# **Projeto de Pesquisa**

**Código:** PIK2230-2025  
 **Título:** Pesquisa em Rede de Sensores Inteligentes para Acompanhamento de Variáveis Ambientais  
 **Tipo:** Externo (Projeto Novo)  
 **Natureza:** Projeto de Fluxo Contínuo  
 **Tipo de Pesquisa:** Pesquisa Aplicada  
 **Situação:** Em Execução  
 **Período:** 05/05/2025 a 30/04/2027

**Unidade de Lotação do Coordenador:** Departamento de Engenharia Mecânica - CTG (11.65.55)  
 **Unidade de Execução:** Departamento de Engenharia Mecânica - CTG (11.65.55)  
 **Centro:** Diretoria do Centro de Tecnologia e Geociências - CTG (11.65)  
 **Coordenador:** Prof. José Rodrigues de Oliveira Neto  
 **E-mail:** joserodrigues.oliveiraneto@ufpe.br

**Palavras-Chave:** Sistemas Embarcados, Rede de Sensores, Internet das Coisas  
 **Área de Conhecimento:** Engenharias → Engenharia Elétrica  
 **Linha de Pesquisa:** Telecomunicações

## **Resumo**

Este projeto visa projetar e construir **protótipos de sistemas embarcados** para monitorar variáveis do solo e do ambiente, atuando como nós sensores em uma **rede sem fio híbrida**.  
 A rede utilizará módulos de comunicação **LoRaWAN** e **WiFi**, com gateways apropriados para cada sub-rede, e um **sistema de supervisão unificado** desenvolvido no projeto.

Os dados coletados auxiliarão no **manejo de culturas e no acompanhamento de variáveis ambientais**, utilizando ferramentas de **processamento digital de sinais, inteligência artificial e aprendizado de máquina**, a serem incorporadas ao sistema.

## **Introdução e Justificativa**

As **redes de sensores sem fio (WSN)** têm ganhado destaque na academia e na indústria, com aplicações em setores como agricultura, monitoramento ambiental e manejo de recursos naturais (AYAZ et al., 2019; MOTAHHIR, 2023).

Essas redes permitem o monitoramento em tempo real de variáveis como:

* Umidade e temperatura do solo (RASYID et al., 2016);
* Duração da umidade foliar (SAINI et al., 2022);
* Concentração de nitratos na água (CHATTERJEE et al., 2021);
* Luminosidade (LIU; HUA; LAI, 2021);
* Poluição (ALI et al., 2021).

O **uso de WSN em agricultura** possibilita:

* Análise espacial da umidade do solo para irrigação eficiente;
* Monitoramento da temperatura para identificar condições ideais de cultivo;
* Apoio no combate a pragas.

### **Tecnologias de Comunicação**

As aplicações agrícolas e ambientais exigem **protocolos de comunicação** com:

* **Baixo consumo de energia**,
* **Grande alcance**,
* **Resiliência a problemas de canal** (IEEE, 2020).

O **LoRaWAN** destaca-se por sua **modulação LoRa™ (CSS)**, que garante comunicação de longo alcance (4 km em áreas urbanas e até 15 km em áreas remotas). Já o **WiFi** é preferível em estufas inteligentes, devido à infraestrutura elétrica disponível e maior largura de banda (IEEE, 2021).

### **Relevância Acadêmica e Social**

O projeto também contribui para:

* Modernização e otimização do manejo de culturas;
* Formação de profissionais qualificados em **sistemas embarcados, redes sem fio e processamento de sinais**;
* Produção científica em periódicos e congressos da área.

## **Objetivo Geral**

Projetar e construir **protótipos de sistemas embarcados** para monitorar variáveis ambientais e do solo, em uma **rede sem fio híbrida (LoRaWAN + WiFi)**, supervisionada por um **sistema unificado**.

## **Objetivos Específicos**

1. Estudar a bibliografia para definir variáveis e sensores relevantes (agricultura, ambiente etc.).
2. Estudar protocolos **WiFi e LoRaWAN** para compor a rede híbrida.
3. Definir os requisitos do sistema microcontrolado que comporá os nós sensores.
4. Projetar e construir **protótipos dos sistemas embarcados**.
5. Implementar e testar o **firmware** de sensoriamento e comunicação sem fio.
6. Desenvolver o **sistema supervisório** para gerenciamento da rede.
7. Realizar **testes em campo** e gerar dados para pesquisas em **processamento de sinais e inteligência artificial**.

## **Problemas de Pesquisa**

O desafio é construir uma **rede híbrida de sensores** (LoRaWAN + WiFi) com:

* Nós sensores confiáveis,
* Gateways apropriados para cada sub-rede,
* Um sistema supervisório integrado que permita aplicação de ferramentas de **IA, aprendizado de máquina e processamento digital de sinais**.

## **Método Científico**

### **Etapa 1 – Levantamento do Estado da Arte**

* Revisão bibliográfica sobre sensores, protocolos e hardware embarcado.
* Fontes: IEEE, Elsevier, Springer, via Portal CAPES.

### **Etapa 2 – Levantamento de Requisitos**

* Definição de requisitos de hardware, firmware e software.
* Organização em etapas: concepção, engenharia de requisitos, integração, testes e documentação (Stadzisz & Renaux, 2007).

### **Etapa 3 – Projeto dos Módulos de Comunicação**

* Implementação de comunicação cabeada (teste).
* Desenvolvimento e teste da comunicação sem fio (LoRaWAN e WiFi).

### **Etapa 4 – Projeto dos Módulos de Sensoriamento**

* Implementação de sensores ambientais.
* Testes de calibração e integração à rede.

### **Etapa 5 – Desenvolvimento do Sistema Supervisório**

* Comunicação entre nós e gateways.
* Backend em **Python** e frontend em **Flutter**.
* Armazenamento de dados, visualização gráfica e aplicação de processamento digital de sinais.

### **Etapa 6 – Documentação**

* Consolidação dos resultados em:  
  + **Publicações científicas**
  + **Manuais de uso e manutenção**,
  + **Materiais de apoio ao ensino-aprendizagem**.

## **Resultados Esperados**

* Dois protótipos de sistemas embarcados:  
  + um com **comunicação LoRaWAN**,
  + outro com **comunicação WiFi**.
* Uma rede de sensores híbrida testada em campo.
* Dados centralizados em banco de dados e visualizados por software supervisório.
* Geração de conhecimento aplicado em **agricultura inteligente e monitoramento ambiental**.

## **Cronograma de Execução**

