

UNIVERSIDADE SÃO JUDAS TADEU – USJT



Karla Santos Da Silva - 825149900

Eduarda Molina Martins - 825154538

Julia Richelly - 825150438

Caio Monte Santo Barbosa - 825154397

**MONITORAMENTO INTELIGENTE DE DRENAGEM URBANA:
UMA ABORDAGEM IOT SEGURA PARA CIDADES INTELIGENTES**

São Paulo - SP

2025

Karla Santos Da Silva - 825149900
Eduarda Molina Martins - 825154538
Julia Richelly - 825150438
Caio Monte Santo Barbosa - 825154397

**MONITORAMENTO INTELIGENTE DE DRENAGEM URBANA:
UMA ABORDAGEM IOT SEGURA PARA CIDADES INTELIGENTES**

Projeto apresentado à unidade
curricular Sistemas
Computacionais e Segurança
da Universidade São Judas
Tadeu, como requisito parcial
para a obtenção de nota.

Orientador: Prof. Robson Calvetti

São Paulo - SP

2025

RESUMO

O presente trabalho apresenta o desenvolvimento de um sistema de monitoramento inteligente para drenagem urbana, utilizando tecnologias de Internet das Coisas (IoT) e comunicação LoRaWAN. O objetivo é prevenir alagamentos e obstruções em bueiros, permitindo o acompanhamento em tempo real do nível de resíduos e do fluxo de água. A pesquisa envolve o estudo de sensores, definição da arquitetura de rede, protocolos de segurança e mecanismos de proteção física dos dispositivos. A solução proposta busca oferecer maior eficiência à gestão pública, reduzindo custos operacionais, minimizando riscos à população e contribuindo para o avanço das cidades inteligentes.

Palavras-chave: IoT; drenagem urbana; LoRaWAN; cidades inteligentes; segurança da informação.

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	5
2. REFERENCIAL TEÓRICO	6
2.1. Internet das Coisas e Infraestrutura Urbana	6
2.2. Protocolos de Comunicação para Cidades Inteligentes (LoRaWAN)	6
2.3. Segurança em Sistemas IoT	6
3. METODOLOGIA	7
3.1. Levantamento de Hardware e Requisitos	7
3.2. Definição da Arquitetura de Rede	7
3.3. Modelagem de Ameaças e Segurança	7
3.4. Proposta da Solução	7
4. PROPOSTA DE SOLUÇÃO	8
4.1. Componentes da Solução (Hardware)	8
4.2. Funcionamento e Fluxo de Dados	8
4.3. Estratégias de Segurança e Viabilidade	9
4.4. Impactos Esperados	9
4.5. Vantagens da Implementação	9
4.6. Desvantagens e Riscos	9
5. CONCLUSÃO	10
6. REFERÊNCIAS	11

1. INTRODUÇÃO

O sistema de drenagem urbana é um componente vital da infraestrutura das cidades, responsável pelo escoamento das águas pluviais e prevenção de alagamentos. No entanto, a obstrução de bueiros e galerias por resíduos sólidos, somada à falta de monitoramento em tempo real, torna as cidades vulneráveis a enchentes súbitas. Tais eventos resultam em significativos prejuízos econômicos, danos à mobilidade urbana e riscos à saúde pública, como a proliferação de doenças de veiculação hídrica.

No cenário das Cidades Inteligentes (*Smart Cities*), a aplicação da Internet das Coisas (IoT) oferece uma oportunidade de transição de um modelo de manutenção reativo (após o alagamento) para um modelo preditivo e preventivo. A capacidade de monitorar o nível de obstrução de bueiros e o fluxo de água em tempo real permite uma gestão eficiente dos recursos públicos e uma resposta rápida a eventos críticos.

Este artigo apresenta uma proposta de sistema baseado em IoT para o monitoramento de bueiros ("bocas de lobo"), integrando sensores de nível robustos e protocolos de comunicação de longo alcance, com foco não apenas na viabilidade técnica, mas também na segurança dos dados e integridade da infraestrutura computacional envolvida.

2. REFERENCIAL TEÓRICO

2.1. Internet das Coisas e Infraestrutura Urbana

A Internet das Coisas (IoT) refere-se à interconexão digital de objetos cotidianos com a internet. Em ambientes urbanos, dispositivos IoT atuam como "sentinelas", coletando dados ambientais que, quando processados, geram *insights* para a administração pública. A aplicação de IoT na drenagem urbana foca na instalação de sensores em locais de difícil acesso para reportar condições físicas sem necessidade de inspeção humana manual constante.

2.2. Protocolos de Comunicação para Cidades Inteligentes (LoRaWAN)

Diferente de ambientes domésticos que utilizam Wi-Fi, a infraestrutura urbana exige redes de Baixa Potência e Longo Alcance (LPWAN). O protocolo LoRaWAN destaca-se por permitir a comunicação de sensores a quilômetros de distância com baixo consumo energético, sendo ideal para dispositivos alimentados por bateria instalados em bueiros e galerias subterrâneas onde o sinal de celular (4G/5G) pode ser instável ou custoso.

2.3. Segurança em Sistemas IoT

A segurança em IoT é um desafio crítico. Dispositivos expostos fisicamente nas ruas estão sujeitos a vandalismo e ataques lógicos. A tríade da segurança da informação — Confidencialidade, Integridade e Disponibilidade — deve ser aplicada para garantir que os dados de nível de água não sejam interceptados, alterados por terceiros mal-intencionados ou que o sistema sofra negação de serviço durante uma tempestade crítica.

3. METODOLOGIA

O desenvolvimento deste projeto seguiu uma abordagem de pesquisa aplicada exploratória, estruturada nas seguintes etapas:

3.1. Levantamento de Hardware e Requisitos

Foram analisados microcontroladores e sensores disponíveis no mercado, priorizando baixo custo, resistência à umidade (grau de proteção IP67 ou superior) e eficiência energética.

3.2. Definição da Arquitetura de Rede

Estudou-se a topologia de rede mais adequada para garantir a transmissão de dados a partir de pontos subterrâneos até a nuvem, optando-se pelo uso de Gateways LoRaWAN distribuídos.

3.3. Modelagem de Ameaças e Segurança

Realizou-se uma análise dos riscos envolvidos, desde a segurança física do dispositivo até a criptografia dos dados trafegados, visando propor medidas de mitigação contra ataques cibernéticos e físicos.

3.4. Proposta da Solução

Com base nos dados levantados, elaborou-se o projeto técnico detalhado, descrevendo componentes, fluxo de dados e estratégias de implementação.

4. PROPOSTA DE SOLUÇÃO

O sistema proposto consiste em um nó de sensor inteligente instalado sob a tampa de bueiros estratégicos, capaz de medir o nível de preenchimento da caixa coletora e detectar aberturas não autorizadas.

4.1. Componentes da Solução (Hardware)

A solução integra os seguintes componentes:

- **Microcontrolador ESP32 com módulo LoRa:** Escolhido pelo baixo custo, capacidade de processamento para criptografia e conectividade de longo alcance.
- **Sensor Ultrassônico Impermeável (JSN-SR04T):** Sensor blindado à prova d'água, ideal para ambientes úmidos e sujos, medindo a distância até os resíduos ou nível da água.
- **Sensor Magnético (Reed Switch):** Atua como dispositivo de segurança física, detectando abertura da tampa (furto ou deslocamento).
- **Sistema de Alimentação:** Bateria de Li-Ion com painel solar acoplado externamente para autonomia prolongada.

4.2. Funcionamento e Fluxo de Dados

- **Leitura:** O sensor realiza medições periódicas (a cada 15 min em tempo seco ou 2 min em situação crítica).
- **Processamento na Borda (Edge Computing):** O microcontrolador calcula a porcentagem de obstrução.
- **Transmissão:** Os dados são enviados via LoRaWAN ao gateway mais próximo.
- **Nuvem e Dashboard:** A plataforma exibe mapas de calor que indicam bueiros obstruídos ou em alerta.

4.3. Estratégias de Segurança e Viabilidade

- **Criptografia:** AES-128 nativa do LoRaWAN, garantindo confidencialidade.
- **Autenticação e Integridade:** Chaves exclusivas (AppKey) por dispositivo.
- **Segurança Física (Anti-Tamper):** Alertas imediatos ao detectar violação.
- **Viabilidade:** Baixo custo por unidade em comparação ao custo de operações emergenciais pós-enchente.

4.4. Impactos Esperados

- **Operacional:** Otimização de rotas de limpeza urbana.
- **Social:** Redução de alagamentos e riscos sanitários.
- **Ambiental:** Menor arraste de resíduos para rios e córregos.

4.5. Vantagens da Implementação

- **Eficiência Operacional:** Limpeza sob demanda, reduzindo custos.
- **Prevenção de Desastres:** Antecipação de enchentes e alertas preventivos.
- **Saúde Pública:** Redução de doenças como leptospirose.
- **Gestão Baseada em Dados:** Histórico hidrológico para ações futuras.
- **Sustentabilidade:** Menor impacto ambiental.

4.6. Desvantagens e Riscos

- **Custo Inicial Elevado:** Investimento significativo para implantação em larga escala.
- **Manutenção em Ambiente Hostil:** Umidade, gases e lodo exigem hardware robusto.
- **Conectividade Subterrânea:** Risco de atenuação do sinal.
- **Riscos Cibernéticos:** Possibilidade de ataques de injeção de dados falsos.
- **Vandalismo e Furto:** Exposição física nas ruas.

5. CONCLUSÃO

O desenvolvimento de um sistema de bueiros inteligentes utilizando IoT demonstra-se uma solução eficiente, moderna e tecnicamente viável para a gestão urbana. A integração entre sensores, redes de longo alcance e camadas avançadas de segurança fortalece significativamente a confiabilidade dos dados obtidos, garantindo monitoramento contínuo, resposta rápida a anomalias e maior precisão nas ações do poder público.

Além de otimizar processos tradicionais de manutenção urbana, a proposta contribui para a redução de custos operacionais e minimiza os impactos de enchentes e obstruções, aspectos que historicamente representam desafios críticos para municípios.

6. REFERÊNCIAS

- SANTOS, A. B.; SILVA, R. L. *Monitoramento de Enchentes Urbanas com IoT e LoRaWAN*. Revista Brasileira de Computação Aplicada, v. 12, n. 1, 2023.
- SEMINARIO, J.; ALVAREZ, M. *Smart Drainage Systems: A Review of IoT Solutions for Urban Flooding*. IEEE Internet of Things Journal, 2022.
- TANENBAUM, A. S.; WETHERALL, D. J. *Redes de Computadores*. 5. ed. São Paulo: Pearson, 2011.
- STALLINGS, W. *Criptografia e Segurança de Redes*. 6. ed. São Paulo: Pearson, 2014
- CISCO. *IoT Security: A Comprehensive Guide*. White Paper, 2023.