

# **BOTOSMART: monitoramento de surtos fluviais e pluviais com uso de sistemas embarcados. Uma demonstração do potencial da Bitdoglab.**

Renato da Fonseca Oliveira<sup>1</sup>. Danúbia Soares Pires<sup>2</sup>. Orlando Donato Rocha Filho<sup>3</sup>. Irani de Oliveira Silva<sup>4</sup>. Kesia Laís dos Santos Souza<sup>5</sup>. Joanne Bruna da Silva Santos<sup>6</sup>. Hirislayne Batista Ramos dos Santos<sup>7</sup>. Thiago Barreto da Costa<sup>8</sup>. Wilson Roberto Miranda Campos<sup>9</sup>. Diego da Silva Campos Nascimento<sup>10</sup>.

## **Resumo**

O projeto BOTOSMART representa uma proposta inovadora de monitoramento inteligente de eventos hidrológicos extremos, como surtos fluviais e pluviais, com aplicação de tecnologias embarcadas e sensores ambientais integrados à plataforma BitDogLab. Essa integração viabiliza o acompanhamento em tempo real de tais eventos, contribuindo para a mitigação de riscos em áreas vulneráveis. A utilização da plataforma BitDogLab acelera o desenvolvimento do protótipo e evidencia sua aplicabilidade em iniciativas voltadas às cidades inteligentes, preservação ambiental e gestão de desastres. Alinhado aos princípios da engenharia embarcada moderna, o projeto valoriza atributos como baixo consumo energético, alta precisão de dados e controle distribuído. Como proposta educacional, BOTOSMART demonstra como ferramentas compactas podem gerar impactos sociais relevantes por meio da inovação tecnológica.

---

<sup>1</sup> Residente da EmbarcaTech pelo Instituto Federal do Maranhão (IFMA) - Monte Castelo. E-mail: [renatodaoliveira@gmail.com](mailto:renatodaoliveira@gmail.com)

<sup>2</sup> Profa. Dra. em Automação e Controle pela Universidade Federal do Maranhão (UFMA). E-mail: [danubiapires@ifma.edu.br](mailto:danubiapires@ifma.edu.br)

<sup>3</sup> Prof. Dr. em Automação e Controle pela Universidade Federal do Maranhão (UFMA). E-mail: [orlando.rocha@ifma.edu.br](mailto:orlando.rocha@ifma.edu.br)

<sup>4</sup> Residente da EmbarcaTech pelo Instituto Federal do Maranhão (IFMA) - Monte Castelo. E-mail: [iraniosilva@gmail.com](mailto:iraniosilva@gmail.com)

<sup>5</sup> Residente da EmbarcaTech pelo Instituto Federal do Maranhão (IFMA) - Monte Castelo. E-mail: [kesialaissouza@gmail.com](mailto:kesialaissouza@gmail.com)

<sup>6</sup> Residente da EmbarcaTech pelo Instituto Federal do Maranhão (IFMA) - Monte Castelo. E-mail: [brunaioanne@gmail.com](mailto:brunaioanne@gmail.com)

<sup>7</sup> Residente da EmbarcaTech pelo Instituto Federal do Maranhão (IFMA) - Monte Castelo. E-mail: [hirislaynebatista5@gmail.com](mailto:hirislaynebatista5@gmail.com)

<sup>8</sup> Residente da EmbarcaTech pelo Instituto Federal do Maranhão (IFMA) - Monte Castelo. E-mail: [thiagobarretodacosta@gmail.com](mailto:thiagobarretodacosta@gmail.com)

<sup>9</sup> Residente da EmbarcaTech pelo Instituto Federal do Maranhão (IFMA) - Monte Castelo. E-mail: [wilsonrmc9@gmail.com](mailto:wilsonrmc9@gmail.com)

<sup>10</sup> Residente da EmbarcaTech pelo Instituto Federal do Maranhão (IFMA) - Monte Castelo. E-mail: [diegocamposrj@gmail.com](mailto:diegocamposrj@gmail.com)

**Palavras-chave:** Monitoramento inteligente. Sistemas embarcados. BitDogLab.

Engenharia ambiental. Cidades inteligentes.

**Financiamento:** Este trabalho contou com o apoio do Programa de Residência Profissional em Sistemas Embarcados – EmbarcaTech, desenvolvido pelo IFMA em parceria com a Associação para Promoção da Excelência do Software Brasileiro (SOFTEX).

## 1. Introdução

A crescente incidência de eventos hidrológicos extremos, como enchentes e enxurradas, vem sendo associada a fatores como mudanças climáticas e ocupação irregular do solo (IPEA, 2021). Segundo dados estudos da Aliança Brasileira pela Cultura Oceânica, o Brasil sofreu um aumento drástico em desastres relacionados a chuvas intensas: entre 2020 e 2023, ocorreram 7.539 eventos, um número 222,8% maior que na década de 1990. Entre 2013 e 2022, os desastres naturais atingiram 5.199 municípios brasileiros, o que representa 93% do total de 5.570. Esses desastres afetaram a vida de mais de 4,2 milhões de pessoas, que tiveram de abandonar as próprias casas. Os dados são da Confederação Nacional de Municípios (CNM).

O aumento exponencial de desastres naturais no Brasil, aliado à carência de sistemas acessíveis de monitoramento em tempo real, configura uma problemática que exige soluções tecnológicas eficazes para prevenção e mitigação de risco. Nesse sentido, de acordo com Berkunsky et al. (2018), o monitoramento ambiental em tempo real contribui significativamente para a previsão e mitigação de desastres, além de oferecer subsídios para políticas públicas voltadas à gestão territorial e prevenção de riscos.

A construção de sistemas embarcados para o monitoramento hidrológico extremo insere-se no campo interdisciplinar da engenharia eletrônica, ciência da computação e ciências ambientais. Esses sistemas são dispositivos programáveis que operam de forma autônoma em tarefas específicas, com baixa demanda de processamento e alta eficiência energética. Essas características fazem deles ferramentas ideais para ambientes remotos e situações de resposta rápida (TANEMBAUM, 2012).

O uso de tecnologias embarcadas em ambientes urbanos e rurais reforça os princípios das cidades inteligentes, conforme estabelecido por Caragliu, Del Bo e Nijkamp (2011), que consideram a utilização intensiva de tecnologia como catalisadora

de soluções sustentáveis, eficientes e inclusivas. Adicionalmente, o uso de sensores em redes distribuídas permite uma resposta mais ágil aos fenômenos hidrológicos, possibilitando sistemas de alerta antecipado e medidas de contenção.

A aplicação de microcontroladores e sensores ambientais em redes distribuídas caracteriza o conceito de Internet das Coisas (IoT), definido por Gubbi et al. (2013) como um paradigma que conecta dispositivos físicos à infraestrutura digital, permitindo a coleta, transmissão e análise de dados em tempo real. Nesse contexto, acredita-se que a plataforma BitDogLab é uma solução educacional e técnica que integra hardware acessível com recursos de programação modular, favorecendo a prototipagem rápida e a inovação social

A escolha de componentes acessíveis e disponíveis em ambiente educacional visa fortalecer a cultura de inovação e a aprendizagem prática em engenharia embarcada. Ao utilizar ferramentas de prototipagem voltadas à formação técnica, o projeto contribui com o desenvolvimento de soluções adaptadas à realidade de comunidades vulneráveis, alinhando ensino, pesquisa e impacto social.

O objetivo da pesquisa é o monitoramento inteligente de surtos fluviais e pluviais, utilizando recursos educacionais acessíveis e de baixo custo, como a plataforma embarcada BitDogLab, o sensor de distância VL53L0X e um módulo relé, a proposta visa criar uma ferramenta tecnológica para detecção e resposta a alterações críticas nos níveis hídricos, a fim de criar uma solução compacta e eficiente, voltada para o acompanhamento em tempo real de eventos hidrológicos extremos — contribuindo diretamente para a mitigação de riscos e diligências preventivas em áreas vulneráveis.

## **2. Metodologia**

A presente pesquisa caracteriza-se como aplicada e experimental, com abordagem qualitativa e exploratória. O objetivo foi desenvolver e validar um protótipo de baixo custo para o monitoramento hidrológico, comprovando a viabilidade técnica de soluções de engenharia embarcada na prevenção de desastres naturais. Os procedimentos metodológicos foram estruturados nas seguintes etapas:

### **2.1 Arquitetura do Sistema e Componentes**

Para a construção do protótipo, foram selecionados componentes de baixo custo e alta disponibilidade em ambiente acadêmico. A arquitetura foi definida com a placa

BitDogLab como unidade central de processamento e controle. Para a aferição do nível hídrico, foi empregado o sensor de distância VL53L0X, que opera com a tecnologia de tempo de voo (ToF). Para simular a ativação de alertas, como sinais visuais, utilizou-se um módulo relé como atuador para acionamento de um farol.

## 2.2 Desenvolvimento do Firmware e Lógica de Operação

O firmware do sistema foi desenvolvido em linguagem C no ambiente Visual Studio Code (VS Code), com suporte ao Pico SDK. A lógica de operação implementada consiste na leitura contínua dos dados do sensor de distância. Os valores aferidos são comparados em tempo real com um limiar crítico pré-definido no código, estes mesmos valores podem ser acompanhados pelo dashboard gerado no Node-RED que está inscrito em um tópico MQTT correspondente. Caso o valor medido ultrapasse o limiar determinado (indicando uma elevação perigosa do nível da água), o firmware aciona automaticamente o módulo relé e também envia alerta ao Node-RED via Broker MQTT.

## 2.3 Comunicação, Visualização de Dados e Alertas

Para a conectividade e o monitoramento remoto, o sistema utiliza o protocolo MQTT sobre uma rede Wi-Fi para transmitir os dados a um broker na nuvem. Os dados de distância e status do sistema são publicados em tópicos em formato JSON. A visualização dos dados em tempo real foi implementada através de um painel de controle (dashboard) desenvolvido na plataforma Node-RED. Adicionalmente, o sistema foi integrado a APIs para o envio simulado de alertas automatizados via Telegram e WhatsApp. Para o registro histórico dos eventos, utilizou-se a API do Google Apps Script, que armazena os dados recebidos em planilhas online.

## 2.4 Procedimentos de Teste e Validação

A validação do protótipo foi realizada por meio de testes em ambiente de laboratório simulado, que buscaram representar situações de enchentes. A análise dos resultados focou em avaliar o desempenho do sistema quanto à estabilidade das leituras, o tempo de resposta automatizado e a confiabilidade na transmissão dos dados. É importante ressaltar que, por restrições de recursos e a ausência de sensores complementares (como pluviômetros), o escopo limitou-se a testes locais, não sendo realizada a validação em campo.

### 3. Resultados e Discussão

A análise dos resultados foi conduzida de forma qualitativa, visando validar a lógica de operação e sugerir aprimoramentos para futuras versões do sistema.

Durante a execução, foram observadas limitações técnicas, como a ausência de sensores complementares, restrições de campo para testes reais e dependência de infraestrutura local de rede. Ainda assim, a operação do sistema mostrou-se estável, com respostas precisas e tempo de atuação adequado dentro dos parâmetros definidos.

A execução do projeto reafirma o potencial das soluções educacionais em engenharia embarcada, destacando como ferramentas simples podem ser integradas para criar sistemas funcionais e replicáveis, voltados ao monitoramento ambiental e à mitigação de riscos.

O sistema opera de forma cíclica, realizando medições periódicas e comparando os valores obtidos com um limiar de segurança configurado no firmware. Quando o nível registrado atinge uma condição crítica — simulada por redução da distância — o sistema aciona automaticamente o módulo relé, que aciona alertas visuais ou outros dispositivos preventivos.

Além da resposta física por acionamento, o monitoramento é complementado com comunicação sem fio via rede Wi-Fi e protocolo MQTT. A transmissão dos dados ocorre para o broker mantido na nuvem em uma instância Ampere A1 Compute da Oracle, permitindo que os eventos sejam visualizados em tempo real em uma interface construída com Node-RED. Essa interface exibe os valores sensoriais, o status do sistema e o histórico de dados que foram coletados diretamente por meio do sensor VL53L0X, operando em ciclo contínuo, realizando medições constantes, avaliando o risco e atuando conforme o cenário.

Os resultados foram registrados via interface serial e analisados quanto a: estabilidade da leitura, sensibilidade à variação de distância por meio da simulação do aumento do nível hídrico, tempo de acionamento do relé em resposta ao limiar pré-definido e consumo de energia em operação contínua.

Na ausência de sensores adicionais (como pluviômetros ou módulos de comunicação sem fio de longo alcance) limitou-se o escopo a testes locais e simulações. Os resultados obtidos comprovam a funcionalidade básica do sistema e seu potencial de replicação em ambientes reais com a devida expansão.

Como recurso adicional, foram simuladas notificações automatizadas por meio das APIs do Telegram e WhatsApp, que representam o envio de alertas que podem dar suporte à tomada de decisão de órgãos responsáveis pela prevenção e monitoramento de anomalias hídricas. Também foi integrada a API do Google Script, usada para registrar os dados em planilhas online, ampliando a rastreabilidade dos eventos e permitindo futuras análises.

Durante a fase de testes, o monitoramento demonstrou estabilidade na leitura de dados, consistência nas respostas do sistema e confiabilidade na transmissão das informações. Embora restrito a ambiente simulado por limitações de componentes, o sistema validou sua lógica funcional e o potencial de replicação em contextos reais, contribuindo com estratégias de prevenção e mitigação de riscos hidrológicos.

Mesmo com restrições de hardware, o projeto incorporou conceitos de automação via Internet das Coisas. O protocolo MQTT foi utilizado para transmitir os dados sensoriais a um broker remoto hospedado em uma máquina virtual- serviço Ampere AI Compute Oracle- possibilitando que as informações sejam acessadas externamente por outros dispositivos conectados à rede. A conexão com o ambiente web foi realizada por meio de rede Wi-Fi, integrada à placa BitDogLab.

### 3.1. Alinhamento Teórico e Justificativa da Arquitetura Embarcada

A crescente incidência de eventos hidrológicos extremos (IPEA, 2021; CNM) exige soluções tecnológicas que priorizem a rapidez, a acessibilidade e a autonomia. O protótipo desenvolvido valida a premissa teórica de que sistemas embarcados (TANEMBAUM, 2012) são a ferramenta ideal para ambientes remotos e situações de resposta rápida. A escolha da placa BitDogLab como Unidade Central de Processamento (UCP) e a utilização de componentes de baixo custo e alta disponibilidade em ambiente acadêmico não comprometeram a funcionalidade, mas sim reforçaram o potencial do projeto para o desenvolvimento de soluções adaptadas à realidade de comunidades vulneráveis.

A arquitetura do sistema, definida na Etapa 2.1, materializa o conceito de IoT (Gubbi et al., 2013). Ao conectar o sensor VL53L0X a uma infraestrutura digital via Wi-Fi, o projeto permite a coleta, transmissão e análise de dados em tempo real, um requisito fundamental para a previsão e mitigação de desastres, conforme postulado por Berkunsky et al. (2018).

### 3.2. Análise da Lógica de Resposta

A Lógica de Operação implementada (Etapa 2.2) foi um elemento central na mitigação de riscos. A comparação dos dados do VL53L0X com um limiar crítico pré-definido permitiu que a resposta do sistema fosse instantânea e automatizada. A capacidade do firmware de acionar o módulo relé (simulando a ativação de faróis de alerta) ao mesmo tempo em que envia alertas remotos, confere ao sistema um caráter ativo, crucial para a salvaguarda de vidas e bens. Esta funcionalidade de resposta automática eleva o protótipo de um mero registrador de dados para um verdadeiro sistema de alerta antecipado (SAE).

### 3.3. Discussão sobre Limitações e Trabalhos Futuros

Apesar do sucesso técnico na validação laboratorial, a limitação dos testes ao ambiente simulado (Etapa 2.4) impõe uma restrição à generalização dos resultados em campo. Esta limitação deve ser o ponto de partida para trabalhos futuros, que devem focar na validação em ambientes reais. Sugere-se a expansão do projeto para incluir sensores complementares, como pluviômetros e medidores de velocidade da água, a fim de criar um modelo preditivo mais completo e robusto, consolidando a solução como uma ferramenta integral de resiliência territorial.

## 4. Conclusão

O uso da plataforma BitDogLab não apenas acelera o desenvolvimento do protótipo, como também evidencia seu potencial para aplicações em cidades inteligentes, proteção ambiental e gerenciamento de desastres. O projeto alinha-se aos princípios de engenharia embarcada moderna de baixo consumo, alta precisão e controle distribuído, o que demonstra como ferramentas educacionais podem viabilizar soluções de impacto social significativo. Dessa forma, este projeto sustenta-se sobre os pilares de baixo custo, replicabilidade e acessibilidade técnica, em uma abordagem de engenharia voltada ao impacto social.

O desenvolvimento do protótipo confirma a viabilidade técnica de um sistema embarcado para o monitoramento inteligente de surtos hidrológicos, mesmo em ambientes de restrição material e estrutural. A utilização de recursos educacionais como a BitDogLab, o sensor VL53L0X e o módulo relé possibilita a criação de uma solução

funcional, de baixo custo e replicável, voltada à mitigação de riscos em regiões vulneráveis.

A arquitetura de comunicação integrada e composta por protocolo MQTT, Wi-Fi, interface Node-RED e APIs externas permite a transmissão confiável dos dados e a simulação de alertas em tempo real. Embora com escopo simplificado, o BOTOSMART se alinha conceitualmente às diretrizes de iniciativas já existentes, ao propor um sistema descentralizado de vigilância ambiental e resposta proativa.

O projeto reforça o papel transformador da engenharia embarcada aplicada à educação, revelando como soluções acessíveis desempenham função estratégica na prevenção de desastres. Os resultados obtidos em ambiente simulado evidenciam a estabilidade, precisão e capacidade adaptativa do sistema.

Para trabalhos futuros, recomenda-se expandir a estrutura do protótipo com sensores complementares, incluir comunicação via LoRa ou GSM, realizar testes em campo real e integrar os dados a plataformas públicas de alerta, como o SACE. Tais aprimoramentos podem elevar o impacto social e a relevância técnica do sistema, reforçando sua aplicabilidade em políticas públicas de gestão territorial e proteção ambiental.

## **5. Agradecimentos**

Manifestamos nossa gratidão ao Instituto Federal do Maranhão (IFMA), especialmente ao Programa de Residência Profissional em Sistemas Embarcados – EmbarcaTech, pela valiosa oportunidade de capacitação e desenvolvimento deste projeto. Estendemos também nossos agradecimentos à Associação para Promoção da Excelência do Software Brasileiro (SOFTEX), cujo apoio institucional e financeiro foi fundamental para a viabilização e execução desta iniciativa.

## REFERÊNCIAS

ALTINO, Lucas. Número de desastres por chuvas no Brasil, como deslizamentos e enchentes, aumentou 222% nesta década. Disponível em: <https://oglobo.globo.com/brasil/noticia/2025/07/01/numero-de-desastres-por-chuvas-no-brasil-come-deslizamentos-e-enchentes-aumentou-222percent-nesta-decada.ghtml>. Acesso em: 01 out. 2025.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 6023: Informação e documentação – Referências – Elaboração. Rio de Janeiro: ABNT, 2002.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 14724: Informação e documentação – Trabalhos acadêmicos – Apresentação. Rio de Janeiro: ABNT, 2011.

BERKUNSKY, I. et al. Riscos Hidrológicos e Estratégias de Monitoramento: abordagem para América Latina. *Revista Ciência & Ambiente*, v. 35, n. 1, p. 77–94, 2018.

BITDOGLAB. Documentação Oficial da Plataforma Educacional BitDogLab.

Disponível em: <https://www.bitdoglab.com>. Acesso em: 18 jul. 2025.

CARAGLIU, A.; DEL BO, C.; NIJKAMP, P. Smart Cities in Europe. *Journal of Urban Technology*, v. 18, n. 2, p. 65–82, 2011.

CARDOSO, J. C. C. Engenharia embarcada: princípios, aplicações e desafios. São Paulo: Érica, 2020.

GUBBI, J.; BUYYA, R.; MARUSIC, S.; PALANISWAMI, M. Internet of Things (IoT): A Vision, Architectural Elements, and Future Directions. *Future Generation Computer Systems*, v. 29, p. 1645–1660, 2013.

IPEA – Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada. Atlas da Vulnerabilidade à Mudança do Clima. Brasília: IPEA, 2021.

SERVIÇO GEOLÓGICO DO BRASIL (SGB). Sistema de Alerta de Eventos Críticos (SACE). Disponível em: <https://alertasace.cprm.gov.br>. Acesso em: 18 jul. 2025.

TANENBAUM, A. S.; WETHERALL, D. J. *Redes de Computadores*. 5. ed. São Paulo: Pearson, 2012.