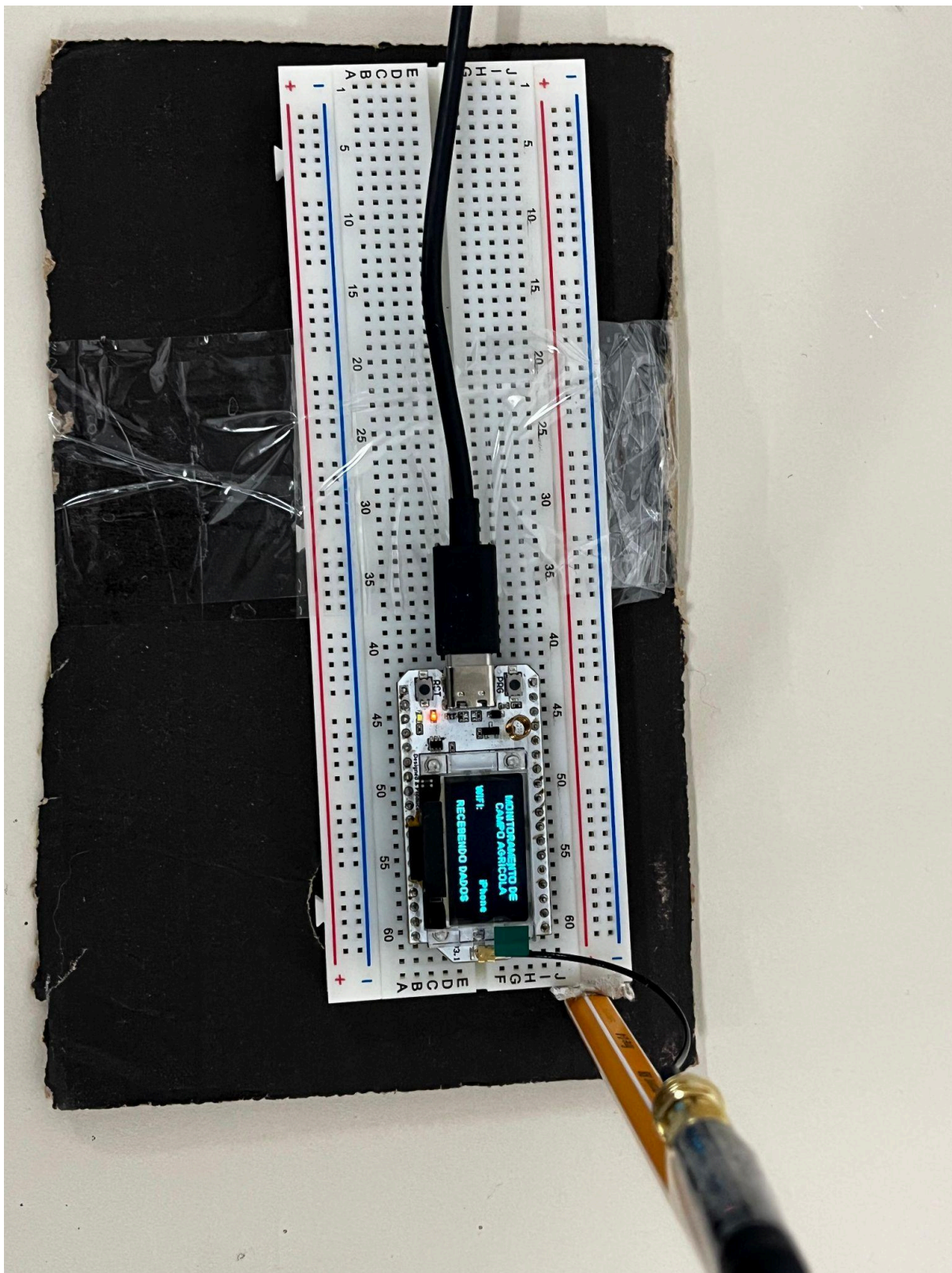


Figura 11 – Receptor Funcionando