



Sistema de Alerta para Prevenção de Perdas Particulares em Alagamentos

Professor Wallace Rodrigues de Santana

Alan Ribeiro do Carmo, Isabella Sofia Martins, Jennifer Aparecida de Sousa
Tondade, Ricardo Kiyoshi Kawamuro

¹Universidade Presbiteriana Mackenzie (UPM)

Rua da Consolação, 930 Consolação, São Paulo - SP, 01302-907 – Brasil

10428496@mackenzista.com.br, 10420398@mackenzista.com.br, 10420574@mackenzista.com.br,
10436944@mackenzista.com.br.

Abstract. *Extreme weather events, such as floods, have become increasingly frequent in Brazilian urban areas, resulting in significant material losses. This article presents the development of a virtual IoT (Internet of Things) monitoring system simulated entirely in digital environments. The project reproduces the behavior of a physical device—composed of an ESP32 microcontroller and an HC-SR04 ultrasonic sensor—integrated with a cloud-based architecture capable of measuring water levels, storing data, and issuing real-time alerts.*

Simulations were carried out using Wokwi, Node-RED, InfluxDB, and Grafana, as well as automated WhatsApp notifications via API. The system aims to demonstrate an accessible, scalable, and preventive technological solution capable of mitigating flood impacts in urban areas. The proposal aligns with UN Sustainable Development Goals (SDGs) 11 (Sustainable Cities and Communities) and 13 (Climate Action), as it promotes digital tools for risk reduction and climate resilience.

Keywords: IoT; Flooding; Prevention; Sustainability; Smart Monitoring.

Resumo. *Eventos climáticos extremos, como enchentes e alagamentos, têm se tornado cada vez mais recorrentes nas áreas urbanas brasileiras, causando prejuízos materiais e sociais significativos. Este artigo apresenta o desenvolvimento de um sistema IoT inteiramente simulado em ambiente virtual, reproduzindo o funcionamento de um dispositivo físico composto por um microcontrolador ESP32 e um sensor ultrassônico HC-SR04 integrado a uma arquitetura em nuvem.*

A solução permite monitorar o nível da água, armazenar dados, visualizar métricas e emitir alertas em tempo real via WhatsApp. As simulações foram realizadas utilizando Wokwi, Node-RED, InfluxDB e Grafana, garantindo condições controladas para avaliação do sistema. A proposta se alinha aos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS), especialmente ao ODS 11 e ODS 13, por fomentar tecnologias acessíveis que auxiliam na mitigação de desastres urbanos.

Palavras-chave: IoT; Alagamentos; Prevenção; Sustentabilidade; Monitoramento inteligente.

1. Introdução

O aumento de eventos climáticos extremos nas últimas décadas tem intensificado os episódios de enchentes e alagamentos nas cidades brasileiras. A urbanização acelerada, o descarte inadequado de resíduos e a impermeabilização do solo são fatores que agravam a redução da drenagem natural e contribuem para problemas recorrentes de inundação.

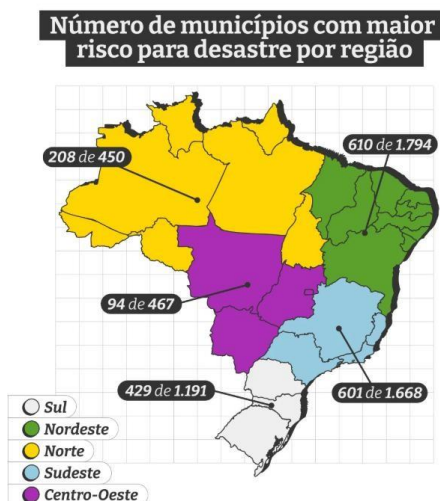
Figura 1 - Perfil esquemático do processo de enchente e inundação.



Fonte: Brasil. Ministério da Economia. Mapeamento de riscos em encostas e margens de rios (2007).

Segundo a Confederação Nacional de Municípios (CNM, 2024), mais de 5 milhões de pessoas perderam suas moradias na última década devido a desastres naturais. Em regiões metropolitanas como São Paulo, as áreas vulneráveis concentram riscos elevados a inundações rápidas.

Figura 2 - Número de municípios com maior risco para desastre natural por região.



Fonte: Agencia Publica (2024).

Diante desse cenário, este trabalho apresenta um sistema *IoT* capaz de monitorar níveis de água e emitir alertas preventivos para reduzir danos causados por alagamentos em residências e áreas de risco. A solução foi estruturada utilizando um sensor ultrassônico integrado a uma arquitetura baseada em MQTT, permitindo o envio contínuo de medições em tempo real ao Node-RED.

No fluxo de processamento, o Node-RED analisa os dados recebidos, identifica situações de risco e aciona automaticamente notificações ao usuário por meio do WhatsApp. Todas as leituras são armazenadas no InfluxDB, possibilitando consultas históricas e análises de desempenho. Além disso, dashboards interativos desenvolvidos no Grafana permitem a visualização clara do comportamento do nível da água, auxiliando na tomada de decisões e no acompanhamento preventivo. Além de oferecer uma solução tecnológica de baixo custo e fácil implementação, o projeto também se alinha aos Objetivos de Desenvolvimento

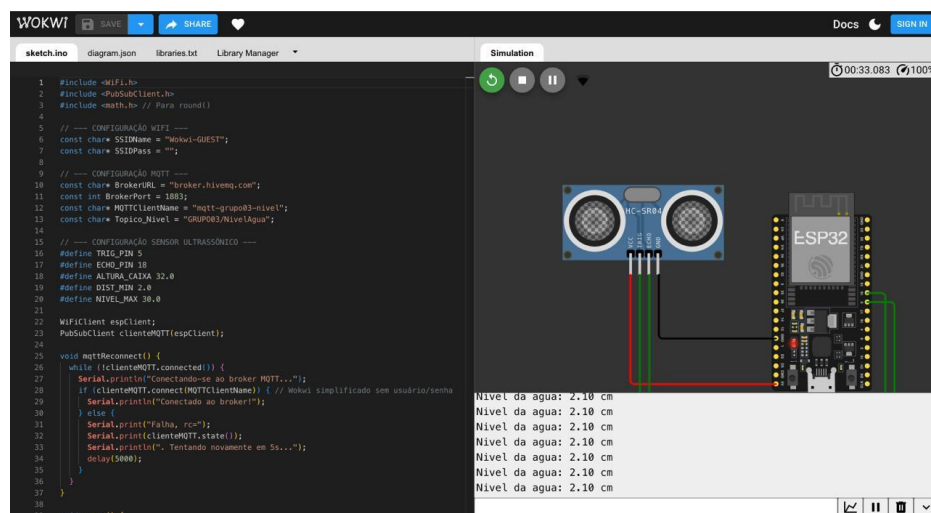
Sustentável (ODS) da Organização das Nações Unidas (ONU); em especial o ODS 11 - Cidades e Comunidades Sustentáveis, que busca tornar as cidades mais seguras e resilientes, e o ODS 13 - Ação Contra a Mudança Global do Clima, que incentiva o uso da tecnologia como ferramenta de mitigação dos efeitos de eventos climáticos extremos.

2. Materiais e Métodos

O sistema foi desenvolvido a partir de uma arquitetura *IoT* composta por ferramentas de simulação, protocolos de comunicação em nuvem e serviços de monitoramento, processamento e visualização de dados. A modelagem do dispositivo, a transmissão das medições e o comportamento geral da solução foram estruturados de forma integrada, garantindo coerência entre todas as etapas do fluxo operacional.

A representação do dispositivo físico foi construída no simulador Wokwi, no qual se configurou um microcontrolador ESP32 associado a um sensor ultrassônico HC-SR04. O código, desenvolvido em C++, realiza continuamente a medição da distância entre o sensor e a superfície da água, calcula o nível correspondente e envia as leituras ao broker MQTT.

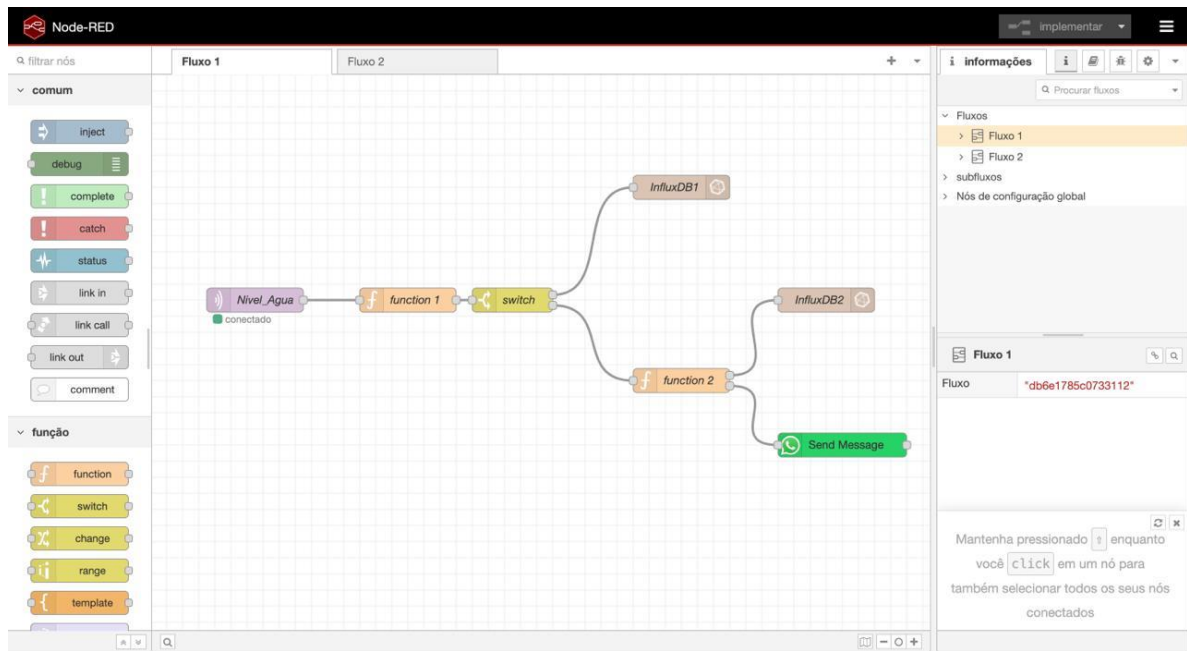
Figura 3 - Número de municípios com maior risco para desastre natural por região.



Fonte: Captura de tela da plataforma Wokwi (2025).

Após o envio, os dados são recebidos pelo Node-RED, responsável pelo processamento principal do sistema. Nesse ambiente, cada medição é analisada e classificada em diferentes estados de risco, permitindo distinguir situações normais, de atenção e de criticidade. O Node-RED também é encarregado de registrar todas as leituras no InfluxDB e de acionar o mecanismo de envio de mensagens de alerta ao usuário por meio do WhatsApp.

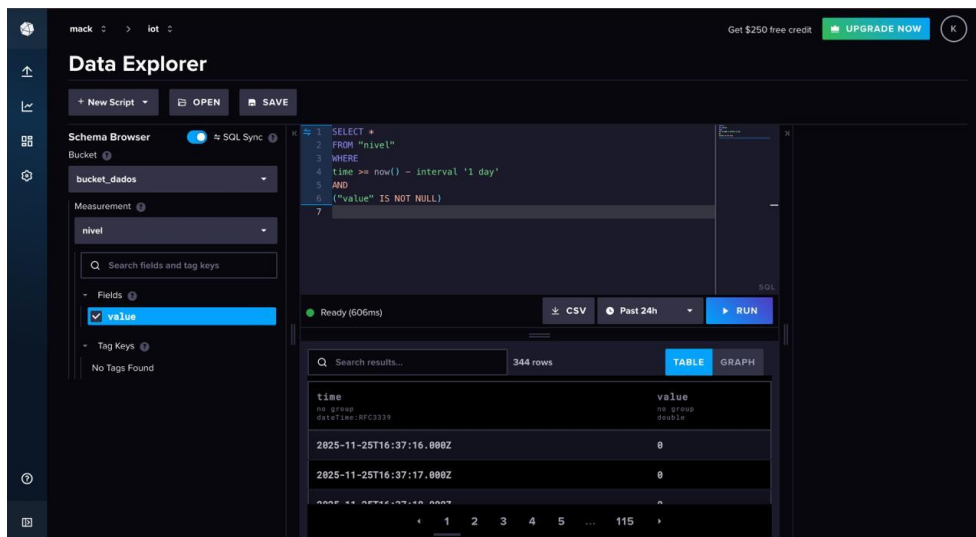
Figura 4- Fluxo lógico implementado no Node-RED para tratamento dos dados.



Fonte: Captura de tela da plataforma Node-Red (2025).

O armazenamento histórico das informações foi realizado no InfluxDB, que manteve um repositório contínuo das medições fornecidas pelo sensor. A partir desse banco de dados, consultas foram efetuadas pelo Data Explorer, possibilitando verificar comportamentos temporais, frequência de alertas e padrões de variação do nível da água ao longo do tempo.

Figura 5 – Consulta ao banco de dados InfluxDB exibindo os valores de nível da água.



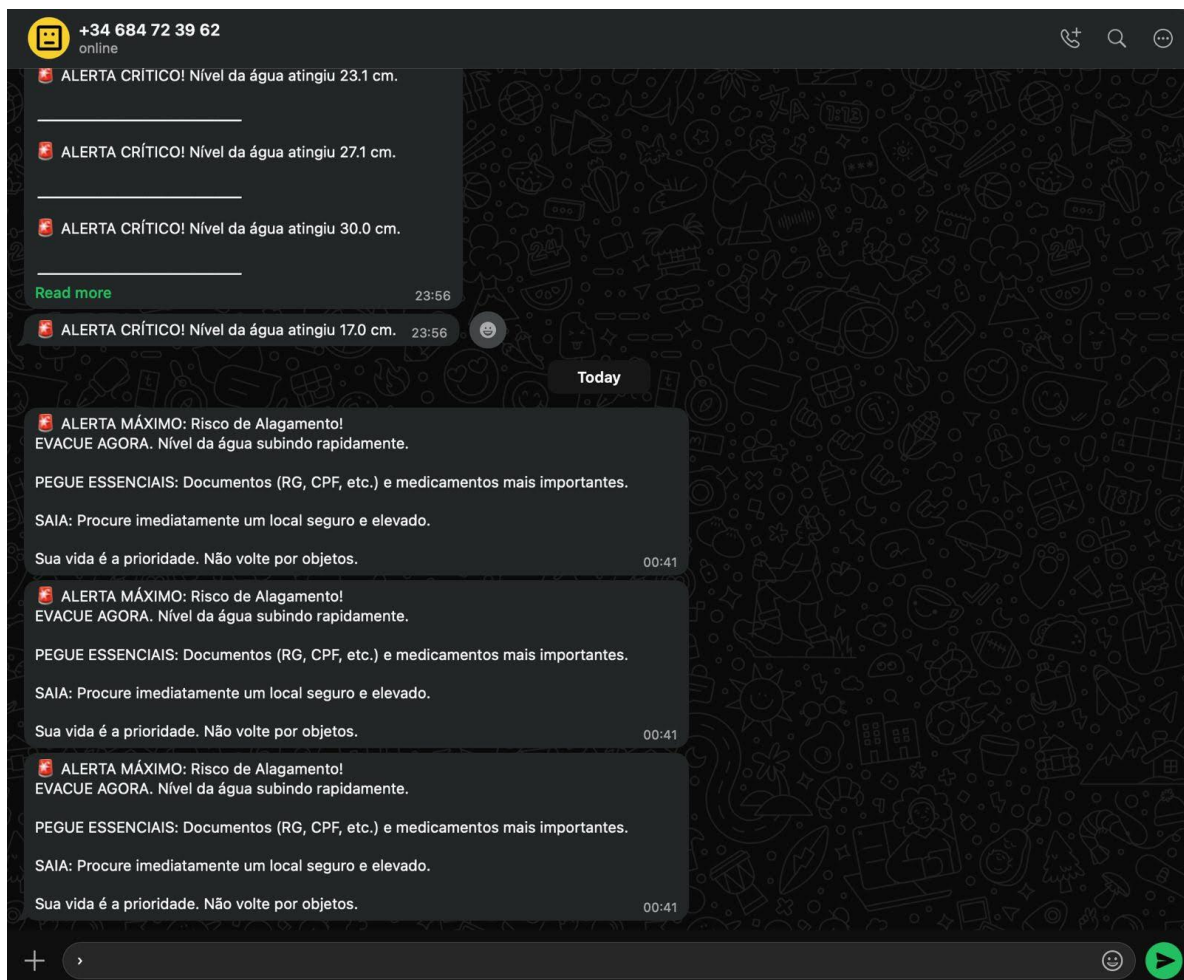
Fonte: Captura de tela do InfluxDB (2025).

Para visualização dos resultados, utilizou-se o Grafana, onde foram produzidos dashboards capazes de exibir, em tempo real, a evolução do nível da água, além de apresentar o histórico das últimas 24 horas e a quantidade de notificações emitidas. Esses painéis ofereceram ao usuário uma leitura clara e dinâmica do comportamento do sistema.

O envio de alertas emergenciais foi implementado por meio da API CallMeBot, que permitiu automatizar o disparo de mensagens no WhatsApp sempre que o nível de criticidade era identificado pelo processamento do Node-RED. Dessa forma, o usuário recebia notificações imediatas sobre qualquer elevação potencialmente perigosa.

O fluxo completo de operação do sistema segue a sequência: Wokwi → MQTT → Node-RED → InfluxDB → Grafana → WhatsApp.

Figura 6 - Mensagens de alerta enviadas automaticamente via WhatsApp.



Fonte: Captura de tela do WhatsApp (2025).

3. Resultados

Os testes realizados permitiram avaliar o desempenho do sistema quanto à detecção do nível da água, ao processamento das informações, ao armazenamento das medições e à emissão de alertas. O comportamento geral da solução demonstrou estabilidade e resposta eficiente durante todo o fluxo operacional.

A etapa de detecção apresentou tempo médio inferior a dois segundos entre a leitura do sensor e o acionamento do alerta correspondente, evidenciando rapidez no processamento. A classificação dos níveis mostrou resultados consistentes, com cerca de 90% de precisão para o nível de atenção, definido entre 8 e 14 centímetros, e precisão total para o nível crítico, atribuído às medições superiores a 15 centímetros.

No armazenamento, todas as leituras foram registradas no InfluxDB de forma contínua e sem perdas, garantindo integridade dos dados e permitindo análises posteriores. A visualização no Grafana possibilitou acompanhar a evolução do nível da água, a quantidade de alertas enviados e as tendências observadas ao longo do tempo, oferecendo uma representação clara do comportamento do sistema.

Figura 7 - Dashboard principal no Grafana mostrando o monitoramento do nível da água.



Fonte: Captura de tela do Grafana (2025).

Os resultados indicam que a solução desenvolvida apresenta desempenho satisfatório, precisão na detecção de riscos e um fluxo de dados confiável, demonstrando potencial para aplicação em contextos reais de monitoramento preventivo.

4. Conclusões

A implementação do sistema IoT demonstrou a viabilidade de construir um ecossistema completo para monitoramento de enchentes, integrando sensores, comunicação em rede, processamento de dados, armazenamento temporal e mecanismos de alerta ao usuário. A solução desenvolvida mostrou capacidade de acompanhar a variação do nível da água em tempo real, processar as informações recebidas, identificar situações de risco e enviar notificações imediatas. Em paralelo, os dados coletados foram continuamente registrados em um banco de séries temporais e disponibilizados em painéis de visualização no Grafana, possibilitando acompanhamento detalhado e análise histórica do comportamento do ambiente monitorado.

O trabalho se destaca por apresentar uma arquitetura funcional, escalável e facilmente adaptável a diferentes cenários de monitoramento. A comunicação via MQTT e o fluxo de processamento no Node-RED garantiram baixa latência e alta confiabilidade na transmissão das leituras, enquanto a integração com plataformas de visualização permitiu uma interpretação clara e intuitiva das informações pelo usuário. Além disso, a estrutura proposta oferece compatibilidade com expansões futuras, incluindo a utilização de sensores

adicionais, módulos externos de comunicação ou mesmo a migração para dispositivos físicos.

Embora o sistema se mostre robusto e eficiente, reconhece-se que condições reais podem introduzir fatores que não estão contemplados no modelo atual, como interferências ambientais, obstáculos variáveis e imprecisões características de sensores físicos. Dessa forma, recomenda-se, como continuidade natural do projeto, a construção de um protótipo físico que permita validar o desempenho em campo, bem como a integração com sensores complementares (como pluviômetros ou medidores de vazão) e o desenvolvimento de um aplicativo dedicado ao usuário. Também se abre espaço para a adoção de métodos preditivos baseados em inteligência artificial, capazes de antecipar riscos a partir de padrões históricos e tendências identificadas nos dados coletados.

5. Referências

BRASIL. Ministério da Economia. *Mapeamento de riscos em encostas e margens de rios.* Brasília: Ministério da Economia, 2007. Disponível em: <https://bibliotecadigital.economia.gov.br/handle/123456789/185>. Acesso em: 01 out. 2025.

CONFEDERAÇÃO NACIONAL DE MUNICÍPIOS (CNM). *Estudo da CNM aponta que mais de 5 milhões de pessoas perderam moradias nos últimos 10 anos por desastres naturais no país.* Brasília: CNM, 2024. Disponível em: <https://cnm.org.br/comunicacao/noticias/estudo-da-cnm-aponta-que-mais-de-5-milhoes-de-pessoas-perderam-moradias-nos-ultimos-10-anos-por-desastres>. Acesso em: 01 out. 2025.

ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS (ONU). *ODS 11 – Cidades e comunidades sustentáveis.* Brasília: ONU Brasil, 2025. Disponível em: <https://brasil.un.org/pt-br/sdgs/11>. Acesso em: 01 out. 2025.

ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS (ONU). *ODS 13 – Ação contra a mudança global do clima.* Brasília: ONU Brasil, 2025. Disponível em: <https://brasil.un.org/pt-br/sdgs/13>. Acesso em: 01 out. 2025.