

SISTEMA DE MONITORAMENTO DE ENCHENTE VEICULAR INTELIGENTE: Uma Solução Embarcada com Raspberry Pi Pico W e FreeRTOS

Lauro Andrade Silva¹; Dra. Priscila Lima Rocha²

Resumo

Este artigo apresenta o desenvolvimento de um Sistema de Monitoramento de Enchente Veicular Inteligente, utilizando a plataforma Raspberry Pi Pico W e o sistema operacional de tempo real FreeRTOS. O sistema tem como objetivo detectar condições de risco, como chuvas intensas e aumento do nível de água, emitindo alertas visuais e sonoros ao condutor. Para isso, foram integrados sensores como o HC-SR04 (nível de água), MHRD-RAIN (chuva) e MPU6050 (movimento veicular). Além disso, foi desenvolvida uma interface web embarcada no próprio microcontrolador, acessível via Wi-Fi, para monitoramento em tempo real. Os resultados demonstraram a viabilidade do sistema em oferecer alertas eficazes e contínuos, contribuindo para a segurança de veículos em ambientes urbanos sujeitos a alagamentos.

Palavras-chave: Sistemas Embarcados. Raspberry Pi Pico W. FreeRTOS. Monitoramento Veicular. Enchente.

Financiamento: Este trabalho foi desenvolvido com apoio do Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação (MCTI), no âmbito do programa Embarcatech, executado pelo IFMA Campus Monte Castelo e coordenado pela Softex.

Introdução

As inundações urbanas e as chuvas intensas representam riscos significativos para veículos e seus ocupantes. Somente em 2024, três a cada cinco municípios brasileiros relataram algum episódio de inundação que afetou a malha viária. A literatura já demonstra que sistemas de Internet das Coisas (IoT) de alerta antecipado, baseados em sensores ultrassônicos, conseguem atingir até 96% de acerto na estimativa do nível d'água em vias

1

¹ Estudante do Curso Residência Tecnológica em Sistemas Embarcados (EmbarcaTECH) do IFMA - Campus Monte Castelo; E-mail: lauro.andrade@acad.ifma.edu.br

² Doutora em Engenharia Elétrica - UFMA; E-mail: priscila.rocha@ifma.edu.br

públicas. Diante desse cenário, a necessidade de sistemas de monitoramento em tempo real torna-se crucial para mitigar esses perigos.

Este trabalho busca desenvolver um sistema embarcado autônomo, de baixo custo e com interface amigável, capaz de monitorar continuamente o ambiente veicular para identificar riscos de alagamento e chuva, e alertar o usuário de forma eficaz, otimizando o consumo de energia quando o veículo não estiver em movimento.

O objetivo geral deste trabalho é desenvolver e implementar um sistema de monitoramento veicular inteligente baseado em Raspberry Pi Pico W e FreeRTOS, capaz de detectar níveis críticos de água e chuva, e emitir alertas visuais e sonoros, além de fornecer informações em tempo real através de uma interface web. Para alcançar esse objetivo, foram definidos os seguintes objetivos específicos: integrar e calibrar sensores de distância (HC-SR04), acelerômetro (MPU6050) e sensor de chuva (MHRD-RAIN) ao Raspberry Pi Pico W; implementar o gerenciamento multitarefa utilizando FreeRTOS para otimizar a coleta de dados, processamento e comunicação; desenvolver uma lógica de controle que distinga entre veículo em movimento e parado para gerenciar o modo de operação e economia de energia; criar uma interface web acessível via Wi-Fi (modo Access Point) para exibir os dados dos sensores e o status do sistema; projetar e implementar uma matriz de LED RGBs NeoPixel para indicar visualmente o nível de água e um buzzer para alertas sonoros; 15 e validar o funcionamento do sistema através de testes em cenários simulados de chuva e variação de nível de água.

Metodologia

O sistema foi desenvolvido utilizando o Raspberry Pi Pico W como microcontrolador principal, integrado a três sensores: HC-SR04 para medir o nível de água, MHRD-RAIN para detecção de chuva e MPU6050 para identificação do movimento do veículo. Uma matriz de LEDs NeoPixel foi utilizada para fornecer feedback visual sobre o nível da água, enquanto um buzzer emite alertas sonoros em condições críticas. O FreeRTOS foi empregado para gerenciar as tarefas em paralelo, separando a lógica de sensoriamento, controle e

¹ Estudante do Curso Residência Tecnológica em Sistemas Embarcados (EmbarcaTECH) do IFMA - Campus Monte Castelo; E-mail: lauro.andrade@acad.ifma.edu.br

² Doutora em Engenharia Elétrica - UFMA; E-mail: priscila.rocha@ifma.edu.br

comunicação de rede. Além disso, foi implementada uma interface web hospedada no próprio Pico W, permitindo o acesso via Wi-Fi às informações em tempo real.

Tabela 1 – conexões de Hardware utilizados

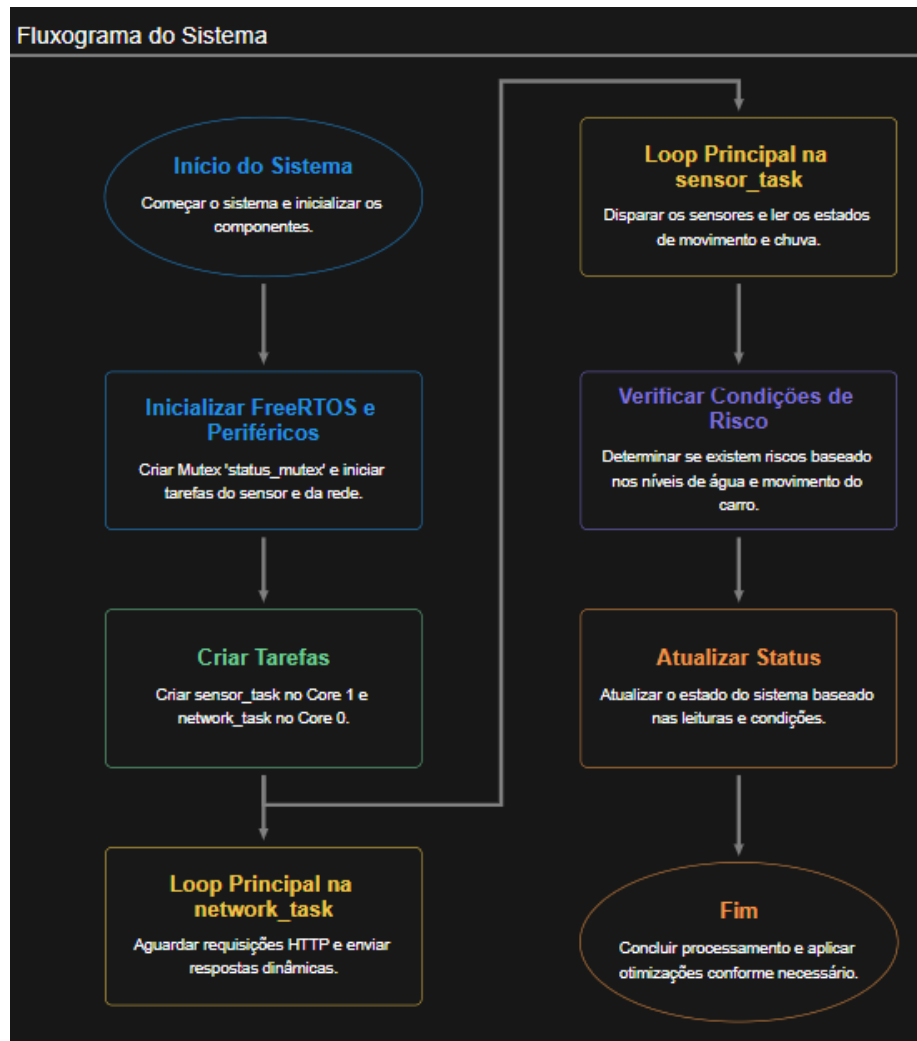
Componente/Função	Pino GPIO	Observações
HCSR04_TRIGGER_PIN	GPIO 16	Pino de disparo do sensor ultrassônico HC-SR04.
HCSR04_ECHO_PIN	GPIO 17	Pino de leitura do eco do sensor ultrassônico HC-SR04.
LED_AZUL_PIN	GPIO 12	Pino para controle do LED azul (indicador de chuva).
LED_VERMELHO_PIN	GPIO 13	Pino para controle do LED vermelho (indicador de alerta).
BUZZER_PIN	GPIO 10	Pino para controle do buzzer (via PWM).
MHRD_RAIN_PIN	GPIO 4	Pino para leitura do sensor de chuva MHRD-RAIN.
MPU6050_SDA_PIN	GPIO 2	Pino SDA para comunicação I2C1 com o acelerômetro MPU6050.
MPU6050_SCL_PIN	GPIO 3	Pino SCL para comunicação I2C1 com o acelerômetro MPU6050.
BUTTON_PIN	GPIO 5	Pino para o botão de controle manual do buzzer.

¹ Estudante do Curso Residência Tecnológica em Sistemas Embarcados (EmbarcaTECH) do IFMA - Campus Monte Castelo; E-mail: lauro.andrade@acad.ifma.edu.br

² Doutora em Engenharia Elétrica - UFMA; E-mail: priscila.rocha@ifma.edu.br

NEOPIXEL_PIN	GPIO 7	Pino para controle da matriz de LEDs NeoPixel.
---------------------	---------------	--

Figura 1 - Fluxograma do Sistema



Fonte: Elaborado pelo Autor

¹ Estudante do Curso Residência Tecnológica em Sistemas Embarcados (EmbarcaTECH) do IFMA - Campus Monte Castelo; E-mail: lauro.andrade@acad.ifma.edu.br

² Doutora em Engenharia Elétrica - UFMA; E-mail: priscila.rocha@ifma.edu.br

Código implementado

Link:<https://drive.google.com/drive/folders/13Qfhsvq8uko3nwKo6Y9do6IrY7GAk8wh?usp=sharing>

Resultados e Discussão

Os testes realizados em ambiente controlado demonstraram a eficácia do sistema em detectar chuvas e variações no nível de água próximas ao veículo. O sensor ultrassônico apresentou boa precisão nas medições, enquanto o sensor de chuva respondeu adequadamente às diferentes condições simuladas. A interface web mostrou-se responsiva e funcional tanto em dispositivos móveis quanto em desktops. O FreeRTOS garantiu a execução estável das tarefas simultâneas, mantendo a confiabilidade das leituras e a atualização em tempo real dos dados. O sistema apresentou limitações relacionadas ao alcance do sensor ultrassônico e à sensibilidade do sensor de chuva, mas se mostrou viável como protótipo funcional.

Conclusão

O Sistema de Monitoramento de Enchente Veicular Inteligente desenvolvido demonstrou ser uma solução eficaz e de baixo custo para aumentar a segurança veicular em situações de risco. A integração de múltiplos sensores, aliada ao gerenciamento multitarefa com FreeRTOS e à interface web embarcada, permitiu a criação de um sistema funcional, responsivo e confiável. Como trabalhos futuros, sugere-se a otimização do consumo energético, a integração de notificações remotas via aplicativos móveis e a incorporação de novos sensores, como módulos de GPS e biometria, para ampliar a aplicabilidade do sistema em contextos reais.

Agradecimentos

O autor agradece ao IFMA Campus Monte Castelo, ao Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação (MCTI) e à Softex pelo apoio e pela execução do programa Embarcatech.

¹ Estudante do Curso Residência Tecnológica em Sistemas Embarcados (EmbarcaTECH) do IFMA - Campus Monte Castelo; E-mail: lauro.andrade@acad.ifma.edu.br

² Doutora em Engenharia Elétrica - UFMA; E-mail: priscila.rocha@ifma.edu.br

Referências

SYSPROGS. GitHub - sysprogs/PicoHTTPServer: **Host responsive Web Apps on Raspberry Pi Pico W.** Disponível em: <https://github.com/sysprogs/PicoHTTPServer?utm_source>. Acesso em: 15 jul. 2025.

ZAKARIA, M. I.; A. JABBAR, W.; SULAIMAN, N. **Development of a smart sensing unit for LoRaWAN-based IoT flood monitoring and warning system in catchment areas.** *Internet of Things and Cyber-Physical Systems*, maio 2023.

ZULAIKHA AINA ZAINAL; FARHANA AHMAD PO'AD. Smart Flood Monitoring System via IoT Platform for Early Warning of Road Closures Against Flood Events. *Evolution in Electrical and Electronic Engineering*, v. 5, n. 1, p. 389–396, 2024.

¹ Estudante do Curso Residência Tecnológica em Sistemas Embarcados (EmbarcaTECH) do IFMA - Campus Monte Castelo; E-mail: lauro.andrade@acad.ifma.edu.br

² Doutora em Engenharia Elétrica - UFMA; E-mail: priscila.rocha@ifma.edu.br