

1 INTRODUÇÃO

No cenário atual, tecnologias baseadas em Internet das Coisas (IoT) estão cada vez mais presentes no cotidiano e na indústria. Suas aplicações vão desde automação residencial até dispositivos inteligentes complexos, como assistentes virtuais. A IoT também se destaca em áreas como rastreamento, monitoramento ambiental e logística, especialmente em sistemas de rastreamento veicular.

O crescimento da frota veicular, aliado à necessidade de maior segurança e eficiência logística, tem impulsionado o interesse por sistemas de rastreamento em tempo real. Esse contexto reforça a relevância de soluções embarcadas que unam baixo custo e conectividade. Tais demandas evidenciam a importância do desenvolvimento de sistemas embarcados acessíveis, replicáveis e integrados com infraestrutura de rede e banco de dados.

Este artigo apresenta o desenvolvimento e a prototipação do *Findway*, um sistema de rastreamento veicular com aplicação potencial em veículos de uso pessoal. A proposta adota componentes de baixo custo, como o microcontrolador *Raspberry Pi Pico W* Raspberry Pi Foundation (2025) integrado na placa *BitDogLab*, integrando módulos de GPS, GSM, armazenamento em cartão SD, e comunicação via *Wi-Fi*. A arquitetura de *software* contempla *firmware* embarcado em linguagem C, *backend* em *Flask* e persistência dos dados em banco de dados *PostgreSQL*, com visualização em uma interface *web*.

O projeto *Findway* ainda encontra-se em desenvolvimento, no âmbito da Residência Tecnológica *EmbarcaTech*, promovida pela Softex, em parceria com o Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação (MCTI) e o Instituto Federal do Piauí (IFPI). O programa visa à formação prática intensiva de profissionais na área de sistemas embarcados e IoT, fornecendo a cada residente uma placa educacional, *BitDogLab*, para desenvolvimento de soluções reais ao longo de 12 meses. Esta iniciativa integra-se a uma capacitação prévia de três meses e busca fomentar o desenvolvimento de soluções tecnológicas aplicadas à indústria, segurança, saúde e educação.

Para o desenvolvimento e testes da solução, foi utilizada a placa *BitDogLab*, uma plataforma *open source*, que integra o *Raspberry Pi Pico W* e diversos sensores e atuadores. O uso dessa plataforma permite a replicabilidade tanto em contextos educacionais quanto industriais, alinhando-se ao principal objetivo deste trabalho: fornecer uma solução de rastreamento veicular eficiente, de baixo custo e com potencial de adoção em larga escala.

Este artigo está organizado da seguinte forma: a Seção 2 apresenta os trabalhos relacionados, com foco em sistemas de rastreamento veicular. A Seção 3 descreve a metodologia adotada no desenvolvimento da solução. A Seção 4 discute os resultados obtidos até o momento e propõe direções para trabalhos futuros. Por fim, a Seção 5 apresenta as conclusões.

2 TRABALHOS RELACIONADOS

Nesta seção, são apresentadas soluções e pesquisas relacionadas ao desenvolvimento de sistemas de rastreamento de veículos, conforme o estado da arte, com ênfase em aspectos como eficiência e escalabilidade.

(NATH et al., 2024) propõem um sistema de rastreamento e controle de frotas baseado em nuvem, utilizando *hardware* e *software* de baixo custo. A solução oferece rastreamento em

tempo real, cálculo de distância percorrida, velocidade média e detecção de desvios de rota. A arquitetura usa o *Raspberry Pi Zero 2 W*, módulos GSM e GPS, RTC e bateria com até 8 horas de autonomia. O sistema, desenvolvido com *React* e *Firebase*, permite que administradores acompanhem rotas e velocidades em tempo real. Mesmo com componentes de prototipagem, o sistema apresenta desempenho próximo ao de aplicações industriais.

SRITULASI et al. (2024) propõem um sistema de rastreamento veicular com alerta de acidentes, de baixo custo, utilizando o *Raspberry Pi Pico* como unidade central. A arquitetura conta com GPS NEO-6M, GSM SIM800C e sensor acelerômetro/giroscópio, enviando a localização por SMS a cada dois minutos, além de responder a requisições manuais e exibir dados em um *display LCD*. O sistema também detecta colisões e envia alertas com a localização e contatos de emergência. Mesmo com componentes simples, os autores consideram a solução eficaz e viável para diversas aplicações, como frotas comerciais e veículos públicos.

(DHANNE; SRINIVAS; CHARI, 2021) apresentam um sistema de rastreamento veicular baseado em IoT, utilizando *Raspberry Pi* integrado a sensores e módulos de comunicação para monitoramento em tempo real. A arquitetura inclui GPS, GSM/GPRS, sensores de temperatura (LM35) e gás (MQ6), além de um *display LCD*. O sistema envia alertas por SMS com link para o Google Maps em casos de desvio de rota, excesso de velocidade ou anomalias como superaquecimento e vazamento de gás. Também é possível acompanhar as rotas via aplicativo *Android*. Apesar da simplicidade dos componentes, os autores destacam a eficácia e adequação da solução para frotas comerciais e transporte escolar.

3 METODOLOGIA

3.1 BITDOGLAB

A *BitDogLab* é uma plataforma educacional baseada em *hardware* aberto, desenvolvida com o objetivo de fomentar o aprendizado prático em áreas como computação física, inteligência artificial e sistemas embarcados. Sua arquitetura foi concebida para ser compatível com o microcontrolador *Raspberry Pi Pico W*, oferecendo recursos como conectividade Wi-Fi, pinos GPIO acessíveis e suporte à linguagem C.

Segundo FRUETT et al. (2024), a *BitDogLab* foi concebida para impulsionar atividades STEAM (Ciência, Tecnologia, Engenharia, Artes e Matemática) ao integrar recursos de inteligência artificial com *hardware* acessível, promovendo um ambiente de aprendizado ativo e multidisciplinar. O projeto apresenta uma abordagem inovadora para o ensino, combinando ferramentas de código aberto, sensores diversos e uma infraestrutura simplificada, o que a torna ideal para projetos acadêmicos e de iniciação científica.

A Figura 1 apresenta a versão 6 placa *BitDogLab*, destacando seus principais componentes integrados, como matriz de LEDs, joystick analógico, buzzer, microfone, botões, display OLED e conexões I2C, elementos que tornam a plataforma versátil para múltiplas aplicações embarcadas.

Figura 1 Placa BitDogLab utilizada no desenvolvimento do projeto Findway



Fonte : Autoria própria

3.2 FINDWAY

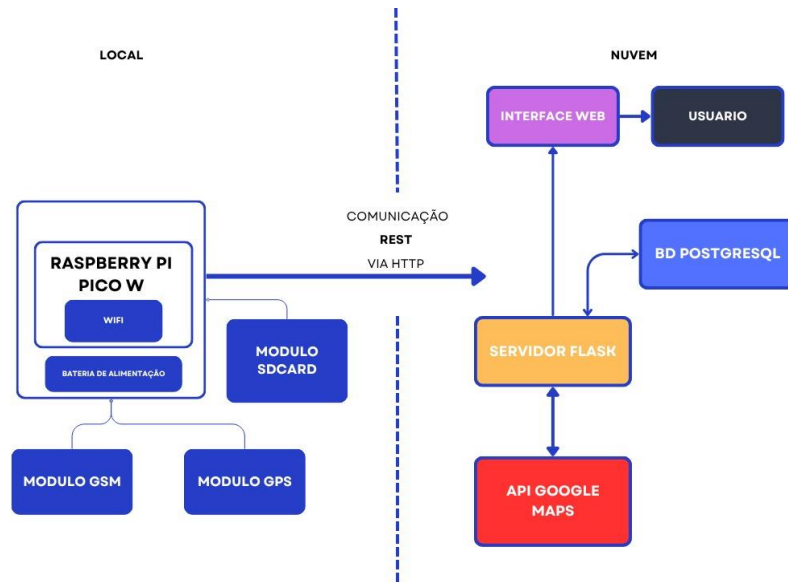
O projeto *Findway* propõe uma solução embarcada de rastreamento geográfico em tempo real, priorizando acessibilidade, replicabilidade e baixo consumo energético. A proposta integra GPS e microcontroladores de baixo custo para monitorar continuamente a localização de dispositivos móveis, como veículos.

A arquitetura combina sensores e módulos de comunicação com uma aplicação *web* responsiva, que exibe os dados em um mapa interativo. O sistema também armazena informações localmente em caso de falhas de conexão e permite acesso remoto ao histórico de posicionamento.

3.3 ARQUITETURA DA SOLUÇÃO

A solução embarcada apresentada na figura 2 é composta por dois ambientes principais: o sistema local, baseado na placa *BitDogLab* com o microcontrolador *Raspberry Pi Pico W*, e o ambiente de nuvem, responsável por processar e disponibilizar os dados geográficos transmitidos. A comunicação entre esses ambientes ocorre via requisições *HTTP* em uma *API REST*, utilizando conectividade *Wi-Fi*.

Figura 2 Fluxo da Arquitetura da Solução.



Fonte : Autoria própria

Atualmente, o sistema embarcado é construído com base na Placa *BitDogLab*, que integra o microcontrolador *Raspberry Pi Pico W* juntamente com recursos essenciais para garantir uma operação estável e autônoma. Essa escolha vai além do uso isolado do microcontrolador, já que a *BitDogLab* fornece uma plataforma completa que inclui uma bateria de 3,7V 2000mAh, circuito de gerenciamento de energia *IP5306* e conectores de expansão que facilitam a integração com periféricos adicionais. A *Raspberry Pi Pico W* presente na placa é responsável pelo processamento principal e pela comunicação sem fio por meio de *Wi-Fi* 2.4GHz 802.11n, o que permite o envio dos dados coletados para um servidor remoto na nuvem.

No sistema local, o módulo *GPS* realiza a captura das coordenadas geográficas (latitude e longitude) em tempo real. Além das funcionalidades já implementadas, estão previstas futuras expansões para o sistema embarcado, como a adição de um módulo *SDCard*, que permitirá o armazenamento local das informações para posterior sincronização com o servidor, e a integração de um módulo *GSM* para comunicação em áreas sem cobertura de rede *Wi-Fi*, ampliando a robustez e o alcance do sistema. A alimentação da placa é gerenciada de forma inteligente pelo circuito *IP5306*, que possibilita o carregamento seguro da bateria interna e a comutação automática entre a energia fornecida via porta *USB* e a bateria, garantindo assim o funcionamento contínuo mesmo em cenários de mobilidade.

Os dados capturados são transmitidos via comunicação *REST* para um servidor *Flask* hospedado na nuvem, onde são armazenados em um banco de dados *PostgreSQL* e posteriormente disponibilizados para visualização em uma interface *web*. Essa interface, acessível por meio de navegadores, consome os dados da *API* e apresenta ao usuário as últimas localizações registradas nas últimas 24 horas, utilizando a integração com a *Google Maps API* para a exibição geográfica. Essa arquitetura proporciona uma solução eficiente e portátil para o monitoramento geográfico em tempo real, combinando o potencial de uma plataforma

embarcada completa com tecnologias *web* modernas e de baixo custo.

3.4 COMPONENTES DE HARDWARE

A solução proposta utiliza componentes de *hardware* de baixo custo e fácil acesso, visando acessibilidade, replicabilidade e viabilidade técnica. O microcontrolador central é o *Raspberry Pi Pico W*, que encontra-se na placa *BitDogLab*, baseado no chip RP2040. Os principais módulos complementares são:

- **Módulo GPS (GY-NEO6MV2):** Captura coordenadas geográficas, via *UART*.
- **Módulo GSM SIM800L:** Envio remoto de dados via rede celular. *GPRS*, permitindo a transmissão mesmo em locais sem cobertura *Wi-Fi*.
- **Cartão microSD e leitor:** Armazena localmente os dados de localização.
- **Fonte de alimentação dedicada:** Garante funcionamento autônomo e contínuo do sistema.

Essa configuração permite operação autônoma, coleta periódica de localização, armazenamento e transmissão de dados, oferecendo robustez e redundância para aplicações práticas.

3.5 COMPONENTES DE SOFTWARE

O sistema *Findway* adota uma arquitetura de *software* modular, distribuída entre o *firmware* embarcado, *backend* de processamento, banco de dados relacional e interface *web* para visualização.

- **Firmware embarcado:** Em C, coleta dados do GPS, armazena localmente no cartão SD e comunica-se com o servidor via GSM ou Wi-Fi, controlando módulos por *UART* e *SPI*.
- **Backend (API REST):** Desenvolvido em *Flask (Python)*, recebe requisições do dispositivo, valida dados e os insere no banco *PostgreSQL*, seguindo padrão *REST* para facilitar integrações.
- **Banco de dados:** *PostgreSQL* armazena registros temporais de localização, permitindo consultas históricas e análises.
- **Interface web:** Construída com *HTML*, *CSS* e *JavaScript*, usa *Leaflet.js* para exibir mapas dinâmicos, possibilitando acompanhamento em tempo real e histórico das últimas 24 horas.

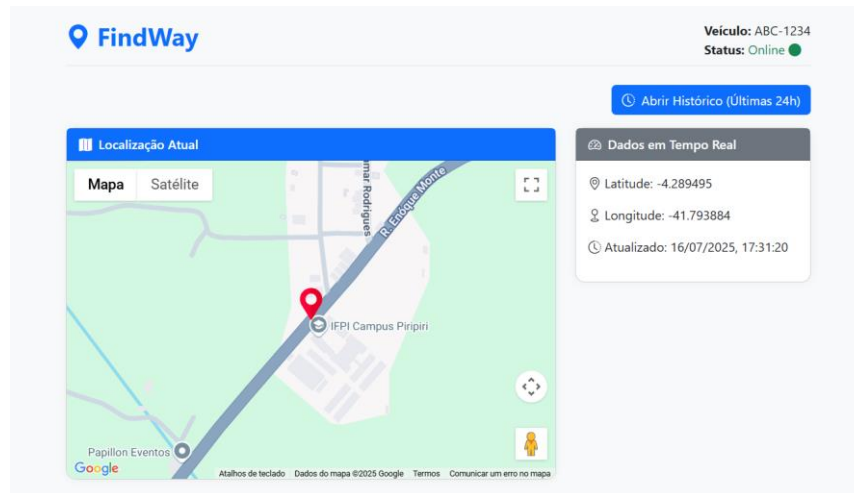
Essa integração oferece uma solução completa, eficiente e escalável para coleta, armazenamento, análise e visualização de dados geográficos.

4 RESULTADOS E TRABALHOS FUTUROS

4.1 RESULTADOS VISUAIS

A seguir, apresentam-se os principais registros visuais do sistema em operação, incluindo: a interface web de visualização do mapa na *figura 3*, a exibição em tempo real dos dados de rastreamento geográfico na *figura 5* e o protótipo de *hardware* com a placa integrada na *figura 6*.

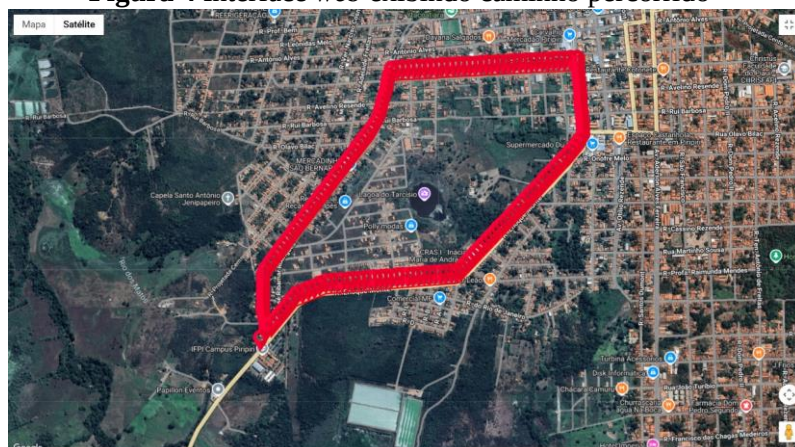
Figura 3 exibindo localização atual em mapa interativo



Fonte : Autoria própria

Como resultado da primeira etapa do projeto Findway, foi desenvolvido e testado um sistema embarcado funcional para rastreamento geográfico em tempo real. O protótipo implementado demonstrou capacidade de coletar e transmitir coordenadas geográficas a cada 3 segundos, utilizando conectividade Wi-Fi e módulo GPS integrado. Com a bateria Li-Ion 18650 (3,7V, 2000mAh), o sistema pode operar de forma autônoma por até 7 horas, mantendo comunicação contínua com o servidor. O sistema realiza com sucesso a comunicação entre os módulos, o processamento dos dados e a exibição das informações em uma interface web interativa.

Figura 4 Interface web exibindo caminho percorrido



Fonte : Autoria própria

Figura 5 histórico de rastreamento das últimas 24 horas



Veículo: ABC-1234

Status: Online ●

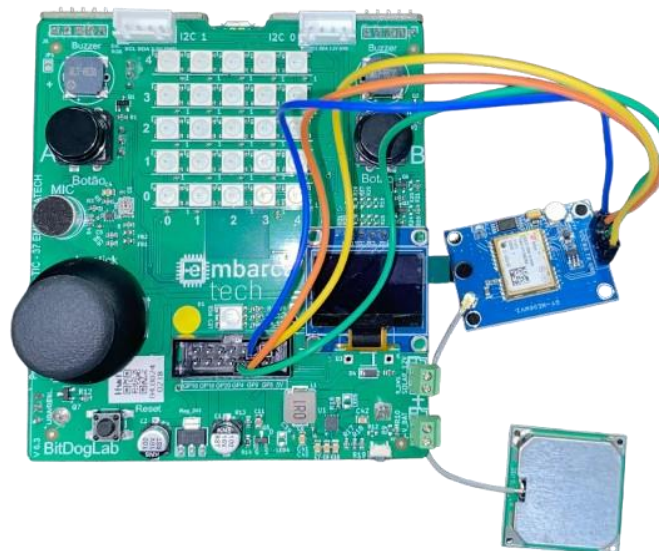
 **Histórico das Últimas 24h**

Latitude	Longitude	Data	Hora
-4.260630	-41.760829	04/07/2025	10:41:29
-4.260630	-41.760829	04/07/2025	10:40:57
-4.260630	-41.760829	04/07/2025	10:36:27
-10.123400	-50.432100	04/07/2025	10:34:18
-4.289920	-41.793171	03/07/2025	18:44:31
-4.289919	-41.793171	03/07/2025	18:44:26

Fonte : Autoria própria

O código-fonte da solução encontra-se disponível publicamente, permitindo sua replicação, auditoria e aprimoramento contínuo pela comunidade. O repositório com o código em C enviado para a placa embarcada pode ser acessado em: <https://github.com/Isabellybrt/Findway.git>. Já o repositório com o código do servidor, implementado em Python com o framework Flask, está disponível em: https://github.com/igordev23/Server_Findway.git.

Figura 6 prototipação na placa BitDogLab



Fonte : Autoria própria

Como trabalhos futuros, está previsto o aprimoramento da solução por meio da integração de novos componentes e funcionalidades. Dentre as melhorias planejadas, destacam-se:

- Integração do módulo *SIM800L*, permitindo o envio dos dados via rede *GSM/GPRS*, ampliando a cobertura do sistema em locais sem conectividade *Wi-Fi*;
- Utilização de um cartão *microSD* com leitor, com o objetivo de armazenar localmente os dados de rastreamento em situações de indisponibilidade de rede, garantindo a resiliência da solução em ambientes remotos;
- Melhorias na interface *web*, com foco em usabilidade e visualização de dados;
- Implementação de tabelas adicionais no banco de dados, como a de usuários, e funcionalidades como autenticação e controle de acesso;
- Implementação de um modo de economia de energia que se mantém ativo enquanto o veículo estiver parado e é desativado automaticamente quando o acelerômetro detecta movimento.
- Aplicações educativas e de pesquisa, o sistema servirá como base para projetos de IoT embarcada, aprendizado prático de sensores e redes, e experimentos em monitoramento de ativos.

Essas melhorias visam não apenas aprimorar o desempenho técnico do *Findway*, mas também ampliar seu potencial de aplicação educacional e científica. O sistema permitirá que estudantes e pesquisadores explorem conceitos de IoT embarcada, integração de sensores e análise de dados em tempo real, reforçando sua replicabilidade em projetos de baixo custo e servindo como base para futuras pesquisas em rastreamento veicular, monitoramento de ativos e outras aplicações em campo.

5 CONCLUSÃO

Este artigo apresentou o desenvolvimento inicial do *Findway*, um sistema embarcado de rastreamento veicular de baixo custo, baseado na integração de tecnologias como *GPS*, *Wi-Fi*, *Raspberry Pi Pico W* e comunicação com servidor via *API REST*. A solução demonstrou viabilidade técnica e funcional por meio de um protótipo capaz de coletar e exibir, em tempo real, dados geográficos em uma interface *web*. Além de promover acessibilidade e replicabilidade, o projeto se destaca por seu potencial de aplicação em contextos educacionais e logísticos. Os resultados obtidos até o momento validam a arquitetura proposta, e os aprimoramentos previstos visam tornar o sistema mais robusto e escalável para uso em ambientes com restrições de conectividade ou necessidade de armazenamento local.

REFERÊNCIAS

- ATZORI, L.; IERA, A.; MORABITO, G. **The Internet of Things: A survey**. Computer Networks, v. 54, n. 15, p. 2787-2805, out. 2010. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.comnet.2010.05.010>.
- DHANNE, B.; SRINIVAS, A.; CHARL, K. S. **IoT-based vehicle tracking and monitoring using Raspberry Pi**. *Journal of Physics: Conference Series*, v. 1964, n. 6, p. 062016, jul. 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1964/6/062016>. Acesso em: 20 jul. 2025.
- FRUETT, F.; BARBOSA, F. P.; FRAGA, S. C. Z.; GUIMARÃES, P. I. A. **Empowering STEAM activities with artificial intelligence and open hardware**: The BitDogLab. *IEEE Transactions on Education*, v. 67, n. 3, p. 462-471, jun. 2024.



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, n. 7, p. 1645-1660, set. 2013. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.future.2013.01.010>.

NATH, B. K.; AN, A. N.; TAMBAKE, A. M.; JHA, A. **An extensible and modular cloud-enabled vehicle tracking system using Raspberry Pi Zero 2 W.** In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON COMPUTATIONAL SYSTEM AND INFORMATION TECHNOLOGY FOR SUSTAINABLE SOLUTIONS (CSITSS), 8., 2024, Bengaluru, India. *Proceedings [...]*. [S. l.]: IEEE, 2024. p. 1-5.

RASPBERRY PI FOUNDATION. **Raspberry Pi.** Disponível em: <https://www.raspberrypi.com/>. Acesso em: 20 jul. 2025.

SRITULASI, A.; MANEESHA, B.; BABU, J. H.; KALYAN, T. **Vehicle tracking system using Raspberry Pi Pico.** *Materials Science and Technology*, v. 23, n. 5, p. 450-457, maio 2024.