

16º Congresso de Inovação, Ciência e Tecnologia do IFSP - 2025

PROJETO FIRE SISTEMA DE ALERTA DE INCÊNDIOS FLORESTAIS

GUSTAVO SILVA GUIMARÃES DE BRITO, KAIO LUIZ FERREIRA, UESCLEI COSTAS
SANTOS

¹ Graduando em Ciência da computação, Bolsista IFSP, Campus Salto, ferreira.kaio@ifsp.edu.br.

² Graduando em Ciência da computação, Bolsista IFSP, Campus Salto, gustavo.brito@aluno.ifsp.edu.br.

³ Professor EBTB do Instituto Federal de São Paulo - Campus Salto/SP, uesclei.costa@ifsp.edu.br.

RESUMO: Incêndios florestais representam um grave problema ambiental, social e político. Causam deslocamento de comunidades, impactos à saúde por poluição do ar, contribuem significativamente para as mudanças climáticas, degradam ecossistemas e empobrecem o solo. Diante disso, este projeto propõe o desenvolvimento de um sistema eficiente e de baixo custo para detecção e monitoramento de incêndios em áreas de risco. A solução integra hardware e software, sendo composta por sensores de temperatura, pressão, umidade (BME280) e qualidade do ar (CCS811, medindo CO₂ e TVOCs), conectados a uma placa Arduino Nano e um módulo de comunicação LoRa RFM95. Alimentado por placa solar e bateria de lítio 18650, o sistema garante autonomia energética para operação em áreas remotas. As informações coletadas são enviadas para uma plataforma web em React JS, permitindo monitoramento em tempo real. O sistema registra dados ambientais, possibilitando uma resposta mais rápida em situações de risco. Com o banco de dados MySQL, armazena detalhes de cada dispositivo e sua localização geográfica, facilitando a gestão. Os resultados preliminares resultaram na montagem e validação bem-sucedida do protótipo do nó sensor, confirmando a viabilidade da arquitetura proposta e da comunicação LoRa. Neste sentido, o projeto visa o baixo custo, a fácil implementação e o compromisso com práticas sustentáveis, oferecendo suporte tecnológico para minimizar impactos de incêndios e proteger ecossistemas vulneráveis.

PALAVRAS-CHAVE: baixo custo; detecção; monitoramento;

FIRE PROJECT FOREST FIRE ALERT SYSTEM

ABSTRACT: Wildfires represent a serious environmental, social, and political problem. They cause the displacement of communities, health impacts due to air pollution, contribute significantly to climate change, degrade ecosystems, and impoverish the soil. In light of this, this project proposes the development of an efficient and low-cost system for the detection and monitoring of fires in at-risk areas. The solution integrates hardware and software, consisting of temperature, pressure, and humidity sensors (BME280) and an air quality sensor (CCS811, measuring CO₂ and TVOCs), connected to an Arduino Nano board and an RFM95 LoRa communication module. Powered by a solar panel and a 18650 lithium battery, the system ensures energy autonomy for operation in remote areas. The collected information is sent to a web platform developed in React JS, allowing for real-time monitoring. The system records environmental data, enabling a faster response in risk situations. Using a MySQL database, it stores details of each device and its geographical location, facilitating management. The preliminary results culminated in the successful assembly and validation of the sensor node prototype, confirming the viability of the proposed architecture and LoRa communication. In this sense, the project aims for low cost, easy implementation, and a commitment

to sustainable practices, offering technological support to minimize the impacts of fires and protect vulnerable ecosystems.

KEYWORDS: low cost; detection; monitoring;

INTRODUÇÃO

A Política Nacional do Meio Ambiente (PNMA), instituída pela a Lei nº 6.938/81, marcou importante avanço na regulamentação ambiental no Brasil. No entanto, foi o artigo 225 da Constituição de 1988 que consolidou sua posição, conferindo caráter constitucional à proteção ambiental. Apesar do arcabouço legal, o Brasil enfrenta um grave problema com as queimadas, que representam uma perturbação significativa para ecossistemas como o Cerrado, sendo o fogo um fator presente na região há milênios, mas intensificado drasticamente pela ação humana nos últimos séculos (DIAS, 2006).

O aumento alarmante das queimadas em território nacional é mostrado pelos dados do INPE (2025), sendo a ação humana a principal causa. Conforme apontam Santos, Soares e Batista (2006), o grupo "incendiários" foi a principal causa de incêndios em áreas protegidas no Brasil no período de 1998 a 2002, tanto em número de ocorrências quanto em área queimada. Essa estatística evidencia a gravidade do problema, que é agravado pela dificuldade de monitoramento em áreas remotas e de grande extensão.

Diante desse cenário desafiador, o desenvolvimento de soluções inovadoras e de baixo custo torna-se crucial. Propostas baseadas em prototipagem eletrônica surgem como uma alternativa viável, como demonstrado por Rodrigues (2023), que desenvolveu um protótipo com Arduino para a detecção de monóxido de carbono (CO) visando o monitoramento do Parque Nacional da Chapada Diamantina. Alinhado a essa perspectiva, o presente projeto visa contribuir com uma solução tecnológica para o monitoramento e prevenção de incêndios.

MATERIAL E MÉTODOS

O Projeto FIRE é concebido como um sistema distribuído, composto por múltiplos nós sensores implantados em campo, um meio de comunicação de longo alcance para a transmissão dos dados coletados, um servidor *back-end* para processamento, armazenamento e geração de alertas, e uma plataforma *web front-end* para visualização das informações e interação do usuário.

O fluxo de dados inicia-se nos sensores, que realizam leituras ambientais contínuas. Estes dados são transmitidos via tecnologia LoRa para um *gateway*. O *gateway*, por sua vez, encaminha as informações recebidas para o servidor *back-end*. No *back-end*, os dados são processados, analisados em busca de indicadores de incêndio, armazenados em um banco de dados e, caso seja atingido um limiar crítico, serão gerados alertas e enviados para a interface do usuário (*front-end*). O *front-end* permite que gestores e equipes de resposta monitorem as condições em tempo real, visualizem o histórico de dados e recebam notificações de alerta, facilitando a tomada de decisão rápida e eficiente.

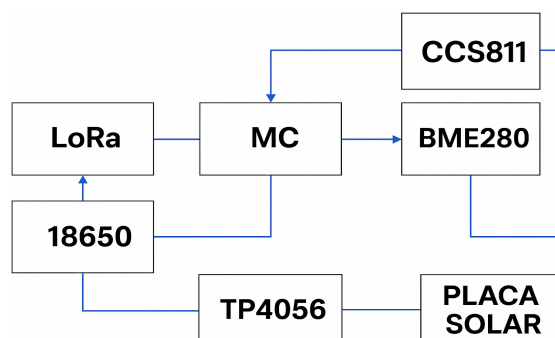


Figura 1. Diagrama do Sistema FIRE
Fonte: Elaborado pelos autores (2025).

Hardware:

O hardware de cada nó sensor do Projeto FIRE (Figura 1) foi projetado para ser autônomo, de baixo custo e capaz de operar em áreas remotas com mínima manutenção. A seleção de componentes priorizou a eficiência energética, a precisão das medições e a robustez para suportar condições ambientais adversas. Os componentes de hardware são:

Microcontrolador (Arduino): Atua como o cérebro do sistema embarcado, é responsável por coletar dados dos sensores, processá-los, e controlar o módulo de comunicação LoRa.

Sensor de Qualidade do Ar (CCS811): É crucial para a detecção de gases como dióxido de carbono (CO₂) e compostos orgânicos voláteis totais (TVOCs), que são indicadores de fumaça e produtos de combustão. Sua integração permite a identificação precoce de indícios de incêndio.

Sensor Ambiental (BME280): Complementa o CCS811 medindo temperatura, umidade do ar e a pressão atmosférica, fatores importantes na análise do risco de incêndio e na confirmação de eventos.

Módulo de Comunicação LoRa (RFM95): O RFM95 é um transceptor de rádio de longo alcance com baixo consumo de energia, operando na banda sub-GHz. É responsável por transmitir os dados coletados pelos sensores para um gateway LoRaWAN, garantindo a comunicação em grandes distâncias e com baixo consumo de bateria, essencial para a autonomia do sistema.

Bateria de Lítio (18650, 1800 mAh, 3.7 V): Uma bateria recarregável de alta densidade energética, selecionada para fornecer a energia necessária para a operação contínua do dispositivo. Sua capacidade de 1800 mAh garante autonomia considerável.

Módulo Carregador de Bateria (TP4056): Responsável pelo gerenciamento seguro da carga da bateria de lítio. Controla a corrente e a tensão de carga, protegendo a bateria contra sobrecarga e descarga excessiva, o que é vital para a segurança e a vida útil da bateria.

Placa Solar: Integrada ao módulo TP4056, permite a recarga da bateria, tornando o detector de incêndio independente de fontes de energia convencionais, ideal para instalação em locais remotos.

Estrutura Impressa em 3D: A carcaça do dispositivo é projetada e fabricada por meio de impressão 3D (utilizando, por exemplo, filamento PETG). Essa abordagem oferece flexibilidade no design para acomodar todos os componentes de forma otimizada, garantir o fluxo de ar para os sensores e permitir a prototipagem rápida.

Software: A solução de software do Projeto FIRE é dividida em três camadas principais: o firmware do microcontrolador, o servidor back-end e a plataforma web (front-end), todas interligadas para garantir o fluxo de dados e a interação com o usuário.

Firmware do Microcontrolador (Arduino):

- Desenvolvido em linguagem C/C++ (ambiente Arduino IDE).

Servidor Back-end (Node.js):

- Desenvolvido em JavaScript, utilizando o ambiente de execução Node.js.
- Framework Web (Express): Para construir a API REST que recebe os dados do gateway LoRaWAN e serve a plataforma web.
- Comunicação em Tempo Real (Socket.io): Permite a comunicação bidirecional e em tempo real entre o servidor e a plataforma web, garantindo que os alertas e dados mais recentes sejam exibidos instantaneamente ao usuário.
- Processamento de Dados LoRa (lora-packet): Se o gateway LoRaWAN enviar os pacotes brutos, esta biblioteca será utilizada para decodificar os payloads LoRa e extrair os dados dos sensores em um formato legível.
- Banco de Dados (MySQL): Utilizado para armazenar os dados históricos dos sensores, alertas de incêndio e, se implementado, informações sobre as áreas monitoradas. Um driver específico será empregado para a interação com o banco.
- Segurança: Implementação de medidas de segurança como validação de dados, proteção contra SQL Injection e CSRF.

Plataforma Web (Front-end - React JS):

- Desenvolvida em JavaScript, utilizando a biblioteca React JS para construir uma interface de usuário dinâmica e responsiva.
- Comunicação em Tempo Real (Socket.io client): Conecta-se ao servidor back-end via Socket.io para receber atualizações de dados e alertas em tempo real.
- Requisições HTTP (Fetch API): Para buscar dados históricos do banco de dados através da API REST do back-end.
- Visualização de Dados: Apresenta os dados dos sensores (temperatura, umidade, CO₂, TVOCs) em gráficos e tabelas, permitindo ao guarda florestal ou técnico monitorar a situação das áreas de risco.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Nesta fase do Projeto FIRE, os resultados correspondem à construção e validação do protótipo do nó sensor. Para contextualizar a relevância destes avanços, a análise do Gráfico 1 revela a magnitude do problema dos incêndios no Brasil. Os dados históricos do INPE não só indicam uma tendência de aumento, mas também picos de atividade em anos específicos, como 2004, 2007, 2010 e o mais recente em 2024. Estes picos frequentemente coincidem com períodos de eventos climáticos extremos, como secas prolongadas, reforçando a necessidade de sistemas de monitoramento que considerem tanto a detecção de fumaça quanto às condições ambientais.

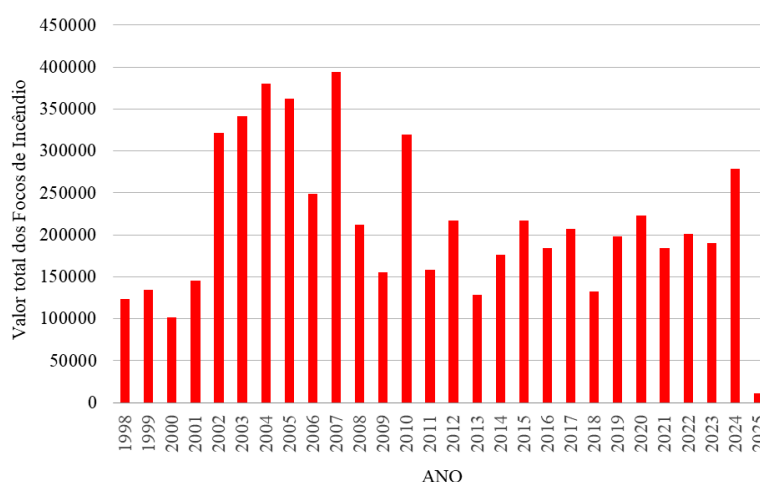


Gráfico 1. Histórico do Brasil em Focos de Incêndios ativos

Fonte: Elaborado pelos autores (2025), com base em dados do INPE.

Nota: Os dados de 2025 são parciais, compreendendo o período de 1º de janeiro a 13 de maio de 2025.

O principal resultado alcançado foi a montagem bem-sucedida e a validação funcional do protótipo (Figura 1), que integra três sistemas essenciais: 1) Unidade de processamento e sensores, com o microcontrolador Arduino conectado aos sensores BME280 e CCS811; 2) Sistema de alimentação autônoma, composto por placa solar e bateria de lítio 18650; e 3) Sistema de comunicação, utilizando o módulo LoRa RFM95. A validação em testes controlados produziu dados quantitativos que comprovam a eficácia do sistema. Em condições normais (ar limpo), os sensores registraram valores de linha de base de 27.2 °C, 61% de umidade, 460 ppm de CO₂ e 65 ppb de TVOCs. Na simulação de um foco de incêndio, o sistema demonstrou alta sensibilidade, com o nível de TVOCs subindo para um pico de 1580 ppb – um aumento de mais de 24 vezes. Adicionalmente, o módulo LoRa transmitiu esses dados com sucesso a uma distância de 400 metros (campo aberto), confirmando sua viabilidade para áreas remotas.

A discussão destes resultados reside na evolução das escolhas técnicas e na comparação com outras abordagens. A substituição do sensor DHT11 pelo conjunto BME280 e CCS811 representou um

avanço significativo, tornando o sistema mais robusto. A abordagem adotada neste projeto se diferencia de outras soluções de baixo custo, como a de Rodrigues (2023), que focou na detecção de monóxido de carbono (CO). Ao optar pelo conjunto BME280 e CCS811, nosso sistema permite um monitoramento mais amplo, que agrega não apenas gases de combustão (CO₂ e TVOCs), mas também variáveis climáticas.

Em paralelo ao hardware, a arquitetura de software foi definida, com o desenvolvimento do firmware em C/C++ para o microcontrolador e o planejamento da plataforma web (Node.js e React JS) para visualização dos dados. Os resultados preliminares demonstram a viabilidade técnica do Projeto FIRE. O protótipo atende aos requisitos de autonomia, baixo custo e detecção por múltiplos sensores, e as decisões de projeto, como a adoção da tecnologia LoRa, foram acertadas durante os testes iniciais.

CONCLUSÕES

Diante do cenário dos incêndios florestais no Brasil, este projeto demonstrou com sucesso a viabilidade técnica de uma solução inovadora, cumprindo o objetivo de desenvolver um sistema de alerta eficiente, de baixo custo e autônomo. A qualificação desta etapa comprova que é possível criar ferramentas tecnológicas acessíveis para mitigar um grave problema ambiental, social e político.

As principais contribuições deste trabalho residem na integração bem-sucedida de três pilares fundamentais:

- **Detecção robusta:** A combinação dos sensores BME280 e CCS811 permite uma análise completa, monitorando não apenas temperatura e umidade, mas também gases de combustão (CO₂ e TVOCs), aumentando a precisão na identificação de focos de incêndio.
- **Autonomia e sustentabilidade:** A implementação de um sistema de alimentação com placa solar e bateria de lítio garante a operação contínua em áreas remotas, sem depender de infraestrutura convencional e com compromisso com práticas sustentáveis.
- **Comunicação de longo alcance:** A adoção da tecnologia LoRa (RFM95) foi uma decisão estratégica que superou as limitações de alcance e consumo de energia de tecnologias como Wi-Fi, viabilizando a transmissão de dados em grandes distâncias.

O Projeto FIRE, portanto, não é apenas um protótipo funcional, mas a base para uma plataforma completa que une hardware resiliente e software de monitoramento em tempo real. As próximas etapas se concentrarão em testes integrados para avaliar o desempenho do sistema em condições simuladas, consolidando os resultados para a fase final do projeto e sua potencial contribuição para a proteção de ecossistemas vulneráveis.

CONTRIBUIÇÕES DOS AUTORES

G.S.G.B e K.L.F foram responsáveis pela conceptualização do projeto, curadoria de dados e pela pesquisa dos índices de incêndio. G.S.G.B realizou a investigação, montagem e validação do hardware, além do desenvolvimento do software de firmware para o Arduino. K.L.F foi responsável pelo desenvolvimento do software da plataforma, incluindo o banco de dados e o sistema web. Na documentação, K.L.F atuou na escrita da primeira redação, enquanto G.S.G.B realizou a revisão e edição do trabalho. U.C contribuiu com a supervisão de todas as etapas do projeto e na orientação para a definição do hardware e revisão final do trabalho. Todos os autores revisaram e aprovaram a versão final submetida.

REFERÊNCIAS

BRASIL. Constituição (1988). **Constituição da República Federativa do Brasil**. Brasília, DF: Senado Federal, 1988. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/Constituicao/Constituicao.htm. Acesso em: 1 out. 2025.

DIAS, B. F. S. Degradação Ambiental: Os Impactos do Fogo sobre a Biodiversidade do Cerrado. In: GARAY, I.; BECKER, B. (Orgs.). **Dimensões Humanas da Biodiversidade**. Petrópolis: Editora Vozes, 2006. p. 1-32. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/340267099_Degradacao_Ambiental_Os_Impactos_do_Fogo_sobre_a_Biodiversidade_do_Cerrado_In_Dimensoes_Humanas_da_Biodiversidade_O_desafio_de_n. Acesso em: 24 set. 2025.

INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS (INPE). **Queimadas**. Terra Brasilis, 2025. Disponível em: https://terrabrasilis.dpi.inpe.br/queimadas/situacao-atual/estatisticas/estatisticas_estados/. Acesso em: 13 maio 2025.

RODRIGUES, L. de A. **Sistema eletrônico de detecção e gerenciamento de incêndios para unidades de conservação: um protótipo utilizando o Arduino**. 2023. 50 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Técnico em Informática) – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia da Bahia, Campus Seabra, Seabra, 2023. Disponível em: https://repositorio.ifba.edu.br/jspui/bitstream/123456789/549/1/TCC___Laura%20rodrigues.pdf. Acesso em: 30 set. 2025.

SANTOS, J. F.; SOARES, R. V.; BATISTA, A. C. Perfil dos incêndios florestais no Brasil em áreas protegidas no período de 1998 a 2002. **Floresta**, Curitiba, v. 36, n. 1, p. 93-100, jan./abr. 2006. Disponível em: https://www.researchgate.net/profile/Antonio-Batista-6/publication/271144575_Perfil_dos_incendios_florestais_no_Brasil_em_areas_protegidas_no_periodo_de_1998_a_2002/links/00b49527b98f8f08ac000000/Perfil-dos-incendios-florestais-no-Brasil-em-areas-protegidas-no-periodo-de-1998-a-2002.pdf. Acesso em: 5 out. 2025.