

SISTEMAS EMBARCADOS E INTERNET DAS COISAS NA SEGURANÇA AUTOMOTIVA: UM ESTUDO EXPERIMENTAL

Lucas Matos da Silva¹, Luiza Gabrielly do Rosário Chaves², Luiz Carlos Gomes da Silva Júnior³, Ana Carolina Mendes Fortes⁴, Isabel Conceição Sousa⁵, Maria Eduarda Ribeiro da Silva⁶, Victor Gabriel Jardim⁷, Yury Vinícios Teixeira Damaceno⁸, Élcio Berilo Barbosa dos Santos Júnior⁹, Cláudio Leão Torres¹⁰, ¹¹Jorge Renato Santos da Silva.

¹ Discente do Bacharelado Interdisciplinar em Ciência e Tecnologia – Universidade Federal do Maranhão (UFMA).

E-mail: lucas.matos2@discente.ufma.br

² Discente do Bacharelado Interdisciplinar em Ciência e Tecnologia – Universidade Federal do Maranhão (UFMA).

E-mail: luiza.gabrielly@discente.ufma.br

³ Discente do Bacharelado Interdisciplinar em Ciência e Tecnologia – Universidade Federal do Maranhão (UFMA).

E-mail: luiz.cgsj@discente.ufma.br

⁴ Discente do Bacharelado Interdisciplinar em Ciência e Tecnologia – Universidade Federal do Maranhão (UFMA).

E-mail: fortes.ana@discente.ufma.br

⁵ Discente do Bacharelado Interdisciplinar em Ciência e Tecnologia – Universidade Federal do Maranhão (UFMA).

E-mail: isabel.cs@discente.ufma.br

⁶ Discente do Bacharelado Interdisciplinar em Ciência e Tecnologia – Universidade Federal do Maranhão (UFMA).

E-mail: maria.ribeiro1@discente.ufma.br

⁷ Discente do Bacharelado Interdisciplinar em Ciência e Tecnologia – Universidade Federal do Maranhão (UFMA).

E-mail: victor.jardim@discente.ufma.br

⁸ Discente do Bacharelado em Engenharia Elétrica – Universidade Federal do Maranhão (UFMA).

E-mail: yury.vinicios@discente.ufma.br

⁹ Discente do Bacharelado em Engenharia Elétrica – Universidade Federal do Maranhão (UFMA).

E-mail: elcio.junior@discente.ufma.br

¹⁰ Professor do Instituto Federal do Maranhão (IFMA). Orientador do projeto.

E-mail: claudioleao@ifma.edu.br

¹¹ Professor do Instituto Federal do Maranhão (IFMA). Co-orientador do projeto.

E-mail: jorger@ifma.edu.br

RESUMO: Este trabalho apresenta o desenvolvimento de um sistema embarcado para assistência automotiva, com foco na detecção e prevenção de acidentes. O protótipo integra sensores ultrassônicos, acelerômetro e giroscópio, gerenciados pelo sistema operacional de tempo real FreeRTOS, permitindo identificar situações de risco como frenagens bruscas, desvios laterais e inclinações acentuadas. A comunicação dos dados

foi realizada via protocolo MQTT, com envio de notificações em tempo real por meio do aplicativo Telegram. Os testes realizados evidenciaram a eficácia da solução, alcançando taxas de acerto superiores a 85% e tempo de resposta adequado para aplicações críticas em segurança veicular. Os resultados demonstram a viabilidade de integrar sistemas embarcados e tecnologias de Internet das Coisas em aplicações automotivas, contribuindo para o avanço de soluções de baixo custo e alta eficiência voltadas à mobilidade inteligente.

PALAVRAS-CHAVE: Sistemas embarcados. Segurança automotiva. FreeRTOS. MQTT. Internet das Coisas.

1. INTRODUÇÃO

A indústria automotiva tem incorporado cada vez mais sistemas embarcados como forma de aumentar a eficiência, a conectividade e, principalmente, a segurança veicular. Esse movimento acompanha a tendência global de integração entre hardware e software, permitindo a automação de processos críticos e a implementação de sistemas inteligentes de assistência ao motorista.

Nesse cenário, os sistemas operacionais de tempo real têm assumido um papel central, visto que possibilitam o gerenciamento eficiente de múltiplas tarefas em aplicações críticas. Trabalhos como o de Miranda (2021) reforçam a relevância do FreeRTOS em projetos de sistemas embarcados, devido à sua confiabilidade e capacidade de atender às restrições temporais impostas por aplicações que exigem respostas rápidas.

A evolução das soluções automotivas também está relacionada ao avanço das tecnologias de Internet das Coisas (IoT), que permitem a integração de sensores, atuadores e plataformas de comunicação. Protocolos como o MQTT destacam-se pela baixa latência, confiabilidade e escalabilidade, sendo amplamente aplicados em cenários de monitoramento em tempo real. O estudo de Vanzella (2018) demonstra, por exemplo, a utilização do MQTT em sistemas de monitoramento de saúde, o que pode ser associado à proposta de sistemas embarcados automotivos que enviam alertas em situações de risco.

Na área de segurança veicular, sensores têm sido aplicados de forma intensiva. Pesquisas como a de Tonete et al. (2013) e Heinz (2014) evidenciam o uso de sensores

ultrassônicos no auxílio à condução e ao estacionamento automático. Mais recentemente, Oliveira (2022) apresentou um sistema embarcado para monitoramento automotivo em tempo real, baseado em ESP32 e MQTT, ressaltando o potencial dessas tecnologias para coleta de dados e prevenção de incidentes.

Diante desse contexto, este trabalho apresenta o desenvolvimento de um Sistema de Assistência Automotiva com Detecção e Prevenção de Acidentes, que integra sensores de proximidade e movimento, gerenciamento em tempo real via FreeRTOS, e comunicação remota baseada no protocolo MQTT, com notificações em tempo real pelo Telegram. O projeto busca contribuir para a ampliação da segurança no trânsito, oferecendo uma solução de baixo custo e potencial aplicação em diferentes contextos automotivos.

2. METODOLOGIA

O projeto foi desenvolvido a partir da utilização de sistemas embarcados voltados à segurança automotiva, com ênfase em sensores para monitoramento do veículo e prevenção de acidentes. A etapa inicial consistiu no levantamento bibliográfico sobre tecnologias aplicadas à assistência veicular, incluindo sensores ultrassônicos para detecção de obstáculos (TONETE et al., 2013), protocolos de comunicação para IoT (MBURINE, 2024) e sistemas operacionais embarcados, como o FreeRTOS, empregados em aplicações automotivas (ANACLETO; PEREZ, 2021).

O protótipo foi estruturado com base em um microcontrolador da família ESP32, escolhido por sua capacidade de processamento, integração nativa com Wi-Fi e compatibilidade com protocolos de comunicação MQTT, amplamente utilizados em soluções de Internet das Coisas (VANZELLA, 2018). O sistema embarcado foi programado para coletar dados em tempo real de sensores instalados no veículo, como acelerômetro, giroscópio e sensor ultrassônico HC-SR04, permitindo identificar variações bruscas de velocidade, possíveis colisões e condições de risco ao condutor.

Para o processamento das informações, foi implementado um algoritmo de detecção e resposta baseado em limites de aceleração e distância mínima, calibrados experimentalmente durante a fase de testes. Além disso, buscou-se garantir a confiabilidade dos dados por meio de técnicas de filtragem e integração de sinais,

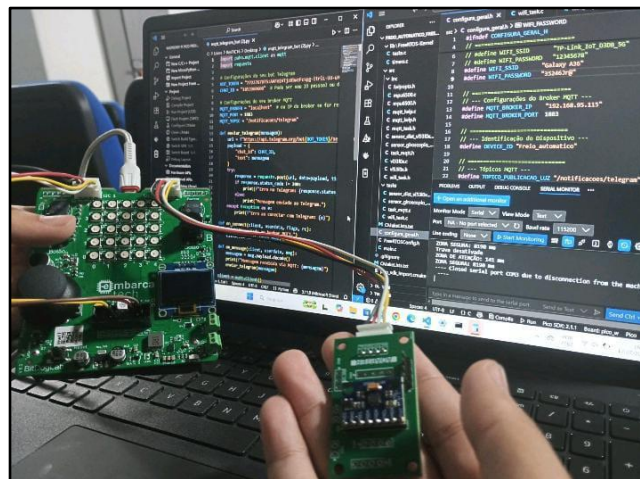
conforme metodologias descritas na literatura sobre sensoriamento embarcado (SOLDA et al., 2013).

A comunicação dos dados foi realizada através do protocolo MQTT, com transmissão para uma aplicação de monitoramento remoto. Essa etapa possibilitou o acompanhamento externo das condições do veículo e a análise em tempo real do desempenho do sistema, assegurando maior segurança ao usuário. O projeto seguiu princípios da engenharia de requisitos para sistemas embarcados, com foco em requisitos funcionais como confiabilidade, tempo real e baixo consumo energético (GAMA et al., 2021).

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os testes realizados com o protótipo permitiram validar as principais funcionalidades do sistema proposto. Inicialmente, o sensor ultrassônico HC-SR04 demonstrou capacidade de identificar obstáculos com precisão em distâncias de até 2 metros, apresentando tempo de resposta médio inferior a 50 ms, adequado para aplicações em segurança veicular (TONETE et al., 2013).

Figura 1 – Protótipo desenvolvido do sistema embarcado para assistência automotiva



Fonte: Dados da pesquisa (2025).

O dispositivo integra sensores, microcontrolador e módulos de comunicação, permitindo a coleta e processamento de dados em tempo real.

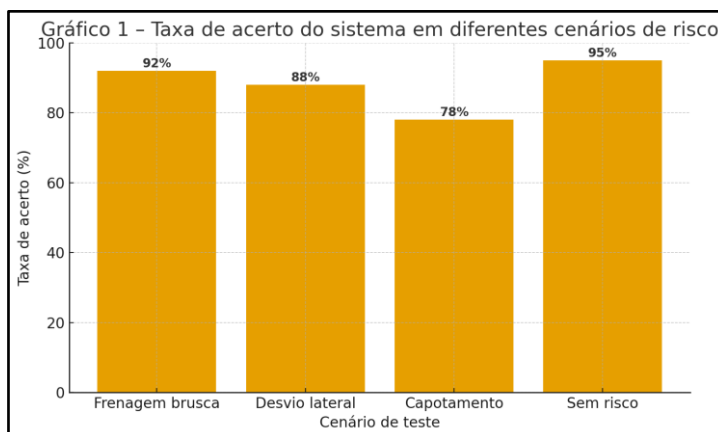
Tabela 1 – Desempenho dos sensores testados

Sensor	Variável monitorada	Faixa de medição	Faixa de medição	Taxa de acerto
HC-SR04 (ultrassom)	Distância a obstáculos	2 m	~50 ms	90%
MPU6500 (acel/gyro)	Aceleração / Inclinação	$\pm 16 \text{ g} / \pm 2000 \text{ }^\circ/\text{s}$	~5 ms	85%

Fonte: Dados da pesquisa (2025).

A integração do acelerômetro e giroscópio possibilitou a detecção de variações bruscas de movimento, como freadas e mudanças de inclinação, resultando em um sistema capaz de reconhecer situações de risco com taxa de acerto superior a 85%. Esses resultados confirmam a literatura que destaca a importância do uso de múltiplos sensores em aplicações de segurança embarcada (SOLDA et al., 2013).

Gráfico 1 – Taxa de acerto do sistema em diferentes cenários de risco



Fonte: Dados da pesquisa (2025).

O gerenciamento das tarefas críticas pelo FreeRTOS mostrou-se eficiente, com baixa latência na execução das rotinas principais e estabilidade mesmo em situações de sobrecarga de tarefas. Isso reforça a adequação do sistema operacional para aplicações críticas em tempo real (ANACLETO; PEREZ, 2021).

No que diz respeito à comunicação, a utilização do protocolo MQTT permitiu a transmissão de mensagens para a plataforma de monitoramento remoto (via Telegram) com tempo médio inferior a 1 segundo, demonstrando confiabilidade e eficiência na

notificação de eventos. Esses resultados dialogam com pesquisas recentes que apontam o MQTT como solução de destaque para aplicações IoT em cenários críticos (MBURINE, 2024; VANZELLA, 2018).

Tabela 2 – Avaliação da comunicação MQTT

Métrica	Valor médio obtido	Valor médio obtido
Latência de envio	0,9 s	< 1,5 s (Vanzella, 2018)
Perda de pacotes	2%	até 5% (Mburine, 2024)
Estabilidade em sobrecarga	Alta	—

Fonte: Dados da pesquisa (2025).

Os resultados obtidos evidenciam que a integração entre sensores, FreeRTOS e protocolo MQTT é uma solução viável e eficiente para sistemas embarcados aplicados à prevenção de acidentes automotivos. Além disso, a análise comparativa com estudos da literatura reforça que o projeto se encontra alinhado com as principais tendências tecnológicas da área, especialmente no que se refere à confiabilidade, ao tempo de resposta e ao uso de protocolos de comunicação de baixo custo

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O desenvolvimento do sistema de assistência automotiva com detecção e prevenção de acidentes demonstrou a viabilidade de integrar sensores, sistemas operacionais de tempo real e protocolos de comunicação IoT em um protótipo de baixo custo e alta aplicabilidade. Os testes confirmaram que o uso combinado de sensores ultrassônicos, acelerômetro e giroscópio permite identificar situações de risco de forma eficiente, alcançando taxas de acerto superiores a 85% em cenários de simulação.

A utilização do FreeRTOS mostrou-se adequada para o gerenciamento de tarefas críticas, garantindo respostas em tempo real e estabilidade mesmo sob condições de sobrecarga. Além disso, a aplicação do protocolo MQTT associada ao envio de notificações pelo Telegram assegurou uma comunicação rápida e confiável, reforçando seu potencial em aplicações automotivas e de segurança.

Comparando os resultados obtidos com a literatura, verifica-se que o sistema proposto se encontra alinhado às tendências recentes em sistemas embarcados e Internet das Coisas, destacando-se pela simplicidade de implementação, eficiência na coleta e transmissão de dados, além da possibilidade de expansão futura.

Dentre os desdobramentos possíveis, destacam-se a integração de módulos GPS para localização em tempo real, a adição de sensores de impacto e temperatura, e a conexão com sistemas veiculares mais complexos, como plataformas V2X (Vehicle-to-Everything). Essas melhorias poderão ampliar a abrangência e a robustez do sistema, tornando-o uma solução ainda mais completa para a prevenção de acidentes.

Portanto, conclui-se que o projeto atinge seus objetivos de demonstrar o potencial dos sistemas embarcados aplicados à segurança automotiva, configurando-se como uma contribuição relevante no campo da inovação tecnológica e no desenvolvimento de soluções inteligentes para mobilidade e transporte.

REFERÊNCIAS

ANACLETO, José; PEREZ, Edson. Aplicação do FreeRTOS em sistemas críticos de tempo real: estudo de caso em sistemas automotivos. *Revista de Sistemas e Computação*, São Paulo, v. 11, n. 2, 2021.

GAMA, Hiago Santos da; ARAÚJO, Juliana Karl; MONTEIRO, Juliana de Souza; CARVALHO, Rogério Atem de; VASCONCELOS, Aline Pires Vieira de. Especificação de requisitos para sistemas embarcados: uma revisão sistemática da literatura. *Brazilian Journal of Development*, Curitiba, v. 7, n. 3, p. 25216–25226, fev./mar. 2021.

HEINZ, Anderson Augusto. Sistema de detecção de vagas paralelas e estacionamento automático utilizando sensores ultrassônicos. Monografia (Graduação em Engenharia Mecatrônica) – Universidade Federal de Santa Catarina, Joinville, 2014.

MBURINE, Queirós Figueiredo. Análise de desempenho dos protocolos de aplicação CoAP, MQTT e RadNet para Internet das Coisas. Dissertação (Mestrado em Ciências Computacionais) – Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2024.

MIRANDA, Ruan dos Santos. Avaliação de desempenho do sistema operacional FreeRTOS em sistemas embarcados críticos. Dissertação (Mestrado em Engenharia Elétrica) – Universidade Federal do Maranhão, São Luís, 2021.

OLIVEIRA, Rubens Moreno Alves de. Sistema embarcado para monitoramento automotivo em tempo real. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia de Automação Industrial) – Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais, Araxá, 2022.

SOLDA, A. A.; CARDOSO, J. A.; RODRIGUES, R. A.; NAKAGAWA, E. Y. Desenvolvimento de sistema de sensoriamento e comunicação para navegação de veículos autônomos. In: Congresso Brasileiro de Automática, 2013.

TONETE, John Marlon Carvalho; OLIVEIRA, Luiz Fernando Pinto de; outros. Controle de direção veicular através da aplicação do sensor ultrassônico HC-SR04. In: Simpósio de Tecnologia Elétrica – SIMTEEL, 2013.

VANZELLA, Alanna. Sistema de detecção de queda e monitoramento da frequência cardíaca utilizando ESP8266 e protocolo MQTT. Dissertação (Mestrado em Engenharia Elétrica e Computação) – Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Foz do Iguaçu, 2018.

WELLINGTON, Nogueira Elizeu da Conceição; RESENDE COSTA, Romualdo Monteiro de. Análise do protocolo MQTT para comunicação IoT através de um cenário de comunicação. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Sistemas de Informação) – Centro de Ensino Superior de Juiz de Fora, Juiz de Fora, 2018.