FACULDADE DE TECNOLOGIA SENAI "MARIANO FERRAZ"
CURSO DE PÓS-GRADUAÇÃO EM INTERNET DAS COISAS

RAFAEL GOMES DE PAULA

TÍTULO DO TRABALHO: e subtítulo se houver

SÃO PAULO
2021

RAFAEL GOMES DE PAULA

TÍTULO DO TRABALHO: e subtítulo se houver

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à Faculdade de Tecnologia Senai “Mariano Ferraz” como requisito parcial para obtenção do título de Especialista em Internet das Coisas
Orientador: Prof. Esp. CAIO VINICIUS RIBEIRO DA SILVA

SÃO PAULO

ESTA PÁGINA DEVERÁ CONTER A FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA PELA BIBLIOTECA DA INSTITUIÇÃO.
ESTE ITEM DEVERÁ SER IMPRESSO NO VERSO DA FOLHA DE ROSTO

RAFAEL GOMES DE PAULA

TÍTULO DO TRABALHO: e subtítulo se houver

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à FACULDADE DE TECNOLOGIA SENAI "MARIANO FERRAZ" como requisito parcial para obtenção do título de Especialista em Internet das Coisas

Banca examinadora

_____

Mestre André
Faculdade de Tecnologia SENAI "Mariano Ferraz"

_____

Especialista Alexandro
Faculdade de Tecnologia SENAI "Mariano Ferraz"

_____

Especialista Caio
Faculdade de Tecnologia SENAI "Mariano Ferraz"

São Paulo, _____ de _____20

DEDICATÓRIA

Ao meu pai, exemplo que sempre levarei comigo..

AGRADECIMENTOS

Aos professores e colegas de curso, que contribuíram para a realização deste trabalho com dedicação e conhecimento.

Agradecimentos especiais à minha esposa e filha, pela paciência e carinho.

A toda equipe da Faculdade de Tecnologia Senai Mariano Ferraz.

“Pense globalmente, aja localmente”.

John Lennon

RESUMO

O resumo deve ressaltar o objetivo, o método, os resultados e as conclusões do documento; deve ser composto de uma sequência de frases concisas e objetivas e não de enumeração de tópicos em um parágrafo único. A primeira frase deve ser significativa, explicando o tema principal do documento, a seguir, deve-se indicar a informação sobre a categoria do trabalho (estudo de caso, análise de situação etc.). Não se deve colocar nos resumos: símbolos, fórmulas, equações, citações de outros autores. Descrever utilizando a terceira pessoa do plural ou singular, em sua extensão o resumo deve ter aproximadamente 150 palavras.

Palavras-chave: as palavras-chave devem ser em número de 3 a 5 palavras, devem ser sugeridas e, em seguida, deve ser verificada, junto à biblioteca, a possibilidade de sua utilização.

Exemplo:

Palavras chave: Resumo. Normatização. Pesquisa.

ABSTRACT

Tradução do Resumo para o Inglês

Keywords: tradução das palavras-chave para o inglês.

SUMÁRIO

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

LISTA DE TABELAS

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

IoT	*Internet of Things* - Internet das Coisas
IP	*Internet Protocol* - Protocolo de Internet
TCP	*Transmission Control Protocol* - Protocolo de Controle de Transmissão
TCP/IP	*Transmission Control Protocol/Internet Protocol* - Protocolo de Controle de Transmissão/Protocolo de Internet
IPv4	*Internet Protocol version 4* - Protocolo de Internet versão 4
IPv6	*Internet Protocol version 6* - Protocolo de Internet versão 6
CI	*Circuito Integrado*
SO	Sistema Operacional
ARM	*Advanced RISC Machine*
API	*Application Programming Interface*
JSON	*JavaScript Object Notation*
MQTT	*Message Queue Telemetry Transport*
OASIS	*Organization for the Advancement of Structured Information Standards*
CAN BUS	Barramento *Controller Area Network*

1 INTRODUÇÃO

Desde 1886, quando a primeira patente de veículo automotor foi registrada, a indústria automobilística vem revolucionando a forma como a sociedade se locomove e executam as tarefas diárias, porém, por muito tempo a implementação de tecnologia embarcada nos carros não foi uma prioridade, pois os esforços eram direcionados principalmente aos motores e ao design. Em 1996, 100 anos após a primeira patente, a indústria automobilística deu o primeiro passo para a padronização da tecnologia embarcada nos veículos, a implementação do OBD - On-Board Diagnostic, sistema de autodiagnóstico do veículo. No Brasil, a implementação do OBD, se tornou obrigatório apenas em 2010. Desde então, diversas fabricantes estão implementando novas tecnologias em seus veículos que variam de sensores até sistemas inteligentes de condução semiautônoma do veículo. Apesar do desenvolvimento tecnológico na indústria automobilística ter avançado bastante desde 1886, a tecnologia utilizada nos veículos, ainda é bastante restrita ao fabricante e pouco divulgada no contexto acadêmico.

Se por um lado, a tecnologia embarcada demorou para ser prioridade na indústria automobilística, na indústria eletrônica, os microcontroladores tiveram um desenvolvimento muito rápido. O primeiro microcontrolador foi desenvolvido pela Intel em 1971 e tinha apenas 4 bits para processamento. Após 45 anos do primeiro microcontrolador, em 2016, já era possível encontrar microcontroladores com 32 bits de processamento, ou seja, 8 vezes a capacidade de processamento do primeiro microcontrolador.

Com a evolução dos microcontroladores e da conectividade dos dispositivos, surgiu uma nova categoria de dispositivos inteligentes, a Internet das Coisas (*Internet of Things* - IoT), baseada em dispositivos pequenos, conectados e eficientes.

O paradigma de comunicação Máquina a Máquina (*Machine to Machine* – M2M), é um conceito simples e versátil que sugere integração entre dispositivos eletrônicos, como o próprio nome sugere. A base do conceito é a comunicação entre máquinas através de um meio de comunicação.

A junção do IoT com o M2M, gera diversas possibilidades de aplicações que podem ser criadas. A Internet das Coisas se define com dispositivos e sistemas embarcados que possuem tecnologia de conectividade através da Internet e são interconectados para a execução de determinada tarefa com seu potencial máximo, criando espaço para a inovação de serviços e automações.

Dispositivos IoT já são populares na sociedade, são facilmente encontrados em forma de assistentes virtuais, lâmpadas, sensores de clima, vestíveis, entre outros dispositivos que fazem parte do dia a dia da sociedade moderna. A diversidade de dispositivos IoT associado à internet, gera uma vasta gama de possibilidades de automações, dando oportunidade para integrações entre dispositivos que antes disso, era pouco viável, como é o caso das automações nos veículos automotores. Com a chegada da IoT, se torna viável a integração entre as tecnologias do carro com um dispositivo inteligente, que a partir desta automação, é possível realizar a leitura dos sensores, se conectando a rede CAN Bus. Nesse contexto, é possível criar análises dos dados para a obtenção de aspectos que variam da condução feita por uma motorista em uma viagem, até a customização dos módulos mecânicos do veículo.

Dado o contexto, a pesquisa realizada e descrita neste artigo, propor realizar a análise da condução veicular, que será baseada em dados coletados do veículo durante viagem , usando como parâmetro, os dados estabelecidos no manual do carro para uma boa condução, que visa estabelecer um perfil comportamental para o condutor do veículo.

1.1 Problematização e hipóteses

Em 2010, as fabricantes atuantes no Brasil, adotaram a padronização OBD II nos seus veículos. O OBD II possui diversos protocolos de comunicação que dão acesso as informações do carro em tempo real. Apesar de essa tecnologia estar estabelecida há mais de 10 anos no nosso país, o acesso a esta tecnologia e o conhecimento sobre a como extrair as informações ainda é muito escasso. A problematização deste trabalho é explorar as possibilidades de comunicação entre dispositivos IoT e os veículos que possuem essa tecnologia embarcada. As hipóteses sobre essa comunicação seguem abaixo:

a) A leitura dos dados do veículo é possível?

b) A leitura dos dados do veículo não será possível?

c) Os dados do veículo estarão criptografados pela montadora?

d) O dispositivo poderá interagir com o sistema do veículo, alterando dados?

1.2 Objetivos da pesquisa

1.2.1 Objetivo geral

Realizar um estudo sobre a capacidade de determinar a condução veicular através de um dispositivo IoT, usando algoritmos que faça predições sobre a conduta do motorista baseada nos dados coletados do veículo.

1.2.2 Objetivos específicos

a) Construir um dispositivo protótipo IoT, usando tecnologias e arquiteturas de redes em sistemas que estão presentes no contexto de Internet das Coisas;

b) Coletar os dados de sensores do veículo, processar e enviar para análise de comportamento;

c) Demostrar os benefícios de forma clara na utilização de Internet das Coisas.

1.3 Justificativa e delimitação da pesquisa

1.3.1 Justificativa

A tecnologia está constantemente evoluindo para dispositivos menores, mais rápidos e cada vez mais inteligentes. Através dessa evolução, surgiu a Internet das Coisas, como uma nova habilidade da internet em se conectar e coletar dados de dispositivos de onde não eram possíveis as comunicações com a rede de computadores.

Com dispositivos pequenos, com alta capacidade de processamento, baixo consumo de energia e conexão sem fio, a Internet das Coisas abriu uma porta para diversas inovações tecnológicas.

Cada vez mais a sociedade tem suas rotinas automatizada por dispositivos inteligentes como os celulares, wearables e até cafeteiras inteligentes, porém, veículos automotivos, apesar de possuírem tecnologia embarcada, ainda não estão inseridos no contexto da Internet das Coisas, isso foi a principal causa que motivou esse estudo a explorar novas possibilidades de automação e análises feitas a partir da coleta de dados do automóvel.

1.3.2 Delimitação e Universo da Pesquisa

O estudo tem seus limites definidos dentro de cada contexto, como é mostrado a seguir:

a) Dispositivo IoT, se limitando a coleta de velocidade atual e rotação do motor, com a finalidade de enviar essas informações somente durante o percurso em que o carro está em movimento.

b) Nuvem privada, se limitando a comunicação com o dispositivo IoT, com foco no recebimento e processamento dos dados coletados para análise de condução do veículo.

c) Pesquisa e Estudo, se limitando a um único veículo específico utilizado.

d) Comunicação IoT, se limitando a rede GSM para troca de informações

1.4 Metodologia

a) Análises bibliográficas

b) Compreensão sobre o tema

c) Protótipo de dispositivo e rede IoT

1.5 Viabilidade da pesquisa

1.5.1 Cronograma

Tabela 1 - Cronograma de Atividades

#	Atividades	jan/21		fev/21		mar/21		abr/21		mai/21		jun/21	
1.	Desenvolvimento Monografia												
2.	Desenvolvimento Hardware												
3.	Desenvolvimento Software												
4.	Desenvolvimento Firmware												
5.	Testes												

Fonte: Autoria Própria

1.5.2 Recursos

Para o desenvolvimento da pesquisa e prototipação do dispositivo, foram necessários os itens apresentados na tabela a seguir.

Tabela 2 - Recursos

Recurso	Quantidade	Custo	Já Possuía?
Protoboard	2	R$ 20,00	Sim
Jumps	50	R$ 9,90	Não
LilyGo T-Call (ESP32)	1	R$ 150,00	Não
Raspberry Pi 4	1	R$ 450,00	Não
SDCard 64GB	1	R$ 70,00	Não
Módulo CAN BUS SN65HVD230	1	R$ 25,90	Não
OLED SSD1306	1	R$ 35,00	Não
RTC 3231	1	R$ 25,00	Não
Total	**58**	**R$ 785,80**	

Fonte: Autoria Própria

O presente estudo será dividido em cinco capítulos sendo estes:

1 – Introdução incluindo apresentação dos objetivos, metodologia e delimitação do problema;

2 – Referencial teórico sobre definição, arquitetura e tecnologias;

3 – Desenvolvimento do projeto

4 – Testes e Resultados obtidos

5 – Conclusão

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Neste capítulo são apresentados os principais conceitos teóricos necessários para a compreensão deste trabalho além de contextualizar a relevância da pesquisa para o meio acadêmico.

A seção 2.1 descreve todos os hardwares que foram utilizados no projeto.

A seção 2.2 descreve todos os softwares e protocolos que foram utilizados no projeto

2.1 Hardware

Para a construção do protótipo deste projeto, foi necessário realizar a separação da arquitetura em duas partes, onde a primeira parte é responsável pela coleta de dados do veículo e a segunda é responsável pelo processamento das informações coletadas.

A coleta de informações é feita através da interface OBDII do carro pelo transceptor SN65HVD230 utilizando a rede CANBUS para comunicação. Os dados recebidos pelo transceptor são enviados ao LilyGo, que utiliza ESP32 como MCU. No processamento dos dados, o MCU coleta as informações de data e hora, através do RTC DS3231, exibe os dados no OLED SSD1306, e envia um JSON com as informações através do módulo GSM SIM800L integrado a placa LilyGo.

Todo o processamento dos dados e exposição da API para consulta dos dados é feito no Raspberry PI 4.

2.1.1 SD Card

Um cartão SD, abreviação de cartão "*Secure Digital"*, é um tipo de cartão de memória removível usado para ler e gravar grandes quantidades de dados em uma ampla variedade de aparelhos eletrônicos móveis, câmeras, dispositivos inteligentes e muito mais. O cartão SD foi lançado em 1999 e é o sucessor do agora obsoleto "*Multi Media Card"* (MMC). Era um dos vários formatos de cartão de memória concorrentes em uso por eletrônicos de consumo, como o extinto "*Memory Stick"* da Sony e o cartão "*Compact Flash*", que, embora ainda em uso, é muito menos comum do que nas décadas anteriores.

2.1.2 Raspberry PI 4

O Raspberry PI é um pequeno computador de baixo custo, criado pela Federação Raspberry PI Em 2006 no Reino Unido. Sua primeira versão disponível para venda, teve o

preço de $35 dólares, muito abaixo dos valores de computadores pessoais encontrados nas lojas. A ideia dos criadores era desenvolver um produto com um preço acessível, que fosse pequeno e funcional, capaz de integrar facilmente o desenvolvimento de projetos eletrônicos com software. Atualmente esta placa contém 4 grandes versões, cada versão lançada se refere a atualização do modelo anterior. A última versão disponível do Raspberry PI é a 4, ela possui apenas o modelo B, que é equipado com o processador da Broadcom, o BCM2711, Quad core Cortex-A72 (ARM v8), processamento de 64-bit SoC e frequência de 1.5GHz, três opções de escolha para a memória RAM, podendo ser de 2GB , 4GB ou 8GB LPDDR4-3200 SDRAM, Conectividade WiFi 2.4 GHz e 5.0 GHz IEEE 802.11ac, Bluetooth 5.0, BLE, Gigabit Ethernet, 2 portas USB 3.0 e 2 portas USB 2.0. O Raspberry também possui 2 saídas de vídeo micro-HDMI, com capacidade de transmissão 4K em cada monitor. O dispositivo não contém nenhum equipamento para o armazenamento de dados integrado a placa, porém, é compatível com cartões micro SD, sendo necessário que o usuário insira um cartão com o sistema operacional para que ele funcione. Na figura 1, é possível ver um exemplar do Raspberry 4 model B.

Figura 1 - Raspberry PI 4 - Model B

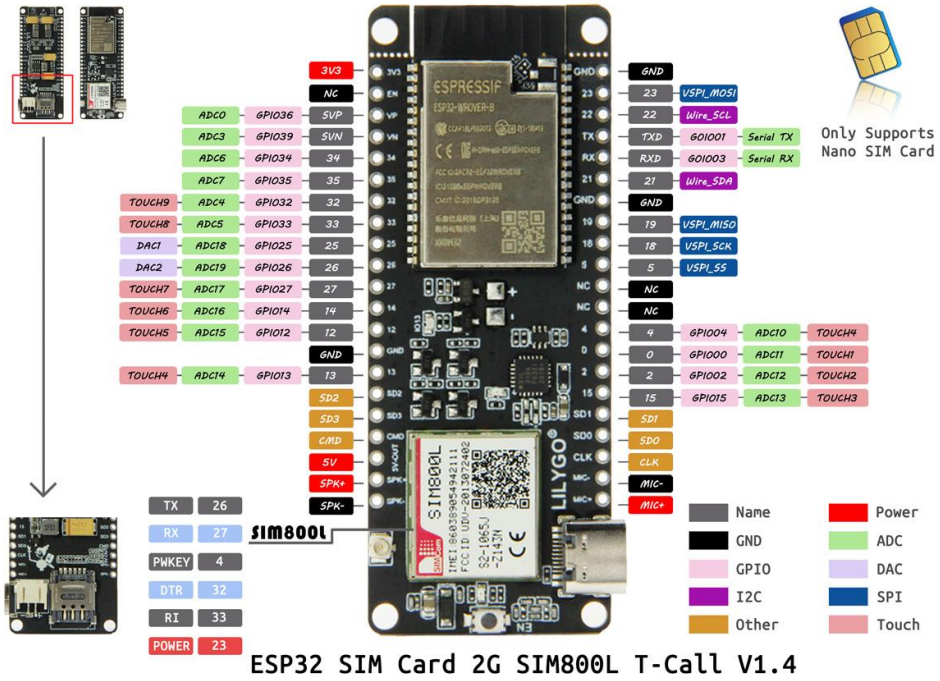
Fonte: Raspberry PI Foundation (2021)

2.1.3 LilyGo TTGO T-Call

A LilyGo TTGO T-Call é uma placa de desenvolvimento de hardware baseado no MCU ESP32, integrado a uma placa GSM SIM800L. O ESP32 é fabricado pela Espressif e foi criado em 2016 com o intuito de facilitar e baratear o desenvolvimento de dispositivos inteligentes, além de melhorar seu antecessor, o ESP8266. Para isso o ESP32 possui as seguintes configurações: conectividade WIFI, Bluetooth e BLE, têm processamento ajustável, podendo variar de 80 MHz a 240MHz, baixo consumo de energia e memória flash suficiente para grandes

aplicações. A versão utilizada do ESP32 é a WROVER-B, com 4MB de Flash SPI e 8MB de PSRAM. O SIM800L, que também integra o LilyGo, é um módulo para comunicação GSM que necessita de um chip para seu funcionamento e possui interfaces de entrada e saída de áudio que estão integradas nos pinos do LilyGo. A placa de desenvolvimento é alimentada por uma entrada USB-C e têm tensão de funcionamento entre 2.7v e 3.6v. Na figura 2 é possível ver um exemplar da placa.

Figura 2 - LilyGo TTGO T-Call

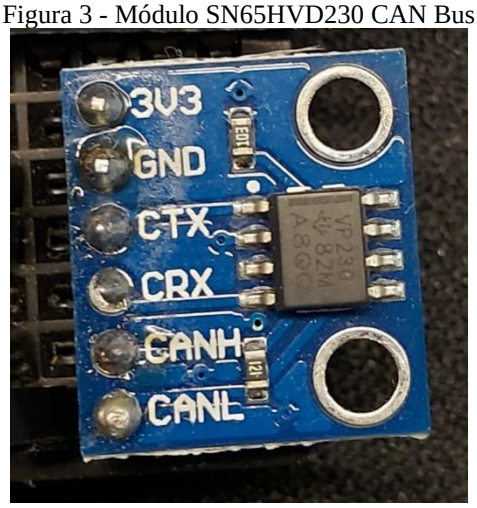


Fonte: Retirado de LilyGo, 2021

2.1.4 SN65HVD230

O SN65HVD230 é um transceptor para comunicação com a rede CAN (*Controller Area Network*). Esse dispositivo foi projetado para trafegar dados a taxas de até 1 megabit por segundo (Mbps), e incluem muitos recursos de proteção que fornecem aos dispositivos e a rede CAN mais robustez. Os dispositivos destinam-se ao uso em aplicações que empregam a camada física de comunicação serial CAN de acordo com o padrão ISO 11898. Na figura 3 é possível ver um exemplar do módulo.

Figura 3 - Módulo SN65HVD230 CAN Bus

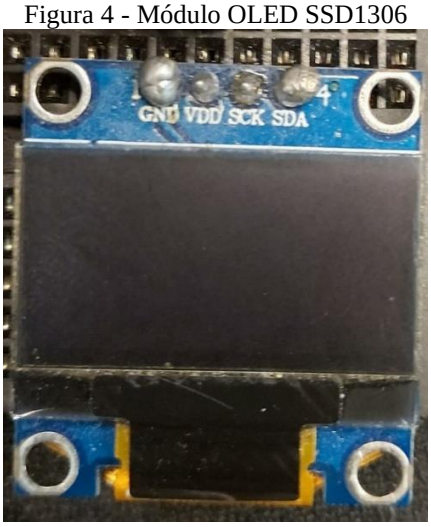


Fonte: Autoria Própria

2.1.5 SSD1306

O SSD1306 é um driver CMOS OLED / PLED de chip único com controlador para emissão de luz (orgânica / polímero) em sistema de exibição gráfica por matriz de pontos de diodo. Consiste em 128 segmentos e 64 comuns. Este IC é projetado para painel OLED tipo cátodo comum. O SSD1306 incorpora controle de contraste, RAM de exibição e oscilador, o que reduz o número de componentes externos e consumo de energia. Possui controle de brilho de 256 etapas. Dados / comandos são enviados do MCU geral através da interface paralela compatível com a série 6800/8000 selecionável por hardware, I2C ou Serial. É adequado para muitas aplicações portáteis compactas, como sub-display de telefone celular, MP3 player, calculadora etc. Na figura 4 é possível ver um exemplar do visor.

Figura 4 - Módulo OLED SSD1306

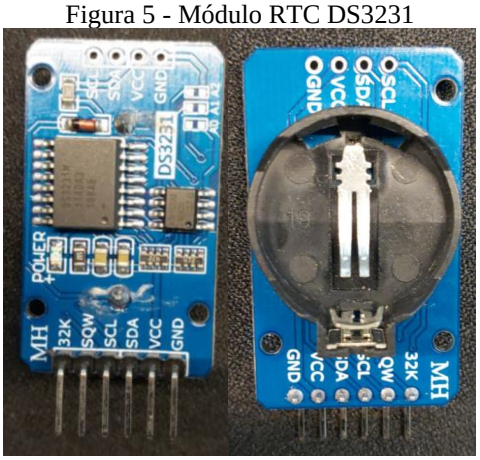


Fonte: Autoria Própria

2.1.6 RTC DS3231

O DS3231 é um relógio de tempo real I2C (RTC – *Real Time Clock*) extremamente preciso e de baixo custo, possui um oscilador de cristal com compensação de temperatura (TCXO) e cristal integrado. O dispositivo incorpora uma entrada de bateria e mantém uma cronometragem precisa quando a alimentação principal do dispositivo é interrompida. A integração do ressonador de cristal aumenta a precisão de longo prazo do dispositivo e reduz a contagem de peças em uma linha de fabricação. Na figura 5 é possível ver um exemplar do módulo.

Figura 5 - Módulo RTC DS3231



Fonte: Autoria Própria

2.2 Software

Esta seção aborda assuntos referentes à camada de software que orquestra a comunicação e o processamento de dados. Os protocolos de comunicação entre os dispositivos, o IDE utilizado na construção do firmware e o sistema operacional, são o tema principal desta seção. Na contextualização destes softwares fica claro a preferência por ferramentas open-source, que geralmente possuem uma grande comunidade de desenvolvedores envolvidas.

2.2.1 Balena Etcher

Etcher é um software open-source gerador de imagem de sistemas operacionais. Amplamente usado pela comunidade de software para a instalação de sistemas operacionais em unidades flash como o SD Card e outras unidades de disco via USB. O software faz parte de uma coleção de softwares open source da empresa balena-io.

2.2.2 Linux

O Linux é um sistema operacional de código aberto desenvolvido por Linus Torvalds e lançado sua primeira versão em 1992. O desenvolvimento do sistema operacional ainda é liderado pelo seu criador, porém, conta com a ajuda de diversos programadores ao redor do mundo, uma vez que está disponível na internet para que qualquer pessoa possa fazer modificações. O objetivo do sistema Linux era inicialmente replicar e superar um sistema operacional já existente na época, o Minix, porém, com a política de código aberto, o sistema se tornou muito popular e hoje em dia é possível encontrar diversas versões deste SO rodando em computadores pessoais e servidores. O Kernel do Linux recebe diversas atualizações da comunidade de código aberto e em 2002 eles lançaram uma atualização para o Arch Linux, que tornou ele compatível com os processadores de arquitetura ARM, o que permitiu que vários dispositivos que utilizam processadores baseados nessa arquitetura pudessem agora rodar um sistema operacional Linux.

A Raspberry PI Foundation desenvolveu o sistema operacional Raspberry PI OS para seus dispositivos a partir do código fonte do Debian, uma distribuição do Linux.

2.2.3 GIT

O GIT é um sistema de controle de versão de arquivos. Através deles é possível desenvolver projetos na qual diversas pessoas podem contribuir simultaneamente, editando e criando arquivos, permitindo que eles possam existir sem o risco de suas alterações serem sobrescritas. Desenvolvido em 2005 por Linus Torvalds precisamente para a criação do Kernel do Linux, atualmente ele é amplamente utilizado para colaboração de times de desenvolvimento nas empresas e em comunidades de software.

2.2.4 GitHub

O GitHub é uma plataforma web que oferece hospedagem de código, além da implementação gratuita dos mecanismos do GIT. Ele oferecer um espaço limitado, porém gratuito, para que qualquer usuário possa armazenar seus códigos-fonte de forma segura na nuvem. O GitHub é uma das ferramentas mais conhecidas na comunidade da internet pela quantidade de softwares open-source que eles hospedam. O GitHub foi desenvolvido por Chris Wanstrath, J. Hyett, Tom Preston-Werner e Scott Chacon, e foi lançado em fevereiro de 2008. A empresa, GitHub, Inc., existe desde 2007 e está sediada em São Francisco.

2.2.5 VS Code

O Visual Studio Code é um editor de código-fonte (texto) multiplataforma disponibilizado pela Microsoft para o desenvolvimento de aplicações com suporte a diversas linguagens. foi anunciado, com uma versão prévia lançada, em 29 de abril de 2015 pela Microsoft na conferência Build de 2015.

2.2.6 PlatformIO

O PlatformIO é uma plataforma para desenvolvimento de firmwares em sistemas embarcados. A plataforma é open-source e possui seu código aberto para que outros desenvolvedores possam contribuir para seu desenvolvimento. A ferramenta tem o principal objetivo de transformar a experiencia do desenvolvimento de firmware em algo simples. Teve sua primeira versão lançada em 2014 no GitHub, até o momento, já foram lançadas mais de 107 versões do software.

A plataforma é compatível com as mais modernas placas de desenvolvimento de hardware como o Arduino e o ESP32. Além de promover um ambiente amigável ao desenvolvedor, a ferramenta conta com alguns recursos de auto completar, análises estáticas de código e sugestões de melhores práticas durante o desenvolvimento.

2.2.7 Heroku

O Heroku é uma plataforma em nuvem como serviço (PaaS) que permite que as empresas e desenvolvedores construam, entreguem, monitorem e dimensionem aplicativos. A plataforma é gratuita para a comunidade de desenvolvedores além de ser totalmente integrada ao GitHub.

O software foi inicialmente desenvolvido por James Lindenbaum, Adam Wiggins, e Orion Henry para suportar projetos desenvolvidos em Ruby que utilizavam Rack como *middleware*. Em dezembro de 2010, A Salesforce.com adquiriu a Heroku como uma subsidiária integral da Salesforce.com.

2.2.8 Diagrams.Net

O Diagrams.net é software online de código aberto desenvolvido para criar diversos tipos de diagramas. O sistema foi construído pelo Google com o intuito de dar acesso a softwares de qualidade para diagramação de uma forma gratuita e descomplicada.

2.2.9 Fritzing

O Fritzing é um software de código aberto, para desenvolvimento de protótipos de circuitos eletrônicos. Ele foi desenvolvido na *Fachhochschule Potsdam* (*University of Applied Sciences Potsdam*), na Alemanha, e lançado em sua primeira versão 0.1b em novembro de 2008. Ele permite que sejam criados layouts de circuitos eletrônicos de maneira simples e rápida além de permitir ao usuário realizar a documentação dos esquemáticos e seus componentes.

2.2.10 Node-Red

O Node-RED é uma ferramenta de programação open-source que tem como objetivo conectar dispositivos de hardware, API (*Application Programming Interface*) e serviços online de maneira inovadora e simples. Ele fornece um editor web, acessado pelo navegador, que torna fácil a experiencia do usuário. A ferramenta possui diversos módulos pré-configurados que são capazes de executar funções que muitas vezes são demoradas em sua implementação, como conectores de banco de dados e exposição de end-points de API. As funções desenvolvidas na ferramenta podem ser facilmente exportadas para JSON (JavaScript Object Notation) e importadas novamente na ferramenta.

2.2.11 No-IP

O No-IP é um provedor DNS com pacotes de serviços gerenciados com suporte a DNS dinâmico (DDNS). É adequado para usuários que desejam acessar câmeras e outros dispositivos de forma remota, ou seja, de qualquer lugar com conexão com a Internet.

O No-IP foi criado em 1999 por Dan Durrer, fundador e hoje CEO da empresa que atende a mais de 25 milhões de usuários. Tornou-se uma rede com mais de 100 pontos locais de hospedagem DNS, que prometem desempenho inigualável, com garantia de 100% de tempo de atividade.

2.2.12 MongoDB

MongoDB é um banco de dados não relacional open-source, que armazena seus dados no formato de documentos, ele foi projetado para facilitar o desenvolvimento e o dimensionamento de aplicações que precisam de alta velocidade de resposta. Os dados armazenados no MongoDB estão no formato JSON, que permite criar dados com alta complexidade de informações e estrutura de dados.

2.2.13 MQTT (Protocolo)

O MQTT (*Message Queue Telemetry Transport*) foi inventado e desenvolvido pela IBM no final dos anos 90. Sua aplicação original era vincular sensores em pipelines de petróleo a satélites. Como seu nome sugere, ele é um protocolo de mensagem com suporte para a comunicação assíncrona entre as partes. Um protocolo de sistema de mensagens assíncrono desacopla o emissor e o receptor da mensagem tanto no espaço quanto no tempo e, portanto, é escalável em ambientes de rede que não são confiáveis. Apesar de seu nome, ele não tem nada a ver com filas de mensagens, na verdade, ele usa um modelo de publicação e assinatura. No final de 2014, ele se tornou oficialmente um padrão aberto OASIS (*Organization for the Advancement of Structured Information Standards*), com suporte nas linguagens de programação populares, usando diversas implementações de software livre. Com isso, muitos softwares foram lançados implementando essa tecnologia que se popularizou entre os dispositivos de IoT.

2.2.14 MQTT Mosquitto

O *Broker* MQTT Mosquitto é um software open-source de mensageria que implementa o protocolo MQTT versões 5.0, 3.1.1 e 3.1. O Mosquitto foi projeto para ser leve e adequado para uso em todos os dispositivos, desde microcontroladores, com o ESP32 até Servidores.

2.2.15 Protocolo CAN

Muito utilizado na indústria automobilística, o protocolo CAN Bus (Barramento Controller Area Network) foi desenvolvido pela empresa alemã Robert BOSCH e disponibilizado nos anos 80. Sua aplicação inicial foi em ônibus e caminhões. Atualmente, é utilizado em veículos automotivos, navios e até tratores.

O CAN é um protocolo de comunicação serial síncrono. O sincronismo entre os módulos conectados à rede é feito em relação ao início de cada mensagem lançada ao barramento, evento que ocorre em intervalos de tempo regulares. Trabalha baseado no conceito multi-mestre, onde todos os módulos podem se tornar mestres em determinado momento e escravos em outro, além de suas mensagens serem enviadas em regime multicast, caracterizado pelo envio de toda e qualquer mensagem para todos os módulos existentes na rede. Outro ponto forte deste protocolo é o fato de ser fundamentado no conceito CSMA/CD with NDA (*Carrier Sense Multiple Access / Collision Detection with Non-Destructive Arbitration*). Isto significa

que todos os módulos verificam o estado do barramento, analisando se outro módulo está ou não enviando mensagens com maior prioridade. Caso isto seja percebido, o módulo cuja mensagem tiver menor prioridade cessará sua transmissão e o de maior prioridade continuará enviando sua mensagem deste ponto, sem ter que reiniciá-la. As mensagens que trafegam nesta rede possuem quatro tipos de pacotes de informação, são eles:

Quadro de dados (Data Frame)

Quadro Remoto (Remote Frame)

Quadro de Erro (Error Frame)

Quadro de sobrecarga (Overload Frame)

Neste artigo, foi explorado apenas o quadro de dados, uma vez que ele foi suficiente para o desenvolvimento da pesquisa. Ele é composto por sete grupos de bytes que formam um pacote, são eles:

Start of Frame (SoF): Início do quadro, com apenas um bit que denota o início da transmissão do frame de dados.

Arbitration Field: Composto por 12 bits, sendo 11 bits reservados para a identificação única do pacote, e um bit para o RTR - *Remote transmission request*, que determina se o Quadro de Dados é dominante, quando 0, ou recessivo, quando 1.

Control: Composto por 6 bits, sendo 1 bit reservado para identificação do formato do campo anterior, 0 quando o identificador contiver 11 dígitos e 1 para identificador estendido, em seguida há um bit reservado com valor 0 e por último há mais 4 bits que determinam o tamanho do grupo a seguir, que varia de 0 a 64 bits.

Data: Composto por 64 bits, é o dado que será transmitido pelo frame.

Cyclic redundancy check (CRC): Composto por 16 bits, sendo 15 deles utilizados para validação de erros de transmissão na rede CAN e 1 bit como delimitador.

Acknowledge (ACK): Composto por 2 bits, sendo 1 bit para o ACK Slot e o outro bit para ACK Delimiter. É usado pela rede pra que o destinatário possa indicar o correto recebimento do pacote.

End of Frame (EoF): Composto por 7 bits de valor 1 (Recessivos) que delimitam o fim do quadro de dados.

3 DESENVOLVIMENTO

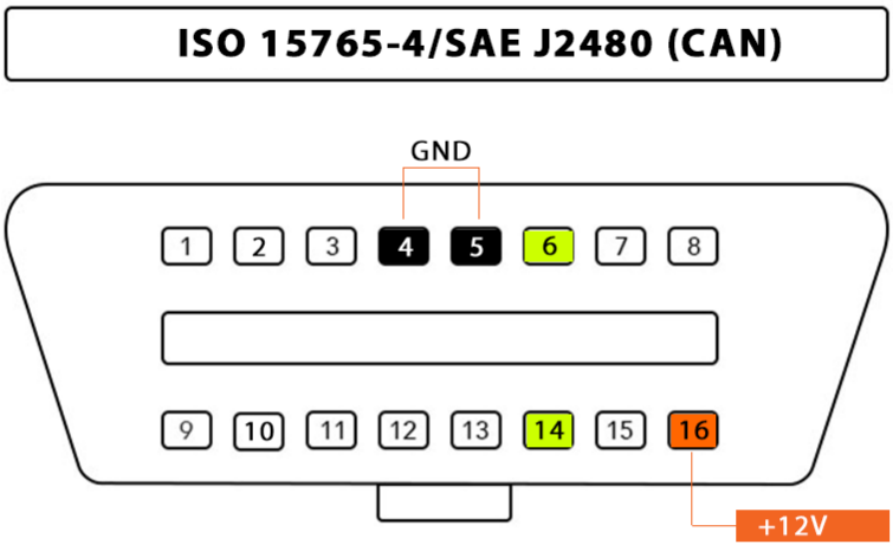
Dado a contextualização da pesquisa, a seção tem como objetivo se aprofundar nos detalhes da construção do projeto, esclarecendo a linha de raciocínio utilizada, definindo procedimentos para as etapas e demonstrando os resultados obtidos.

Os protótipos apresentados nesta seção foram testados em apenas um veículo, limitando os resultados obtidos. Dentro deste contexto, os resultados obtidos serão considerando verdadeiro apenas e tão somente quando o veículo for o mesmo utilizado nesta pesquisa: VW – Polo Highline 200 TSI 1.0 Flex 12V Aut.

3.1 Compreensão da rede CAN no contexto automotivo

Amplamente implementada pela indústria automotiva, a rede CAN se encontra na maioria dos carros que hoje circulam nas ruas. O acesso a rede se dá através da interface OBDII, que se tornou obrigatória desde 2010 no Brasil. A interface, muitas vezes escondida e de difícil acesso dentro dos carros, tem a forma de um trapézio com 16 entradas para conexões que dão suporte a implementação de protocolos na rede de comunicação do veículo, dentre eles, o protocolo CAN, conforme exibido na figura 6.

Figura 6 - Interface OBD II



Fonte: Retirado de OBD Station, 2021

Com a ISO 15765-4, determinou-se os requerimentos para a aplicação da rede CAN em OBD. Sua velocidade pode chegar até 500 kbps, onde são utilizados os pinos 6 (CAN High) e 14 (CAN Low) do conector SAE J2480, conforme figura 6.

A rede CAN automotiva possui 10 serviços previstos para implementação, porém nem todos os sistemas suportam todos os serviços e cada veículo ou módulo de motor/transmissão automática pode ser configurado pelo fabricante para atender aos serviços suportados, alinhado com o requerimento de sua legislação.

Neste artigo, será abordado apenas o serviço 1, pois para o desenvolvimento da pesquisa não foi necessário a exploração dos demais serviços, uma vez que este módulo supre as necessidades da pesquisa.

O serviço 1 oferece os dados de informações correntes, relacionadas ao *powertrain*[1], onde é possível solicitar as informações através de um código de identificação, chamado *PID – Parameter Identification*. Como a implementação de serviços e informações podem ser customizadas dependendo do veículo, é possível descobrir quais informações estarão disponíveis através de uma requisição feita com o PID 00 para o MCU do veículo. A lista de informações disponíveis para consulta, pode ser encontrada no livro "*THE CAR HACKER'S HANDBOOK*" [6]. Seguindo a proposta da pesquisa, os dados necessários para o desenvolvimento são: VIN Code *(Veiche Identification Number)*, a rotação do motor em RPM e a velocidade do veículo em Km/h. Todas informações necessárias podem ser acessadas por qualquer dispositivo que se comunique nos padrões estabelecidos pelo CAN, basta conhecer o PID correspondente a informação que deseja consultar.

3.2 Montagem Inicial do Hardware – IoT

A montagem do hardware foi iniciada com foco na principal funcionalidade em que ele foi planejado, coletar informações do veículo. As seções a seguir descrevem bem o processo de montagem do que será o primeiro protótipo.

3.2.1 Prototipação

Na prototipação, a primeira etapa foi de separação de todos os hardwares necessários montagem do dispositivo IoT. Foram escolhidas as seguintes peças:

1x Mini Protoboard de 170 pontos

1x Cabo USB-C

[1] Powertrain: Trem de força: São os componentes responsáveis por gerar potência para entregar às rodas, sendo composto pelo motor, transmissão, eixo cardã e diferencial.

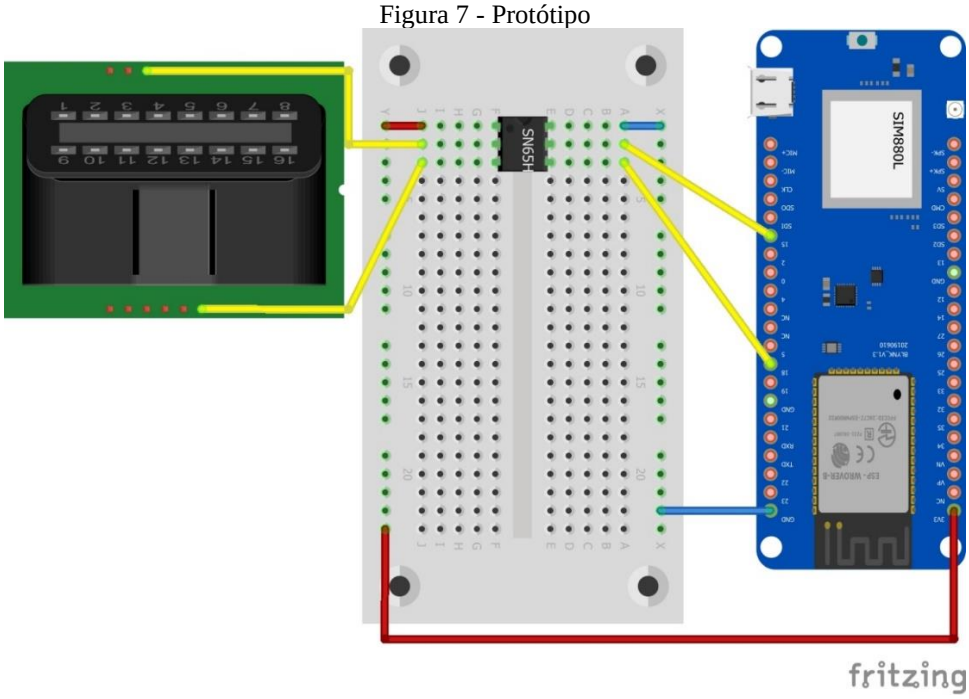
1x LilyGo TTGO T-Call

1x SN65HVD230

8x Jumpers Macho – Fêmea

Com as peças em mãos, a etapa seguinte foi a criação do protótipo na ferramenta Fritzing. O protótipo final, que pode ser visto na Figura 7, foi utilizado para a montagem correta dos componentes na protoboard.

Figura 7 - Protótipo



Fonte: Autoria Própria

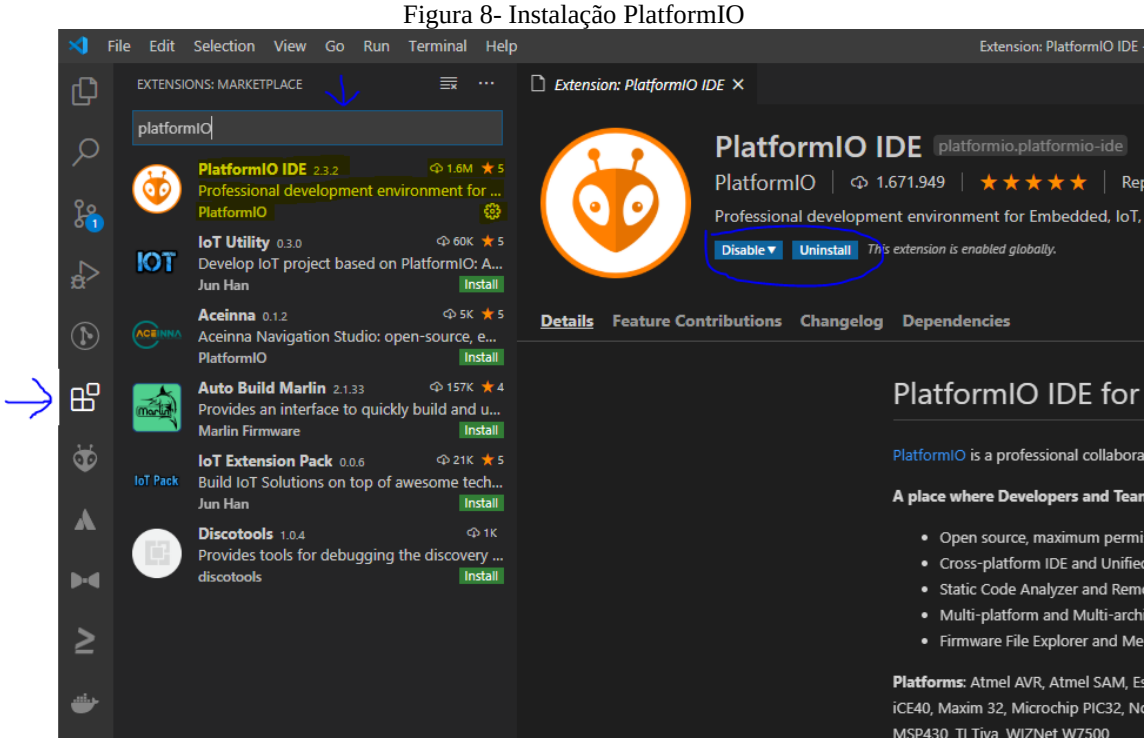
3.2.2 Setup IDE

A IDE escolhida para o projeto foi o PlataformIO, uma plataforma de desenvolvimento de firmwares integrado ao editor de código fonte VS Code da Microsoft. Inicialmente foi necessário o download do VS Code, através do link https://code.visualstudio.com/download. A Microsoft disponibiliza o software em versões não instaláveis, ou seja, em pasta compactada no formato zip, basta extrair o arquivo para uma pasta e o software já está pronto para uso. A versão do software usada no desenvolvimento da pesquisa foi a V1.45.1. Com o software aberto, é necessário a configuração do PlatformIO, que pode ser encontrado na aba “Extensões”, nos ícones da “*Activity Bar*” localizada no canto esquerdo do software, conforme exibido na figura 8. A instalação do IDE é feito de forma automática pelo VS Code. Após a instalação, é necessário fechar e abrir novamente o software. Ao reabrir e concluir a instalação, é possível ver na barra *“Activity Bar”* um novo ícone com o logotipo do PlatformIO, clicando nele, é

possível ver a opção para criação de um novo projeto de firmware. Para criar um projeto é necessário seguir o seguinte caminho: PlatformIO (*"Activity Bar")* > *Projects* > *New Project*, conforme exibido na Figura 9. Ao abrir a tela de informações do novo projeto, é necessário selecionar a placa (*"Board"*) que será utilizada no desenvolvimento, no caso desta pesquisa, foi utilizado o *ESP32 WROVER Kit*, compatível com o LilyGo TTGO T-Call. Além da placa a ser selecionada, também é necessário selecionar o Framework que será utilizado durante o desenvolvimento.

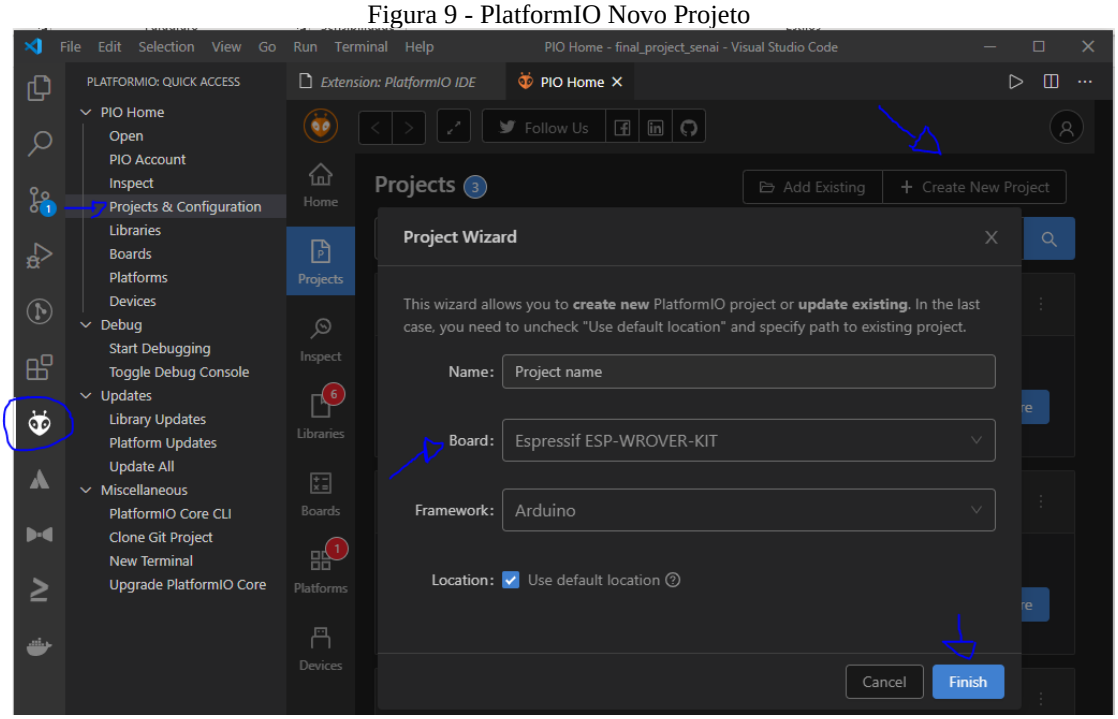
A ferramenta disponibiliza dois frameworks para o desenvolvimento de firmwares, quando a placa selecionada é o da família ESP32, são eles: Framework Arduino e Framework Espressif. O utilizado no desenvolvimento do firmware foi o Arduino, o mesmo utilizado nas classes do curso. Feito isso, o projeto está pronto para desenvolvimento.

Figura 8- Instalação PlatformIO



Fonte: Autoria Própria

Figura 9 - PlatformIO Novo Projeto



Fonte: Autoria Própria

3.3 Desenvolvimento Firmware – Primeira Versão

Inicialmente a proposta do firmware foi a comunicação feita entre o dispositivo IoT e o Carro, e para tanto, o código que foi implementado, visando atender estes requisitos, utilizou-se a biblioteca "CAN" do autor "Sandeep Mistry" na versão 0.3.1, hospedado no GitHub através do link: https://github.com/sandeepmistry/arduino-CAN?utm_source=platformio&utm_medium=piohome. Nesta biblioteca há um código de exemplo, que foi utilizado na pesquisa, chamado "OBDII\EngineRPM.ino". Ele resgata a informação do motor do veículo e devolve as informações de rotações por minuto do motor ao dispositivo IoT. A compilação do firmware e o upload dos binários para o dispositivo IoT pode ser feito através do botão de upload que fica na barra de status – "*Status Bar*,". O código utilizado no exemplo pode ser visto no Apêndice 1 – Engine RPM.

Para que o código funcionasse com o LilyGo TTGO T-Call, foi necessário a realização de um ajuste na biblioteca com um novo mapeamento dos pinos RX e TX padrões. A mudança é feita através do código "*#define DEFAULT_CAN_RX_PIN GPIO_NUM_15*" e "*#define DEFAULT_CAN_TX_PIN GPIO_NUM_18*", onde os pinos RX e TX são mapeados novamente para os pinos 15 e 18 respectivamente.

O código citado deve ser inserido logo em seguida da importação da biblioteca "*CAN.h*". Após essa modificação, o código foi testado e os resultados obtidos foram conforme o esperado.

É possível ver através da instrução "*CAN.write(0x0C)*", dentro da rotina "*loop*" do código em apêndice, que o firmware solicita ao veículo o PID "0C", correspondente ao número de rotações do motor. Além deste exemplo, também foi utilizado o exemplo para captura do VIN do veículo. O exemplo tem o nome "OBDII\VINReader.h" e pode ser visto no Apêndice 2 – VIN Reader.

Igualmente ao primeiro exemplo, o código precisou de adaptação para os pinos RX e TX do LilyGo TTGO T-Call. Após a modificação, foi possível coletar o VIN do veículo corretamente conforme o esperado.

3.4 Montagem do Hardware – Raspberry

A escolha do hardware na utilização do Raspberry PI 4, ao invés da nuvem, se deu devido aos custos de utilização dos recursos disponíveis na nuvem. A escolha de usar o Raspberry como uma "nuvem privada", implica no aumento de trabalho em realizar a configuração e manutenção deste Hardware periodicamente.

Por padrão, o Raspberry não possui nenhum disco para armazenamento de um sistema operacional, portanto, é necessário a utilização de um cartão SD com um S.O instalado e que seja compatível com a arquitetura ARM.

3.4.1 Instalação do Linux

Para esta pesquisa, foi escolhido o sistema operacional Linux, devido a sua compatibilidade com o Hardware e vasta comunidade de desenvolvedores que contribui para atualizações constantes do sistema, além de facilitar o suporte em caso de dúvidas nos sistemas. A instalação do sistema operacional no cartão SD é feita separadamente do hardware, em outra máquina, uma vez que é necessário fazer o Raspberry não tenha ferramentas de boot para fazer o deploy da imagem no SD diretamente do Raspberry.

A primeira etapa da instalação do SO é o download da imagem da distribuição do Linux escolhida, que para esta pesquisa, foi o "*Kali Linux*", que pode ser encontrado em https://images.kali.org/arm-images/kali-linux-2021.1-rpi4-nexmon-64.img.xz. Com a imagem do SO baixado, foi necessário utilizar o software Balena Etcher para realizar o deploy do S.O no cartão SD conectado ao computador. Estando completo o processo de deploy no Balena Etcher, remove-se o cartão SD com segurança do computador, insere o SD no Raspberry Pi 4, o sistema operacional já deve funcionar corretamente. Ao iniciar o sistema operacional, é necessário a atualização dos repositórios através dos comandos listados abaixo:

apt update -y

apt upgrade -y

Estes comandos fazem com que todas as referências de softwares sejam atualizadas, permitindo que novos softwares possam ser instalados com facilidade.

3.4.2 Setup Node-Red

A escolha do Node-Red foi baseada na praticidade que o software disponibiliza para a criação de novas API e canais de comunicação com dispositivos IoT. A instalação do software é feita através dos seguintes comandos no terminal do Linux:

bash<(curl -sL https://raw.githubusercontent.com/node-red/linux-installers/master/deb/update-nodejs-and-nodered)

O comando citado acima faz uma requisição para o link, que retorna um script a ser executado. Após a execução completa do script, o sistema já fica pronto para uso na porta 1880 por padrão. Diversas configurações podem ser alteradas através do arquivo de configuração do software, porém, para esta pesquisa, foram utilizados os valores padrões estabelecidos pelo provedor do software.

3.4.3 Setup MQTT Mosquitto Broker

A escolha do Broker MQTT Mosquitto foi feita considerando a praticidade de sua instalação, facilidade de utilização e popularidade na comunidade IoT. A instalação do broker Mosquitto MQTT também é feita através de comandos do Linux, conforme orientação do fornecedor. Abaixo estão os comandos executados:

sudo apt-get update

sudo apt-get install mosquitto -y

Após a execução do script, o software já está funcional e pronto para uso através da porta 1883. Diversas configurações podem ser alteradas através do arquivo de configuração do software, porém, para esta pesquisa, foram utilizados os valores padrões estabelecidos pelo provedor do software.

3.4.4 Setup MongoDB

A escolha do MongoDB como banco de dados foi baseada na facilidade de manipulação dos dados, velocidade de resposta e modelo de dados não relacional, que garante a velocidade esperada para o projeto. A instalação do software é feita através de linhas de comando no Linux, conforme sequência abaixo:

```
sudo apt-get install gnupg

wget -qO - https://www.mongodb.org/static/pgp/server-4.4.asc | sudo apt-key add –

echo "deb http://repo.mongodb.org/apt/debian stretch/mongodb-org/4.4 main" | sudo tee /etc/apt/sources.list.d/mongodb-org-4.4.list

sudo apt-get update

sudo apt-get install -y mongodb-org

sudo systemctl enable mongod

sudo systemctl start mongod

sudo systemctl daemon-reload
```

Após a execução do script, o software já está funcional e pronto para uso através da porta 27017. Diversas configurações podem ser alteradas através do arquivo de configuração do software, porém, para esta pesquisa, foram utilizados os valores padrões estabelecidos pelo provedor do software.

3.4.5 NO-IP

Devido a escolha de utilização do Raspberry PI como central de processamento de dados, ao invés de utilizar serviços em Cloud, se faz necessário a utilização de um provedor de *DDNS* - *Dynamic Domain Name System* para que o dispositivo IoT tenha como referência um endereço fixo (*DNS* - *Domain Name System*) e não mais um IP, que pode alterar a qualquer momento. Antes da instalação do software, é necessário criar uma conta no site, através do link: https://www.noip.com/pt-BR/sign-up. Através do site, é possível escolher um DNS para sua utilização. A instalação do software é feita através de linhas de comando no Linux, conforme sequência abaixo:

```
cd /usr/local/src
```

wget http://www.no-ip.com/client/linux/noip-duc-linux.tar.gz

tar xzf noip-duc-linux.tar.gz

cd noip-2.1.9-1

make

make install

/usr/local/bin/noip2 -C

Após a execução do último comando, o software irá requisitar os dados de login, além de outras informações relacionadas ao funcionamento do software. Ao terminar as configurações, o software deve estar funcionando corretamente, redirecionando o DNS para o IP externo da rede. Diversas configurações podem ser alteradas através do arquivo de configuração do software, porém, para esta pesquisa, foram utilizados os valores padrões estabelecidos pelo provedor do software.

3.4.6 Arquitetura do projeto

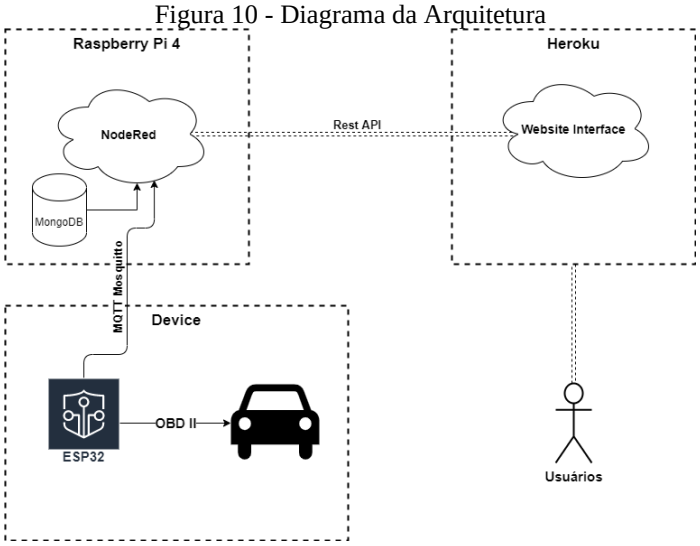
A arquitetura do projeto foi dividida em três grandes partes, conforme é possível ver na figura 10, onde, cada parte tem seu objetivo definido conforme listado abaixo:

Device IoT: responsável pela coleta de dados do veículo e envio de dados para o servidor;

Raspberry PI: responsável pelo recebimento e processamento dos dados;

Interface Web: responsável por disponibilizar as informações processadas ao usuário de forma amigável.

Figura 10 - Diagrama da Arquitetura



Fonte: Autoria Própria

3.5 Desenvolvimento do Software

Conforme descrito na figura 10, a arquitetura foi dividida em três partes, porém, apenas em duas delas foi necessário o desenvolvimento de software, são elas: Node-Red e Website.

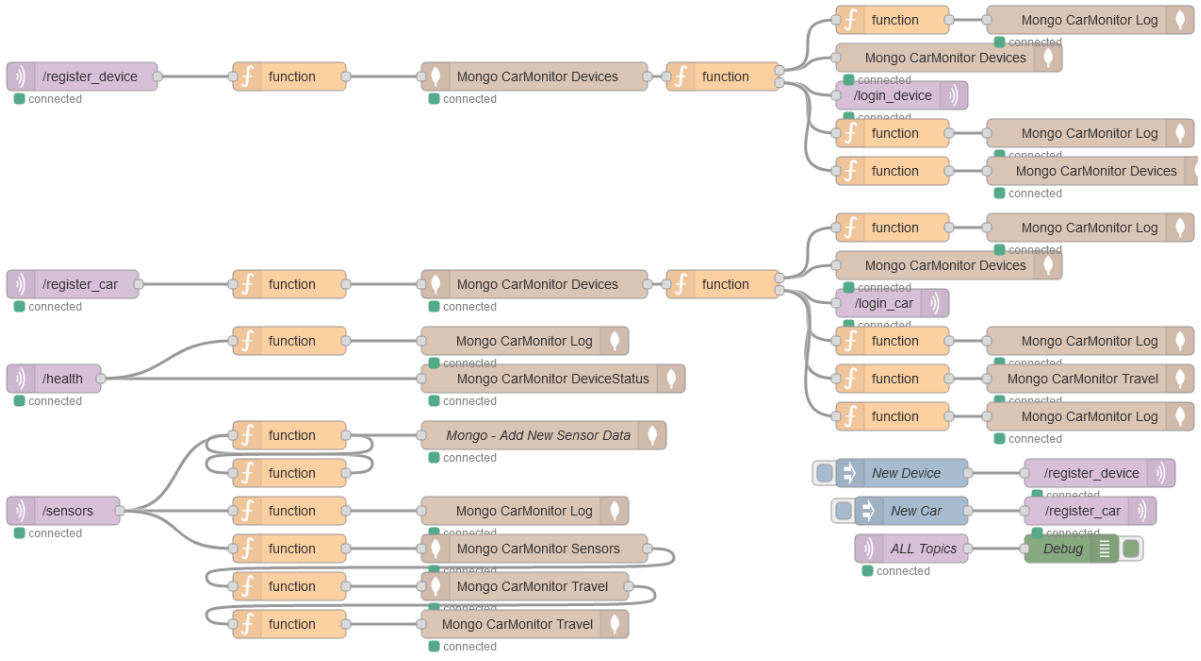
3.5.1 Node-Red

O Node-Red permite ao usuário implementar rapidamente funções que seriam trabalhosas se fosses feitas de forma manual, através da programação. Essa facilidade de implementação se dá através dos chamados “Nós” da ferramenta, que nada mais são que módulos com funções pré-programadas, como operadores de banco de dados, sockets HTTP e MQTT, dashboard de dados e muitos outros “Nós” que permitem a customização de sua função a nível de programação. Através destes nós foi construída a todas as funções que suportam a comunicação e o processamento dos dados coletados pelo dispositivo IoT.

O desenvolvimento dos nós foram separados em duas partes, sendo a primeira responsável pelo recebimento dos dados e a outra, uma API para consumo dos dados coletados. É possível ver nas figuras 11 e 12 a separação dos nós.

3.5.1.1 Recebimentos dos Dados

Figura 11 - Nós Node-Red - Parte I



Fonte: Autoria Própria

Na Imagem 11 é possível ver que foram utilizados quatro nós (roxos) como portas de entrada para a recepção dos dados do dispositivo IoT. Abaixo está a descrição de cada nó:

3.5.1.1.1 Register Device / Login

Esse nó é responsável por receber os dados do dispositivo e criar um registro dentro do banco de dados, caso não exista. Existindo o registro, o nó apenas devolve os valores conforme na Tabela 4. Para o processamento, a entrada de dados esperado pelo nó está conforme tabela 3.

Tabela 3 - Node-Red - *Register Device* - Dados de Entrada

Campo	**Descrição**	**Tipo**
IMEI	IMEI da placa GSM SIM800L	Texto
CCID	CCID da placa GSM SIM800L	Texto
IMSI	IMSI da placa GSM SIM800L	Texto
Operator	Operadora GSM do SIM Card	Texto
Board	Placa Utilizada (Fixo: ESP32)	Texto
Version	Versão do Firmware	Decimal
Unix_Time	Data e Hora Atual (Formato Unix)	Inteiro

Fonte: Autoria Própria

Ao processar os dados e havendo sucesso na operação, o nó deve retornar os dados conforme definido na Tabela 4.

Tabela 4 - Node-Red - *Register Device* - Dados de Saída

Campo	**Descrição**	**Tipo**
ID	Identificação Gerada no Sistema	Texto

Fonte: Autoria Própria

Havendo falha, o nó é interrompido e não retorna nenhuma resposta.

3.5.1.1.2 Register Car

Esse nó é responsável por receber os dados do veículo e criar um registro dentro do banco de dados, caso não exista. Existindo o registro, o nó é interrompido. Para o processamento, a entrada de dados esperado pelo nó está conforme tabela 5.

Tabela 5 - Node-Red - *Register Car* - Entrada de Dados

Campo	**Descrição**	**Tipo**
DeviceID	Código do Dispositivo (Vide Tabela 4)	Texto
CarVIN	VIN do Carro	Texto
Unix_Time	Data e Hora Atual (Formato Unix)	Inteiro

Fonte: Autoria Própria

Ao processar os dados e havendo sucesso na operação, o nó deve retornar os dados conforme definido na Tabela 6.

Tabela 6 - Node-Red – *Register Car* - Saída de Dados

Campo	**Descrição**	**Tipo**
Travel_ID	Identificação de Viagem Iniciada	Texto

Fonte: Autoria Própria

3.5.1.1.3 Health

Esse nó é responsável por receber os dados do dispositivo que indicam a saúde do dispositivo. Para o processamento, a entrada de dados esperado pelo nó está conforme tabela 6.

Tabela 7 - Node-Red - *Health* - Entrada de Dados

Campo	**Descrição**	**Tipo**
Device_ID	Código do Dispositivo (Vide Tabela 4)	Texto
IP	IP da Conexão GSM	Texto
Signal	Força do Sinal GSM	Inteiro
GSM_Date	Data na Rede GSM	Texto
GSM_Time	Hora na Rede GSM	Texto
Location_LO	Longitude da Triangulação GSM	Decimal
Location_LA	Latitude da Triangulação GSM	Decimal
Location_Accuracy	Precisão da Geolocalização (em metros)	Decimal
Data_Loss	Quantidade de Mensagens Perdidas	Inteiro
Data_Sent	Quantidade de Mensagens Enviadas	Inteiro
Unix_Time	Data e Hora Atual (Formato Unix)	Inteiro

Fonte: Autoria Própria

3.5.1.1.4 Sensors

Esse nó é responsável por receber os dados dos sensores do veículo coletados pelo dispositivo. Para o processamento, a entrada de dados esperado pelo nó está conforme tabela 8.

Tabela 8 - Node-Red - *Sensors* - Entrada de Dados

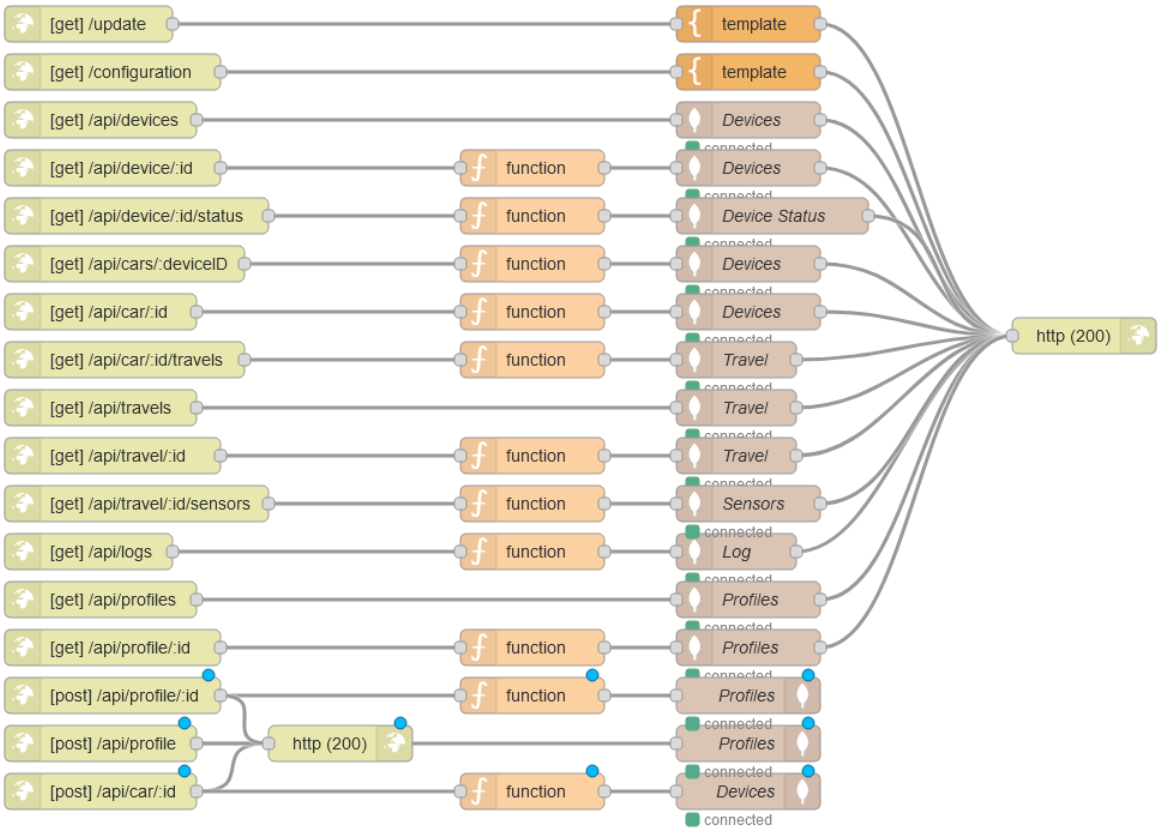
Campo	**Descrição**	**Tipo**
Travel_ID	Código da Viagem (Vide Tabela 6)	Texto
Sensor_PID (Array)	PID do Processo	Texto
Sensor_Value (Array)	Valor do Sensor	Texto
Unix_Time	Data e Hora Atual (Formato Unix)	Inteiro

Fonte: Autoria Própria

Ao processar os dados e havendo sucesso na operação, o nó deve calcular uma pontuação para esta condução, baseando-se na leitura dos sensores e no perfil do veículo.

3.5.1.2 API

Figura 12 - Nós Node-Red – Parte II



Fonte: Autoria Própria

Na Imagem 12 é possível ver que a API foi construída baseando-se no conjunto de dados do projeto. Abaixo está descrito de forma detalhada o fluxo de dados das funções disponíveis na API.

3.5.1.2.1 /*Update* [GET]

API responsável por informar última versão do firmware disponível para download. Esta API não possui dados de entrada, apenas saída no formato JSON, conforme tabela abaixo.

Tabela 9 - API - *Update*

Campo	Descrição	Tipo
Version	Última Versão Disponível para Download	Decimal

Fonte: Autoria Própria

3.5.1.2.2 /*Configuration* [GET]

API responsável por enviar as configurações padrões estabelecidas pelo projeto. Esta API não possui dados de entrada, apenas saída no formato JSON, conforme tabela abaixo.

Tabela 10 - API - *Configuration*

Campo	Descrição	Tipo
sync	Última Versão Disponível para Download	Decimal
config_host	Endereço URL para API de Configuração	Texto
config_port	Porta da URL de API de Configuração	Inteiro

config_path	Endpoint da URL de API de Configuração	Texto
mqtt_server	Endereço URL para Broker MQTT	Texto
mqtt_port	Porta da URL do Broker MQTT	Inteiro
mqtt_user	Usuário do Broker MQTT	Texto
mqtt_pass	Senha do Broker MQTT	Texto
check_update	Verificação de Atualização de Firmware	Inteiro
update_host	Endereço URL da API de Atualização de Firmware	Texto
update_port	Porta da URL da API de Atualização	Inteiro
update_path	Endpoint da URL da API de Atualização	Texto
update_method	Verbo HTTP do Endpoint de Atualização	Texto
health_interval	Intervalo de Envio de Mensagem Health (Vide Tabela 7)	Inteiro
sensor_interval	Intervalor de Envio de Mensagem Sensor (Vide Tabela 8)	Inteiro
gsm_apn	Endereço APN da rede GSM	Texto
gsm_user	Usuário APN da rede GSM	Texto
gsm_pass	Senha APN da rede GSM	Texto
mqtt_topics	Array de tópicos MQTT	Array
mqtt_topics/method	Método de uso do Tópico MQTT (*Publish* ou *Subscribe*)	Texto
mqtt_topics/mqtt_topics	Nome do Tópico MQTT	Texto
mqtt_topics/topic	Endpoint do Tópico	Texto

Fonte: Autoria Própria

3.5.1.2.3 /api/*devices* [GET]

API responsável por listar os dispositivos registrados no banco de dados. Esta API não possui dados de entrada, apenas um array de saída no formato JSON, conforme tabela abaixo.

Tabela 11 - API - *Devices* - Listagem - Saída

Campo	**Descrição**	**Tipo**
_id	Identificação do registro no banco de dados	Texto
IMEI	IMEI da placa GSM SIM800L	Texto
CCID	CCID da placa GSM SIM800L	Texto
IMSI	IMSI da placa GSM SIM800L	Texto
Operator	Operadora GSM do SIM Card	Texto
Board	Placa Utilizada (Fixo: ESP32)	Texto
Version	Versão do Firmware	Decimal
Unix_Time	Data e Hora do registro (Formato Unix)	Inteiro
Cars	Array de veículos cadastrados	Array
Cars/carVIN	VIN do Carro	Texto
Cars/Unix_Time	Data e Hora do Registro (Formato Unix)	Inteiro

Fonte: Autoria Própria

3.5.1.2.4 /api/*device*/{id} [GET]

API responsável por listar o dispositivo registrados no banco de dados, conforme ID informado no Endpoint. Esta API possui dados de entrada e saída, conforme tabelas abaixo. Ambos retornos são no formato JSON.

Tabela 12 - API - *Device* – Listagem - Entrada

Campo	**Descrição**	**Tipo**
ID	Identificação do Dispositivo	Texto

Fonte: Autoria Própria

Tabela 13 - API - *Device* - Listagem - Saída

Campo	**Descrição**	**Tipo**
_id	Identificação do registro no banco de dados	Texto
IMEI	IMEI da placa GSM SIM800L	Texto

CCID	CCID da placa GSM SIM800L	Texto
IMSI	IMSI da placa GSM SIM800L	Texto
Operator	Operadora GSM do SIM Card	Texto
Board	Placa Utilizada (Fixo: ESP32)	Texto
Version	Versão do Firmware	Decimal
Unix_Time	Data e Hora do registro (Formato Unix)	Inteiro
Cars	Array de veículos cadastrados	Array
Cars/carVIN	VIN do Carro	Texto
Cars/Unix_Time	Data e Hora do Registro (Formato Unix)	Inteiro

Fonte: Autoria Própria

3.5.1.2.5 /api/*device*/{id}/*status* [GET]

API responsável por listar o status do dispositivo registrado no banco de dados, conforme ID informado no Endpoint. Esta API possui dados de entrada e saída, conforme tabelas abaixo. Ambos retornos são no formato JSON.

Tabela 14 - API - *Device* - *Status* - Entrada

Campo	**Descrição**	**Tipo**
ID	Identificação do Dispositivo	Texto

Fonte: Autoria Própria

Tabela 15 - API - *Device* - *Status* - Saída

Campo	**Descrição**	**Tipo**
Device_ID	Código do Dispositivo (Vide Tabela 4)	Texto
IP	IP da Conexão GSM	Texto
Signal	Força do Sinal GSM	Inteiro
GSM_Date	Data na Rede GSM	Texto
GSM_Time	Hora na Rede GSM	Texto
Location_LO	Longitude da Triangulação GSM	Decimal
Location_LA	Latitude da Triangulação GSM	Decimal
Location_Accuracy	Precisão da Geolocalização (em metros)	Decimal
Data_Loss	Quantidade de Mensagens Perdidas	Inteiro
Data_Sent	Quantidade de Mensagens Enviadas	Inteiro
Unix_Time	Data e Hora do Registro (Formato Unix)	Inteiro

Fonte: Autoria Própria

3.5.1.2.6 /*api*/*cars*/{*deviceID*} [GET]

API responsável por listar todos os veículos do dispositivo registrados no banco de dados, conforme ID informado no Endpoint. Esta API possui dados de entrada e saída, conforme tabelas abaixo. Ambos retornos são no formato JSON.

Tabela 16 - API - *Cars* - Listagem - Entrada

Campo	**Descrição**	**Tipo**
ID	Identificação do Dispositivo	Texto

Fonte: Autoria Própria

Tabela 17 - API - *Cars* - Listagem - Saída

Campo	**Descrição**	**Tipo**
_id	Identificação do registro no banco de dados	Texto
IMEI	IMEI da placa GSM SIM800L	Texto
CCID	CCID da placa GSM SIM800L	Texto
IMSI	IMSI da placa GSM SIM800L	Texto

Operator	Operadora GSM do SIM Card	Texto
Board	Placa Utilizada (Fixo: ESP32)	Texto
Version	Versão do Firmware	Decimal
Unix_Time	Data e Hora do registro (Formato Unix)	Inteiro
Cars	Array de veículos cadastrados	Array
Cars/carVIN	VIN do Carro	Texto
Cars/Unix_Time	Data e Hora do Registro (Formato Unix)	Inteiro

Fonte: Autoria Própria

3.5.1.2.7 /api/*car*/{id} [GET]

API responsável por listar o veículo registrado no banco de dados, conforme ID informado no Endpoint. Esta API possui dados de entrada e saída, conforme tabelas abaixo. Ambos retornos são no formato JSON.

Tabela 18 - API - *Car* - Listagem - Entrada

Campo	**Descrição**	**Tipo**
ID	Identificação do Veículo	Texto

Fonte: Autoria Própria

Tabela 19 - API - *Car* - Listagem - Saída

Campo	**Descrição**	**Tipo**
_id	Identificação do registro no banco de dados	Texto
IMEI	IMEI da placa GSM SIM800L	Texto
CCID	CCID da placa GSM SIM800L	Texto
IMSI	IMSI da placa GSM SIM800L	Texto
Operator	Operadora GSM do SIM Card	Texto
Board	Placa Utilizada (Fixo: ESP32)	Texto
Version	Versão do Firmware	Decimal
Unix_Time	Data e Hora do registro (Formato Unix)	Inteiro
Car/carVIN	VIN do Carro	Texto
Car/Unix_Time	Data e Hora do Registro (Formato Unix)	Inteiro

Fonte: Autoria Própria

3.5.1.2.8 /api/*car*/{id}/*travels* [GET]

API responsável por listar as viagens do veículo registrado no banco de dados, conforme ID informado no Endpoint. Esta API possui dados de entrada e saída, conforme tabelas abaixo. Ambos retornos são no formato JSON.

Tabela 20 - API - *Car* - Viagens - Entrada

Campo	**Descrição**	**Tipo**
ID	Identificação do Veículo	Texto

Fonte: Autoria Própria

Tabela 21 - API - *Car* - Viagens - Saída

Campo	**Descrição**	**Tipo**
_id	Identificação da viagem no banco de dados	Texto
Id	Identificação da viagem no dispositivo	Texto
carVIN	VIN do Carro	Texto
deviceID	Identificação do dispositivo no banco de dados	Texto
Timestamp	Data e Hora do Registro (Formato Unix)	Inteiro
Records	Quantidade de registros de Sensores	Inteiro

Fonte: Autoria Própria

3.5.1.2.9 /api/*travels* [GET]

API responsável por listar as viagens registradas no banco de dados. Esta API não possui dados de entrada, apenas um array de saída no formato JSON, conforme tabela abaixo.

Tabela 22 - API - *Travels* - Listagem - Saída

Campo	Descrição	Tipo
_id	Identificação da viagem no banco de dados	Texto
Id	Identificação da viagem no dispositivo	Texto
carVIN	VIN do Carro	Texto
deviceID	Identificação do dispositivo no banco de dados	Texto
Timestamp	Data e Hora do Registro (Formato Unix)	Inteiro
Records	Quantidade de registros de Sensores	Inteiro

Fonte: Autoria Própria

3.5.1.2.10 /api/*travel*/{id} [GET]

API responsável por listar a viagem registrada no banco de dados, conforme ID informado no Endpoint. Esta API possui dados de entrada e saída, conforme tabelas abaixo. Ambos retornos são no formato JSON.

Tabela 23 - API - *Travel* - Listagem - Entrada

Campo	Descrição	Tipo
ID	Identificação da Viagem	Texto

Fonte: Autoria Própria

Tabela 24 - API - *Travel* - Listagem - Saída

Campo	Descrição	Tipo
_id	Identificação da viagem no banco de dados	Texto
Id	Identificação da viagem no dispositivo	Texto
carVIN	VIN do Carro	Texto
deviceID	Identificação do dispositivo no banco de dados	Texto
Timestamp	Data e Hora do Registro (Formato Unix)	Inteiro
Records	Quantidade de registros de Sensores	Inteiro

Fonte: Autoria Própria

3.5.1.2.11 /api/travel/{id}/sensors [GET]

API responsável por listar os sensores monitorados durante a viagem registrada no banco de dados, conforme ID informado no Endpoint. Esta API possui dados de entrada e saída, conforme tabelas abaixo. Ambos retornos são no formato JSON.

Tabela 25 - API - *Travel* - Sensores - Entrada

Campo	Descrição	Tipo
ID	Identificação da Viagem	Texto

Fonte: Autoria Própria

Tabela 26 - API - *Travel* - Sensores - Saída

Campo	Descrição	Tipo
_id	Identificação do Sensor no banco de dados	Texto
Pid	PID do Sensor	Texto
Value	Valor do Sensor	Decimal
car_status	Estado do Carro (*Moving* ou *Stop*)	Texto
receive_date	Data e Hora da Leitura (Formato Unix)	Inteiro

travel_id	Id da Viagem no banco de dados	Texto
Behaviour	Pontuação da Condução	Inteiro

Fonte: Autoria Própria

3.5.1.2.12 /api/*logs* [GET]

API responsável por listar os logs registrados no banco de dados. Esta API não possui dados de entrada, apenas um array de saída no formato JSON, conforme tabela abaixo.

Tabela 27 - API - *Logs* – Listagem – Saída

Campo	**Descrição**	**Tipo**
_id	Identificação do Log no banco de dados	Texto
Timestamp	Data e Hora do registro (Formato Unix)	Inteiro
Event	Evento que gerou o Log	Texto
Resource	Origem do Log	Texto
Key	Identificação Relacionado ao *Resource*	Texto

Fonte: Autoria Própria

3.5.1.2.13 /api/*profiles* [GET]

API responsável por listar os perfis de veículos registrados no banco de dados. Esta API não possui dados de entrada, apenas um array de saída no formato JSON, conforme tabela abaixo.

Tabela 28 - API - *Profiles* - Listagem - Saída

Campo	**Descrição**	**Tipo**
_id	Identificação do Perfil no banco de dados	Texto
Title	Nome do Perfil	Texto
maxPower	RPM Máxima de Potência	Inteiro
MaxTorque/Start	RPM Máximo Início Torque	Inteiro
MaxToque/End	TPM Máximo Fim Torque	Inteiro

Fonte: Autoria Própria

3.5.1.2.14 /api/*profile*/{id} [GET]

API responsável por listar o perfil registrado no banco de dados, conforme ID informado no Endpoint. Esta API possui dados de entrada e saída, conforme tabelas abaixo. Ambos retornos são no formato JSON.

Tabela 29 - API - *Profile* - Listagem - Entrada

Campo	**Descrição**	**Tipo**
ID	Identificação do Perfil	Texto

Fonte: Autoria Própria

Tabela 30 - API - *Profile* - Listagem - Saída

Campo	**Descrição**	**Tipo**
_id	Identificação do Perfil no banco de dados	Texto
Title	Nome do Perfil	Texto
maxPower	RPM Máxima de Potência	Inteiro
MaxTorque/Start	RPM Máximo Início Torque	Inteiro
MaxToque/End	TPM Máximo Fim Torque	Inteiro

Fonte: Autoria Própria

3.5.1.2.15 /api/*profile* [POST]

API responsável por registrar um perfil no banco de dados. Esta API não possui dados de saída, apenas uma entrada no formato JSON, conforme tabela abaixo.

Tabela 31 - API - *Profile* - Cadastro - Entrada

Campo	**Descrição**	**Tipo**
Title	Nome do Perfil	Texto
maxPower	RPM Máxima de Potência	Inteiro
MaxTorque/Start	RPM Máximo Início Torque	Inteiro
MaxToque/End	TPM Máximo Fim Torque	Inteiro

Fonte: Autoria Própria

3.5.1.2.16 /api/profile/{id} [POST]

API responsável por alterar o perfil registrado no banco de dados conforme ID informado no Endpoint. Esta API não possui dados de saída, apenas uma entrada no formato JSON, conforme tabela abaixo.

Tabela 32 - API - *Profile* - Atualização - Entrada

Campo	**Descrição**	**Tipo**
Title	Nome do Perfil	Texto
maxPower	RPM Máxima de Potência	Inteiro
MaxTorque/Start	RPM Máximo Início Torque	Inteiro
MaxToque/End	TPM Máximo Fim Torque	Inteiro

Fonte: Autoria Própria

3.5.1.2.17 /api/car/{id} [POST]

API responsável por alterar o veículo registrado no banco de dados conforme ID informado no Endpoint. Esta API não possui dados de saída, apenas uma entrada no formato JSON, conforme tabela abaixo.

Tabela 33 - API - *Car* - Alteração - Entrada

Campo	**Descrição**	**Tipo**
IMEI	IMEI da placa GSM SIM800L	Texto
CCID	CCID da placa GSM SIM800L	Texto
IMSI	IMSI da placa GSM SIM800L	Texto
Operator	Operadora GSM do SIM Card	Texto
Board	Placa Utilizada (Fixo: ESP32)	Texto
Version	Versão do Firmware	Decimal
Unix_Time	Data e Hora do registro (Formato Unix)	Inteiro
Cars	Array de veículos cadastrados	Array
Cars/carVIN	VIN do Carro	Texto
Cars/Unix_Time	Data e Hora do Registro (Formato Unix)	Inteiro

Fonte: Autoria Própria

3.5.2 Website

O desenvolvimento do website tem como principal função a interação do usuário com a plataforma. Na construção da ferramenta, foi utilizado algumas bibliotecas que facilitam o

desenvolvimento de software, tais como jQuery, Bootstrap e HighCharts, conforme descrito a seguir.

3.5.2.1 jQuery

jQuery é uma biblioteca popular do JavaScript que foi criada por John Resig em 2006 com o propósito de facilitar a vida dos desenvolvedores que usam JavaScript nos seus sites. Não é uma linguagem de programação separada, funciona em conjunto com o JavaScript

3.5.2.2 Bootstrap

Bootstrap é um framework para interface e de código-aberto que foi inicialmente criado por Mark Otto e Jacob Thornton para o desenvolvimento web mais rápido e prático.

Ele contém templates baseados em HTML e CSS para várias funções e componentes. Como por exemplo, navegação, sistema de grades, carrosséis de imagens e botões.

3.5.2.3 HighCharts

O HighCharts é uma biblioteca escrita em JavaScript para geração de gráficos. Ele é baseado em SVG e vem sido desenvolvido desde 2009 pela empresa Highsoft Solutions

3.5.2.4 API

Para que o website pudesse interagir com a API criada no projeto, foi necessário a criação de uma biblioteca em JavaScript que implementasse os endpoints disponíveis, conforme item 3.5.1.2. O código desenvolvido pode ser encontrado no Apêndice C.

3.5.3 Setup Heroku

3.6 Desenvolvimento do Firmware
3.7 Interface com o usuário
3.8 Testes e Resultados

4 CONCLUSÃO
4.1 Sugestões de melhoria e trabalhos futuros

REFERÊNCIAS

[1] Raspberry PI Foundation. In: Product Brief. **Raspberry Pi 4 Model B.** 2021. Disponível em: https://datasheets.raspberrypi.org/rpi4/raspberry-pi-4-product-brief.pdf. Acesso em 15 mai. 2021.

[2] LilyGo. LILYGO® TTGO T-Call V1.4. Disponível em: http://www.lilygo.cn/prod_view.aspx?TypeId=50044&Id=1127&FId=t3:50044:3. Acesso em 15 mai. 2021.

[3] SN65HDV2X. SN65HDV23. Disponível em: https://www.ti.com/lit/ds/symlink/sn65hvd23.pdf. Acesso em 15 mai. 2021.

[4] *OBD2 Explained - A Simple Intro (2021).* Disponível em: https://www.csselectronics.com/screen/page/simple-intro-obd2-explained/language/en. Acesso em 24 mai. 21

[5] *Which OBD2 Protocol Is Supported By My Vehicle?* Disponível em: https://obdstation.com/obd2-protocols/. Acessado em 24 mai. 21

[6] *THE CAR HACKER'S HANDBOOK*. Disponível em: http://opengarages.org/handbook/ebook/. Acesso em 24 mai. 21

APÊNDICES

Apêndice A - Código Fonte de Exemplo - RPM.ino

Apêndice B - Código Fonte de Exemplo - VIN.ino

Apêndice C – Código Fonte do Website – Website.zip