



INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DO PIAUÍ
CAMPUS PEDRO II
CURSO ANÁLISE E DESENVOLVIMENTO DE SISTEMAS

PEDRO ALYSSON RAMOS SILVA

IFBUS - UM APLICATIVO DE RASTREAMENTO GPS GPRS DO ÔNIBUS
COLETIVO DO IFPI – CAMPUS PEDRO II EM SUA ROTA NA CIDADE

PEDRO II

2024

PEDRO ALYSSON RAMOS SILVA

IFBUS - UM APLICATIVO DE RASTREAMENTO GPS GPRS DO ÔNIBUS COLETIVO
DO IFPI – CAMPUS PEDRO II EM SUA ROTA NA CIDADE

Trabalho de Conclusão de Curso (artigo científico)
apresentado como exigência parcial para obtenção
do diploma do Curso de Tecnologia em Análise e
Desenvolvimento de Sistemas do Instituto Federal
de Educação, Ciência e Tecnologia do Piauí,
Campus Pedro II.

Orientador: Prof. Me. Paulo De Oliveira Gomes
Filho

PEDRO II

2024

IFBUS - UM APLICATIVO DE RASTREAMENTO GPS GPRS DO ÔNIBUS COLETIVO DO IFPI – CAMPUS PEDRO II EM SUA ROTA NA CIDADE

Pedro Alysson Ramos Silva¹
Paulo De Oliveira Gomes Filho²

RESUMO

O transporte público é um serviço crucial em diversos centros urbanos, sendo responsável por garantir a mobilidade de milhões de pessoas. Contudo, a ausência de informações precisas sobre trajetos e horários, são adversidades corriqueiras enfrentadas pelos usuários. O objetivo deste trabalho é propor uma solução para rastreamento e acompanhamento de itinerários de transporte urbano empregando tecnologias da informação. Nesse contexto, desenvolveu-se um sistema de coleta de dados sobre rotas de transporte urbano. Testes conduzidos em ambientes reais evidenciaram a disponibilidade e confiabilidade do monitoramento com a rota predefinida, possibilitando novas perspectivas e soluções para o problema da ausência de informações sobre as rotas e localizações dos ônibus.

Palavras-chave: Mobilidade Urbana; Rastreamento; Telemetria.

ABSTRACT

Public transport is a crucial service in several urban centers, being responsible for ensuring the mobility of millions of people. However, the lack of accurate information about routes and times are common adversities faced by users. The objective of this work is to propose a solution for tracking and monitoring urban transport itineraries using information technologies. In this context, a data collection system on urban transport routes was developed. Tests conducted in real environments demonstrated the availability and reliability of monitoring with the predefined route, enabling new perspectives and solutions to the problem of the lack of information about bus routes and locations.

Keywords: Urban mobility; Tracking; Telemetry.

Data de aprovação: 05/01/2024 (data de apresentação do TCC)

1 INTRODUÇÃO

O transporte público é um serviço crucial em diversos centros urbanos, sendo responsável por garantir a mobilidade diária de milhões de pessoas, seja para trabalho, educação ou lazer (OLIVEIRA; SALOMÃO; BARBOSA, 2022). Segundo a NTU (Associação Nacional das Empresas de Transportes Urbanos, 2023), em 2022 foram realizadas aproximadamente 30 milhões de viagens pagas de passageiros por dia, representando aproximadamente 85,7% de todas as viagens de transporte público realizadas pelo setor de ônibus.

Contudo, a ausência de informações precisas sobre trajetos e horários, atrasos, lotações e falta de infraestrutura adequada em pontos de ônibus são adversidades corriqueiras enfrentadas pelos usuários do transporte coletivo (DEORE et al., 2021). Adicionalmente, há um temor

¹ Graduação em Análise e Desenvolvimento de Sistemas. IFPI.
caped.20211p2ads0088@aluno.ifpi.edu.br.

² Mestre em Ciências da Educação (Logos University Internacional/2020 - Reconhecido pela Universidade Metropolitana de Santos). paulo.filho@ifpi.edu.br.

crescente com a segurança dos utilizadores dos transportes públicos, especialmente porque os longos tempos de espera nas paradas podem aumentar o risco de roubos e outros tipos de violência (CARDOSO; RENNÓ, 2019).

Conforme evidenciado por Cardoso (CARDOSO; RENNÓ, 2019), aproximadamente 91,5% dos usuários do transporte público manifestaram temor nos pontos de ônibus, dos quais 92% eram mulheres. As principais causas de desconforto apontados em seu estudo incluem má iluminação e baixo tráfego de pedestres ao redor das paradas.

Com os avanços tecnológicos, diversas soluções têm emergido visando melhorar a qualidade do transporte público, como o desenvolvimento de sistemas de rastreamento por GPS GPRS para meios de transporte (NUR et al., 2020). A literatura apresenta estudos que abordam o uso dessas tecnologias para transportes terrestres, como forma de melhorar a sua eficiência e a experiência do usuário.

De acordo com Kumar (KUMAR; ARUN; DIVYA, 2019), os sistemas de rastreamento veicular têm recebido uma expressiva dispersão e aceitação na vida cotidiana da maioria das pessoas. Essas tecnologias encontram aplicabilidade em uma variedade de cenários, abrangendo desde o acompanhamento do transporte individual até a supervisão de operações ferroviárias e serviços de entrega de alimentos (KUMAR; ARUN; DIVYA, 2019).

Da Silva (SILVA et al., 2020) descreve que através de sistemas com GPS é possível rastrear veículos em movimentos, coletar informações sobre seu trajeto e velocidade além de emitir alertas programados quando se afastam de sua origem. Dessa forma, gestores podem acompanhar em tempo real a localização dos veículos, proporcionando tomada de decisões baseadas nesse deslocamento, como esquivar-se de congestionamentos (SILVA et al., 2020).

A carência de informações acerca dos horários e percursos dos veículos coletivos acarreta inconvenientes significativos para os seus utilizadores (DEORE et al., 2021). Contudo, a implementação de sistemas de posicionamento global (GPS) revelase essencial para aprimorar a segurança e satisfação dos usuários, possibilitando que se desloquem até as paradas somente quando o ônibus estiver prestes a chegar em sua localização. Essa abordagem não apenas reduz de maneira substancial o tempo de espera, mas também propicia minimizar a exposição a condições climáticas adversas e contribuir para mitigação dos riscos associados à violência urbana.

Neste contexto, desenvolveu-se uma aplicação e um sistema de coleta de dados sobre a rota do transporte escolar do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Piauí (IFPI) - Campus Pedro II. Para tal empregou-se os módulos SIM800L, GPS Neo-6M e ESP32, encarregados por coletar e enviar os dados de localização para um servidor. Espera-se, contribuir com a área de pesquisa sobre o tema de mobilidade urbana, possibilitando novas perspectivas e soluções para o problema de ausência de informações sobre as rotas e localizações dos ônibus.

1.1 OBJETIVO

Propor uma solução para rastreamento e acompanhamento de itinerários do transporte escolar do IFPI - Campus Pedro II, empregando tecnologias da informação.

1.1.1 Objetivos Específicos

- Desenvolver um aplicativo móvel responsável por mostrar a localização em tempo real do veículo;
- Construir um sistema de telemetria embarcado utilizando um microcontrolador ESP32 e os módulos SIM800L e GPS Neo-6M;

- Possibilitar a diminuição do tempo de espera na parada por parte do usuário;
- Servir como plataforma de notificação aos usuários sobre informações relacionadas as rotas e/ou ao veículo;

2 TRABALHOS RELACIONADOS

Nesta seção, realizamos uma revisão da literatura abordando o tema de rastreamento veicular. Destacamos os alguns artigos relacionados a essa temática, bem como suas características, conforme detalhado na Tabela 1.

Tabela 1 - Trabalhos relacionados

Publicação	Ano	Temática
Nwankwo <i>et al.</i> (NWANKWO <i>et al.</i> , 2022)	2022	Elaborou um sistema de rastreamento veicular com o objetivo de localizar possíveis veículos roubados.
Hafiizh Nur <i>et al.</i> (NUR <i>et al.</i> , 2020)	2020	Implementou um sistema para realizar a função de rastreamento, prevendo o tempo de chegada e a capacidade disponível do transporte.
Gull <i>et al.</i> (GULL <i>et al.</i> , 2021)	2021	O sistema proposto oferece informações em tempo real sobre veículo e passageiros, permitindo notificações aos pais no embarque/desembarque de seus filhos no ônibus.
Premkumar <i>et al.</i> (PREMKUMAR <i>et al.</i> , 2020)	2020	Desenvolveu um sistema de rastreamento para transporte universitário, com notificações em tempo real ao motorista.
Este trabalho	2023	Propôs um sistema de telemetria embarcado para coleta de dados e um aplicativo mobile para exibição dos dados em tempo real do transporte coletivo e notificações.

O trabalho de Nwankwo (NWANKWO *et al.*, 2022) concentra-se na concepção de um sistema antifurto com rastreamento veicular baseado na arquitetura Arduino e no Módulo GSM/GPS SIM 808, coletando e transmitindo dados de localização para um servidor. As informações são visualizadas em tempo real na web em um dashboard da Adafruit IO, permitindo aos usuários monitorá-los em tempo real, aumentando as chances de recuperação.

Hafiizh (NUR *et al.*, 2020) apresentaram um sistema de rastreio com previsão de horário de chegada e monitoramento da capacidade de passageiros. A estrutura engloba o uso de arduinos, raspberry, módulos de GPS e sensores infravermelhos nos ônibus, assim como sensores nas paradas de ônibus para contagem dos passageiros. As informações são visualizadas em tempo real através de uma aplicação Web instalado em um monitor nas paradas de ônibus.

Gull (GULL *et al.*, 2021) desenvolveram um sistema de rastreamento escolar IoT que integra uma página web e um aplicativo móvel para alunos, motoristas e administração. A localização do ônibus é obtida por meio de um aplicativo no celular do motorista, que também lê o QRCode de identificação de cada aluno durante o embarque. O sistema inicia o rastreamento e notifica os pais quando seus filhos embarcam, oferecendo uma solução que promove segurança e tranquilidade.

Premkumar (PREMKUMAR *et al.*, 2020) propôs um sistema de rastreamento e notificação para o transporte universitário, onde os dados, coletados pelo módulo GPS Neo6M, são transmitidos via ESP8266 pela rede WIFI para o servidor. A visualização dos dados pelos estudantes é facilitada por meio de um aplicativo Android. Adicionalmente, integrou-se um Arduino Piezo Speakers para notificar o motorista em caso de um usuário perder o ônibus.

Os estudos previamente citados apresentam similaridades com a proposta do IFBus, embora divergentes em relação ao público-alvo, bem como em algumas funcionalidades e tecnologias empregadas. Portanto, ao analisar essas contribuições, percebe-se a relevância do IFBus ao considerar as especificidades de seu público-alvo, bem como as funcionalidades e tecnologias incorporadas, visando superar desafios identificados em trabalhos anteriores.

3 REFERENCIAL TEÓRICO

Esta seção apresenta uma revisão dos principais conceitos relacionados aos temas IoT (Internet das Coisas), Telemetria, Aplicativos móveis para computação embarcada. O objetivo desta seção é fornecer um conhecimento teórico e prático sobre esses assuntos, destacando suas interseções e relevância para o contexto deste trabalho.

3.1 IOT

A internet das coisas (IOT) consiste na conectividade de dispositivos físicos entre si através de redes sem fio com a internet e a possibilidade de serem monitorados ou controlados remotamente a distância (HAMEED; ALOMARY, 2019). Essa interconexão de dispositivos possibilita conexões entre o mundo físico e o mundo digital (MALEKI et al., 2022).

Estima-se que existam aproximadamente 13 bilhões de dispositivos IOT em todo o mundo, com tendência de crescimento ainda maior e sem perspectivas de desaceleração desse aumento (NAGENDRAN et al., 2023). Prevê-se que até o ano de 2025, o total de objetos inteligentes interligados globalmente alcançará aproximadamente 75,44 bilhões (HAMEED; ALOMARY, 2019). A larga escalabilidade desses dispositivos e a capacidade de coleta, transmissão e processamento de dados em tempo real, torna possível a criação de sistemas inteligentes e automatizados para diversas aplicações (MALEKI et al., 2022).

Os dispositivos IOT possuem componentes essenciais, como um chip de transmissão sem fio, um microcontrolador e um ou mais sensores, atuadores e tem sido amplamente adotada em aplicações de natureza pessoal, comercial e industrial (MALEKI et al., 2022). Ela abrange desde dispositivos vestíveis até sistemas de segurança residencial, além de estender-se a projetos em grande escala, como edifícios, bairros e cidades inteligentes além desempenhar papel importante em pesquisas, possibilitando a observação de padrões climáticos para aplicações agrícolas, estudo das mudanças climáticas, comportamento da vida selvagem e monitoramento de aves, entre outros (NAGENDRAN et al., 2023).

3.2 TELEMETRIA

A palavra Telemetria tem origem grega onde: Tele, significa remoto e metria se refere a medição. Portanto, a telemetria é uma tecnologia que possibilita a medição e transmissão de dados de forma remota (NAZARE; MOROZINI, 2022). Na telemetria a comunicação ocorre em tempo real através de equipamentos sem fio, nos quais os dados são transmitidos de várias formas, como via satélite, rádio, dentre outros meios e sua aplicação se da em diversas áreas como transporte, indústria, agricultura e saúde (FREIRE et al., 2020).

Com o avanço da tecnologia, em especial, no setor automobilístico, a telemetria tem sido amplamente utilizada. Por meio do sistema de telemetria veicular, é possível realizar o gerenciamento de variados elementos, incluindo o controle do consumo de combustíveis, a supervisão da velocidade, a localização, o monitoramento das rotas e o controle da jornada de trabalho dos motoristas, bem como para reduzir custos operacionais (NAZARE; MOROZINI, 2022).

No estudo conduzido por Nazare (NAZARE; MOROZINI, 2022), foi implementado um sistema de telemetria veicular em uma frota de caminhões para auxiliar no registro e controle de jornada de trabalho motoristas. Desse modo, a empresa pode ter um controle eficaz da jornada de trabalho dos motoristas, com relatórios precisos e de confiança sem ter que aguardar que o motorista retorne de viagem.

3.3 APLICATIVOS MÓVEIS PARA COMPUTAÇÃO EMBARCADA

A computação embarcada é uma tecnologia onde sistemas computacionais são projetados para um fim específico e são integrados a dispositivos físicos com o objetivo de coletar dados, monitorar ou controlar remotamente.

Os sistemas embarcados são utilizados nas mais diferentes áreas como automobilística, medicina, robótica entre outros, de forma a simplificar a vida das pessoas. Contudo, esses sistemas compartilham algumas restrições em comum, tais como consumo de energia reduzido, utilização mínima de memória, dimensões compactas e baixo custo. Essas restrições são essenciais para garantir o bom funcionamento e a eficiência dos sistemas embarcados, levando em consideração suas aplicações específicas (SILOTTI; IAIONE; MINAKAWA, 2022a).

No entanto, devido às significativas restrições relacionadas ao consumo de energia e dimensões desses sistemas, é geralmente impraticável utilizar um display de cristal líquido, teclado ou até mesmo estabelecer conexão com a internet (SILOTTI; IAIONE; MINAKAWA, 2022b). Com o avanço da tecnologia móvel, os aplicativos móveis têm se mostrado uma solução promissora para simplificar a interação dos usuários com sistemas embarcados, permitindo que os usuários gerenciem e monitorem sistemas embarcados de forma simples e eficiente, independentemente de sua localização física (PREMKUMAR et al., 2020).

Um exemplo relevante dessa aplicação em sistemas embarcados foi apresentado por Joshi et al. (JOSHI et al., 2021). No referido trabalho, desenvolveu-se um aplicativo destinado ao monitoramento remoto de um sistema embarcado, composto por diversos serviços que ajudam o agricultor na supervisão dos campos agrícolas. Através do aplicativo é possível acessar dados como umidade, temperatura, umidade do solo e monitorar a trajetória de crescimento das plantas. Além disso, uma característica adicional é a capacidade de detectar doenças da lavoura e sugerir ações ao agricultor.

4 METODOLOGIA

Esta seção apresenta os materiais e métodos adotados para a concepção e implementação do sistema. Por meio de um estudo de caso, avaliou-se o sistema desenvolvido. Quanto aos objetivos desse trabalho, este caracterizou-se como exploratório. A população de pesquisa abrangeu a rota do ônibus coletivo do IFPI - Campus Pedro II, localizado na cidade de Pedro II, que possui aproximadamente 38.812 mil habitantes, conforme o censo do IBGE³ de 2022. A cidade está situada na região norte do estado do Piauí, a 208 km da capital Teresina.

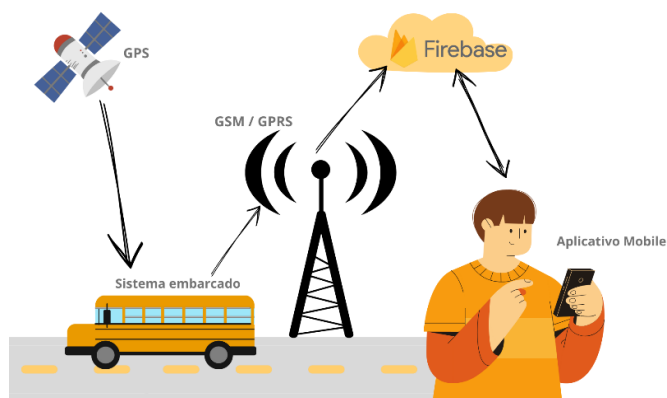
Atualmente, o IFPI⁴ - Campus Pedro II, uma instituição de ensino médio, técnico e superior com contribuição significativa para o desenvolvimento educacional e profissional da região, dispõe de um ônibus com rotas diárias. Os alunos regularmente matriculados utilizam esse transporte escolar para seu deslocamento, contudo, a ausência de informações sobre horários e rotas acarreta transtornos para esses usuários.

³ <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/pi/pedro-ii/panorama>

⁴ https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2008/lei/l11892.htm

Nesse contexto, este trabalho propôs apresentar a localização em tempo real do ônibus escolar do IFPI - Campus Pedro II. Para isso, desenvolveu-se um sistema de telemetria embarcado utilizando-se de um microcontrolador ESP32, módulo SIM800L, módulo GPS NEO-6M bem como a criação de um aplicativo mobile responsável por mostrar ao usuário a localização em tempo real do ônibus. A representação esquemática do fluxo, ilustrado na Figura 1, delinea a trajetória que os dados percorrem, desde sua captura até sua exibição pelo aplicativo.

Figura 1 - Fluxograma do sistema de rastreamento

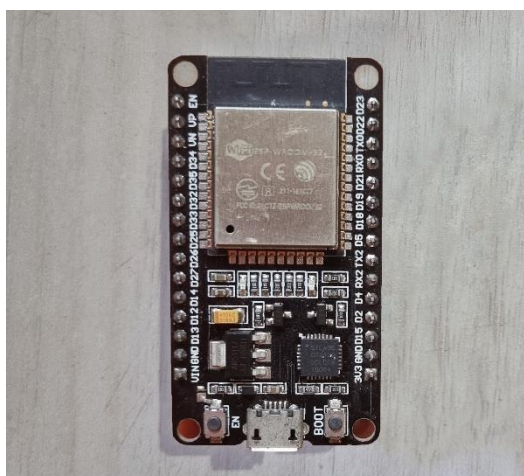


Fonte: Elaborada pelo autor.

4.1 ESP32

O ESP32⁵, apresentado na Figura 2, é um poderoso microcontrolador de código aberto que se tornou uma escolha popular em projetos de eletrônica, automação e Internet das Coisas (IoT). Desenvolvido pela Espressif Systems, combina uma ampla gama de recursos, incluindo conectividade Wi-Fi e Bluetooth, um processador de núcleo duplo, capacidade de processamento de alto desempenho e uma variedade de periféricos, tornando-o ideal para uma variedade de aplicações, desde dispositivos portáteis até sistemas de automação residencial e projetos de rastreamento GPS (BABIUCH; FOLTÝNEK; SMUTNÝ, 2019).

Figura 2 - Placa ESP32



Fonte: Elaborada pelo autor.

⁵ https://www.espressif.com/sites/default/files/documentation/esp32_datasheet_en.pdf

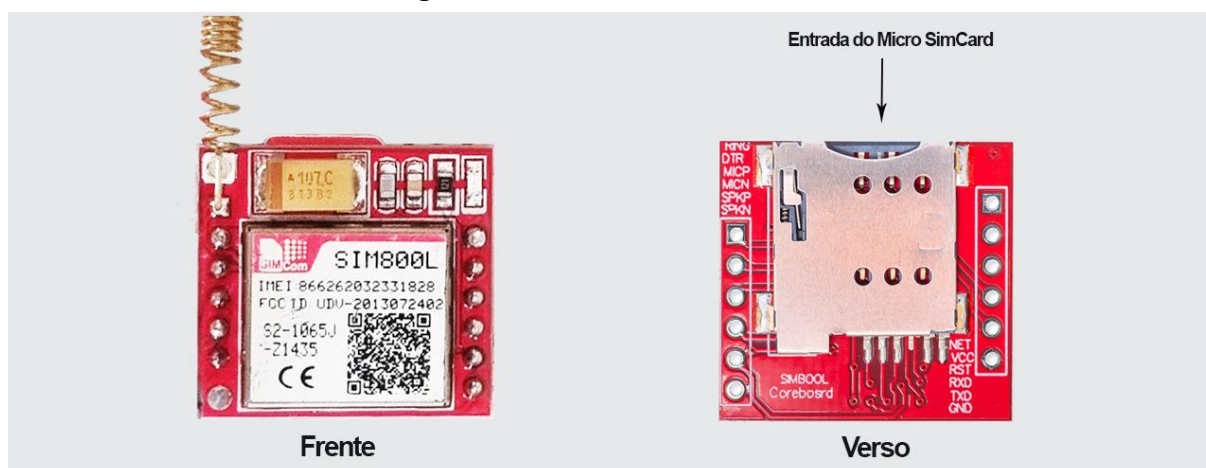
O microcontrolador escolhido para o desenvolvimento deste trabalho foi o ESP32, baseada em uma série de vantagens intrínsecas oferecidas por este componente do mundo IOT. Uma das vantagens notáveis é o baixo custo, flexibilidade e ampla comunidade de desenvolvedores, contribuindo para sua popularidade e tornando o ESP32 uma escolha versátil e acessível para uma variedade de aplicações criativas e técnicas (BABIUCH; FOLTÝNEK; SMUTNÝ, 2019).

A economicidade associada ao ESP32 não apenas viabiliza a implementação do trabalho, mas também confere-lhe uma versatilidade ímpar. Um aspecto particularmente notável é a sua capacidade de atualização futura, pois o ESP32 oferece a flexibilidade de transição da conexão GSM fornecida pelo módulo SIM800L para uma conectividade Wi-Fi. Importante ressaltar que essa migração pode ser realizada sem a necessidade de adquirir um novo módulo de comunicação, conferindo uma agilidade e eficiência notáveis ao sistema desenvolvido.

4.2 MÓDULO GSM SIM800L

O módulo SIM800L é um dispositivo de comunicação GSM/GPRS quad-band amplamente empregado em aplicações de IoT e rastreamento. Suas funcionalidades incluem a capacidade de enviar mensagens, efetuar chamadas telefônicas e estabelecer conexão com a internet para enviar informações ao banco de dados (KANANI; PADOLE, 2020).

Figura 3 - Módulo GSM SIM800L



Fonte: Elaborada pelo autor.

Como destacado por Kanani (KANANI; PADOLE, 2020) em seu estudo, o SIM800L, ilustrado na Figura 3, é um módulo celular em miniatura e se destaca por seu pequeno tamanho e baixo custo.

O módulo SIM800L foi a escolha para desempenhar a função de enviar os dados coletados pelo ESP32, principalmente devido à combinação de seu tamanho compacto, custo acessível e à abundância de material e recursos disponíveis na web. Tais características alinham-se perfeitamente com as necessidades de projetos que requerem eficiência espacial, ao passo que seu custo acessível torna a implementação mais econômica. Além disso, é uma escolha vantajosa devido à sua capacidade de transmitir dados para um servidor na nuvem via HTTPS, um protocolo amplamente aceito para a transmissão em tempo real de forma segura.

Para comunicação do módulo SIM800L com a rede 2G a operadora Claro foi selecionada como a escolha preferencial do SIMCard. Durante os testes de cobertura, a operadora Claro demonstrou uma notável estabilidade e ofereceu a melhor cobertura em comparação às outras operadoras avaliadas. Cabe ressaltar que, para viabilizar essa comunicação, optou-se pelo plano

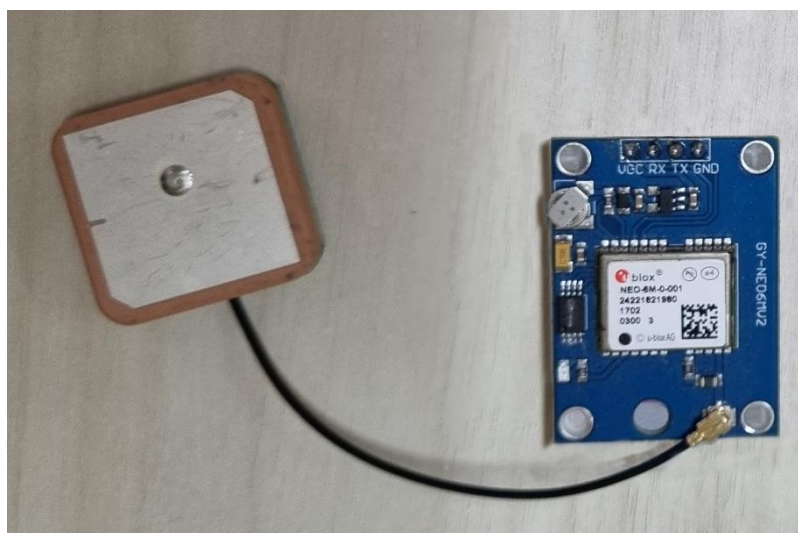
pré-pago denominado "Preção R\$24,90 por mês com 9GB", disponibilizado pela Claro, o qual contempla uma alocação generosa de 9GB de dados mensais.

4.3 MÓDULO GPS NEO-6M

O módulo GPS NEO-6M, Figura 4, é um receptor GPS (Global Positioning System) responsável por determinar a posição de um objeto através dos sinais de satélites. Projetado com foco em baixo consumo de energia, custos e tamanho reduzidos este módulo oferece precisão e eficiência notáveis, tornando-o uma excelente opção para aplicações que demandam informações de posicionamento confiáveis e projetos com restrições de espaço (LUTHFI; KARNA; MAYASARI, 2019).

O baixo consumo de energia necessário para o Neo 6m é devido à presença de um modo de economia de energia (PSM) que permite uma redução no consumo de energia do sistema ao ligar e desligar partes do receptor de forma cuidadosa e seletiva. Essa característica contribui significativamente para a eficiência energética do dispositivo (KANANI; PADOLE, 2020).

Figura 4 - Módulo GPS Neo 6M



Fonte: Elaborada pelo autor.

O módulo GPS NEO-6M da U-BLOX foi selecionado para a aquisição das coordenadas de latitude e longitude, essenciais para o rastreamento em tempo real do ônibus em sua rota. Bibliotecas disponíveis para o módulo GPS NEO-6M simplificaram a sua utilização, contribuindo para uma implementação mais rápida e eficaz.

No estudo conduzido por Luthfi et al. (LUTHFI; KARNA; MAYASARI, 2019), uma série de testes foi executada com o intuito de mensurar a precisão das coordenadas fornecidas pelo GPS Neo6M. Os resultados obtidos revelaram uma notável acurácia, evidenciando a eficácia e confiabilidade desse dispositivo.

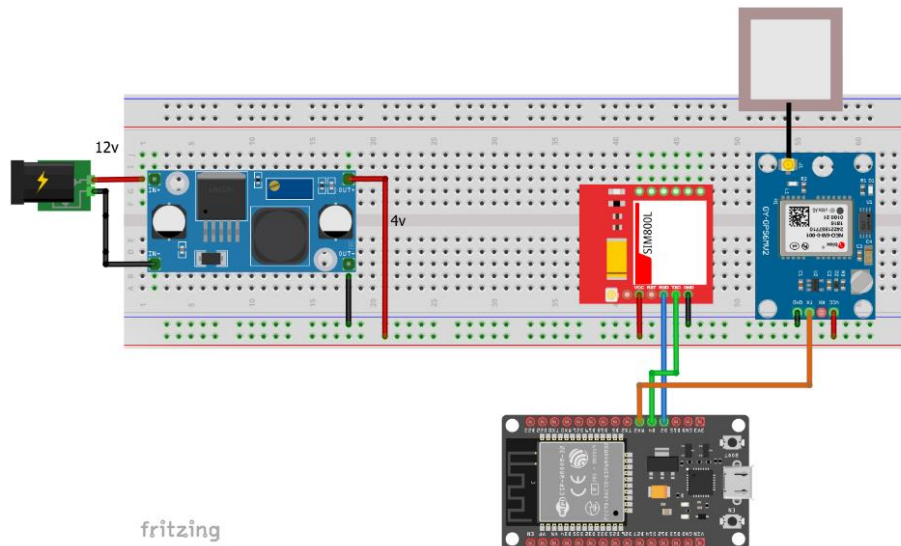
4.4 MONTAGEM E CONFIGURAÇÃO DO HARDWARE

Após a seleção dos componentes necessários para o sistema de telemetria embarcado, o processo seguiu com a montagem e configuração. Inicialmente, inseriu-se o SIMCard da operadora Claro no módulo SIM800L. Em seguida, os módulos GPS e GSM, acompanhados de outros componentes essenciais, como o regulador de tensão, foram interligados à placa ESP32, utilizando uma protoboard.

O módulo SIM800L estabeleceu a comunicação com o ESP32 por meio de uma conexão serial, utilizando os pinos D4 para RX e D2 para TX. Além disso, o módulo GPS comunicou-se

através da porta RX2. O esquema de ligação, ilustrado na Figura 5, fornece uma visão clara das conexões estabelecidas.

Figura 5 - Esquema das ligações



Fonte: Elaborada pelo autor.

Os dispositivos foram alimentados por uma fonte externa de 12V, conectada a um regulador de tensão, que ajustou a saída para 4V, assegurando a voltagem necessária para o funcionamento adequado dos módulos. Vale destacar que, ao contrário dos demais componentes, o ESP32 é equipado com um regulador de tensão embutido, responsável por ajustar a tensão de entrada para 3,3V⁶. Na Tabela 2, é apresentada a faixa de operação em volts dos hardwares.

Tabela 2 - Tensão de alimentação dos componentes

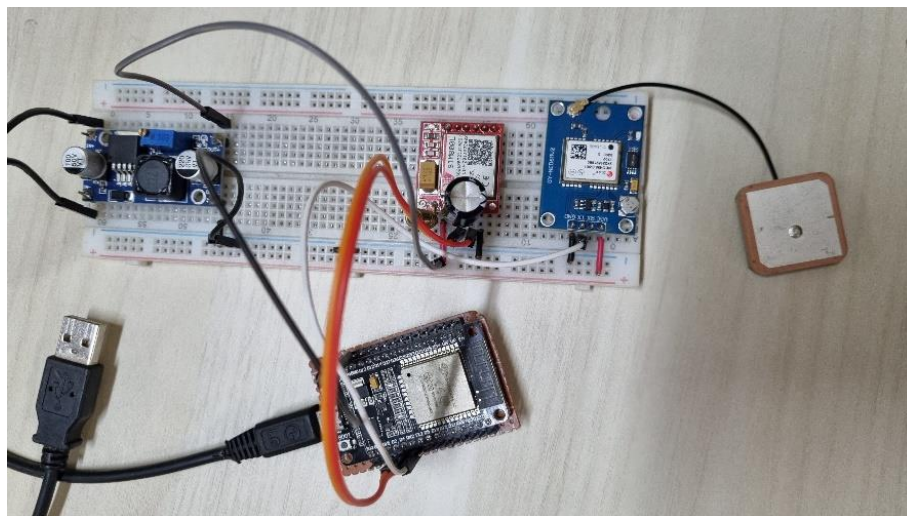
ESP32	2,3 a 3,6 V
SIM800L	3,7 a 4,2 V
GPS NEO-6M	3,3 a 5,0 V

Fonte: Elaborada pelo autor.

Essa abordagem proporcionou a programação do microcontrolador ESP32 e a condução de testes das funcionalidades cruciais, tais como a captação das coordenadas GPS e a comunicação eficaz com a rede GSM. Essa etapa inicial configurou-se como um precursor indispensável à elaboração da placa de circuito definitiva, assegurando, assim, uma implementação mais precisa e eficiente. A representação visual do primeiro estágio do protótipo implementado pode ser observada na Figura 6.

⁶ <https://docs.espressif.com/projects/esp-idf/en/latest/esp32s2/hw-reference/esp32s2/user-guide-devkitm-1-v1.html>

Figura 6 - Primeiro protótipo montado para testes



Fonte: Elaborada pelo autor.

4.4.1 Programação do ESP32

Para elaborar toda a lógica do sistema embarcado, optou-se pelo Arduino IDE devido à sua natureza de ambiente de desenvolvimento simples e acessível, especialmente para aqueles com pouco conhecimento em programação. Esta plataforma de código aberto, oferece uma abordagem amigável em linguagem C++, facilitando a compilação e envio eficientes do programa para o ESP32. Com essa ferramenta, mesmo para iniciantes, é possível realizar rapidamente o processo de desenvolvimento, tornando a programação para o ESP32 mais acessível e descomplicada (BABIUCH; FOLTÝNEK; SMUTNÝ, 2019).

No início do programa definiu-se as portas seriais, conforme abordado na seção anterior, em seguida, temos a função setup, encarregada de configurar os valores iniciais do microcontrolador, e a função loop assume a responsabilidade pela execução contínua do programa. É relevante destacar que o ambiente Arduino IDE⁷ pode ser expandido por meio do uso de bibliotecas, uma prática comum em várias plataformas de programação. Essas bibliotecas acrescentam funcionalidades extras aos esboços, como manipulação de hardware ou dados, o que simplifica a implementação, contribuindo para um sistema eficiente e preciso.

4.4.2 Comunicação dos módulos

Durante o desenvolvimento, visando habilitar a comunicação do ESP32 com a rede GSM/GPRS por meio do módulo SIM800L, optou-se por integrar a biblioteca tinyGSM. As configurações adequadas da APN da operadora Claro foram devidamente realizadas, seguidas de testes para assegurar a efetiva comunicação entre o módulo e a rede GSM. Essa decisão proporcionou uma considerável agilidade na implementação, demandando apenas ajustes pontuais no código para estabelecer com sucesso a comunicação com a rede GSM.

Subsequentemente, para adquirir as coordenadas geográficas necessárias para este trabalho, foi estabelecida uma comunicação eficiente entre o módulo GPS Neo6M e os satélites. Para esse propósito, optou-se pela integração da biblioteca tinyGPS++, uma escolha

⁷ <https://www.arduino.cc/reference/en/libraries/>

fundamentada em sua ampla gama de funcionalidades. Essa biblioteca não apenas permitiu a obtenção precisa das coordenadas, mas também facilitou a captura de dados complementares, como informações sobre a data, velocidade, altitude e outros parâmetros relevantes. Destaca-se que, neste contexto, foram implementados apenas os métodos relacionados à obtenção das coordenadas de latitude, longitude, data e hora, sendo essenciais para atender aos objetivos particulares deste trabalho.

4.4.3 Envio ao banco de dados

Para receber esses dados, foram analisados alguns bancos de dados disponíveis gratuitamente para plataformas IoT, como o ThingSpeak e Ubidots. No entanto, os planos gratuitos disponibilizados possuíam limitações, como tempo entre requisições e a capacidade de armazenamento de dados não eram satisfatórios para o propósito deste trabalho. Diante disso, optou-se pelo banco de dados Firebase Realtime Database do Firebase, uma plataforma de código aberto destinada à criação de aplicativos ios, web ou Android, proporcionando recursos adicionais, como banco de dados em tempo real, serviço de autenticação, hospedagem e armazenamento (NUR et al., 2020).

O Realtime Database⁸ é um banco de dados na nuvem NoSQL onde os dados são armazenados como JSON e sincronizados em tempo real para cada cliente conectado, permanecendo disponíveis mesmo quando o aplicativo está offline. Em vez de utilizar solicitações HTTP típicas, o Firebase Realtime Database utiliza a sincronização de dados. Sempre que os dados são alterados, todos os dispositivos conectados recebem essa atualização em milissegundos, proporcionando uma experiência otimizada em uma aplicação de rastreamento em tempo real, onde esse fator é fundamental. O Realtime Database⁹ oferece um nível de uso sem custos financeiros de 1GB para armazenamento e downloads de 360MB por dia, o que foi suficiente para implementação deste trabalho.

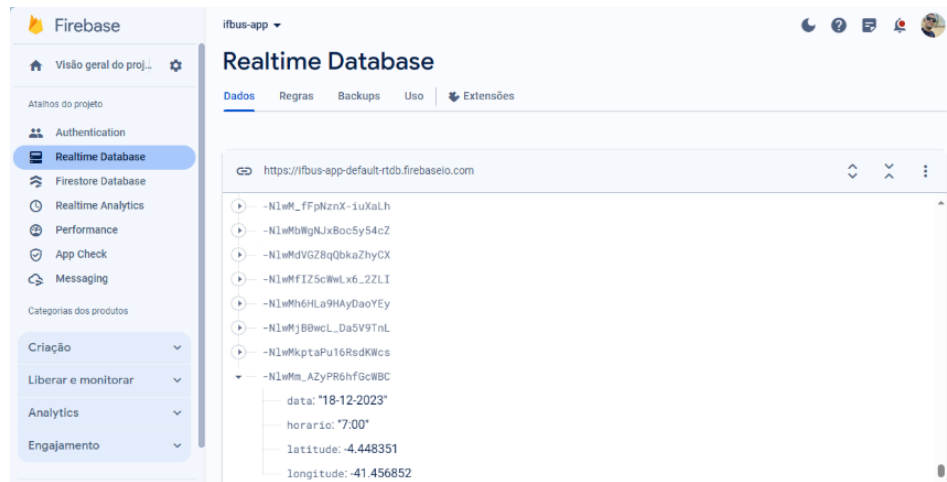
Após a escolha do banco de dados, adicionou-se a biblioteca `ArduinoHttpClient` ao código do ESP32. Essa biblioteca foi fundamental para realizar a comunicação entre o sistema embarcado e o Firebase Realtime Database, garantindo que os dados coletados fossem enviados com sucesso para o serviço na nuvem.

Foram implementadas as rotinas de comunicação com o banco de dados, demandando a obtenção de informações essenciais do Firebase, tais como Host, Porta e Chave Secreta do banco de dados, disponíveis nas configurações do console do Firebase. Adicionalmente, houve uma cuidadosa estruturação do código para transformar os dados provenientes do módulo GPS no formato JSON. A Figura 7, ilustra de maneira visual os dados recebidos e armazenados no Firebase.

⁸ <https://firebase.google.com/docs/database?hl=pt-br>

⁹ <https://firebase.google.com/pricing?hl=pt-br>

Figura 7 – Realtime Database



Fonte: Elaborada pelo autor.

4.4.4 Desenvolvimento da placa de circuito

O próximo passo crucial no processo de aprimoramento do sistema de telemetria embarcado foi o desenvolvimento da placa de circuito impresso (PCI), conforme mostrado na Figura 8, visando criar um protótipo mais robusto e funcional.

Figura 8 - Processo de desenvolvimento da PCI



Fonte: Elaborada pelo autor.

A alimentação da placa foi proveniente da tomada de 12V do veículo, sendo implementada por meio de um carregador veicular com um borne macho ao qual conectou-se ao borne fêmea da placa. Essa adaptação assegurou uma alimentação eficiente da placa, eliminando a necessidade de um sistema de baterias, e possibilitando a migração do sistema para qualquer veículo de forma mais flexível e conveniente.

A Tabela 3, detalha os custos associados ao sistema embarcado. Este recurso proporciona uma visão clara e detalhada do investimento necessário para a implementação, permitindo uma análise eficaz do orçamento e dos recursos disponíveis para o projeto.

Tabela 3 - Valor estimado do sistema embarcado em reais

Hardware	Fabricante	Valor (R\$)
ESP32	Espressif	37,70
SIM800L	SIMCOM	35,01
GPS NEO-6M	U-Blox	39,80
Regulador de Tensão LM2596	Texas Instruments	14,00
Capacitor Eletrolítico 25v/1000uF	HY	2,00
Conector Borne Kre	Genérica	1,80
SIMCARD	Claro	16,00
Carregador Veicular	Inova	10,00
Preço Total		156,31

Fonte: Elaborada pelo autor.

4.5 DESENVOLVIMENTO DO APLICATIVO

Com o objetivo de exibir a localização do veículo em tempo real, desenvolveu-se um aplicativo mobile a princípio para o sistema operacional Android. Dentre as razões pela escolha do sistema, a presença em cerca de 73% de todos os smartphones do mundo (PONTES et al., 2021). Para tal, utilizou-se o Flutter¹⁰, um framework desenvolvido pela Google que se concentra em ser multiplataforma para dispositivos móveis. A linguagem usada no framework é o Dart, que foi igualmente desenvolvido pela Google. Nessa etapa foram implementadas as funcionalidades necessárias para obter os dados do servidor e apresentá-los aos usuários de forma amigável e intuitiva.

4.5.1 Configuração inicial

Durante a etapa de desenvolvimento do aplicativo, adotou-se a IDE Visual Studio Code, onde um projeto Flutter foi inicializado por meio da combinação de teclas CTRL+SHIFT+P. Em seguida, procedeu-se à integração do Firebase ao projeto. Para incorporar e aproveitar os recursos fundamentais oferecidos pelo Firebase, foi essencial incluir a dependência "firebase_core" no arquivo pubspec.yaml do projeto.

4.5.2 Autenticação

Com o intuito de assegurar que somente estudantes e colaboradores do campus desfrutem do acesso à localização, incorporou-se uma tela de login ao sistema. Esta interface apresenta diversas funcionalidades, incluindo a opção de efetuar o login, recuperar a senha em caso de esquecimento e cadastrar novos usuários. No âmbito da codificação do aplicativo, foi estabelecida uma condição que restringe o cadastro apenas a endereços de e-mail com os domínios @aluno.ifpi.edu.br ou @ifpi.edu.br.

Adicionalmente, o sistema foi projetado para enviar um e-mail de confirmação, condicionando o acesso ao recebimento e confirmação deste e-mail por parte dos utilizadores. Tal procedimento visa garantir que apenas membros ativos da comunidade acadêmica possuam autorização para acessar o sistema. Essa abordagem contribui significativamente para reforçar

¹⁰ <https://flutter.dev/learn>

a segurança e limitar o acesso às informações de localização apenas àqueles que estão legitimamente vinculados à instituição.

Para a realização dessas operações, optou-se pelo Firebase Authentication como a solução ideal para gerenciar a autenticação do nosso aplicativo, motivado por diversas razões fundamentais. Em primeiro lugar, o Firebase Auth¹¹ é uma plataforma altamente confiável e segura, desenvolvida pela Google, que oferece uma ampla gama de métodos de autenticação, abrangendo desde a clássica combinação de e-mail e senha até autenticação por meio de provedores de terceiros, como Google, Facebook e Apple.

Além dessa robustez, destaca-se a integração harmoniosa do Firebase Auth com o Firebase Realtime Database e outras ferramentas da plataforma Firebase. Essa sinergia não apenas otimiza o desenvolvimento do aplicativo, mas também promove a escalabilidade do sistema. A facilidade de implementação do fluxo de autenticação oferecido pelo Firebase Auth simplifica consideravelmente a criação de telas de login, recuperação de senhas e registro de novos usuários.

Um dos principais benefícios reside na flexibilidade e facilidade de uso do Firebase Auth, eliminando a necessidade de programação complexa no backend. Essa abordagem simplificada não apenas torna o processo de autenticação mais eficiente, mas também contribui para uma experiência do usuário mais fluida e segura. Em suma, a escolha do Firebase Authentication se revela não apenas como uma decisão técnica sólida, mas como um elemento crucial para aprimorar a usabilidade e a segurança do aplicativo. A fim de que a implementação fosse possível, foi adicionada a dependência `firebase_auth` ao arquivo `pubspec.yaml` no projeto flutter.

4.5.3 Rastreamento

Com o propósito de viabilizar o acompanhamento em tempo real da localização do ônibus, foi implementada uma interface de rastreamento. Para atingir esse objetivo, explorou-se a eficiência e acessibilidade proporcionadas pelo Google Maps. Este serviço global de mapeamento disponibilizado gratuitamente online pelo Google, oferece diversos tipos de visualizações, como mapas rodoviários, imagens de satélite, informações de tráfego e rotas para veículos e pedestres. O Google disponibiliza uma API específica para o Google Maps, permitindo sua incorporação em diversos projetos (LUTHFI; KARNA; MAYASARI, 2019).

Para os propósitos deste trabalho, tornou-se necessário criar uma conta no Google Cloud Platform e subsequente habilitação da Google Maps API para a obtenção das credenciais de uso que incorporou-se ao código fonte do aplicativo. Aproveitou-se da oferta inicial disponibilizada pela Google¹², a qual compreende um subsídio mensal de 200 dólares e a concessão de até 28.500 carregamentos gratuitos do mapa. Destaca-se a relevância fundamental desta API no contexto da leitura das coordenadas transmitidas pelo sistema embarcado para o Real-Time Database e na subsequente exibição interativa desses dados no mapa.

4.5.4 Rota e horário

Na criação da interface de rota, além de utilizar a API do Google Maps, incorporou-se a dependência `"polylines"` ao projeto no Flutter. Isso possibilitou o desenho claro e preciso da rota no mapa. Adicionalmente, incluiu-se marcações que representam as paradas de ônibus no mapa, cada uma com informações descritivas para facilitar a identificação e localização por parte dos usuários, aprimorando a experiência de utilização do sistema. Quanto à interface de

¹¹ <https://firebase.google.com/docs/auth?hl=pt-br>

¹² <https://mapsplatform.google.com/intl/pt-BR/pricing/>

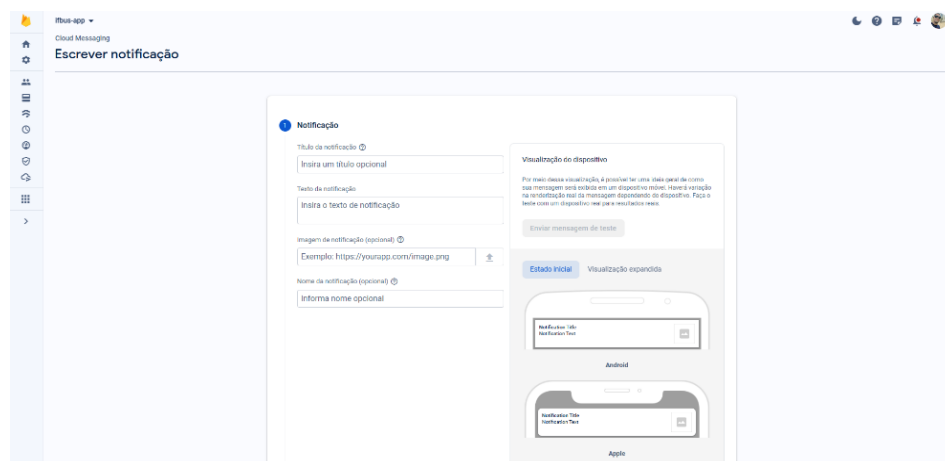
horários, implementou-se uma ListView no Flutter para listar os horários e locais de saída de cada rota do ônibus, proporcionando uma organização eficiente das informações.

4.5.5 Notificações

Com a finalidade de informar os usuários sobre a iminência da partida do ônibus, desenvolveu-se um sistema de notificação que integra o Firebase Cloud Messaging (FCM), ao projeto. O FCM é uma solução poderosa destinada à transmissão de mensagens interplataformas, viabilizando a entrega segura e eficaz de comunicações sem qualquer ônus associado. Comunicações e alertas podem ser encaminhados ao aplicativo cliente por meio do servidor de aplicativos ou do console de notificações, disponibilizada pelo Firebase, simplificando sobremaneira a manipulação de mensagens na nuvem (MOKAR; FAGEERI; FATTOH, 2019).

Através do console do FCM, Figura 9, é possível enviar notificações para todos os usuários ou apenas um específico. Para assegurar o pleno funcionamento desse recurso, a inclusão da dependência do `firebase_messaging` no projeto Flutter foi essencial.

Figura 9 - Console de notificações do FCM



Fonte: Elaborada pelo autor.

5 RESULTADOS

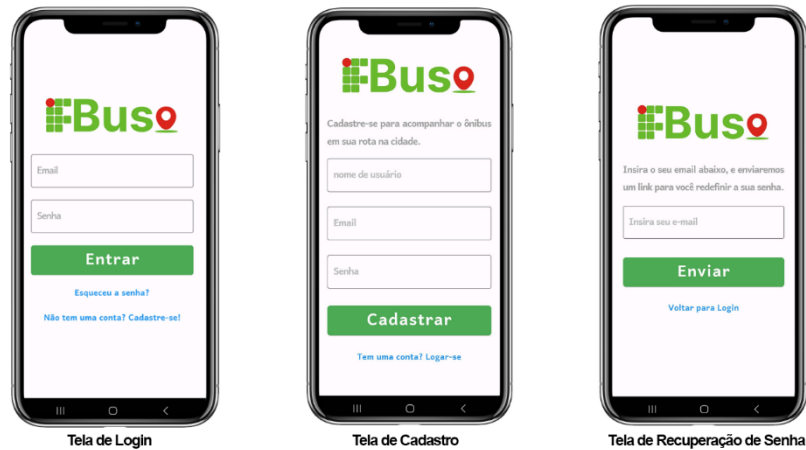
Esta seção apresenta os resultados obtidos por meio da avaliação do sistema desenvolvido, conduzida através de um estudo de caso. A seguir, detalhou-se os resultados alcançados, abrangendo o desenvolvimento do aplicativo mobile, a implementação do sistema embarcado e o mapeamento da rota do ônibus.

5.1 APLICATIVO MOBILE

A Figura 10, apresenta a tela do aplicativo ao acessá-lo pela primeira vez, a tela de login, além das telas de cadastro e recuperação de senha. No primeiro acesso, o usuário deve realizar o cadastro usando um endereço de e-mail com os domínios mencionados na seção 4.5.1. Após o cadastro, o sistema enviará um link de confirmação para o email, e o acesso só será autorizado

mediante essa confirmação. Isso ajuda a assegurar que apenas membros ativos da comunidade acadêmica tenham acesso ao sistema.

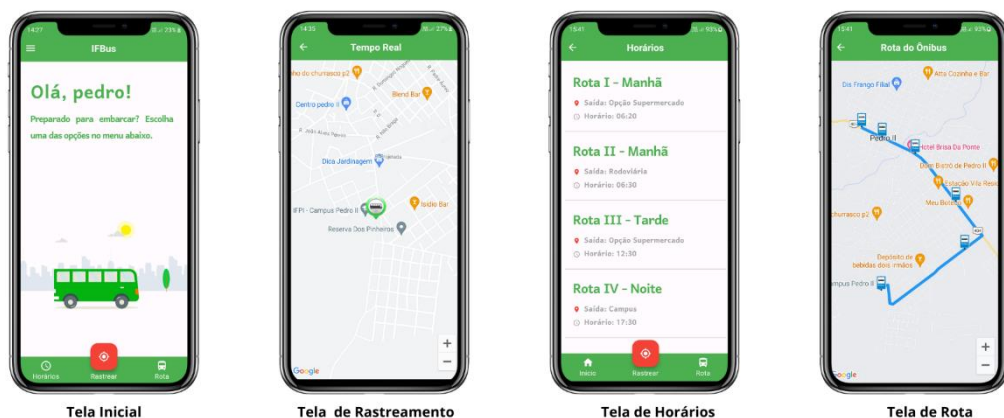
Figura 10 - Sistema de autenticação



Fonte: Elaborada pelo autor.

Posteriormente a confirmação do email, deve-se retornar à tela de login e autenticar-se com os dados cadastrados. Concluído o processo de autenticação, o usuário é direcionado para a tela inicial do aplicativo, que oferece um menu de navegação intuitivo com três opções essenciais. Essas opções permitem ao usuário escolher entre verificar os horários dos ônibus, acessar informações sobre as rotas e paradas disponíveis e rastrear em tempo real a localização do veículo. Essa abordagem simplificada e centrada no usuário proporciona uma experiência de uso eficiente e direcionada, permitindo que os usuários acessem facilmente as funcionalidades chave do aplicativo com apenas alguns toques na tela. Na Figura 11, é mostrada a tela inicial e as respectivas telas de cada opção do menu de navegação.

Figura 11 - Interface do aplicativo



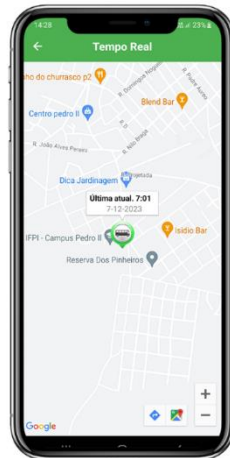
Fonte: Elaborada pelo autor.

Na tela de rastreamento do sistema, representada na Figura 12, na qual os usuários podem acompanhar a localização em tempo real do ônibus, o mapa exibido na tela oferece uma representação visual das coordenadas geográficas do veículo, enquanto um ícone que simboliza o ônibus percorre o trajeto. À medida que os dados são enviados do sistema embarcado para o Firebase e lidos pelo aplicativo móvel, o ícone se move ao longo da rota, refletindo precisamente a localização atual do ônibus. Essa representação gráfica em tempo real oferece uma experiência

de rastreamento eficaz e intuitiva aos usuários, permitindo-lhes manter-se atualizados sobre a posição do veículo e planejar seu deslocamento de acordo.

Adicionalmente, mediante a interação de clicar no ícone do ônibus, são apresentadas informações cruciais, incluindo a data e a hora da última atualização no sistema. Essa funcionalidade proporciona aos usuários o entendimento preciso do momento em que os dados foram enviados para o servidor, possibilitando-lhes verificar prontamente se as informações do ônibus estão atualizadas ou não.

Figura 12 - Mapa em tempo real



Fonte: Elaborada pelo autor.

O sistema de notificações revelou-se altamente eficaz e preciso em relação aos horários programados para os disparos via Firebase Cloud Messaging (FCM), configurando-se como uma ferramenta de inestimável valor para informar os usuários sobre o horário de partida do ônibus, bem como quando o veículo já se encontra em rota. Esta funcionalidade proporciona uma comunicação vantajosa com os usuários, viabilizando notificá-los acerca de eventuais problemas relacionados ao ônibus, falta de rotas, e outras situações pertinentes.

Na Figura 13, é apresentada uma notificação recebida pelo usuário. Essa abordagem contribui significativamente para uma interação mais dinâmica e informada entre o sistema e os usuários, estabelecendo uma plataforma eficiente para a gestão de incidentes e atualizações relevantes no contexto do transporte público.

Figura 13 - Notificação push

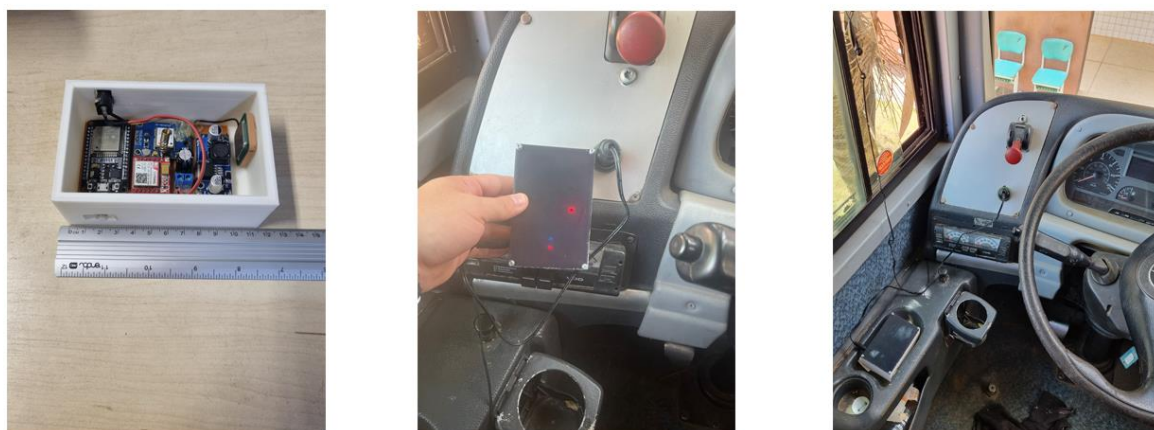


Fonte: Elaborada pelo autor.

5.2 SISTEMA DE TELEMETRIA EMBARCADO

A Figura 14, apresenta o resultado conclusivo do sistema embarcado já instalado no ônibus. Com o objetivo de garantir a integridade da Placa de Circuito Impresso (PCI), desenvolveu-se uma caixa utilizando tecnologia de impressão 3D, cujas dimensões finais aproximam-se de 11 x 6 cm. Essa medida não apenas visa resguardar a PCI contra adversidades naturais e acesso não autorizado, mas também busca proporcionar flexibilidade e segurança aprimorada durante o processo de transferência do sistema para outro ônibus. Essa adaptação revela-se crucial, considerando a dinâmica operacional do IFPI Campus Pedro II, que utiliza mais de um veículo em sua frota para atender às demandas específicas de transporte.

Figura 14 - Sistema de telemetria embarcado



Fonte: Elaborada pelo autor.

5.3 MAPEAMENTO DA ROTA DO ÔNIBUS

A fim de aferir a disponibilidade e acurácia do sistema em questão, procedeu-se com a coleta de dados sobre a rota do ônibus, conduzindo testes em dois cenários distintos. No primeiro cenário, o sistema de telemetria foi submetido a avaliações offline. No segundo cenário, a análise foi realizada em tempo real, sendo acompanhada de forma próxima pelo aplicativo encarregado da supervisão e monitoramento contínuo.

5.3.1 Experimento I

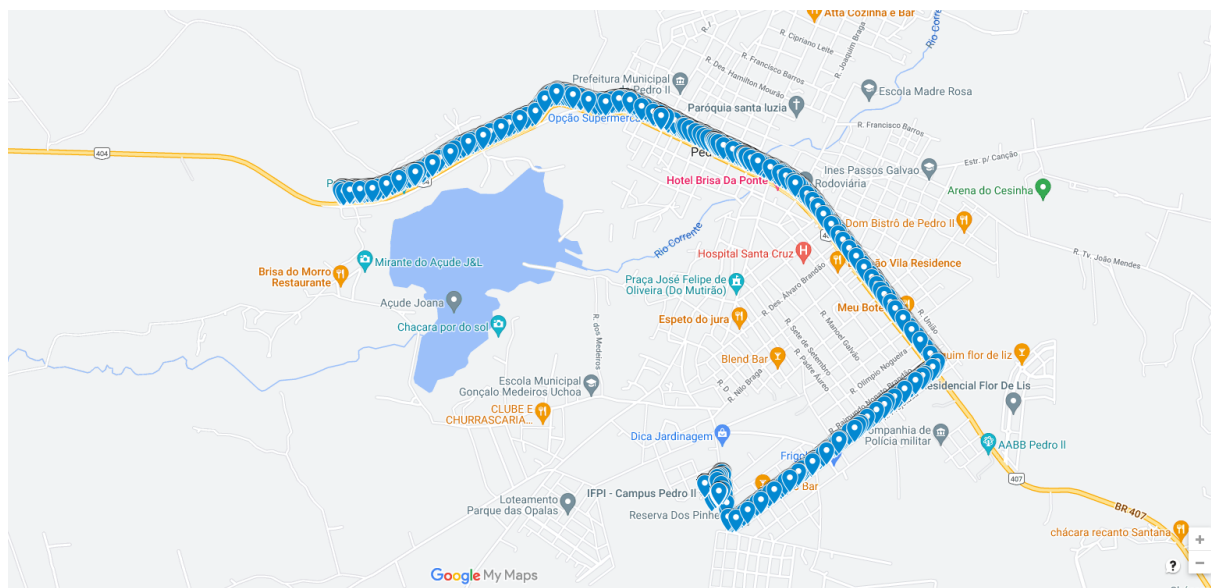
Neste experimento, o sistema de telemetria adotou o método POST para enviar os dados para o servidor, assegurando a integração completa dos dados de localização coletados no RealTime Database. O experimento consistiu na coleta de dados provenientes de dez viagens, com um intervalo de aproximadamente 5 segundos a cada envio. Foram coletados dados de latitude, longitude, data/hora pelo sistema embarcado.

Após a coleta dos dados, estes foram exportados do RealTime Database no formato JSON e convertidos para o formato.xlsx. Em seguida, o arquivo convertido foi importado para o Google MyMaps, uma plataforma de mapeamento, permitindo a visualização gráfica e geoespacial dos pontos de coleta associados a cada coordenada.

A Figura 15, exibe um minucioso mapeamento da rota do ônibus, destacando os dados meticulosamente coletados ao longo desse período. Observou-se que não foram identificados quaisquer registros de coordenadas situadas fora da trajetória designada para o ônibus. Esse resultado reforça a precisão e integridade do sistema de monitoramento, evidenciando a

consistência na captura e registro das informações geoespaciais, essenciais para a compreensão detalhada do deslocamento do veículo durante o período de observação.

Figura 15 - Mapeamento da rota do ônibus



Fonte: Elaborada pelo autor.

Cumprе ressaltar que a totalidade da rota foi minuciosamente mapeada, demonstrando a disponibilidade abrangente do sistema ao monitorar e registrar cada ponto relevante ao longo do percurso do ônibus. Essa abordagem reforça ainda mais a confiabilidade do sistema, proporcionando uma visão abrangente da efetividade do monitoramento em garantir a precisão e a conformidade com a rota predefinida.

5.3.2 Experimento II

No decorrer deste segundo experimento, foi empregado o mesmo método adotado no primeiro experimento. Adicionalmente, ao longo de um período de sete dias, empregou-se o aplicativo IFBus para a visualização em tempo real dos dados obtidos. Durante essa fase, acompanhou-se, por meio do aplicativo, a trajetória do ônibus, evidenciando uma consistente disponibilidade e precisão ao longo de todo o percurso. Destaca-se que os dados coletados e armazenados no Firebase durante a realização dos experimentos, ocuparam ligeiramente mais de 400KB de um total de 1GB disponibilizado gratuitamente pela plataforma. Tal fato demonstra a eficiência no gerenciamento de dados, com um uso mínimo do espaço disponível.

6 CONCLUSÕES

Este estudo propôs uma solução para o rastreamento e acompanhamento de itinerários de transporte coletivo do IFPI campus Pedro II, empregando tecnologias da informação. Desenvolveu-se um aplicativo mobile destinado a exibir a localização em tempo real do ônibus em sua rota, aliado a um sistema embarcado encarregado de coletar dados de coordenadas, além de notificar os usuários sobre a partida e o status da rota do veículo.

Durante os testes conduzidos em ambientes reais, não foram identificados registros de coordenadas fora da trajetória designada para o ônibus, destacando a notável precisão e integridade do sistema de monitoramento. A minuciosa mapeação de toda a rota evidenciaram a

abrangente disponibilidade do sistema ao registrar cada ponto relevante, consolidando a confiabilidade do monitoramento e assegurando a precisão e conformidade com a rota predefinida.

Esses resultados corroboram a eficácia do sistema em ambientes reais, reafirmando sua utilidade e viabilidade em aplicações diárias. A expectativa é, portanto, que este sistema possa ser implantado em outros Campi da instituição e que este trabalho possa contribuir com a área de pesquisa ao ampliar a discussão sobre o tema de mobilidade urbana, possibilitando novas perspectivas e propostas de soluções para o problema de ausência de informações sobre as rotas e localizações dos ônibus.

6.1 TRABALHOS FUTUROS

Em razão da implementação do sistema ter ocorrido próximo ao fim do período letivo, não houve tempo hábil para realização de uma pesquisa sobre a percepção do usuário do sistema proposto.

Como trabalhos futuros recomenda-se: avaliar a percepção do usuário do sistema proposto, desenvolver uma interface de administrador no aplicativo, para uso das mesmas funcionalidades do console Firebase e avaliar o uso do sistema com módulos 4G.

REFERÊNCIAS

Associação Nacional das Empresas de Transportes Urbanos. **Os gandes numeros da mobilidade urbana, Cenário nacional**. 2023. Disponível em <<https://www.ntu.org.br/novo/AreasInternas.aspx?idArea=7>>. Acessado em 20 Out. 2023.

BABIUCH, M.; FOLTÝNEK, P.; SMUTNÝ, P. Using the esp32 microcontroller for data processing. In: **2019 20th International Carpathian Control Conference (ICCC)**. [S.l.: s.n.], 2019. p. 1–6.

CARDOSO, V. L.; RENNÓ, S. de A. Iluminação e segurança pública: uma investigação sobre a relação entre design e criminalidade urbana pela perspectiva feminina. **Estudos em design**, v. 27, n. 3, 2019.

DEORE, M. K. et al. Smart bus and bus stop management system using iot technology. In: **2021 International Conference on Design Innovations for 3Cs Compute Communicate Control (ICDI3C)**. [S.l.: s.n.], 2021. p. 197–202.

FREIRE, D. S. et al. Supervisao remota do desempenho operacional de máquina agrícola por sistema de telemetria. **Semana de Agronomia da UESB (SEAGRUS)**-ISSN 2526-8406, v. 2, n. 1, 2020.

GULL, H. et al. Smart school bus tracking: Requirements and design of an iot based school bus tracking system. In: **2021 5th International Conference on Trends in Electronics and Informatics (ICOEI)**. [S.l.: s.n.], 2021. p. 388–394.

HAMEED, A.; ALOMARY, A. Security issues in iot: A survey. In: **2019 International Conference on Innovation and Intelligence for Informatics, Computing, and Technologies (3ICT)**. [S.l.: s.n.], 2019. p. 1–5.

JOSHI, P. et al. Farmedge: A unified edge computing framework enabling digital agriculture. In: **2021 IEEE International Symposium on Smart Electronic Systems (iSES)**. [S.l.: s.n.], 2021. p. 255–260.

KANANI, P.; PADOLE, M. Real-time location tracker for critical health patient using arduino, gps neo6m and gsm sim800l in health care. In: **2020 4th International Conference on Intelligent Computing and Control Systems (ICICCS)**. [S.l.: s.n.], 2020. p. 242–249.

KUMAR, G. A.; ARUN, B.; DIVYA, S. A proficient model for vehicular tracking using gps tracking system. In: **2019 3rd International Conference on Trends in Electronics and Informatics (ICOEI)**. [S.l.: s.n.], 2019. p. 136–141.

LUTHFI, A. M.; KARNA, N.; MAYASARI, R. Google maps api implementation on iot platform for tracking an object using gps. In: **2019 IEEE Asia Pacific Conference on Wireless and Mobile (APWiMob)**. [S.l.: s.n.], 2019. p. 126–131.

MALEKI, N. et al. Dynasens: Dynamic scheduling for iot devices sustainability. In: **2022 International Conference on Broadband Communications for Next Generation Networks and Multimedia Applications (CoBCom)**. [S.l.: s.n.], 2022. p. 1–7.

MOKAR, M. A.; FAGEERI, S. O.; FATTOH, S. E. Using firebase cloud messaging to control mobile applications. In: **2019 International Conference on Computer, Control, Electrical, and Electronics Engineering (ICCCEEE)**. [S.l.: s.n.], 2019. p. 1–5.

NAGENDRAN, G. A. et al. Iot cloud systems: A survey. In: **2023 5th International Conference on Smart Systems and Inventive Technology (ICSSIT)**. [S.l.: s.n.], 2023. p. 415–418.

NAZARE, J.; MOROZINI, J. F. Implantação de telemetria veicular para gestão no registro e controle de jornada de trabalho de motoristas profissionais. **Encontro Internacional de Gestão, Desenvolvimento e Inovação (EIGEDIN)**, v. 6, n. 1, nov. 2022. Disponível em: <<https://trilhasdahistoria.ufms.br/index.php/EIGEDIN/article/view/17132>>.

NUR, M. A. H. et al. Tracking, arrival time estimator, and passenger information system on bus rapid transit (brt). In: **2020 8th International Conference on Information and Communication Technology (ICoICT)**. [S.l.: s.n.], 2020. p. 1–4.

NWANKWO, O. U. et al. Iot-assisted intelligent vehicle tracking system using cloud computing. In: **2022 13th International Conference on Information and Communication Technology Convergence (ICTC)**. [S.l.: s.n.], 2022. p. 1677–1679.

OLIVEIRA, A. R. d. S.; SALOMÃO, M. A.; BARBOSA, M. T. Análise da qualidade da mobilidade e acessibilidade urbana do transporte coletivo na cidade de juiz de fora-mg. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v. 15, n. 03, p. 1447–1462, 2022.

PONTES, J. et al. Ferramentas de extração de características para análise estática de aplicativos android. In: **Anais da XIX Escola Regional de Redes de Computadores**. Porto Alegre, RS, Brasil: SBC, 2021. p. 37–42. ISSN 0000-0000. Disponível em: <<https://sol.sbc.org.br/index.php/errc/article/view/18539>>.

PREMKUMAR, K. et al. College bus tracking and notification system. In: **2020 International Conference on System, Computation, Automation and Networking (ICSCAN)**. [S.l.: s.n.], 2020. p. 1–4.

SILOTTI, N.; IAIONE, F.; MINAKAWA, R. Interface homem-máquina android para sistemas embarcados com recursos restritos. In: **Anais do XLIX Seminário Integrado de Software e Hardware**. Porto Alegre, RS, Brasil: SBC, 2022. p. 37–48. ISSN 2595- 6205. Disponível em: <<https://sol.sbc.org.br/index.php/semish/article/view/20795>>.

SILOTTI, N.; IAIONE, F.; MINAKAWA, R. Interface homem-máquina android para sistemas embarcados com recursos restritos. In: **Anais do XLIX Seminário Integrado de Software e Hardware**. Porto Alegre, RS, Brasil: SBC, 2022. p. 37–48. ISSN 2595- 6205. Disponível em: <<https://sol.sbc.org.br/index.php/semish/article/view/20795>>.

SILVA, M. da et al. Avaliação de dispositivos de rastreamento em uma rede lorawan no contexto de cidades inteligentes. In: **Anais do IV Workshop de Computação Urbana**. Porto Alegre, RS, Brasil: SBC, 2020. p. 1–14. ISSN 2595-2706. Disponível em: <<https://sol.sbc.org.br/index.php/courb/article/view/12349>>.