

**UNIVERSIDADE REGIONAL DE BLUMENAU**  
**CENTRO DE CIÊNCIAS EXATAS E NATURAIS**  
**CURSO DE CIÊNCIA DA COMPUTAÇÃO – BACHARELADO**

**APLICAÇÃO PARA MONITORAMENTO VEICULAR EM**  
**TEMPO REAL**

**MAICON MACHADO GERARDI DA SILVA**

**BLUMENAU**  
**2017**

**MAICON MACHADO GERARDI DA SILVA**

**APLICAÇÃO PARA MONITORAMENTO VEICULAR EM  
TEMPO REAL**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao curso de graduação em Ciência da Computação do Centro de Ciências Exatas e Naturais da Universidade Regional de Blumenau como requisito parcial para a obtenção do grau de Bacharel em Ciência da Computação.

Prof. Miguel Alexandre Wisintainer - Orientador

**BLUMENAU  
2017**

# **APLICAÇÃO PARA MONITORAMENTO VEICULAR EM TEMPO REAL**

Por

**MAICON MACHADO GERARDI DA SILVA**

Trabalho de Conclusão de Curso aprovado para obtenção dos créditos na disciplina de Trabalho de Conclusão de Curso II pela banca examinadora formada por:

Presidente: \_\_\_\_\_  
Prof(a). Miguel Alexandre Wisintainer, Mestre – Orientador, FURB

Membro: \_\_\_\_\_  
Prof(a). Francisco Adell Péricas, Mestre – FURB

Membro: \_\_\_\_\_  
Prof(a). Dalton Solano dos Reis, Mestre – FURB

Blumenau, 11 de dezembro de 2017

Dedico este trabalho à minha família, amigos e colegas que me apoiaram e ajudaram na sua concretização.

## AGRADECIMENTOS

Inicialmente agradeço a Deus por prover conhecimento, saúde, paciência e capacidade para a realização deste trabalho.

À minha família, sem eles nada disso seria possível. Em especial, à minha mãe Maristela Machado Gerardi e meu pai Eri Junior Miranda Lopes por financiar boa parte do meu sonho que é tornar-me um Bacharel em Ciência da Computação. À minha irmã, Milena Kohhausch, que ajudou a corrigir e auxiliou na ortografia deste documento e do pré-projeto.

À minha namorada Jaine Marcírio, por me apoiar, estar ao meu lado e ter paciência nessa etapa da minha vida.

Ao professor Miguel Alexandre Wisintainer pela orientação, entusiasmo e perseverança principalmente nos momentos iniciais, em que dedicou tempo para viabilizar este trabalho. Agradeço por acreditar no projeto, na minha capacidade e por me orientar de forma adequada para a realização e sucesso deste projeto.

Ao Charles Trevizan e Claumir dos Santos da empresa Dynamix Software, por flexibilizarem o meu horário de trabalho para desenvolver este projeto, além de apoio financeiro, subsidiando metade da mensalidade da faculdade.

Ao Nykolas Baumgarten por emprestar o seu modem 4G; agradeço também por me inspirar com seu excelente trabalho de conclusão de curso, bem como ao Ricardo Staroski.

Aos meus colegas de trabalho e amigos, Silvio Gonçalves Neto e Alessandro Jefferson Carvalho, por sugerirem ideias de melhoria do projeto, aconselharem com o desenvolvimento e emprestarem seus veículos para testes da aplicação.

Ao meu amigo Renan Ramos dos Santos Vieira por emprestar o carro para testes e também me ajudar com o seu conhecimento sobre infraestrutura de redes.

Ao meu amigo e colega Plamedi L. Lusembo por ajudar no decorrer do trabalho com o chip da operadora TIM, além de apoios com a monografia e o desenvolvimento.

Ao professor Francisco Adell Péricas por me auxiliar com explicações e orientações sobre infraestrutura de redes 3G e servidores virtuais utilizados na comunicação do servidor deste projeto.

À todas as pessoas que contribuíram direta e indiretamente para a realização deste trabalho.

“Nada se cria, tudo se transforma”.

Antonie Lavoisier

## RESUMO

Este trabalho apresenta o desenvolvimento de uma aplicação para monitoramento veicular em tempo real. A aplicação foi desenvolvida para informar possíveis falhas mecânicas ou furtos no veículo. Ela possui como principais objetivos, visualizar a localização atual do automóvel, obter imagens e disponibilizar os dados de sua porta On-Board Diagnostic (OBD). Para isso, foi desenvolvido um software embarcado na placa Raspberry Pi Zero W utilizando como principais componentes um módulo Global Positioning System (GPS), um adaptador ELM327 Bluetooth e uma câmera. Para capturar os sensores e os códigos de erro do veículo, foi utilizada a biblioteca python-obd com o adaptador ELM327 Bluetooth. Também são enviadas notificações de e-mail e mensagens de texto caso ocorram falhas no automóvel. Os dados do software embarcado foram disponibilizados em um aplicativo móvel que utilizou a biblioteca Ionic para a sua construção. Após o término do desenvolvimento, foram realizados experimentos de conexão com modems e operadoras de telefonia móvel brasileiras, testes com os sensores em sete veículos de diferentes marcas, bem como, um experimento para a obtenção, limpeza e notificação de falha em um veículo. Os resultados obtidos com os testes e experimentos foram satisfatórios, podendo-se concluir que o trabalho atingiu os objetivos listados e também viabilizou uma forma de acesso às informações de um veículo por meio da Internet.

Palavras-chave: Monitoramento veicular. Internet das coisas. IOT. On-board Diagnostic. OBD. OBDII. OBD2. DTC. Diagnostic Trouble Code. Notificação de falha. Sistema de Posicionamento geográfico. GPS. Raspberry Pi. ELM327.

## **ABSTRACT**

This work presents the development of an application for real-time vehicular monitoring. The application has been developed to inform possible mechanical failure or theft in the vehicle. It has as main objectives, to visualize the current location of the car, to obtain images and to make available the data of its On-Board Diagnostic (OBD) port. For that, a software embedded in the Raspberry Pi Zero W board was developed using as main components a Global Positioning System (GPS) module, an ELM327 Bluetooth adapter and a camera. In order to capture the sensors and vehicle error codes, the python-obd library with the Bluetooth ELM327 adapter was used. E-mail notifications and text messages are also sent in the event of car failure. Embedded software data was made available in a mobile application that used the Ionic library for its construction. After the development was completed, experiments were carried out in connection with modems and Brazilian mobile operators, tests with the sensors on seven vehicles of different brands, as well as an experiment to obtain, clean and report a vehicle failure. The results obtained with the tests and experiments were satisfactory, being able to conclude that the work reached the goals listed and also made possible a way of accessing the information of a vehicle through the Internet.

Key-words: Vehicle monitoring. Internet of things. IOT. On-board Diagnostic. OBD. OBDII. OBD2. DTC. Diagnostic Trouble Code. Failure notification. Geographic Positioning System. GPS. Raspberry Pi. ELM327.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Aplicações de IoT .....	20
Figura 2 – Funcionamento da ECU .....	22
Figura 3 - Exemplo de falta de padronização de conectores OBD-I.....	23
Figura 4 - Localização da tomada de diagnóstico, interior do veículo.....	24
Figura 5 - Conector OBD2 .....	25
Figura 6 - Diferentes adaptadores ELM 327 .....	26
Figura 7 - Estrutura do padrão de DTC .....	31
Figura 8 - Comparação entre Pi 3 e Zero W .....	33
Figura 9 - Detalhes Sobre o Veículo .....	35
Figura 10 - Arquitetura Geral do Sistema .....	37
Figura 11 - Página Vehicle Location History.....	38
Figura 12 - Diagrama esquemático de conexões .....	39
Figura 13 - Tela de captura em tempo real.....	40
Figura 14 - Instalação no Volkswagen SpaceFox 2009 .....	41
Figura 15 - Diagrama de casos de uso da aplicação .....	44
Figura 16 – Diagrama esquemático de conexões .....	45
Figura 17 - Fluxograma de inicialização do sistema embarcado.....	47
Figura 18 - Diagrama de atividades para a sincronização de <i>threads</i> .....	48
Figura 19 – Placa Raspberry Pi Zero W .....	49
Figura 20 - Esquema de componentes eletrônicos na GPIO .....	50
Figura 21 - Dispositivo montado .....	51
Figura 22 - Raspberry Pi Camera Rev 1.3.....	52
Figura 23 - Adaptador ELM327 Bluetooth .....	53
Figura 24 - Modem 3G ZTE MF626.....	53
Figura 25 - Módulo GPS Ubox GY-GPS6MV2.....	54
Figura 26 - Interface gráfica do OBDSim .....	55
Figura 27 - Interface do ECU Engine Pro .....	56
Figura 28 – Instalação do dispositivo no veículo .....	80
Figura 29 - Configurações da aplicação <i>mobile</i> .....	81
Figura 30 - Tela para acesso à câmera.....	82
Figura 31 – Telas para a captura da câmera .....	83

Figura 32 - Tela para capturar localizações .....	84
Figura 33 - Detalhes da localização.....	85
Figura 34 - Tela para leitura dos sensores .....	86
Figura 35 - Tela para leitura dos DTCs .....	87
Figura 36 - Exemplo de notificações .....	87
Figura 37 - Cabo do sensor para a sonda Lambda desconectado. ....	93
Figura 38 - Aplicativo após desligar a sonda e notificações do sistema .....	94
Figura 39 - Veículo com a MIL acesa .....	95

## LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Diferentes versões ELM327 .....	26
Quadro 2 - Primeiro caractere do código de falha .....	31
Quadro 3 - Primeiro valor numérico do código de falhas (segundo caractere) .....	31
Quadro 4 - Terceiro dígito do código de falhas .....	32
Quadro 5 - Exemplo de decodificação DTC .....	32
Quadro 6 - Comparativo entre os modelos Raspberry Pi .....	33
Quadro 7 - Requisitos funcionais da aplicação e rastreabilidade .....	42
Quadro 8 – Exemplo de comando para abrir o OBDSim .....	56
Quadro 9 – Configuração inicial dos pinos do barramento .....	57
Quadro 10 - Criação da classe <code>PiscaLedThread</code> .....	58
Quadro 11 - <i>Thread</i> para verificar botão reset .....	58
Quadro 12 - Código do botão desligar/ligar o SO .....	59
Quadro 13 - Configuração de APN da operadora TIM .....	59
Quadro 14 – Obtenção de IP e configuração do No-IP .....	60
Quadro 15 - Método para configuração do Bluetooth .....	61
Quadro 16 - Método para recuperar a porta do serviço OBD2 .....	61
Quadro 17 - Formato do JSON salvo no arquivo texto .....	62
Quadro 18 - Método para salvar as configurações da aplicação .....	62
Quadro 19 - Recuperação das configurações .....	62
Quadro 20 - Código-fonte para recuperar uma foto da câmera .....	63
Quadro 21 - Recuperar <i>streaming</i> da câmera .....	63
Quadro 22 - Código que retorna os <i>frames</i> da câmera .....	64
Quadro 23 - Recuperar dados do módulo GPS .....	65
Quadro 24 - Obtenção da conexão OBD .....	65
Quadro 25 – <i>Lock</i> utilizado para obter conexão OBD2 .....	66
Quadro 26 - Recuperar PIDs suportados pela ECU .....	66
Quadro 27 – Execução de comandos OBD .....	67
Quadro 28 - Obtenção de valores dos PIDs .....	67
Quadro 29 - Código-fonte para a leitura dos serviços 0x03 e 0x07 .....	68
Quadro 30 - Código-fonte para organizar os DTCs .....	69
Quadro 31 - Classe <code>Status</code> e classe <code>StatusDTC</code> .....	70

Quadro 32 - Limpeza dos códigos de erro DTC.....	70
Quadro 33 - Classe <code>DTCControl</code> .....	71
Quadro 34 - Método para monitoramento de DTC .....	72
Quadro 35 - Métodos para salvar DTCs.....	73
Quadro 36 - Função para enviar SMS .....	73
Quadro 37 - Função para envio de e-mail .....	74
Quadro 38 - Método HTTP para chamadas do tipo GET.....	74
Quadro 39 - Método HTTP para chamadas do tipo POST.....	75
Quadro 40 - Obtenção da URL para o sistema embarcado .....	75
Quadro 41 – Enviar as configurações para o servidor.....	76
Quadro 42 - Obtendo as configurações do servidor embarcado.....	76
Quadro 43 - Recuperação das coordenadas .....	77
Quadro 44 - Código-fonte de exibição do mapa.....	77
Quadro 45 - Obter PIDs.....	77
Quadro 46 - Exemplo de PIDs em JSON .....	78
Quadro 47 - Obter valores dos PIDs.....	78
Quadro 48 - Retorno dos valores de PIDs em JSON.....	79
Quadro 49 - Código HTML do velocímetro.....	79
Quadro 50 - Método para <i>streaming</i> de imagens .....	80
Quadro 51 - HTML para apresentar as imagens em tempo real.....	80
Quadro 52 - Protocolos reconhecidos pelo sistema embarcado .....	91
Quadro 53 – Comparativo entre os trabalhos correlatos, ferramentas atuais e a aplicação .....	96
Quadro 54 - Comandos executados .....	104
Quadro 55 - Comandos para a instalação do No-IP .....	104
Quadro 56 - <i>Log</i> do Volkswagen Fox City 2005/06 .....	105
Quadro 57 - <i>Log</i> do Ford Ecosport 2006/07.....	105
Quadro 58 – <i>Log</i> do Volkswagen Gol 2009/10.....	105
Quadro 59 - <i>Log</i> do Ford Ka 2011/12 .....	106
Quadro 60 - <i>Log</i> do Peugeot 308 2013.....	106
Quadro 61 - <i>Log</i> da Ford Edge 2013 .....	106
Quadro 62 - <i>Log</i> do Volkswagen Fox Run 2016/17.....	108

## **LISTA DE TABELAS**

Tabela 1 - Testes de Internet com os sensores.....	89
Tabela 2 - Quantidade de PIDs suportados pelos simuladores.....	90
Tabela 3 - Quantidade de PIDs suportados pelos veículos.....	91
Tabela 4 - Tempo para leitura dos sensores .....	92
Tabela 5 - Relação dos componentes utilizados.....	103

## **LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS**

2G - 2rd Generation

3G - 3rd Generation

4G - 4rd Generation

CAN - Controller Area Network

CI - Circuito Integrado

CPU - Central Processing Unit

CSI - Camera Serial Interface

DDNS - Dynamic Domain Name System

DTC - Diagnostic Trouble Code

ECU - Engine Control Unit

GB - Gigabyte

Ghz - Giga-hertz

GND - Ground

GPIO - General Purpose Input/Output

GPS - Global Position System

HDMI - High-Definition Multimedia Interface

HTML - HyperText Markup Language

HTTP - HyperText Transfer Protocol

IOT - Internet of Things

IP - Internet Protocol

ISO - International Standardization Organization

JSON - JavaScript Object Notation

LED - Light Emitting Diode

MAC - Media Access Control

MB - Megabyte

Mhz - Mega-hertz

MIL - Malfunction Indicator Lamp

OBD - On-Board Diagnostic

OBD2 - On-Board Diagnostic 2

PHP - Personal Home Pages

PID - Códigos de parâmetros

RAM - Random Access Memory

RF - Requisito Funcional

RNF - Requisito Não Funcional

SAE - Society for Automotive Engineers

SD - SanDisk

SMS - Short Message Service

SO - Sistema Operacional

TCP/IP - Transmission Control Protocol/Internet Protocol

UART - Universal Asynchronous Receiver/Transmitter

URL - Uniform Resource Locator

USB - Universal Serial Bus

VIN - Vehicle Identification Number

# SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO.....</b>	<b>17</b>
1.1 OBJETIVOS.....	18
1.2 ESTRUTURA.....	18
<b>2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA .....</b>	<b>19</b>
2.1 INTERNET DAS COISAS .....	19
2.2 OBD.....	21
2.2.1 OBD1 .....	22
2.2.2 OBD2 .....	23
2.2.3 Adaptadores ELM327 .....	25
2.2.4 Protocolos de comunicação.....	27
2.2.5 Serviços de diagnóstico.....	28
2.2.6 Diagnostic Trouble Code (DTC).....	30
2.3 RASPBERRY PI.....	32
2.4 TRABALHOS CORRELATOS .....	34
2.4.1 Gestão de frota de veículos .....	34
2.4.2 Localização de veículos para Android .....	36
2.5 FERRAMENTAS ATUAIS .....	38
2.5.1 FINDCAR .....	38
2.5.2 OBD-JRP .....	40
<b>3 DESENVOLVIMENTO DA APLICAÇÃO.....</b>	<b>42</b>
3.1 ESPECIFICAÇÃO .....	42
3.1.1 Requisitos.....	42
3.1.2 Diagrama de casos de uso .....	43
3.1.3 Diagrama de arquitetura da aplicação .....	45
3.1.4 Diagramas de atividades .....	46
3.2 IMPLEMENTAÇÃO .....	48
3.2.1 Hardware e periféricos da aplicação .....	49
3.2.2 Técnicas e ferramentas utilizadas.....	54
3.2.3 Simuladores de central automotiva .....	55
3.2.4 Código-fonte do sistema embarcado .....	57
3.2.5 Código-fonte da aplicação <i>mobile</i> .....	74

3.2.6 Operacionalidade da implementação .....	80
3.3 ANÁLISE DOS RESULTADOS .....	88
3.3.1 Modems 3G/4G e operadoras de telefonia móvel.....	88
3.3.2 Simuladores.....	90
3.3.3 Testes em veículos .....	90
3.3.4 Experimentos de falhas DTCs.....	92
3.3.5 Comparação dos trabalhos .....	95
<b>4 CONCLUSÕES.....</b>	<b>98</b>
4.1 EXTENSÕES .....	98
<b>REFERÊNCIAS .....</b>	<b>100</b>
<b>APÊNDICE A – RELAÇÃO DOS COMPONENTES UTILIZADOS.....</b>	<b>103</b>
<b>APÊNDICE B – RELAÇÃO DAS BIBLIOTECAS EXTERNAS UTILIZADAS NO SISTEMA EMBARCADO.....</b>	<b>104</b>
<b>APÊNDICE C – LOGS DE SENSORES DOS VEÍCULOS .....</b>	<b>105</b>

## 1 INTRODUÇÃO

Nos sete primeiros meses de 2016, foram furtados em Santa Catarina 3.164 carros e pick-ups nacionais e importados com seguro, segundo Odega (2016). Conforme os dados da Superintendência de Seguros Privados (SUSEP), só no primeiro semestre de 2016 as seguradoras registraram 118 mil veículos roubados/furtados no Brasil (ODEGA, 2016).

Odega (2016) cita os veículos com mais índices de roubo, são eles:

- a) Chevrolet Celta 1.0 com 6.055 ocorrências de um total de 170.524 veículos segurados;
- b) VW Volkswagen Gol 1.0 com 4.514 ocorrências de 253.594 veículos com seguro;
- c) Fiat Palio 1.0 com 4.127 ocorrências de um total de 219.654 com seguro.

No ano de 2017, o número de roubos a veículos aumentou 20% em Ribeirão Preto no estado de São Paulo. Segundo G1 Ribeirão e Franca (2017, p. 1), “[...] 60 roubos de carros e motocicletas ocorreram durante janeiro de 2017. Ao todo, 50 casos ocorreram durante os primeiros trinta dias de 2016 [...]”.

Além dos furtos, ainda pode-se analisar a quantidade de veículos com falhas nas estradas. Entre janeiro e outubro de 2014, foram registrados pouco mais de meio milhão de veículos que ficaram parados nos mais de 6 mil quilômetros de rodovias do Programa de Concessões Rodoviárias do Estado de São Paulo por apresentarem problemas de manutenção, por exemplo, pneu furado e superaquecimento do motor (SOUZA, 2016). Essa estatística equivale a pouco mais de 83 carros parados por quilômetro nesse período. Uma pesquisa realizada pelo Instituto Scaringella de Trânsito aponta que a falta de manutenção preventiva no automóvel está relacionada com 30% dos acidentes rodoviários e urbanos no Brasil (CZERWONKA, 2016). Ainda segundo o autor, a manutenção preventiva do veículo não só beneficia a segurança no trânsito, bem como ajuda o condutor a economizar. Cuidar do carro antes que alguma peça apresente defeito custa, em média 30% a menos do que fazer somente a checagem de rotina.

Diante desse cenário, Baumgarten (2016) desenvolveu um dispositivo que possibilita o rastreamento veicular por meio de posição geográfica e uma imagem capturada por uma câmera acoplada nesse dispositivo. Paralelamente a Baumgarten (2016), Staroski (2016) desenvolveu um protótipo de software embarcado em uma placa Raspberry Pi para capturar dados da porta On-Board Diagnostic (OBD) de um automóvel e disponibilizá-los em uma página *web*.

Com base nesses argumentos, este trabalho consiste em integrar as principais funcionalidades desenvolvidas por Baumgarten (2016) e o protótipo de Staroski (2016) em uma única plataforma, isso é realizado por meio de um software embarcado em uma placa Raspberry Pi Zero W para capturar a posição geográfica, imagens e os dados de sua porta OBD de um automóvel. Foi desenvolvida uma aplicação *mobile* para disponibilizar os dados do software embarcado.

## 1.1 OBJETIVOS

O objetivo deste trabalho é construir uma aplicação que abrange desenvolver um software embarcado em uma placa Raspberry Pi Zero W para coletar a posição geográfica, imagens de uma câmera e dados da porta OBD de um automóvel, bem como desenvolver um aplicativo *mobile* para capturar as informações desse software embarcado.

Os objetivos específicos são:

- a) integrar a placa Raspberry Pi Zero W com um módulo Global Positioning System (GPS), um adaptador ELM327 Bluetooth e uma câmera;
- b) desenvolver um software embarcado no qual será possível verificar a localização atual do veículo, as últimas localizações, capturar imagens e disponibilizar informações da porta OBD;
- c) desenvolver um aplicativo *mobile* para consultar as informações disponíveis pelo software embarcado;
- d) notificar o usuário sobre falhas no motor retornadas pela porta OBD.

## 1.2 ESTRUTURA

Este trabalho está dividido em quatro capítulos: introdução, fundamentação teórica, desenvolvimento e conclusões. O primeiro capítulo apresenta a introdução e os objetivos do trabalho. O segundo capítulo apresenta a fundamentação teórica, onde são utilizados temas para embasar o projeto, tais como: Internet das Coisas, OBD, Raspberry Pi, trabalhos correlatos e ferramentas atuais. O terceiro capítulo mostra os principais pontos do desenvolvimento do trabalho como: requisitos, especificação, implementação e resultados obtidos. Por último, o quarto capítulo relata as conclusões e sugere extensões para o desenvolvimento de trabalhos futuros.

## 2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Este capítulo tem como objetivo abordar os principais assuntos utilizados para a realização deste trabalho. Eles foram subdivididos em cinco partes, a seção 2.1 apresenta a Internet das Coisas (Internet of Things - IOT). A seção 2.2 expõe os assuntos relacionados a OBD e está subdividida da seguinte maneira:

- a) na seção 2.2.1, é apresentado o OBD na versão 1;
- b) na seção 2.2.2, explica-se o OBD versão 2;
- c) na seção 2.2.3, são expostos os adaptadores ELM327;
- d) na seção 2.2.4, são apresentados os protocolos de comunicação;
- e) na seção 2.2.5, são abordados os serviços de diagnósticos;
- f) na seção 2.2.6, é explicado sobre Diagnostic Trouble Code (DTC).

Na seção 2.3, é apresentada a plataforma Raspberry Pi. A seção 2.4 descreve dois trabalhos correlatos. Por fim, a seção 2.5 expõe duas ferramentas atuais.

### 2.1 INTERNET DAS COISAS

Em meados de 1991, iniciou-se a discussão sobre a conexão de objetos na rede. Nesse período, a conexão Transmission Control Protocol/Internet Protocol (TCP/IP) e a Internet se tornam acessíveis. Com isso, Bill Joy, o cofundador da Sun Microsystems, foi o principal pensador da ideia de conectar várias redes de dispositivos. Por volta de 1999, Kevin Aston do Massachusetts Institute Technology (MIT) propôs o termo Internet das Coisas ou Internet of Things (IOT), após dez anos de estudos e realização de projetos, ele escreveu um artigo chamado “A Coisa da Internet das Coisas” para o RFID Journal. De acordo com Aston, a falta de tempo é um fator que contribui para a necessidade de conectar os dispositivos à Internet (APLICAÇÕES DE AUTOMAÇÃO EM IOT - INTERNET OF THINGS, 2016, p. 3).

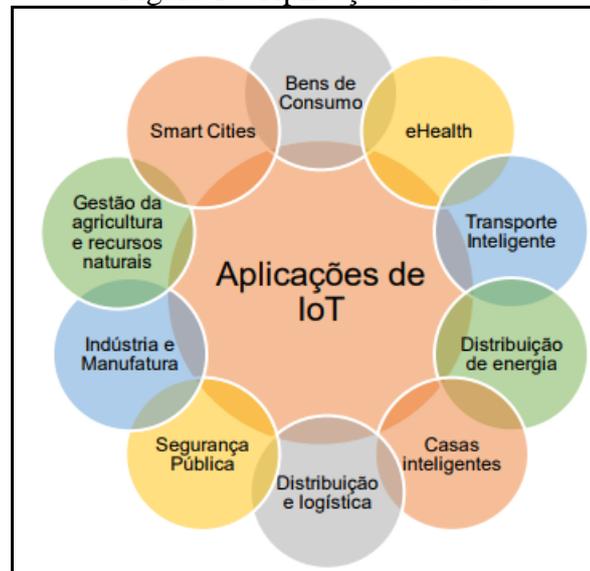
Santos et al. (2016) afirma que a IOT é uma extensão da Internet atual que proporciona para quaisquer tarefas do dia a dia, uma maior capacidade computacional e de comunicação por meio da Internet. A conexão com a rede mundial de computadores viabiliza controlar os objetos remotamente e com isso gerar oportunidades no âmbito acadêmico e industrial. Para Aplicações De Automação Em Iot - Internet Of Things (2016), IOT é um conceito que surgiu com a convergência de tecnologias que envolvem comunicação sem fio, sistemas embarcados e eletromecânicos. Com isso, os principais componentes da rede IOT são:

- a) as próprias coisas, por exemplo: aparelhos eletrônicos, sensores, atuadores, computadores e celulares;

b) redes de comunicação.

As aplicações de IOT são diversas, incluem desde tarefas diárias até a sociedade como um todo (MANCINI, 2017). Dias (2016) afirma que o conceito de IOT transforma o mundo em um *smart world*. Na Figura 1 são ilustradas as diversas aplicações da Internet das Coisas.

Figura 1 – Aplicações de IoT



Fonte: Mancini (2017, p. 6).

Dentro desse cenário, Mancini (2017) explica cada conceito:

- a) bens de consumo: adquiridos pelos consumidores, como *smart TV* e *smartphone*;
- b) eHealth: boa forma, bioeletrônica e cuidados com a saúde;
- c) transporte inteligente: notificação das condições de tráfego, controle inteligente de rotas e monitoramento remoto do veículo;
- d) distribuição de energia: acompanhamento de instalações elétricas e subestações inteligentes;
- e) casas inteligentes: medições remotas de consumo, economia de energia e controle de equipamentos remotamente;
- f) distribuição e logística: *smart e-commerce*, rastreabilidade, gerenciamento na distribuição e inventário;
- g) segurança pública: monitoramento no transporte de cargas perigosas, monitoramento de construções e utilidades públicas;
- h) indústria e manufatura: economia de energia, controle de poluição, segurança na manufatura, ciclo de vida dos produtos, rastreamento e cadeia de abastecimento;
- i) gestão da agricultura e dos recursos naturais: segurança e rastreo de produtos agrícolas, monitoramento ambiental para produção, cultivo e gerenciamento no

processo de produção;

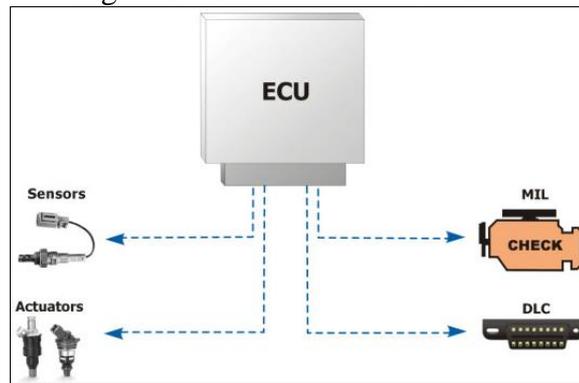
- j) *smart cities*: monitoramento estrutural como vibrações e condições dos materiais em edifícios, pontes e monumentos históricos, iluminação inteligente, monitoramento para prevenção de incêndios, estradas com avisos de desvio, conforme condições climáticas, monitoramento em tempo real de espaços de estacionamento e auxílio na coleta de lixo.

A IOT é um grande desafio em seu nível conceitual e tecnológico, pois são várias tecnologias embutidas num único sistema, além de ter muitos segmentos de mercado com aplicação de Internet Das Coisas, e cada vez surgem mais aplicações (DIAS, 2016). Segundo Mancini (2016), a Internet das Coisas fará parte da estratégia e gestão, diante disso, serão necessários novos modelos empresariais. Ainda segundo a autora, abrem-se assim novas oportunidades para a atuação de gerentes de projetos para implementar essas soluções e lidar com a transformação organizacional, tecnológica e sociocultural.

## 2.2 OBD

Segundo Santos (2016), On-Board Diagnostic (OBD) é um sistema de autodiagnóstico disponível na maioria dos veículos. A ligação ao sistema ocorre por meio de um conector padronizado, que foi sancionado como obrigatório na Europa e nos Estados Unidos a partir de 1996. Um sistema OBD básico consiste em uma Unidade de Controle Eletrônico (Engine Control Unit - ECU) que utiliza a entrada de vários sensores para manipular atuadores como sensores de oxigênio controlando injetores de combustível, esse fim é utilizado para obter um desempenho desejado (OBD SOLUTIONS, 2017). Ainda segundo o autor, a luz conhecida como Malfunction Indicator Lamp (MIL), Luz de Mal Funcionamento, fornece aviso prévio de avaria no veículo ao proprietário. Um veículo moderno suporta centenas de parâmetros que podem ser acessados por intermédio do Diagnostic Link Connector (DLC), usando um dispositivo chamado ferramenta de verificação. Na Figura 2, pode-se visualizar um diagrama do funcionamento de uma ECU.

Figura 2 – Funcionamento da ECU



Fonte: Obd Solutions (2017, p. 1).

Segundo Santos (2016), no Brasil foi sancionado como obrigatório somente a partir de 2010, com o padrão da segunda geração OBD. O autor cita que “A medida tem a finalidade de fiscalizar a emissão de gases poluentes na atmosfera, dado que, alguns países possuem acordos mundiais em que se comprometem com a preservação ambiental, como o protocolo de Kyoto.”.

### 2.2.1 OBD1

O sistema OBD1 teve pouco êxito por causa da falta de padronização entre os fabricantes de veículos (como pode ser observado na Figura 3) e pela falta de informações específicas em cada sistema. As dificuldades técnicas de se obter as informações corretas de todos os tipos de veículos inviabilizaram o plano de inspeções veiculares (MCCORD, 2011).

Segundo Machado e Oliveira (2007), apesar desses fatores de falta de padronização, os sistemas apresentavam os seguintes itens:

- a) sensor de oxigênio;
- b) sistema de EGR;
- c) sistema de combustível;
- d) componentes eletrônicos;
- e) sistemas eletrônicos;
- f) informação de diagnóstico;
- g) códigos de erros.

Figura 3 - Exemplo de falta de padronização de conectores OBD-I



Fonte: Mccord (2011).

### 2.2.2 OBD2

No início dos anos 90, a Society of Automotive Engineers (SAE) e a International Standardization Organization (ISO) emitiram um conjunto de normas que descrevem o intercâmbio de informações entre ECUs e uma ferramenta de diagnóstico (OBD SOLUTIONS, 2017). Ainda segundo o autor, todos os veículos compatíveis com On-Board Diagnostic 2 (OBD2) foram obrigados a utilizar um conector de diagnóstico padrão (SAE J1962) e comunicar por meio de um protocolo padrão.

A diferença da atualização para o OBD2 foi a eliminação do grande defeito do OBD1 que consistia na falta de coerência entre os vários sistemas existentes (MACHADO; OLIVEIRA, 2007). Ainda segundo os autores, houve uma normalização de procedimentos, ou seja, uma standardização no que diz respeito a métodos de conexão e acima de tudo a nível de protocolos. A lista de itens disponíveis para acesso e controle também foi ampliada:

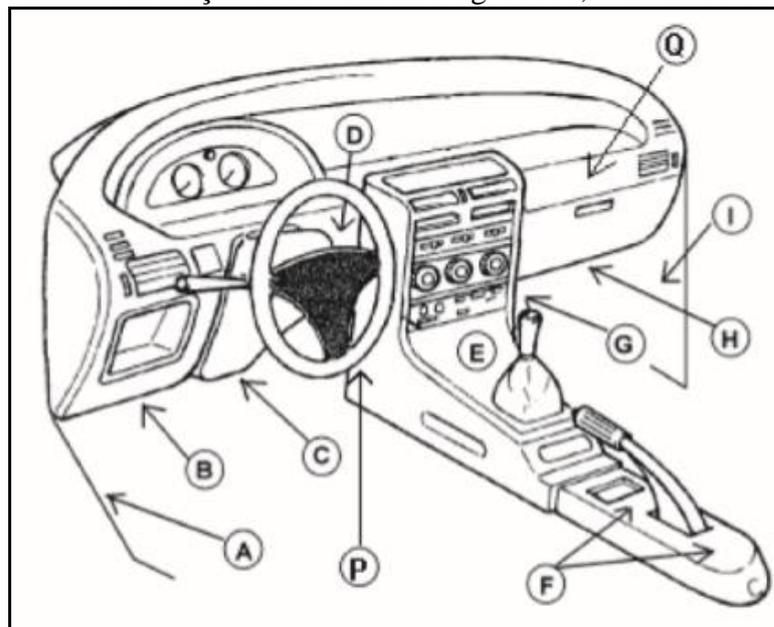
- a) sensor de oxigênio;
- b) sistema de EGR;
- c) sistema de combustível;
- d) componentes eletrônicos;
- e) sistemas eletrônicos;
- f) eficiência de catalisador;
- g) aquecimento de catalisador;

- h) combustão espontânea;
- i) sistema de evaporação;
- j) sistema de ar secundário;
- k) informações de diagnóstico;
- l) códigos de falha;
- m) parâmetros do motor;
- n) memorização de avarias;
- o) standardização de ligações.

Machado e Oliveira (2007) afirmam que com esses itens a ser constantemente analisados, conseguiu-se cada vez mais diminuir a emissão de gases poluentes. Além disso, o conector OBD2 (ilustrado na Figura 5) está localizado perto do console central do carro na maioria dos casos. Na Figura 4, são apresentadas as possíveis localizações da tomada de diagnóstico. Ela deve atender as seguintes especificações:

- a) próxima ao assento do passageiro ou motorista;
- b) próxima ao painel de instrumentos;
- c) distância de 300mm além da ECU;
- d) fácil acesso ao assento do motorista;
- e) entre a coluna de direção e a ECU.

Figura 4 - Localização da tomada de diagnóstico, interior do veículo.

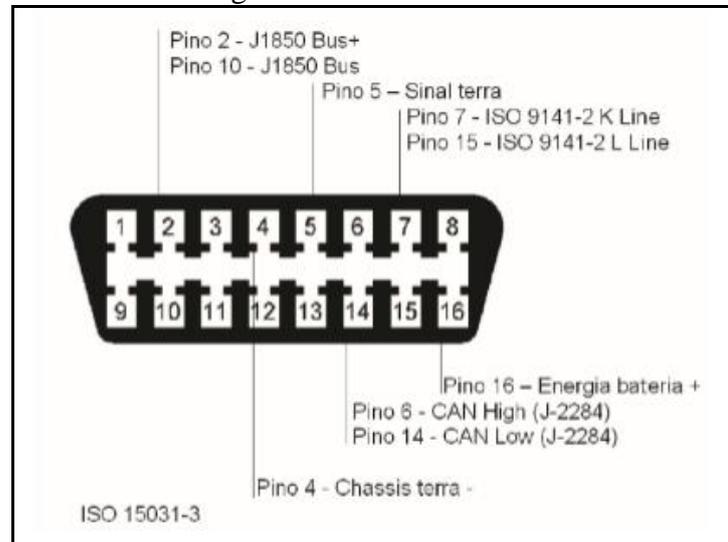


Fonte: Almeida e Farias (2013 p. 36).

Segundo Almeida e Farias (2013), o conector OBD2 possui 16 pinos. Estes, juntamente com seus protocolos de comunicação são ilustrados na Figura 5. Pacheco (2016)

afirma que esse conector precisa estar facilmente acessível a partir do banco do motorista, caso haja alguma tampa ou conector, este deve ser de fácil remoção sem o uso de ferramentas.

Figura 5 - Conector OBD2



Fonte: Almeida e Farias (2013, p. 37).

### 2.2.3 Adaptadores ELM327

Os adaptadores ELM327 são dispositivos utilizados para acessar os dados da porta OBD2 de um veículo (OUTILS OBD FACILE, 2017, p. 1). Eles possuem um circuito integrado (CI) chamado ELM327 que são fabricados pela empresa Elm Electronics (ELM ELECTRONICS, 2017, p. 1). Segundo Almeida e Farias (2013), esse CI é baseado em outros como o ELM320, ELM322 e ELM323. Conforme Figura 6, existem diferentes adaptadores, são eles:

- RS232 (RS ou Série): é utilizado para comunicação serial entre computador e interface OBD2 do veículo. Segundo Outils Obd Facile (2017), esse tipo de saída está deprecando-se de computadores modernos;
- Universal Serial Bus (USB);
- Bluetooth;
- wireless*.

Figura 6 - Diferentes adaptadores ELM 327



Fonte: Santos (2016, p. 26).

Segundo Elm Electronics (2017), na maioria dos veículos, são utilizados os protocolos Controller Area Network (CAN) (ISO 15765-4), porém, o ELM327 foi projetado para suportar todos os protocolos OBD2 padrão. Por ser multiprotocolo, o autor afirma que o CI ELM327 é atualizado desde 2005 e possui quatro versões, que estão ilustradas no Quadro 1.

Quadro 1 - Diferentes versões ELM327

	ELM327 v1.3a	ELM327 v1.4b	ELM327 v2.2	ELM327L V2.2
Voltagem	4.5V até 5.5V	4.5V até 5.5V	4.2V até 5.5V	2.0V até 5.5V
Modo Low Power (sleep)	Não	Sim	Sim	Sim
configurações Retained on Wake	–	Não	Sim	Sim
RS232 Transmit Buffer Bytes	256	256	512	2048
Comandos AT	93	115	128	128
Verificação de frequência da CAN	Não	Não	Sim	Sim
Suporte de resposta pendente (7F)	Não	Não	Sim	Sim

Fonte: Elm Electronics (2017, p. 1, tradução nossa).

Segundo Almeida e Farias (2013), para tornar o circuito integrado funcional, é necessária uma configuração prévia dependendo do dispositivo utilizado, por exemplo, se utilizar o adaptador Bluetooth, requer pará-lo com o Sistema Operacional (SO). Após a configuração, é possível utilizar comunicação serial por intermédio de um computador ou smartphone, no caso do sistema operacional Windows, podem-se utilizar softwares como:

Putty, ZTerm e Tera Term. No sistema operacional Android, podem-se utilizar aplicativos, como: Serial USB Terminal e UsbTerminal.

Almeida e Farias (2013) afirmam que após estabelecer uma conexão serial com o adaptador, o ELM327 envia uma mensagem informando a versão do circuito integrado. Além disso, ele envia um caractere “>” indicando que está pronto para receber um comando. Ainda, segundo os autores, os comandos podem ser de dois tipos:

- a) comandos internos: são destinados para utilização interna do circuito ELM327 e começam com os caracteres “AT”;
- b) comandos para barramento: utilizados no barramento OBD2 e conterem apenas códigos ASCII para dígitos hexadecimais (de 0 a F).

As mensagens que não são compreendidas pelo ELM327 respondem com um ponto de interrogação “?”. Porém, segundo Almeida e Farias (2013), isso não significa que a mensagem foi desentendida, pode ser que a ela não seja suportada pelo circuito. Além disso, caracteres maiúsculos e minúsculos não são distinguidos, bem como são ignorados caracteres de espaços e todos os caracteres de controle (tab, enter, etc).

#### 2.2.4 Protocolos de comunicação

Cada protocolo de comunicação possui características específicas (tempo de resposta, banda, redundância, detecção de erros, arquitetura de redes e software de programação), sendo normal encontrar mais de um barramento implantado em um veículo (ALMEIDA; FARIAS, 2013, p. 51). Com isso, os autores afirmam que em 1994 a Sociedade dos Engenheiros Automotivos dos Estados Unidos (Society for Automotive Engineers - SAE) definiu uma classificação para os protocolos de comunicação automotiva. Essa classificação é baseada na velocidade de transmissão de dados e na função que são distribuídas pela rede.

Segundo Bastos (2012), o conector OBD2 disponibiliza cinco protocolos automotivos, são eles:

- a) SAE J1850 PWM: possui a taxa de transferência de 41.6 Kbps, utiliza 2 pinos do conector OBD2 e o tamanho da sua mensagem é de 12 bytes (padrão utilizado pela Ford Motors);
- b) SAE J1850 VPW: possui um único fio de conexão, por isso é considerado de baixo custo. Taxa de transferência de 10.4 Kbps e tamanho para mensagens de 12 bytes (utilizado pela General Motors – GM –, com o nome de GM Class 2);
- c) ISO 1941-2: a comunicação é assíncrona Universal Asynchronous Receiver/Transmitter (UART), taxa de transmissão 10.4 Kbps e mensagem de 5 a

- 11 bytes (protocolo utilizado pela Crysler, fabricantes europeus e asiáticos);
- d) ISO 14230: popularmente chamado de Keyword 2000 (KW2000), é apenas um link de diagnóstico e não pode ser utilizado para transmitir mensagens. Foi bastante utilizado antes mesmo da OBD2 por fabricantes como Bosh, Opel e outros fabricantes europeus, que pressionavam órgãos regulamentadores para viabilizar a utilização desse link. Sua liberação ocorreu na década de 90, e só foi aprovada por ter o protocolo e os requerimentos de *hardware* quase idênticos à ISO 1941-2. Este protocolo possui a velocidade entre 1.2 e 10.4 Kbps e suas mensagens podem conter até 255 bytes;
- e) ISO 15765: mais conhecido como Controller Area Network (CAN), foi desenvolvido pela Bosh, sua comunicação é serial e sua velocidade é de 500 Kbps. O padrão ISO 15765-4 determina os requisitos para a aplicação OBD.

### 2.2.5 Serviços de diagnóstico

Os serviços de diagnóstico de um sistema OBD2 são organizados por modos de operação e códigos de parâmetros (PIDs) (SANTOS, 2016, p.19). O padrão OBD2 regulamenta um conjunto de PIDs e modos de operação, sendo que alguns deles são de implementação obrigatória pelo fabricante, especialmente os que são relacionados à emissão de gases poluentes. Alguns PIDs possuem implementação opcional que o fabricante opta ou não por disponibilizar de acordo com a sua necessidade.

Segundo Almeida e Farias (2013), existem dez serviços disponíveis, de modo que cada veículo ou ECU deverá implementar seus serviços de acordo com a sua legislação. Santos (2016) afirma que cada serviço é um valor hexadecimal de dois dígitos, que deve estar entre 0x01 e 0x0A. Cada operação pode ter até 256 PIDs, que também são representados por um número hexadecimal de dois dígitos.

Existe também o serviço 0x00, que é reservado à aderência do veículo ao padrão OBD, ou seja, a resposta retornada por ele é um vetor de bits em que cada valor binário indica se o PID correspondente é suportado ou não pela ECU (SANTOS, 2016, p. 19). Os serviços 0x01 à 0x0A são descritos abaixo:

- a) serviço 0x01: Bastos (2012) relata que esse serviço permite o acesso às informações de dados relacionados ao *powertrain*, dentre eles sinais de entrada/saída analógicas e digitais, além de informações do sistema. Alguns exemplos de PIDs suportados por esse serviço são:
- PID 05: temperatura do fluido de arrefecimento (°C),

- PID 00: velocidade do veículo (km/h),
  - PID 11: posição da borboleta;
- b) serviço 0x02: exibe dados do *Freeze Frame*, ou seja, no momento que acontece uma falha esses dados são “congelados” e armazenados nesse serviço. O PID 02 desse serviço indica o código de erro (Diagnostic Trouble Code - DTC) que causou o *Freeze Frame*;
- c) serviço 0x03: lista os DTCs confirmados que impactam emissões, esse serviço permite à ferramenta de *scanner* listar todos os DTCs de cinco dígitos que estão presentes no momento ou que já iluminaram a lâmpada de mal funcionamento (MIL) recentemente;
- d) serviço 0x04: segundo Bastos (2012), esse serviço permite que a ferramenta de *scanner* possa comandar a ECU para limpar as informações de diagnóstico, incluindo os DTCs armazenados, dados de *Freeze Frame* e distância que ocorreu a falha. Esse serviço também reinicia todos os contadores de diagnóstico e retira as ações de degradação do sistema. Ele só deverá funcionar com a ignição ligada e motor desligado, sendo aplicado a todos os controladores ECUs;
- e) serviço 0x05: requisita resultados de teste de sensor de oxigênio, esse serviço não é suportado pela CAN e sua funcionalidade está implementada no serviço 0x06;
- f) serviço 0x06: Bastos (2012) afirma que esse serviço informa testes de monitoramento para componentes e sistemas específicos que são constantemente monitorados (ex: *misfire* ou falha de combustão). O resultado é exibir o último valor vigente do teste e também os limites máximo e mínimo;
- g) serviço 0x07: corresponde aos códigos DTCs pendentes de acender a lâmpada de mal funcionamento MIL no ciclo de condução vigente e anterior. Segundo Bastos (2012), esse serviço é independente do serviço 0x03, porém, com o mesmo formato. O seu principal objetivo é auxiliar o técnico a verificar problemas em componentes durante o reparo deles após suas substituições, bem como na limpeza das informações de diagnóstico com o serviço 0x04.
- h) serviço 0x08: Segundo Santos (2016), esse serviço é bidirecional, ou seja, com ele é possível ler, alterar parâmetros de operação e também é possível testar diferentes hipóteses para identificar a causa do problema. Esse serviço deve ser utilizado com cuidado, pois pode causar avarias ao veículo. Santos (2016) também afirma que, através desse módulo, é possível alterar a potência do motor em alguns cavalos de força apenas por meio de reprogramação da ECU;

- i) serviço 0x09: permite obter informações sobre o software instalado na ECU. É mais utilizado para consultar o Vehicle Identification Number (VIN), que é o código identificador único para carros e caminhões. Também serve para identificar a versão do software que está instalado e esse serviço permite obter relatórios sobre sistema catalizador, sensor de oxigênio, vazamento no sistema de evaporação, controle de pressão, contadores de eventos como o número de ignição e testes de autodiagnóstico (SANTOS, 2016, p. 21);
- j) serviço 0x0A: por fim, esse módulo ou serviço refere-se à lista de todos os erros gerados cada vez que a luz MIL foi acesa ou uma indicação de falha foi ativada. Diferente do serviço 0x03 e 0x07, ele não pode ser apagado nem mesmo com a desconexão da alimentação da ECU. Isso se dá pelo fato de manter um histórico de anomalias do veículo e evita que o condutor ou técnico apague esses erros.

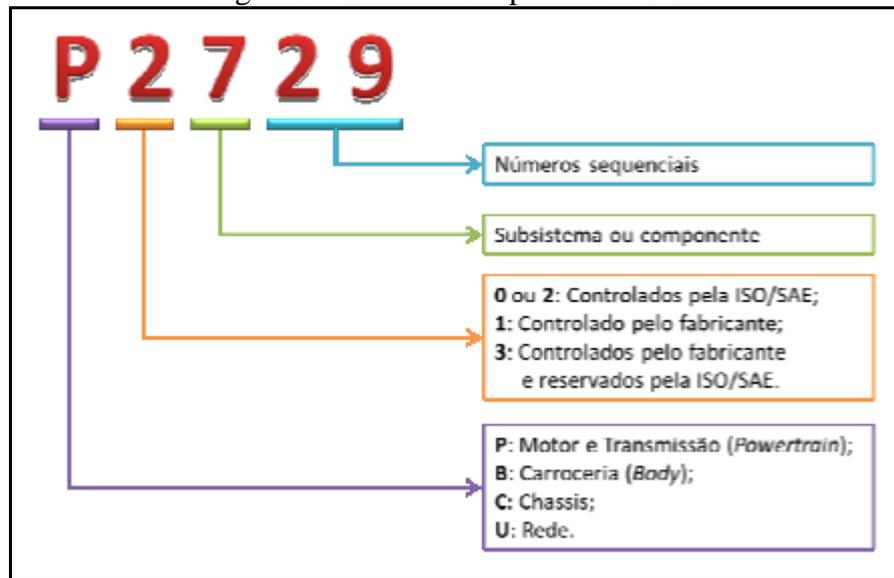
#### 2.2.6 Diagnostic Trouble Code (DTC)

Diagnostic Trouble Code (DTC) é o código de erro retornado e armazenado pelo sistema OBD2 quando ocorre algum problema no ECU. Segundo Almeida e Farias (2013), para identificar falhas no sistema OBD2, são executados testes no circuito de todos os sensores e monitores procurando por possíveis curtos circuitos, circuitos abertos, plausibilidade do sinal e também é processada a ECU (codificação, memória etc.). Se uma falha for detectada por algum dos testes, o código de defeito (DTC) é armazenado e caso a falha for relacionada com emissão de poluentes, a luz MIL será acionada. Almeida e Farias (2013) relatam que o DTC não é necessariamente a causa do defeito, mas sim, isola a falha para uma área funcional específica do veículo.

Segundo Almeida e Farias (2013), para que o sistema de diagnose detecte a necessidade de gerar um código de falha, a informação deve ser pertinente por até 10 ciclos de motor. A fim de interpretar que essa falha foi sanada, é necessário que esse código não esteja presente por no mínimo 40 ciclos de motor. Com intuito de apagar a MIL são necessários apenas três ciclos. Cada ciclo de motor é equivalente a ligá-lo, aquecê-lo, percorrer uma distância pré-determinada e verificar todos os sensores.

Os códigos de falhas DTC são formados por 2 bytes ou 16 bits e seguem um padrão explicados na Figura 7. Esse padrão segue uma nomenclatura conforme norma SAE J2012 (BASTOS, 2012, p. 30).

Figura 7 - Estrutura do padrão de DTC



Fonte: Bastos (2012, p. 30).

Segundo Almeida e Farias (2013), o primeiro caractere (uma letra) refere-se ao sistema que a falha pertence (conforme Quadro 2).

Quadro 2 - Primeiro caractere do código de falha.

Letra	Valor Binário	Significado
P	00	Motor ( <i>Powertrain</i> )
C	01	Chassi ( <i>Chassis</i> )
B	10	Corpo ( <i>Body</i> )
U	11	Rede ( <i>Network</i> )

Fonte: Almeida e Farias (2013, p. 38).

O primeiro dígito após o caractere (número de 0 a 3) é a entidade responsável pela criação do código. Por intermédio dele, é possível verificar se pertence a algum fabricante específico ou comum para todos os fabricantes (ALMEIDA; FARIAS, 2013). Os possíveis valores estão ilustrados no Quadro 3.

Quadro 3 - Primeiro valor numérico do código de falhas (segundo caractere)

Valor	Entidade Responsável
0	ISO/SAE
1	Fabricante
2	ISO/SAE
3	ISO/SAE, reservado e Fabricante

Fonte: Almeida e Farias (2013, p. 37).

O terceiro caractere refere-se a um subgrupo de funções do veículo. No Quadro 4, são apresentados os valores do terceiro dígito. O quarto e quinto dígito são falhas específicas do subgrupo identificado.

Quadro 4 - Terceiro dígito do código de falhas

Valor	Descrição
0	Sistema eletrônico completo
1	Controle Ar / Combustível
2	Controle Ar / Combustível; Circuito de injeção
3	Sistema de ignição
4	Controle auxiliar de emissões
5	Controle de velocidade do veículo e rotação em marcha lenta
6	Circuito de entrada e saída da central eletrônica
7	Transmissão
8	Transmissão

Fonte: Almeida e Farias (2013, p. 37).

Se a comunicação for feita por meio de protocolo serial, o valor do DTC é apresentado em hexadecimal e precisa ser decodificado para o código correspondente. O Quadro 5 ilustra um exemplo para a decodificação do código C0123 para hexadecimal e binário.

Quadro 5 - Exemplo de decodificação DTC

Unidade	Valores															
	C			0			1			2			3			
Código DTC	C	0	1	2	3											
Binário	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	1	1
Hexadecimal	4			1			2			3						

Fonte: elaborado pelo autor.

### 2.3 RASPBERRY PI

Raspberry Pi é um computador do tamanho de um cartão de crédito que se conecta a um monitor ou uma TV, usa um teclado e mouse padrão e foi desenvolvido no Reino Unido pela Fundação Raspberry Pi. Todo o hardware é integrado a uma única placa, a Figura 8 demonstra a comparação de tamanho entre dois modelos de placas Raspberry Pi. O principal objetivo é promover o ensino da ciência da computação básica em escolas (RASPBERRY PI FOUNDATION, 2017, p. 1). Ainda segundo o autor, existem vários modelos disponíveis com as mais diversas configurações, o Quadro 6 cita as principais diferenças e especificações entre elas.

Quadro 6 - Comparativo entre os modelos Raspberry Pi

Características Modelos	Velocidade	RAM	Portas USB	Ethernet	Wireless e Bluetooth	Preço
Raspberry Pi Model A+	700Mhz	512MB	1	Não	Não	\$20
Raspberry Pi Model B+	700Mhz	512MB	4	Sim	Não	\$25
Raspberry Pi 2 Model B	900Mhz	1GB	4	Sim	Não	\$35
Raspberry Pi 3 Model B	1200Mhz	1GB	4	Sim	Sim	\$35
Raspberry Pi Zero	1000Mhz	512MB	1	Não	Não	\$5
Raspberry Pi Zero W	1000Mhz	512MB	1	Não	Sim	\$10

Fonte: adaptado de Raspberry Pi Fondation (2017, p. 1).

O modelo A+ é a variante de baixo custo, possuindo 512 Megabytes (MB) de Random Access Memory (RAM) e 700 Mega-hertz (Mhz) de processamento sem nenhuma conexão *wireless*, Bluetooth e Ethernet. Já a placa modelo B+ é a adaptação dela e por um preço razoável já vem com porta Ethernet (RASPBerry PI FONDATION, 2017, p. 1).

Segundo Raspberry Pi Foundation (2017), em fevereiro de 2015 o modelo B+ foi substituído pelo Pi 2 Model B, que contém um processador *quad-core* ARM Cortex-A7 Central Processing Unit (CPU) de 900Mhz de processamento e 1 Giga-byte (GB) de memória RAM. E o modelo Pi 3 Model B foi lançado um ano após, em fevereiro de 2016, utilizando um processador ARM Cortex-A53 de 1.2 Giga-hertz (GHz), integrando *wireless*, Ethernet e Bluetooth versão 4.1. Na Figura 8, essa placa é a de maior tamanho, esse modelo é o mais utilizado e recomendado para uso em escolas devido à sua flexibilidade para o aluno (RASPBerry PI FONDATION, 2017, p. 1).

Figura 8 - Comparação entre Pi 3 e Zero W



Fonte: Null Byte (2017, p. 1).

Conforme a Figura 8, os modelos Raspberry Pi Zero e Zero W são a metade do tamanho de um modelo Pi 3, com um único núcleo de 1 GHz, 512 MB de RAM, porta mini High-Definition Multimedia Interface (HDMI) e USB. Além disso ele integrou *wireless* 802.11n e Bluetooth na placa com a versão Pi Zero W (RASPBERRY PI FONDATION, 2017, p. 1).

## 2.4 TRABALHOS CORRELATOS

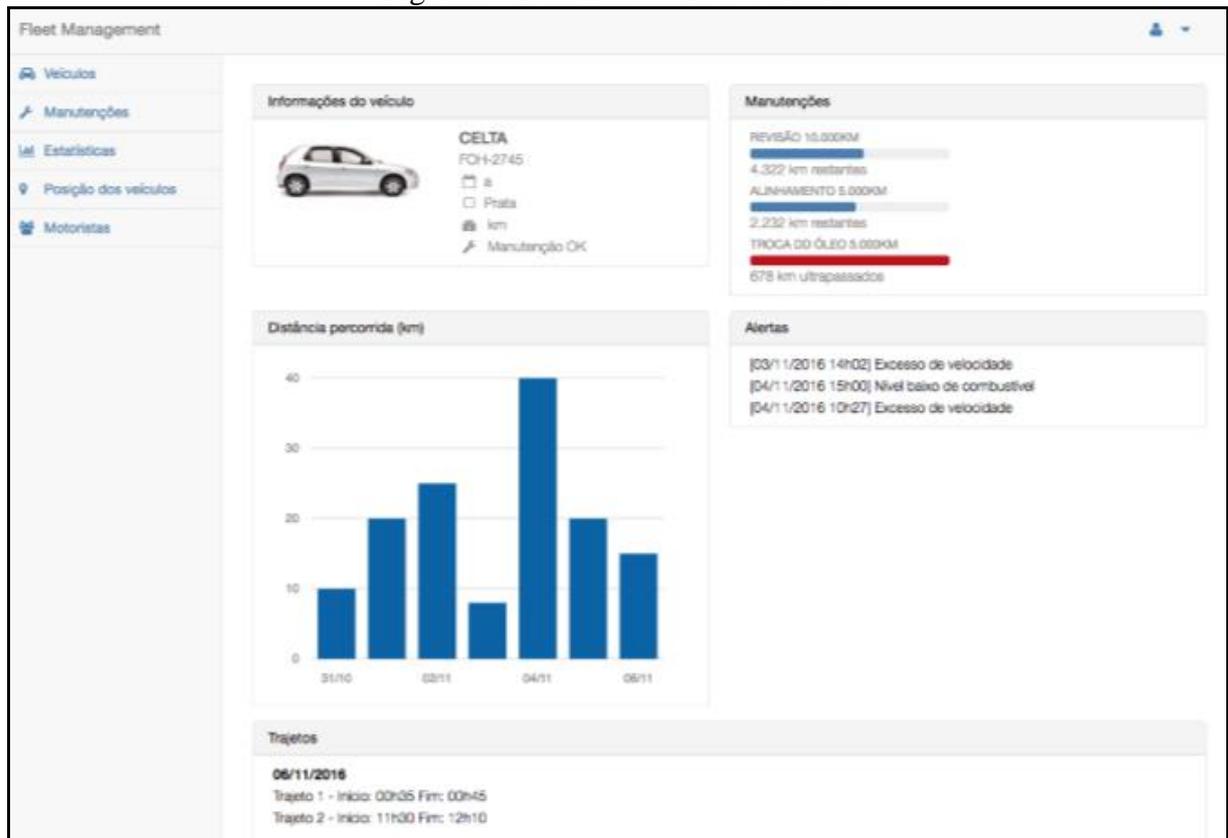
São apresentados dois trabalhos correlatos que possuem características semelhantes a esse desenvolvido. O primeiro, na seção 2.4.1, apresenta uma solução para gestão de frotas denominado Gestão de uma Frota de Veículos Utilizando Sistemas Embarcados desenvolvido por Pacheco (2016). Por fim, a seção 2.4.2 trata de uma aplicação chamada Sistema de Localização de Veículos Para Smartphone Android produzida por Pina (2015).

### 2.4.1 Gestão de frota de veículos

Segundo Pacheco (2016), o objetivo do trabalho é o desenvolvimento de um sistema embarcado para o monitoramento de veículos integrado a uma plataforma web para o gerenciamento de frota de veículos. Foi desenvolvido um sistema embarcado construído para uma placa Raspberry Pi, um adaptador OBD e um módulo GPS. A placa Raspberry Pi é um computador que utiliza o sistema operacional Linux que ocupa o papel central do sistema. Através dela, é possível coletar os dados do adaptador OBD e do módulo GPS. Além disso, ela transmite os dados ao servidor que hospeda uma plataforma web.

Pacheco (2016) desenvolveu um sistema embarcado tal que, dentro do contexto de gestão de frotas, pudesse coletar informações através da porta OBD como: velocidade do veículo, rotação do motor, carga do motor, distância percorrida e posição geográfica. Essas informações são coletadas para analisar como o veículo é conduzido (conforme exemplo, Figura 9). O monitoramento pode indicar se os limites de velocidade são respeitados e se há acelerações e frenagens bruscas. Valores de rotação muito elevados também seriam detectados. A carga do motor está associada ao consumo de combustível. A distância percorrida para o agendamento sem a necessidade de consultar o odômetro. A Figura 9 mostra na parte de manutenções essas informações prévias de quilometragem para manutenção, troca de óleo e alinhamento do veículo. Por fim, utiliza a posição geográfica para registrar os trajetos realizados.

Figura 9 - Detalhes Sobre o Veículo



Fonte: Pacheco (2016, p. 70).

Esses dados são coletados e armazenados no cartão de memória da placa Raspberry Pi. Para isso, foi considerado um intervalo de amostragem dessa coleta. Após a coleta dos dados, eles são enviados a um servidor que hospeda a plataforma de gestão de frotas. O envio de dados é feito por meio de uma conexão Wi-Fi no momento que o veículo retorna à garagem.

Pacheco (2016) utilizou a linguagem de programação Python orientado a objetos. Ele cita que Python é uma linguagem de programação que tem uma quantidade considerável de bibliotecas disponíveis e podem ser desenvolvidas aplicações, tais como: aplicações *web*, cálculo científico e numérico, gráficos, Machine Learning, Data Science, visualização de dados, interfaces gráficas, entre outras. Foram utilizadas neste trabalho bibliotecas que permitissem a criação de *threads*, o acesso ao banco de dados SQLite, o uso de expressões regulares e o *back-end* de um servidor. Para o banco de dados, foi utilizado o SQLite por ser possível executar comandos SQL, salvar e fazer alterações em registros.

Para comandar o sistema embarcado, foi escolhida a placa Raspberry Pi 3 Model B, a qual funciona com o sistema operacional Linux. Possui Bluetooth e uma porta serial, podendo assim, comunicar-se com o adaptador OBD e com o módulo GPS.

O adaptador OBD é o dispositivo utilizado para a comunicação com o computador de bordo do carro e é instalado diretamente na porta OBD do veículo. A troca de dados entre a

Raspberry Pi é realizada através de Bluetooth. O adaptador utilizado é baseado no circuito integrado ELM327. O ELM327 é um interpretador multiprotocolo projetado para funcionar com todos os protocolos automotivos de veículos previstos na especificação OBD2. Esse dispositivo custa aproximadamente R\$ 30,00. Foi utilizado também o módulo GPS GY-NEO6VM2 para determinar a posição dos veículos, utilizando a porta serial para fazer a comunicação dele com a placa Raspberry Pi.

Pacheco (2016) cita que a solução mostrou-se eficiente na coleta de dados, pois irá trabalhar com informações atualizadas, lidas direto dos sensores do veículo, bem como elimina a necessidade da leitura constante do odômetro do veículo. O esforço das empresas que possuem um número elevado de veículos diminui pelo fato de o sistema executar a leitura dos sensores, além de melhor capacidade de detecção para manutenção da frota (PACHECO, 2016).

Pacheco (2016) sugere que sejam implementadas soluções para veículos pesados, pois a solução desenvolvida por ele abrange somente veículos de passeio, em razão de a interface do sistema OBD ser diferente da implementada por ele. O autor destaca a necessidade da portabilidade da plataforma web para um sistema *mobile*. Sugere-se também uma redução de custo da placa, utilizando em vez da placa Raspberry Pi 3 (que custa 35 dólares americanos aproximadamente), uma placa Raspberry Pi Zero (ao custo de 5 dólares americanos) que atende a especificação e ainda consome menos energia.

#### 2.4.2 Localização de veículos para Android

Pina (2015) cita que o trabalho consiste no desenvolvimento de um sistema de localização de veículos para smartphone Android. Para isso, foram desenvolvidas duas aplicações: uma aplicação de localização Android e uma aplicação web para monitoramento.

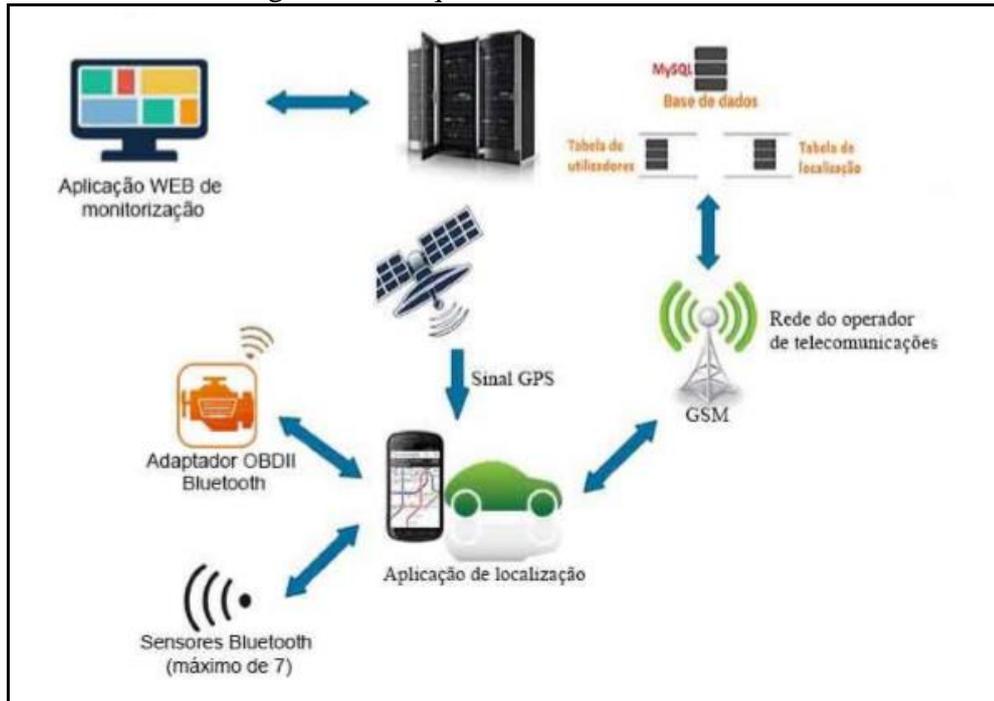
A aplicação de localização permite capturar dados de localização de GPS e estabelecer uma rede *piconet* Bluetooth, admitindo assim uma comunicação com uma unidade de controle do carro valendo-se de um adaptador OBD2 e com até sete sensores/dispositivos Bluetooth que podem ser instalados no veículo. Os dados adquiridos pela aplicação Android são enviados periodicamente para um servidor web.

A aplicação web desenvolvida por Pina (2015), permite ao gestor da frota, efetuar o monitoramento dos veículos em circulação registrados no sistema. É possível visualizar a posição geográfica dos veículos em um mapa, bem como, os dados do carro e sensores/dispositivos Bluetooth para cada localização enviada pela aplicação Android.

A Figura 10 exemplifica a arquitetura geral do sistema desenvolvido por Pina (2015), ele idealiza o sistema em quatro principais componentes:

- a) aplicação Android de localização;
- b) aplicação web de monitoramento;
- c) adaptadores OBD2/Bluetooth;
- d) dispositivos/sensores Bluetooth.

Figura 10 - Arquitetura Geral do Sistema

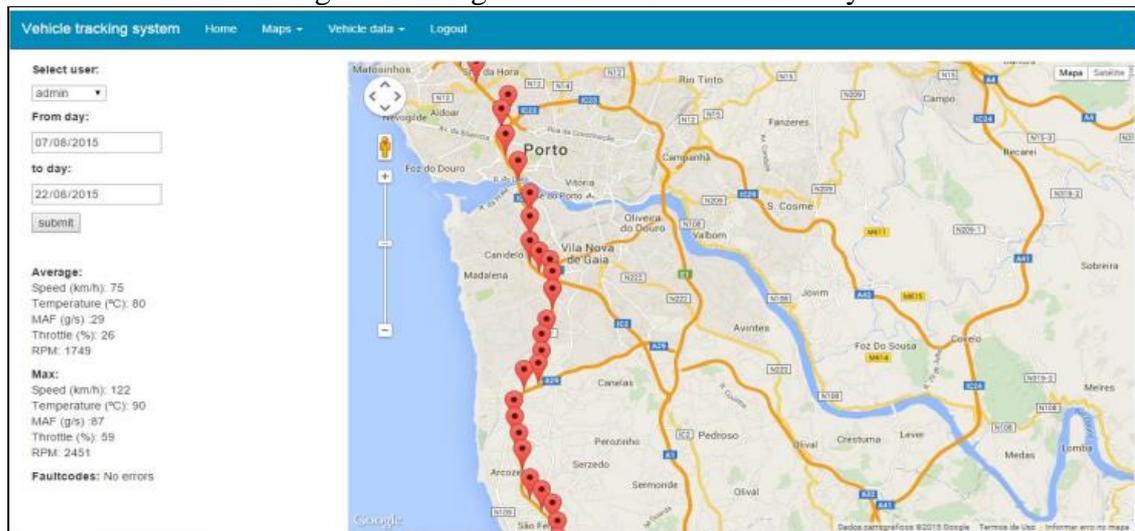


Fonte: Pina (2015, p. 79).

A aplicação Android desenvolvida é responsável por gerir a comunicação com o adaptador OBD2/Bluetooth, possíveis sensores Bluetooth adicionais, posição geográfica e transmitir esses dados para o servidor web. Para essa aplicação, utilizou-se JAVA com Android e para a persistência de dados no aparelho, utilizou-se o banco de dados SQLite.

Já a aplicação web foi desenvolvida para verificar onde está localizado veículo geograficamente e as informações capturadas das portas OBD2 e sensores Bluetooth. Na Figura 11, pode-se observar a funcionalidade de visualizar as informações geográficas em um mapa. Essa aplicação web foi desenvolvida utilizando a tecnologia Personal Home Pages (PHP) juntamente com o banco de dados MySQL para persistência.

Figura 11 - Página Vehicle Location History



Fonte: Pina (2015, p. 115).

Pina (2015) conclui que o sistema desenvolvido é completamente funcional e teve alguma complexidade com o desenvolvimento na plataforma Android, mas que possui uma documentação completa. O autor cita também que teve facilidade em integrar os dispositivos devido à simplicidade de instalação e portabilidade. A possibilidade de interação com o adaptador OBD2 Bluetooth e com até sete dispositivos simultaneamente torna o sistema extremamente versátil, e que pode ser utilizado para inúmeras aplicações, até mesmo fora do contexto de veículos como foi apresentado.

Pina (2015) relata que uma das desvantagens foi a fragilidade do adaptador OBD2/Bluetooth, ele sugere que seja utilizado outro adaptador com maior qualidade. O sistema pode aumentar a quantidade de funcionalidades disponíveis, tais como: a leitura de mais parâmetros da porta OBD2, melhoras no layout da aplicação e também um sistema de mensagens entre gestor e utilizador da aplicação.

## 2.5 FERRAMENTAS ATUAIS

Nesta seção serão apresentados dois trabalhos, ambos desenvolvidos pelo curso de Ciência da Computação na Universidade Regional de Blumenau. A seção 2.5.1 trata de um trabalho denominado Findcar, desenvolvido por Baumgarten (2016). Por fim, a seção 2.5.2 apresenta o trabalho OBD-JRP, desenvolvido por Staroski (2016).

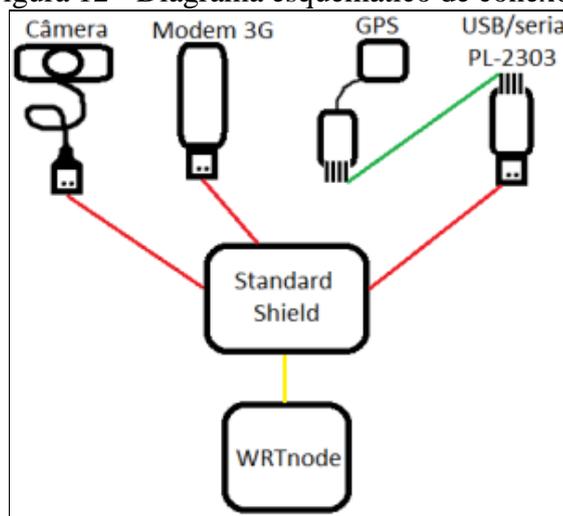
### 2.5.1 FINDCAR

Baumgarten (2016) desenvolveu um dispositivo que possibilita o rastreamento veicular através da posição geográfica e uma imagem capturada por meio de uma câmera acoplada nesse dispositivo. Os objetivos cumpridos no trabalho foram:

- a) realizar a integração do OpenWRT com: um modem 3rd Generation (3G), um módulo Global Positioning System (GPS) e uma câmera;
- b) desenvolver uma plataforma web para verificar a localização atual, últimas localizações do veículo, capturar imagens e configurar o envio de notificações por e-mail;
- c) tornar o rastreador o próprio servidor onde a aplicação é executada.

Para esse rastreador veicular, Baumgarten (2016) utilizou uma placa WRTnode de modelo MT7620 com OpenWRT, que é uma distribuição customizável do Linux para sistemas embarcados. Utilizou também um módulo de GPS Ublox GY-NEO6MV2 para capturar a posição geográfica e uma webcam Logitech C270 para obter as imagens do veículo. Todas as informações são disponibilizadas por intermédio de um modem 3G/4G Huawei E3272. O esquema de conexões pode ser observado na Figura 12.

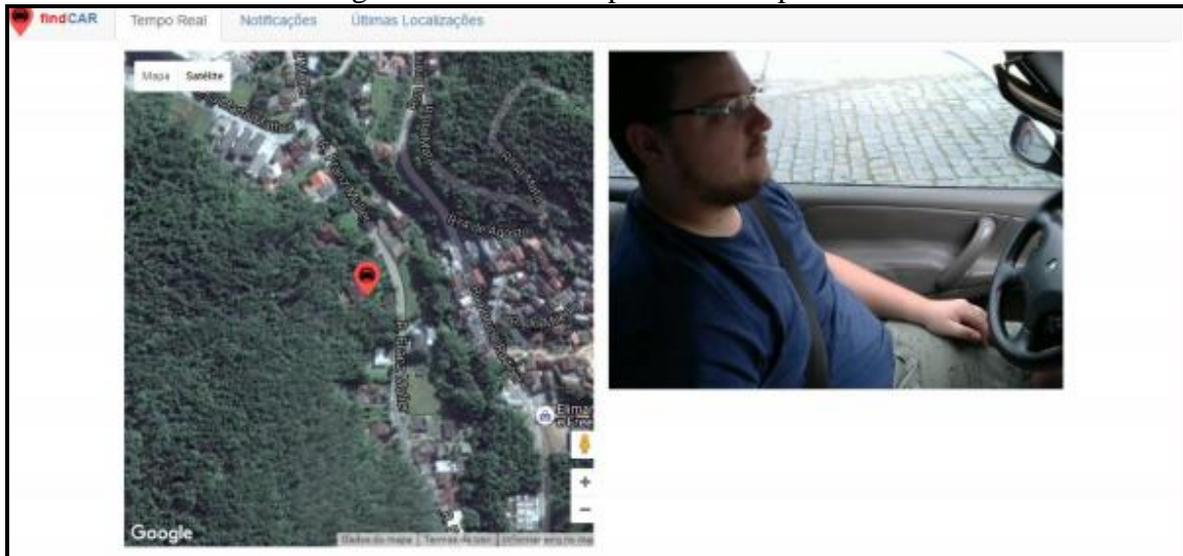
Figura 12 - Diagrama esquemático de conexões



Fonte: Baumgarten (2016, p. 26).

Para desenvolver a aplicação web, Baumgarten (2016) utilizou para interface gráfica HTML5, CSS3 e Bootstrap3. Com relação à comunicação com o servidor, foi utilizado PHP e a persistência de dados foi feita servindo-se do banco de dados MySQL. Utilizou também Google Maps Javascript Api para mostrar as coordenadas capturadas pelo GPS no mapa, conforme Figura 13.

Figura 13 - Tela de captura em tempo real



Fonte: Baumgarten (2016, p. 39).

Baumgarten (2016) ressalta que os objetivos do trabalho foram atingidos adequadamente. O uso da linguagem PHP supriu as necessidades do sistema. Ele enfatiza o uso do banco de dados MySQL que foi facilmente integrado e manipulado com o OpenWRT.

### 2.5.2 OBD-JRP

Staroski (2016) desenvolveu um protótipo de software embarcado em uma placa Raspberry Pi. Essa placa foi utilizada para capturar dados da porta OBD de um veículo e disponibilizá-los em uma página web. Ele enumerou e concluiu alguns objetivos específicos que foram atendidos, são eles:

- a) desenvolver o firmware, que irá monitorar a porta OBD2 do carro, coletar dados e os enviar para um servidor;
- b) desenvolver o software servidor, que irá receber os dados coletados pelo firmware e armazená-los;
- c) desenvolver uma página web para consultar o histórico dos dados.

Para a elaboração do trabalho, Staroski (2016) utilizou o ambiente de desenvolvimento Java com a biblioteca BlueCove para realizar a comunicação com a interface ELM327 Bluetooth. No desenvolvimento do servidor, foi utilizada a biblioteca Google Charts para criar gráficos com a linguagem Javascript. Foi utilizada a placa Raspberry Pi 3 Model B com o sistema operacional Raspian GNU/Linux 8, que é disponibilizado com a versão 1.8 do Java. Os dispositivos citados e utilizados podem ser visualizados na Figura 14. Além desses dispositivos, para concluir a comunicação com o servidor, foi utilizado um modem 3G/4rd Generation (4G) da marca Huawei.

Figura 14 - Instalação no Volkswagen SpaceFox 2009



Fonte: Staroski (2016, p. 73).

Segundo o autor, a aplicação foi testada em três veículos, sendo eles: GM Corsa Sedan 2003, Volkswagen Gol 2010 e um Volkswagen SpaceFox 2009. Todos possuíam o conector OBD2, entretanto, o Corsa Sedan 2003 não implementava nenhum protocolo OBD2 apesar de possuir a porta. O protótipo atendeu os objetivos propostos e o Raspberry Pi atendeu as exigências computacionais desenvolvidas.

### 3 DESENVOLVIMENTO DA APLICAÇÃO

Este capítulo aborda os aspectos referentes à construção da aplicação. Na seção 3.1, é exposta a especificação da aplicação por meio de requisitos e diagramas. A seção 3.2 aborda os detalhes da implementação como a construção do hardware, simuladores e os principais trechos de código-fonte. Por fim, a seção 3.3 faz uma análise dos resultados.

#### 3.1 ESPECIFICAÇÃO

Inicialmente são apresentados os Requisitos Funcionais (RF), Requisitos Não Funcionais (RNF) e sua rastreabilidade com cada caso de uso. Em seguida é exposto o diagrama de casos de uso, também é apresentado diagramas sobre a arquitetura de hardware, e por fim diagramas de atividades. Todos os diagramas Unified Modeling Language (UML) foram construídos utilizando a ferramenta on-line Draw.io. O diagrama para esquema de componentes eletrônicos utilizou a ferramenta online denominada Scheme-It para o seu desenvolvimento.

##### 3.1.1 Requisitos

O Quadro 7 apresenta os principais Requisitos Funcionais (RF) da aplicação e sua respectiva rastreabilidade com cada caso de uso correspondente.

Quadro 7 - Requisitos funcionais da aplicação e rastreabilidade

Requisitos funcionais	Caso de uso
RF01: permitir que o servidor embarcado seja iniciado automaticamente ao ligar a placa Raspberry Pi W Zero	UC01
RF02: permitir ao usuário fazer a configuração de e-mail, telefone e notificações	UC02
RF03: permitir que o usuário capture imagens em tempo real do interior do veículo	UC03
RF04: disponibilizar informações da posição geográfica do veículo	UC04
RF05: disponibilizar dados de sensores do automóvel por meio da porta OBD2	UC05
RF06: disponibilizar os códigos de erro (DTCs)	UC06
RF07: permitir limpar os códigos de erro (DTCs)	UC06
RF08: permitir consultar o status da luz de mal funcionamento (MIL)	UC06
RF09: permitir receber notificação via e-mail e SMS caso ocorram falhas (DTCs) no veículo	UC08
RF10: permitir reiniciar o servidor embarcado por intermédio de um botão acoplado a placa Raspberry PI Zero W	UC07
RF11: permitir desligar e ligar o sistema operacional embarcado por meio de um botão acoplado a placa Raspberry PI Zero W	UC01
RF12: permitir visualizar estágios de execução do servidor embarcado por intermédio de Diodos Emissores de Luz (Light Emitting Diode – LED)	UC09

Fonte: elaborado pelo autor.

Após a exposição dos requisitos funcionais, são apresentados na sequência os principais Requisitos Não Funcionais (RNF) previstos para a aplicação desenvolvida. A aplicação deve:

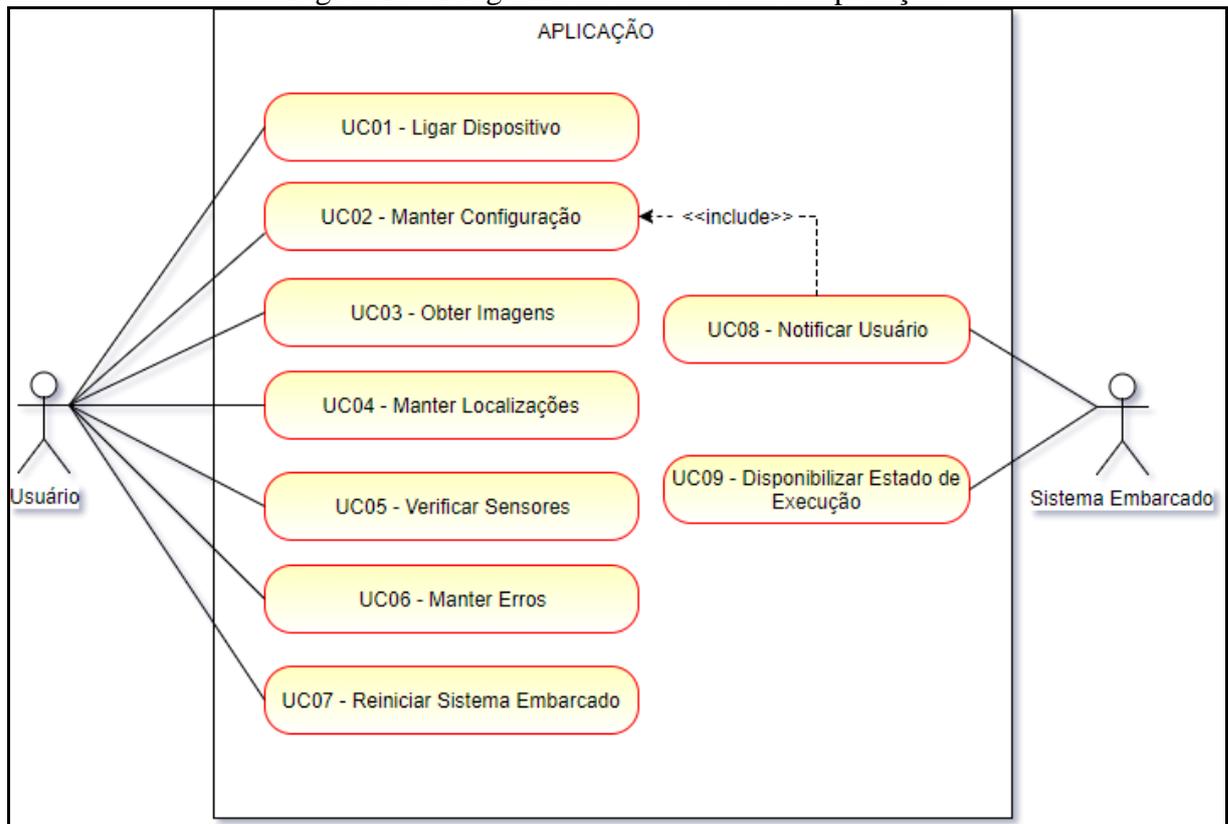
- a) utilizar a placa Raspberry PI Zero W;
- b) permitir integrar a placa Raspberry PI Zero W com o conector padrão SAE J1962 do veículo via Bluetooth por meio de um adaptador ELM327;
- c) permitir integrar a placa Raspberry PI Zero W com o módulo GPS Ubox GY-GPS6MV2;
- d) permitir integrar a placa Raspberry PI Zero W com o módulo WAVGAT Raspberry Pi Camera Revision 1.3;
- e) utilizar a operadora TIM com o modem USB 3G da marca ZTE MF626;
- f) utilizar o sistema operacional Raspian instalado na placa Raspberry Pi Zero W;
- g) permitir que o sistema embarcado salve dados em formato JavaScript Object Notation (JSON), sem a necessidade de banco de dados;
- h) permitir que a aplicação salve dados em formato JSON na memória do aplicativo *mobile* servindo-se do banco de dados IndexedDB;
- i) utilizar a linguagem de programação Python para o sistema embarcado;
- j) utilizar a linguagem de programação Typescript para o aplicativo *mobile*;
- k) utilizar a biblioteca Flask como servidor de aplicações web;
- l) utilizar o software OBDSim e ECU Engine Pro para a simulação de uma central automotiva;
- m) utilizar a biblioteca Ionic Framework para desenvolver a aplicação *mobile*;
- n) utilizar a ferramenta Draw.io para a modelagem de diagramas UML;
- o) utilizar a ferramenta Scheme-it para desenvolver o diagrama de esquema eletrônico.

### 3.1.2 Diagrama de casos de uso

Nesta seção, é apresentado o diagrama de casos de uso (exibido na Figura 15). No total, foram necessários nove casos de uso que representam as principais funcionalidades da aplicação desenvolvida. Conforme pode-se observar, foram identificados dois atores, são eles:

- a) **Usuário:** ator responsável por comandar a aplicação;
- b) **Sistema Embarcado:** este ator é designado a dar *feedback* do dispositivo e notificar alguma falha (caso existir) no OBD2.

Figura 15 - Diagrama de casos de uso da aplicação



Fonte: elaborado pelo autor.

No caso de uso UC01 - Ligar Dispositivo, é possível que o usuário ligue o dispositivo e desligue-o através de um botão. O caso de uso UC02 - Manter Configuração destina-se para que o usuário possa fazer a configuração de e-mail, telefone e se deseja receber as notificações emitidas caso ocorram falhas DTC. Já o UC03 - Obter Imagens, propõe-se a capturar imagens do dispositivo, elas podem ser salvas na aplicação *mobile* ou visualizadas pelo *stream* em tempo real. No caso de uso UC04 - Manter Localizações, o usuário poderá capturar a posição geográfica do veículo e também é permitida a visualização das últimas localizações solicitadas. No caso de uso UC05 - Verificar Sensores o usuário pode visualizar dados dos sensores do automóvel em tempo real. O caso de uso UC06 - Manter Erros possibilita que o usuário visualize dados de códigos de erro (DTC) e estado da lâmpada MIL, além disso, este caso de uso permite a limpeza dos DTCs. Por fim, no UC07 - Reiniciar Sistema Embarcado, o usuário pode fazer a reinicialização do sistema embarcado no dispositivo.

Já o Sistema Embarcado tem acesso a dois casos de uso, são eles:

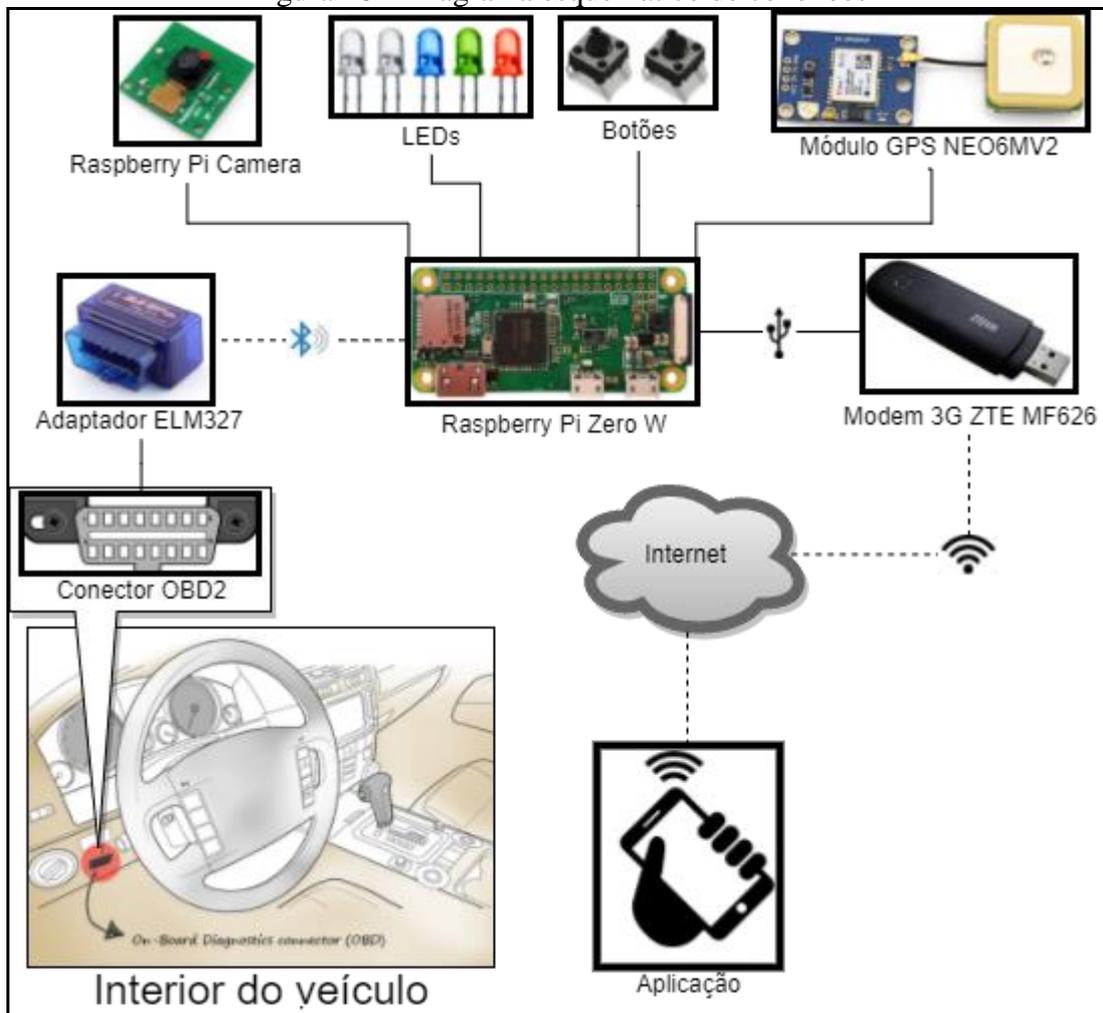
- a) UC08 - Notificar Usuário: permite que o sistema embarcado notifique o usuário se ocorrer algum erro DTC, essa notificação é configurada previamente pelo Usuário no UC02;

- b) UC09 - Disponibilizar Estado de Execução: permite que o sistema embarcado possa fornecer o estado de execução atual para o Usuário através de LEDs.

### 3.1.3 Diagrama de arquitetura da aplicação

Nesta seção, é exposta a arquitetura de hardware aplicada no desenvolvimento deste trabalho. Foi elaborado um diagrama para apresentar as ligações de componentes eletrônicos utilizados. A Figura 16 ilustra o diagrama esquemático de conexões realizadas e seus respectivos meios de comunicação.

Figura 16 – Diagrama esquemático de conexões



Fonte: elaborado pelo autor.

Pode-se observar que a placa *Raspberry Pi Zero W* é o *core* do projeto. Todas as principais conexões passam por ela até a disponibilização das informações na aplicação *mobile*.

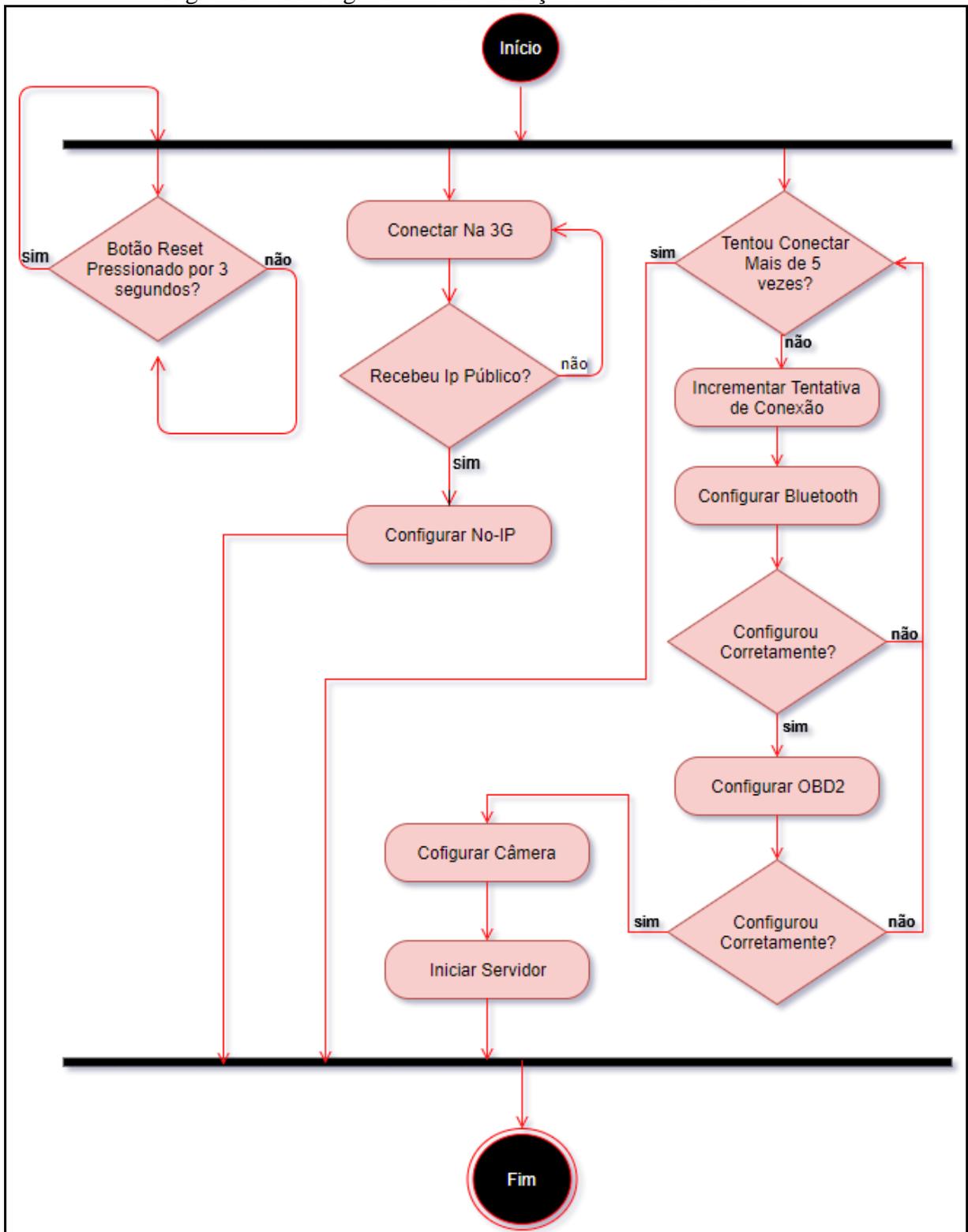
### 3.1.4 Diagramas de atividades

Na Figura 17, é representado o processo de inicialização do sistema embarcado na placa Raspberry Pi Zero W por intermédio de um diagrama de atividades. Este engloba o fluxo que é executado após a ligação da placa na energia, inicialização ou reinicialização do sistema operacional.

Na ativação do sistema operacional, executa-se um processo que inicializa o sistema embarcado, esse processo obedece aos seguintes passos paralelamente:

- a) espera que o usuário pressione o botão de reinicialização durante três segundos, caso isso aconteça, o processo é reiniciado;
- b) executa a discagem para conectar-se com a rede 3G até que receba um IP público, se obtiver sucesso, configura-se o serviço de Dynamic Domain Name System (DDNS) No-IP com o novo endereço público;
- c) tenta durante cinco vezes configurar as conexões Bluetooth e OBD2, caso consiga configurar o Bluetooth, o próximo passo a ser executado é a configuração OBD2. Se a conexão Bluetooth e OBD2 forem configuradas com sucesso, inicializa-se a preparação do módulo da câmera. Por fim, o servidor embarcado é ativado.

Figura 17 - Fluxograma de inicialização do sistema embarcado

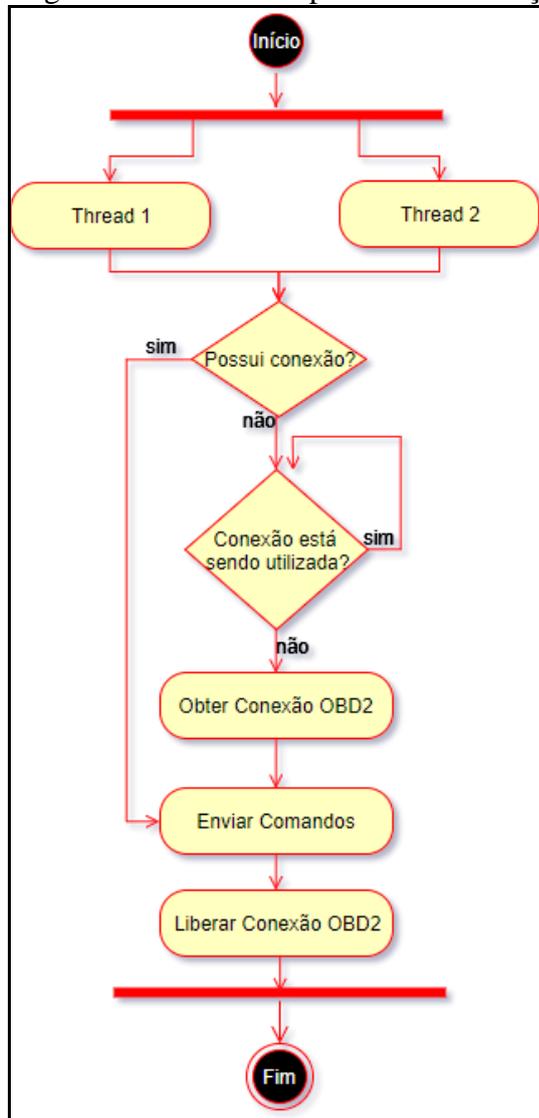


Fonte: elaborado pelo autor.

Na Figura 18, é ilustrado o diagrama de atividades relacionado ao fluxo de sincronização para as *threads* utilizadas no sistema embarcado. O sistema embarcado inicia duas *threads* que são: Thread 1 – responsável pela leitura dos sensores OBD2, Thread 2 – monitora os dados de códigos de erros DTC a cada 20 segundos. Somente uma *thread* pode

obter a conexão com a porta OBD2 por vez, ou seja, isso evita que duas *threads* acessem a conexão ao mesmo tempo.

Figura 18 - Diagrama de atividades para a sincronização de *threads*



Fonte: elaborado pelo autor.

## 3.2 IMPLEMENTAÇÃO

Nesta seção, são mostrados os detalhes da construção do hardware, as técnicas, ferramentas utilizadas e a operacionalidade da implementação. A seção 3.2.1 apresenta os hardwares e periféricos necessários para a aplicação, bem como, a sua utilização. A seção 3.2.2 trata das principais técnicas e ferramentas utilizadas. A seção 3.2.3 aborda os simuladores de ECU. A seção 3.2.4 apresenta o código-fonte do servidor embarcado. A seção 3.2.5 disponibiliza a explicação do código-fonte para o aplicativo *mobile*. Por fim, na seção 3.2.6, encontra-se a operacionalidade da implementação.

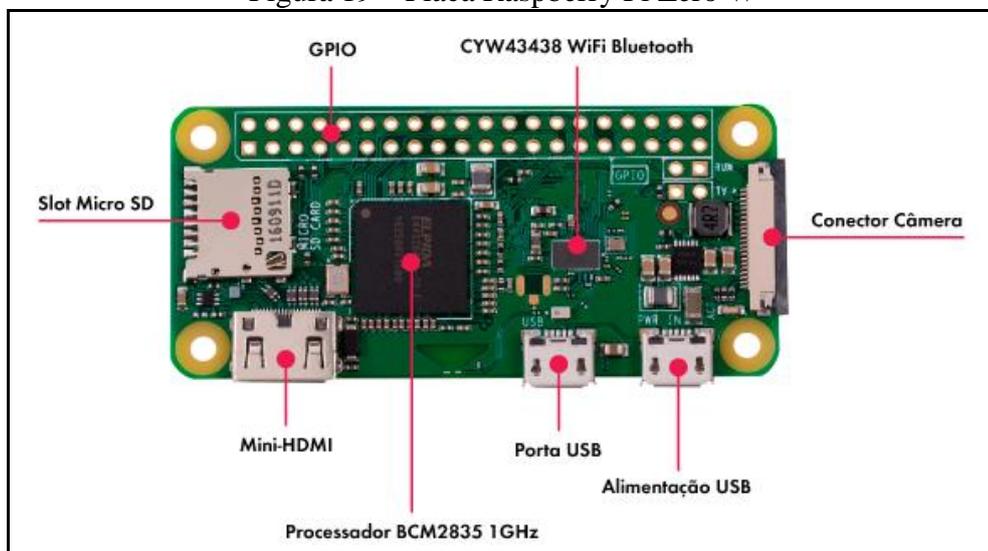
### 3.2.1 Hardware e periféricos da aplicação

Para a construção do dispositivo de hardware, foi necessária a placa Raspberry Pi Zero W, um módulo WAVGAT Raspberry Pi Camera versão 1.3, um cabo flexível e um módulo GPS Ubox GY-GPS6MV2. Também foi utilizada uma placa universal, dois botões *switch*, fios, barramento para *jumpers*, cinco resistores 220 ohms e cinco LEDs. Além do hardware desenvolvido, foram necessários ainda: um adaptador ELM327, um modem USB ZTE MF626, um chip de telefonia móvel TIM e, por fim, um cartão micro SanDisk (SD) de 16 GB. A relação de custo para todas as peças e componentes utilizados no projeto estão discriminados no Apêndice A.

Segundo Thomsen (2017), a placa Raspberry Pi Zero W (ilustrada na Figura 19) foi lançada no dia 28 de fevereiro de 2017, como uma atualização da versão Raspberry Pi Zero. Thomsen (2017, p. 1) ainda ressalta que: “A Raspberry Pi Zero W usa o mesmo chip Cypress CYW43438 sem fio que a Raspberry Pi 3 e incorpora um novo layout de antena PCB licenciado pela empresa sueca ProAnt. A potência da placa continua a mesma [...]”. A placa foi selecionada para o desenvolvimento da aplicação principalmente por disponibilizar:

- a) chip CYW43438 *wireless* Bluetooth 4.1 integrado para a comunicação com o adaptador OBD2;
- b) porta Camera Serial Interface (CSI) para ligar o módulo WAVGAT Raspberry Pi Camera versão 1.3;
- c) porta USB para conectar o modem USB ZTE MF626;
- d) barramento General Purpose Input/Output (GPIO) para a ligação dos demais componentes, que são: módulo GPS Ubox GY-GPS6MV2, LEDs e botões.

Figura 19 – Placa Raspberry Pi Zero W

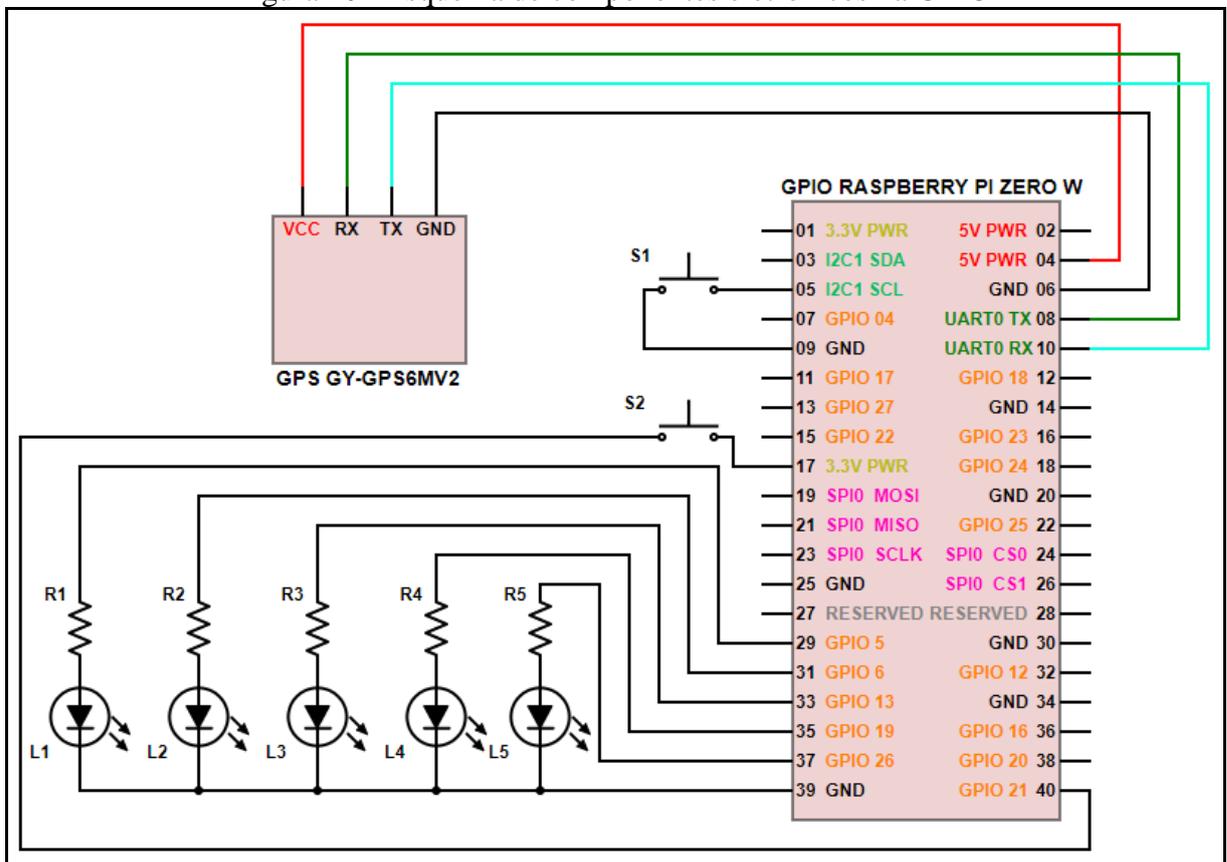


Fonte: Thomsen (2017, p. 1).

Além dos principais recursos utilizados pelo trabalho, a placa Raspberry Pi Zero W conta com um processador Broadcom BCM2385 1 GHz de único núcleo CPU, 512 MB de RAM e uma porta micro SD. Sua alimentação é feita por meio de uma entrada USB exclusiva para esse fim, porém, isso pode ser realizado tanto pela entrada, quanto pela porta USB.

A Figura 20 trata da apresentação do esquema de componentes eletrônicos conectados por intermédio do barramento GPIO da placa Raspberry Pi Zero W. Os principais componentes ligados ao barramento são os LEDs, os botões e o módulo GPS Ubox GY-GPS6MV2. Esse esquema de componentes foi desenvolvido servindo-se da ferramenta on-line denominada Scheme-it.

Figura 20 - Esquema de componentes eletrônicos na GPIO



Fonte: elaborado pelo autor.

Na Figura 20, o botão S1 é ligado ao pino 09 (Ground - GND) e ao pino 05 (IC21 SCL). Já o botão S2 é conectado ao pino 40 do barramento (GPIO 21) e ao pino 17 (3.3V). Os LEDs estão ligados a resistores de 220 ohms e conectados ao pino 39 (GND). A placa contém os seguintes resistores e suas respectivas conexões:

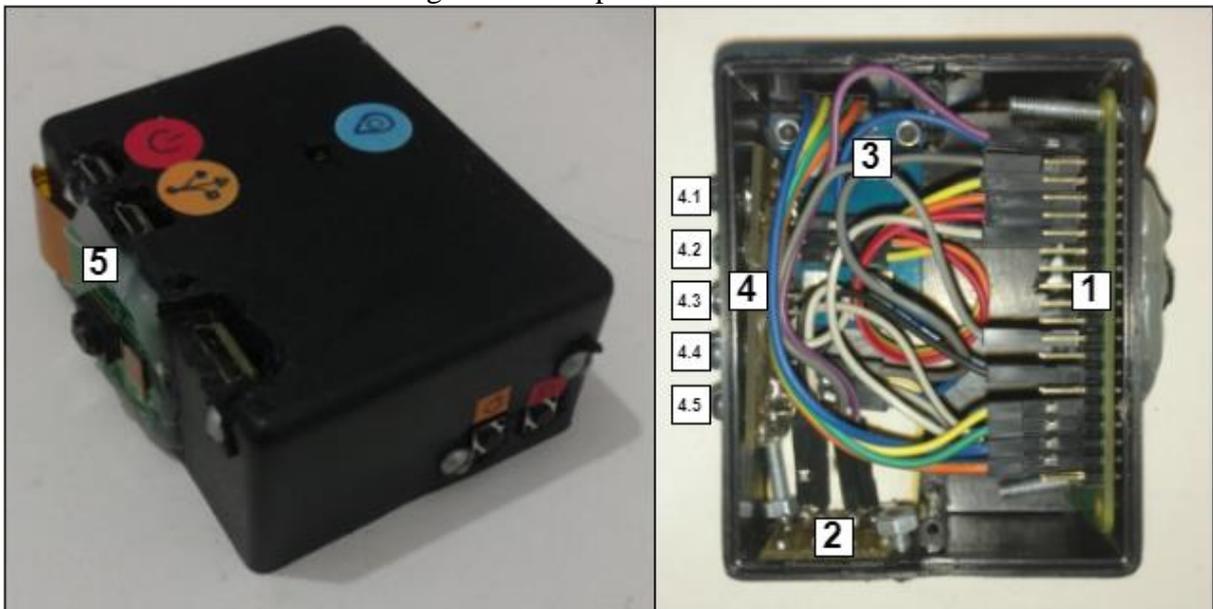
- R1: L1 e pino 29 (GPIO 5);
- R2: L2 e pino 31 (GPIO 6);
- R3: L3 e pino 33 (GPIO 13);

- d) R4: L4 e pino 35 (GPIO 19);
- e) R5: L5 e pino 37 (GPIO 26).

Por fim, o esquema da Figura 20 apresenta a conexão do módulo GPS Ubox GY-GPS6MV2 na GPIO da placa Raspberry Pi Zero W. O RX do módulo é ligado ao pino UART0 TX (pino 08) da placa e o TX do módulo GPS é ligado ao UART0 RX (pino 10) da placa, o VCC é ligado ao pino 04 (5.5V PWR) e o GND ao pino 06.

Na Figura 21, é exposto o dispositivo elaborado para o trabalho. Foi utilizada uma caixa plástica para proteger os componentes de hardware e facilitar o seu transporte. Esse dispositivo possui 7 cm de largura, 5 cm de comprimento e 3 cm altura. A caixa foi escolhida por ser de menor tamanho encontrado no site da Proesi e que acoplasse todos os componentes.

Figura 21 - Dispositivo montado



Fonte: elaborado pelo autor.

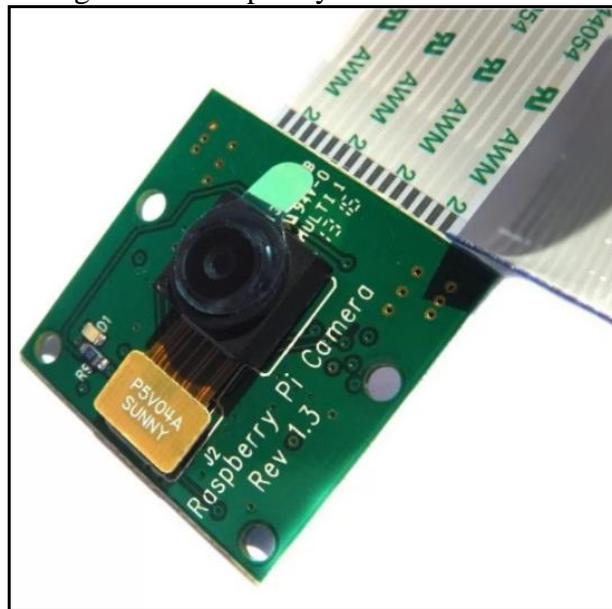
O dispositivo organiza todos os componentes que são conectados através do barramento GPIO da placa Raspberry Pi Zero W. Também é ligado a ele, o módulo WAVGAT Raspberry Pi Camera. A Figura 21 dispõe de:

- a) item 1: Placa Raspberry Pi Zero;
- b) item 2: botões;
- c) item 3: módulo GPS Ubox GY-GPS6MV2;
- d) item 4: LEDs sendo de cores:
  - item 4.1 e 4.2: branca,
  - item 4.3: azul,
  - item 4.4 verde,
  - item 4.5 vermelha;

e) item 5: módulo WAVGAT Raspberry Pi Camera.

A câmera utilizada para o trabalho foi a WAVGAT Raspberry Pi Camera Rev 1.3 (ilustrada na Figura 22), essa foi conectada na entrada CSI da placa Raspberry Pi Zero W por meio de um cabo flexível. Segundo Pi Supply (2017), a câmera possui uma resolução de 5 Megapixel e grava vídeos em High Definition (HD) de 1080p<sup>1</sup> a 30 quadros por segundo (Frame Per Second - FPS). Ainda, o autor afirma que esse módulo oferece suporte aos modelos Raspberry Pi A e B.

Figura 22 - Raspberry Pi Camera Rev 1.3



Fonte: Pi Supply (2017, p. 1).

A Figura 23 ilustra o adaptador ELM327. A comunicação entre o adaptador ELM327 e a placa Raspberry Pi Zero W é feita através de Bluetooth.

---

<sup>1</sup> É o nome abreviado de um tipo de resolução de imagem de telas ou monitores. O número 1080 representa 1080 linhas horizontais de resolução vertical, enquanto a letra p denota uma varredura progressiva (GIZMODO, 2013).

Figura 23 - Adaptador ELM327 Bluetooth



Fonte: AliExpress (2017, p. 1).

Na Figura 24, é apresentado o modem USB. Segundo ZTE Brasil (2012), esse dispositivo da marca ZTE de modelo MF626 trabalha com frequências de 2nd Generation (2G) e de 3rd Generation (3G) e sua taxa de transferência é de 3.6 Megabits por segundo (Mbps) quando conectado na rede de telefonia móvel 3G. O autor afirma que com esse dispositivo, é possível mandar mensagens Short Message Service (SMS). O modem também possui uma porta para a leitura de cartões SD de até 4 GB. Esse modem, conecta-se com a placa Raspberry Pi Zero W por meio de USB com um conversor de micro USB e utiliza um chip da operadora TIM pré-pago para conectar-se à Internet.

Figura 24 - Modem 3G ZTE MF626



Fonte ZTE Brasil (2012).

Por fim, na Figura 25, é ilustrado o módulo GPS Ubox GY-GPS6MV2. Ele é conectado através de GPIO na placa Raspberry Pi Zero W. Segundo Multilógica Shop (2017), a voltagem operacional do módulo é de 3 a 5V. Ele acompanha um LED indicador de estado e

sua velocidade de transferência é de 9.600 bits por segundo (bps). O autor ainda afirma que o módulo possui uma antena de cerâmica.

Figura 25 - Módulo GPS Ubox GY-GPS6MV2



Fonte: Deal Extreme (2017, p.1).

### 3.2.2 Técnicas e ferramentas utilizadas

A construção da aplicação foi separada em duas partes: a primeira foi o software embarcado e a segunda o aplicativo *mobile*. Em ambas foi utilizada a ferramenta Visual Studio Code para editar o código-fonte. O aplicativo móvel foi desenvolvido com a linguagem de programação Typescript e o sistema embarcado foi programado com Python.

Para o desenvolvimento do aplicativo móvel, foi utilizada a *framework* NPM para o gerenciamento de dependências. A *framework* Ionic foi utilizada para construir e empacotar os elementos *front-end*, além de gerar um arquivo instalável para os sistemas operacionais Android e iOS. A biblioteca AngularJS foi utilizada para abstrair o código Typescript, nela foi possível utilizar diretivas para facilitar a interação entre o modelo e as páginas HyperText Markup Language (HTML). O AngularJS também foi utilizado para realizar as chamadas Hypertext Transfer Protocol (HTTP) para o sistema embarcado utilizando JSON. Foram adicionados módulos extras como: AgmCoreModule – para desenhar a localização em um mapa do Google Maps –, IonicStorageModule – para salvar e recuperar dados de localização, fotos e configurações –, GaugesModule – para desenhar graficamente os medidores de temperatura, rotação e velocidade.

Para o desenvolvimento do sistema embarcado, foi utilizada a linguagem de programação Python na sua versão 2.7 disponibilizada no sistema operacional Raspbian. Foi necessária a biblioteca Flask que permite a criação de serviços HTTP. Foram utilizadas

bibliotecas externas, essas foram instaladas por meio do gerenciador de pacotes Python, denominado PIP, e o gerenciador de aplicações apt-get do SO Raspian. Também, foram necessárias bibliotecas baixadas do site GitHub. A relação e instalação de todas as bibliotecas externas estão descritas no Apêndice B.

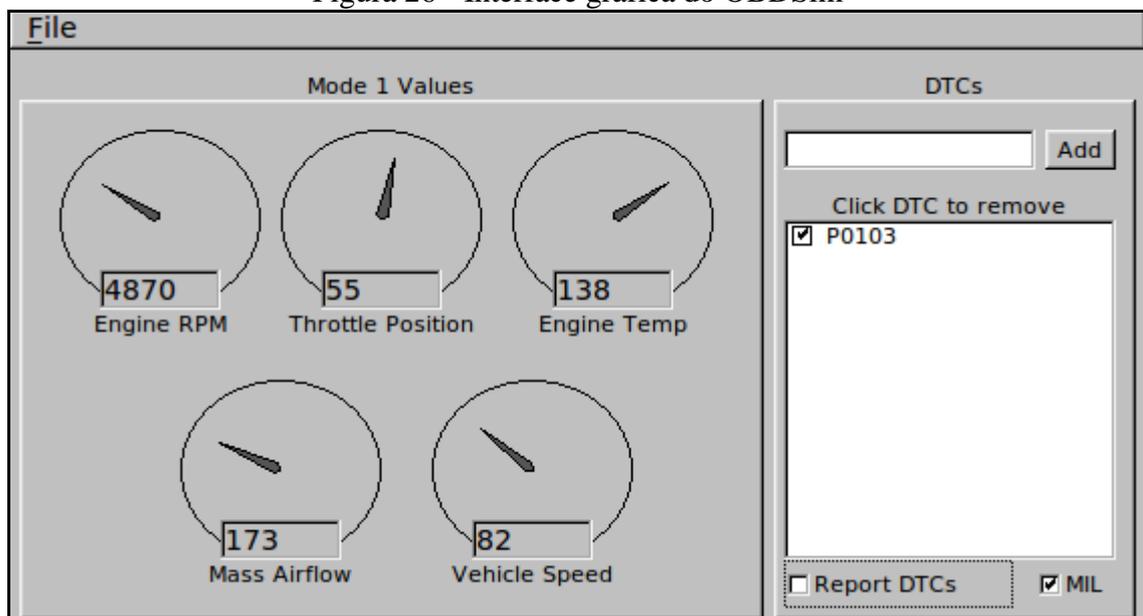
### 3.2.3 Simuladores de central automotiva

Foi necessário o uso de simuladores para auxiliar no desenvolvimento do sistema embarcado na leitura de dados da central automotiva (ECU) e códigos DTC. Foram utilizados os seguintes simuladores: OBDSim e ECU Engine Pro.

Segundo Obdsim (2017), o simulador OBDSim (ilustrado na Figura 26) foi desenvolvido a partir da necessidade de simular dados de uma central automotiva para o software denominado OBD GPS Logger. Para a sua instalação no sistema operacional Windows, basta baixar um arquivo compactado do site do autor e rodar o arquivo executável obdsim.exe. O simulador possui as seguintes características:

- a) é executado pela linha de comando;
- b) suporta comandos AT;
- c) suporta múltiplos protocolos;
- d) simula códigos de falha DTC.

Figura 26 - Interface gráfica do OBDSim



Fonte: OBDSim (2017, p. 1).

Para utilizar o OBDSim de modo a pareá-lo com um dispositivo Bluetooth, é necessário abri-lo na linha de comando. É preciso informar como argumento, qual a porta de

comunicação serial que o dispositivo Bluetooth está utilizando. Isso é demonstrado no exemplo do Quadro 8.

Quadro 8 – Exemplo de comando para abrir o OBDSim

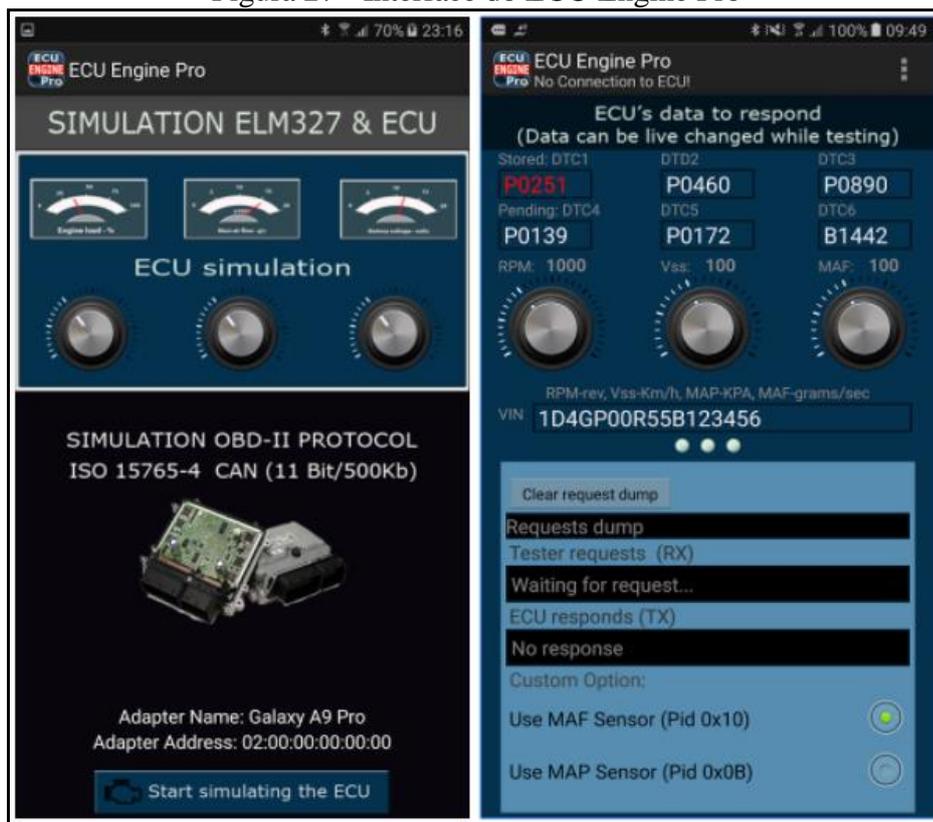
```
obdsim.exe -w COM10
```

Fonte: OBDSim (2017, p. 1).

Já o simulador ECU Engine Pro (apresentado na Figura 27), é um aplicativo baixado através da loja Google Play e instalado no sistema operacional Android. Conforme Quoc (2017), esse aplicativo converte um Android em adaptador ELM32 Bluetooth conectado à porta OBD2. O simulador possui as seguintes características:

- a) suporta comandos AT;
- b) suporta diversos PIDs;
- c) suporta códigos de erros DTC;
- d) utiliza o protocolo OBD2 ISO 15765-4 CAN.

Figura 27 - Interface do ECU Engine Pro



Fonte: Quoc (2017, p. 1).

Ambos os simuladores auxiliaram na leitura dos códigos DTC, na sua limpeza e também na leitura dos sensores da ECU.

### 3.2.4 Código-fonte do sistema embarcado

Nesta seção, são apresentados os principais códigos-fonte implementados para o sistema embarcado e suas respectivas explicações. Os assuntos estão divididos em subseções para separar o contexto de cada temática.

#### 3.2.4.1 LEDs e botões

Para a utilização de LEDs e botões no sistema embarcado, foi necessária a biblioteca `RPi.GPIO`. Com ela, é possível fazer a configuração inicial dos pinos no barramento, para em seguida realizar a sua utilização. O Quadro 9 demonstra a configuração inicial de GPIO ilustrada na linha 12, essa é feita pelo método `setup`. Para facilitar a utilização da classe `GPIOControl`, foi necessária a enumeração `Led` que contém os pinos responsáveis por cada LED, ela é descrita na linha 1.

Quadro 9 – Configuração inicial dos pinos do barramento

```

1  class Led:
2      BRANCO_1 = 29
3      BRANCO_2 = 37
4      VERDE = 33
5      AZUL = 35
6      VERMELHO = 31
7
8  class GPIOControl:
9      PIN_BOTAO = 40
10     def __init__(self):
11         self.setup()
12     def setup(self):
13         GPIO.setmode(GPIO.BOARD)
14         GPIO.setup(Led.BRANCO_1, GPIO.OUT)
15         GPIO.setup(Led.BRANCO_2, GPIO.OUT)
16         GPIO.setup(Led.VERDE, GPIO.OUT)
17         GPIO.setup(Led.AZUL, GPIO.OUT)
18         GPIO.setup(Led.VERMELHO, GPIO.OUT)
19         GPIO.setup(self.PIN_BOTAO, GPIO.IN, pull_up_down = GPIO.PUD_DOWN)

```

Fonte: elaborado pelo autor.

Após a configuração dos LEDs, a sua utilização é feita por meio de *threads*. Para facilitar, foi criada uma classe denominada `PiscaLedThread` (demonstrada no Quadro 10). Ela é necessária para piscar um LED por um determinado tempo opcionalmente informado. Também é possível informar se, após piscar, o LED permanecerá aceso. Todas essas configurações podem ser visualizadas na linha 2. Após, quando inicia-se a *thread*, é executado o método `run` (descrito na linha 9), esse é responsável por piscar o LED enquanto a variável `stopped` esteja com o valor `False`.

Quadro 10 - Criação da classe `PiscaLedThread`

```

1 class PiscaLedThread(threading.Thread):
2     def __init__(self, gpio_control, led, tempo=0.2, aceso=True):
3         self.stopped = False
4         self.gpio_control = gpio_control
5         self.led = led
6         self.tempo = tempo
7         self.aceso = aceso
8         threading.Thread.__init__(self)
9     def run(self):
10        while not self.stopped:
11            GPIO.output(self.led, GPIO.HIGH) # led on
12            time.sleep(self.tempo)
13            GPIO.output(self.led, GPIO.LOW) # led off
14            time.sleep(self.tempo)
15            if self.aceso:
16                GPIO.output(self.led, GPIO.HIGH) # led on
17        def stop(self):
18            self.stopped = True

```

Fonte: elaborado pelo autor.

No Quadro 11, é apresentado o trecho de código do método `run` da *thread* responsável por aguardar o botão de *reset* ser pressionado por três segundos. Na linha 5, verifica-se o botão para em seguida calcular-se o tempo. O tempo do botão pressionado é calculado na linha 10 e armazenado na variável `intervalo`, se o botão for pressionado por mais de três segundos, apagam-se todos os LEDs e executa-se a função `mainFn`, esta reinicializa o sistema embarcado.

Quadro 11 - *Thread* para verificar botão reset

```

1 def run(self):
2     newDate = None
3     intervalo = 0
4     while not self.stopped:
5         if GPIO.input(self.gpio_control.PIN_BOTAO) == 1:
6             if not self.pressed:
7                 newDate = datetime.now() + timedelta(seconds=3)
8                 self.pressed = True
9             else:
10                intervalo = (newDate - datetime.now()).total_seconds()
11                if intervalo <= 0:
12                    print("HARDWARE RESETED BY USER...")
13                    self.gpio_control.apaga_todos_leds()
14                    self.mainFn(self.opt)
15                    self.stop()
16        else:
17            self.pressed = False

```

Fonte: elaborado pelo autor.

No Quadro 12, é descrito o trecho de código executado ao iniciar o Raspberry Pi Zero W. Na linha 11, o código indica que quando o botão na GPIO 3 (pino 05) for pressionado, irá chamar a função `shutdown` (apresentada na linha 8). Essa função executa um comando na linha 9, que desliga o sistema operacional Raspian.

Quadro 12 - Código do botão desligar/ligar o SO

```

1  import RPi.GPIO as GPIO
2  import time
3  import os
4
5  GPIO.setmode(GPIO.BCM)
6  GPIO.setup(3, GPIO.IN)
7
8  def shutdown(channel):
9      os.system("sudo shutdown -h now")
10
11 GPIO.add_event_detect(3, GPIO.FALLING, callback=shutdown)
12 while True:
13     time.sleep(1)

```

Fonte: elaborado pelo autor.

### 3.2.4.2 Conexão de rede 3G e DDNS

Para a conexão com a Internet, foi utilizada a rede 3G em conjunto com o serviço de DNS dinâmico (DDNS) denominado No-IP. Para realizar a conexão 3G, foi necessária a ferramenta `wvdial`, a qual é responsável pela discagem e obtenção do IP valendo-se do modem 3G. A `wvdial` utiliza uma configuração de Access Point Name (APN) chamada `Dialer tim` para os dados de conexão da operadora de telefonia móvel TIM. Essa é descrita no Quadro 13 e permite que a ferramenta identifique quais os dados de discagem, deve utilizar.

Quadro 13 - Configuração de APN da operadora TIM

```

GNU nano 2.2.6  Arquivo: wvdial.conf
[Dialer tim]
Init2 = ATZ
Init3 = AT+CGDCONT=1,"ip","tim.br"
Stupid Mode = 1
ISDN = 0
Phone = *99***1#
Ask Password = 0
Modem = /dev/gsmmodem
Username = tim
Dial Command = ATD
Password = tim
Baud = 460800

```

Fonte: elaborado pelo autor.

No Quadro 14, é exposto o trecho de código para a obtenção do IP e a configuração do No-IP. A linha 1 e 2 indicam que o primeiro LED branco começa a piscar para informar que está executando esse procedimento de configuração IP. Observa-se na linha 4 que se força o término da aplicação `wvdial`, para em seguida, na linha 6, iniciar-se novamente utilizando a configuração de APN `tim`. Na linha 8, é armazenado o IP obtido mediante conexão 3G na variável `ipPpp0`. Essa variável é verificada em seguida e caso obtenha um IP público (maior

que 100), é executada a configuração do No-IP, se não, o LED vermelho pisca indicando que esse processo falhou e inicia-se novamente essa configuração.

Após a obtenção do IP público, é configurado o No-IP. Essa configuração é demonstrada nas linhas 20 e 22. Na linha 20, obriga-se a parada do processo `noip2`, para na linha 22, iniciar novamente o processo. Por fim, na linha 24, a *thread* responsável por piscar o LED é finalizada e o primeiro LED branco permanece aceso. Isso acontece para poder informar o sucesso na execução de configuração IP.

Quadro 14 – Obtenção de IP e configuração do No-IP

```

1  thread_leds = PiscaLedThread(self.gpio_control, Led.BRANCO_1)
2  thread_leds.start()
3  while True:
4      os.popen("sudo pkill -9 -f wvdial").read()
5      time.sleep(1)
6      os.popen("sudo wvdial tim &")
7      time.sleep(7)
8      ipPpp0 = str(os.popen("ifconfig ppp0 | grep inet")
9                  .read())
10     .replace("          inet end.: ", "")[:3]
11     if int(ipPpp0) <= 100:
12         self.gpio_control.pisca_led(Led.VERMELHO, tempo=1, aceso=False)
13         continue
14     break
15
16 thread_leds.stop()
17 thread_leds = PiscaLedThread(self.gpio_control, Led.BRANCO_1, tempo=0.05)
18 thread_leds.start()
19
20 os.popen("sudo pkill -9 -f noip2").read()
21 time.sleep(2)
22 os.popen("sudo noip2").read()
23
24 thread_leds.stop()

```

Fonte: elaborado pelo autor.

### 3.2.4.3 Bluetooth

O Quadro 15 apresenta o código-fonte responsável pela configuração do Bluetooth. A primeira ação do método na linha 2 é executar o comando para liberar a porta `RFCOMM 0`, para em seguida, configurar a sua utilização. Esse código recebe opcionalmente por parâmetro um endereço Media Access Control (MAC) que caso informado, na linha 4, ele é passado ao método responsável por recuperar a porta do OBD2. Em seguida, é executado um comando `bind` que irá fazer com que o sistema operacional identifique o MAC e a porta Bluetooth responsável pelo OBD2.

Se o MAC não for informado, na linha 9 são pesquisados dispositivos Bluetooth durante o tempo de 10 segundos. Para cada dispositivo encontrado, na linha 12, procura-se a

porta responsável pelo OBD2. Caso a porta OBD2 exista, é executado um `bind` na porta 0 com a porta e o MAC.

Quadro 15 - Método para configuração do Bluetooth

```

1 def configurar_bluetooth(self, mac_addr=None):
2     os.popen('sudo rfcomm release 0').read()
3     if mac_addr is not None:
4         port = self.bt_recuperar_servico_obd(mac_addr)
5         if port is not None:
6             os.system("sudo rfcomm bind 0 %s %s " % (addr, port))
7             return True
8         return False
9     nearby_devices = bluetooth.discover_devices(
10        duration=10, lookup_names=True, flush_cache=True, lookup_class=False)
11    for addr, name in nearby_devices:
12        port = self.bt_recuperar_servico_obd(addr)
13        if port is not None:
14            os.system("sudo rfcomm bind 0 %s %s " % (addr, port))
15            return True
16    return False

```

Fonte: elaborado pelo autor.

No Quadro 16, é descrito o método para recuperar a porta de execução do OBD2 a partir dos serviços disponíveis no endereço (variável `addr`) informado por parâmetro. Na linha 2, são pesquisados os serviços disponíveis para em seguida, na linha 6, verificar se o protocolo é `RFCOMM` e, por fim, se o nome do serviço (variável `svc`) contiver em sua composição os caracteres “COM”, for igual a “SPP” ou “BLT”. Se essa verificação for verdadeira, é retornado nesse método o número da porta do serviço. Caso contrário, esse método retorna `None`, indicando que não foi encontrado nenhum serviço OBD2.

Quadro 16 - Método para recuperar a porta do serviço OBD2

```

1 def bt_recuperar_servico_obd(self, addr):
2     services = bluetooth.find_service(address=addr)
3     port = None
4     if len(services) > 0:
5         for svc in services:
6             if(svc["protocol"] == "RFCOMM"):
7                 if("COM" in svc["name"] or
8                    svc["name"] == "SPP" or
9                    svc["name"] == "BLT"):
10                    return int(svc["port"])
11    return None

```

Fonte: elaborado pelo autor.

#### 3.2.4.4 Armazenamento de configurações

A aplicação embarcada utiliza configurações salvas em arquivo texto com seu conteúdo no formato JSON (ilustrado no Quadro 17). As informações armazenadas são referentes a dados do usuário como e-mail e celular, bem como, permissões de notificação. Por fim, o JSON armazena o simulador utilizado, esse valor vai de 0 a 2, sendo:

- a) 0: representa que não está utilizando nenhum simulador;
- b) 1: identifica o uso do simulador OBDSim;
- c) 2: sinaliza a utilização do simulador ECU Engine Pro.

Quadro 17 - Formato do JSON salvo no arquivo texto

```
{
  "celular": "011 9123456789",
  "email": "usuario@gmail.com",
  "notificarEmail": true,
  "notificarSMS": true,
  "simulador": "1"
}
```

Fonte: elaborado pelo autor.

Essas configurações são salvas conforme o Quadro 18, onde, na linha 4 é enviado o JSON no corpo da requisição HTTP POST, recuperado e armazenado na variável `content`. A linha 5 e 6 respectivamente são utilizadas para armazenar o JSON no arquivo `configs.txt`.

Quadro 18 - Método para salvar as configurações da aplicação

```
1 @app.route('/save_configs', methods=['POST'])
2 def save_configs():
3     try:
4         content = request.get_json()
5         with io.open('./database/configs.txt', 'w', encoding='utf-8') as f:
6             f.write(json.dumps(content, ensure_ascii=False))
7         return json.dumps(dict(status = "OK"))
8     except Exception as ex:
9         return json.dumps(dict(error = str(ex)))
```

Fonte: elaborado pelo autor.

No Quadro 19, é demonstrada a recuperação da configuração armazenada no arquivo `configs.txt`. Nas linhas 4 e 5 respectivamente, é aberto o arquivo e é armazenado o seu conteúdo na variável `content` para, na linha 7, transformar esse conteúdo em um objeto Python onde, o qual é retornado na linha 14.

Quadro 19 - Recuperação das configurações

```
1 def get_configs():
2     configs = None
3     try:
4         with io.open('./database/configs.txt', 'r') as f:
5             content = f.read()
6             if content is not None and content:
7                 configs = json.loads(content,
8                                     object_hook=lambda d: namedtuple('X', d.keys())(*d.values()))
9     except IOError as ex:
10        if "No such file or directory" in str(ex):
11            configs = None
12        else:
13            raise ex
14    return configs
```

Fonte: elaborado pelo autor.

### 3.2.4.5 Câmera

No Quadro 20, é demonstrado o código-fonte responsável pela recuperação de uma foto do módulo Raspberry Pi Camera. Foi utilizada a biblioteca `flask-video-streaming` (importada na linha 1) que disponibiliza a classe `Camera` para manipular fotos e disponibilizar o *streaming* da câmera em tempo real. Na linha 3, é inicializado um objeto do tipo `Camera` armazenado na variável `my_camera` que será utilizado por todo o sistema embarcado. O método da linha 6 denominado `get_foto` disponibiliza uma foto extraída da câmera. Na linha 8, é retornado uma cadeia de caracteres contendo o cabeçalho de uma imagem em extensão `.jpeg` com a captura de um *frame* da câmera codificado em `base64`<sup>2</sup>.

Quadro 20 - Código-fonte para recuperar uma foto da câmera

```

1  from video_streaming.camera_pi import Camera
2
3  my_camera = Camera()
4
5  @app.route('/get_foto')
6  def get_foto():
7      global my_camera
8      return 'data:image/jpeg;base64,' + base64.b64encode(my_camera.get_frame())

```

Fonte: elaborado pelo autor.

O Quadro 21 disponibiliza o código-fonte para recuperar o *streaming* da câmera em tempo real. Esse *streaming* é capturado e retornando na linha 4. O objeto `Response` retorna quadros (*frames*) da câmera chamando o método `gen`. A linha 7 apresenta o método `gen`, este é responsável por retornar os *frames* da câmera quando solicitados. Na linha 9 é capturado o quadro e armazenado na variável `frame` que em seguida é retornado na linha 11.

Quadro 21 - Recuperar *streaming* da câmera

```

1  @app.route('/get_video')
2  def get_video():
3      global my_camera
4      return Response(gen(my_camera),
5                      mimetype='multipart/x-mixed-replace; boundary=frame')
6
7  def gen(camera):
8      while True:
9          frame = camera.get_frame()
10         yield (b'--frame\r\n'
11              b'Content-Type: image/jpeg\r\n\r\n' + frame + b'\r\n')

```

Fonte: elaborado pelo autor.

---

<sup>2</sup> A codificação Base64 consiste em utilizar caracteres US-ASCII (não acentuados) para codificar qualquer tipo de dados em 8 bits (CCM, 2017, p. 1).

No Quadro 22, encontra-se o código-fonte responsável por capturar *frames* da câmera. Esse foi adaptado da biblioteca `flask-video-streaming`, a sua adaptação foi feita na linha 5, cuja resolução da câmera foi diminuída para aumentar a velocidade de transmissão das imagens em tempo real. O código captura imagens da câmera na linha 6 para em seguida disponibilizá-las na linha 11. Isso acontece até que a aplicação embarcada finalize.

Quadro 22 - Código que retorna os *frames* da câmera

```

1  def get_frames():
2      with picamera.PiCamera() as camera:
3          time.sleep(2)
4          stream = io.BytesIO()
5          camera.resolution = (160, 120)
6          for foo in camera.capture_continuous(stream, 'jpeg',
7                                              use_video_port=True):
8              if BaseCamera.stopped:
9                  break
10             stream.seek(0)
11             yield stream.read()
12             stream.seek(0)
13             stream.truncate()

```

Fonte: adaptado de Grinberg (2014, p. 1).

#### 3.2.4.6 GPS

No Quadro 23, é apresentado o código-fonte responsável por recuperar os dados do módulo GPS. Observa-se na linha 3 que o módulo é disponibilizado por meio de uma comunicação serial no caminho `/dev/serial0`, sua taxa de transferência é configurada para 9600 bps e a comunicação é disponibilizada em uma variável chamada `port`. Segundo Baumgarten (2016), é necessário fazer a mineração do retorno para capturar a longitude e latitude. O padrão NMEA basicamente retorna 4 sentenças, sendo elas: `$GPGGA`, `$GPGSA`, `$GPGSV` e `$GPRMC`. A latitude e longitude são encontradas na sentença `$GPGGA` e a linha 14 busca por ela a cada nova linha recuperada pela comunicação serial.

Após a recuperação da sentença `$GPGGA`, entre as linhas 15 e 24, são recuperados os dados de latitude e longitude. Na linha 15, os valores da sentença são separados por “,” e armazenados no vetor de *string* denominado `retorno`. Em seguida, na linha 16, é verificado se o vetor `retorno` na posição 2 possui valor, se for vazio significa que o módulo está sem sinal, portanto, na linha 17 retorna a mensagem “Sem Sinal” ao usuário. Se houver valor na sentença, esse é retornado na linha 24, nota-se que é feita uma conversão de valores no formato de Degrees Minutes Seconds (DMS) para o formato Decimal Degrees (DD).

Quadro 23 - Recuperar dados do módulo GPS

```

1  @app.route('/get_gps')
2  def get_gps():
3      port = serial.Serial("/dev/serial0", baudrate=9600, timeout=10.0)
4      line = []
5      count = 1
6      while count < 15:
7          try:
8              rcv = port.read()
9          except:
10             rcv = ''
11             line.append(rcv)
12             if rcv == '\n':
13                 line = "".join(line)
14                 if line.find("GPGGA") != -1:
15                     retorno = line.split(',')
16                     if retorno[2] == '':
17                         return json.dumps(dict(error = "Sem Sinal"))
18                     lat = int(retorno[2][0:2]) + (float(retorno[2][2:len(retorno[2])]) / 60)
19                     if retorno[3] == 'S' :
20                         lat = lat * -1
21                     longit = int(retorno[4][0:3]) + (float(retorno[4][3:len(retorno[4])]) / 60)
22                     if retorno[5] == 'W':
23                         longit = longit * -1
24                     return json.dumps(dict(Lat=lat, Longit=longit))
25             line = []
26             count = count + 1
27         return json.dumps(dict(error = "Sem Dados na porta /dev/serial0"))

```

Fonte: adaptado de Baumgarten (2016, p. 35).

### 3.2.4.7 OBD

Para organizar a interação com os sensores e a leitura do adaptador ELM327, de modo geral, foi criada uma classe chamada `OBDControl`. Essa classe possui os métodos para conectar-se com o adaptador ELM327, recuperar os PIDs suportados pelo veículo, valores de PIDs e também informações dos códigos de erro (DTC).

No Quadro 24, é apresentada a maneira para obter a conexão OBD por intermédio da biblioteca `python-obd` pela classe `OBD`. Na linha 3, é configurada, obtida essa conexão e armazenada na variável `_connection` da classe `OBDControl`. Essa variável irá ser utilizada pelo sistema embarcado para recuperar valores de PIDs e também códigos de erro (DTC). Caso não seja possível conectar-se com o adaptador ELM327, na linha 5, é disparada uma exceção informando que não foi conectado. Caso contrário, na linha 6, é retornada a conexão OBD.

Quadro 24 - Obtenção da conexão OBD

```

1  def _connect_obd(self):
2      try:
3          self._connection = obd.OBD(baudrate=9600,portstr='/dev/rfcomm0',fast=False)
4          if self._connection.status() == OBDSStatus.NOT_CONNECTED:
5              raise Exception("nao conectado com ELM327.")
6          return self._connection
7      except Exception as ex:
8          self._connection = None
9          raise Exception(ex)

```

Fonte: elaborado pelo autor.

A técnica de sincronização de *threads* é utilizada no sistema embarcado. Isso é feito para evitar que dois processos utilizem a mesma conexão serial com o dispositivo ELM327 ao mesmo tempo. Essa sincronização é feita por meio de bloqueios denominados *locks* que são disponibilizados nativamente pela linguagem Python no módulo `threading`. O Quadro 25 apresenta esta técnica, na linha 1, é criado um objeto `Lock` que é utilizado na linha 4. Esse bloqueio impede que duas *threads* acessem o bloco `with` (linha 4) simultaneamente, ou seja, evita-se que as duas *threads* obtenham acesso à conexão OBD2 ao mesmo tempo.

Quadro 25 – *Lock* utilizado para obter conexão OBD2

```

1  _lock_connection = threading.Lock()
2
3  def get_connection(self):
4      with self._lock_connection:
5          if self._connection is None:
6              return self._connect_obd()
7          elif self._connection.status() == OBDStatus.NOT_CONNECTED:
8              return self._connect_obd()
9          else:
10             return self._connection

```

Fonte: elaborado pelo autor.

#### 3.2.4.7.1 Leitura de PIDs

No Quadro 26, é apresentado o código-fonte responsável pela recuperação de PIDs suportados pela ECU. Esse é utilizado quando a classe `OBDCControl` é inicializada ou quando o sistema embarcado solicita a leitura dos PIDs. Na linha 2, é verificado se a variável de classe `_supported_pids` não é nula (`None`), se ela não for nula significa que os PIDs suportados já foram verificados, portanto, retorna o valor da variável para o método. Caso contrário, na linha 4, é recuperada a conexão OBD para em seguida, na linha 6, verificar os PIDs suportados. Após esse procedimento, itera-se sobre a lista de comandos suportados para, na linha 11, fazer o retorno desses PIDs. Nota-se que nas linhas 7, 8 e 9 são ignorados os comandos de leitura dos códigos DTC e também os comandos de controle.

Quadro 26 - Recuperar PIDs suportados pela ECU

```

1  def get_supported_pids(self):
2      if self._supported_pids is not None:
3          return self._supported_pids
4      connection = self.get_connection()
5      self._supported_pids = []
6      for command in connection.get_supported_commands():
7          if command.command not in [ b"03", b"07", b"04", b"0100", b"0120",
8                                     b"0140", b"0600", b"0620", b"0640",
9                                     b"0660", b"0680", b"06A0", b"0101" ]:
10             self._supported_pids.append(command)
11      return self._supported_pids

```

Fonte: elaborado pelo autor.

O Quadro 27 ilustra o método `execute_query` da classe `OBDControl`. Ele é utilizado na execução de comandos para a central automotiva (ECU) por meio do adaptador ELM327. Na linha 2, é obtida a conexão, para em seguida, na linha 3, executar o respectivo comando informado por parâmetro. O retorno do método depende do tipo de comando informado (variável `cmd`).

Quadro 27 – Execução de comandos OBD

```

1  def execute_query(self, cmd):
2      connection = self.get_connection()
3      return self._connection.query(cmd)

```

Fonte: elaborado pelo autor.

No Quadro 28, é enumerado o código-fonte responsável pela obtenção de valores dos PIDs suportados pela central automotiva (ECU). Observa-se que, na linha 5, é criada uma lista denominada `listSensors` que irá armazenar dicionários com o código do PID e o seu respectivo valor. Após essa criação, na linha 6, são verificados os PIDs suportados e para cada um é executada a sua respectiva `query` que irá retornar o valor do PID. Da linha 10 até a linha 20 é feito o tratamento de dados, que arredondam os valores decimais para quatro casas. Na linha 21, é adicionada essa leitura na `listSensors`. Por conseguinte, na linha 23, são retornados todos os valores dos PIDs em formato JSON, ordenados pelos seus respectivos códigos.

Quadro 28 - Obtenção de valores dos PIDs

```

1  @app.route('/get_obdii_values')
2  def get_obdii_values():
3      global obd_control
4      try:
5          listSensors = []
6          for command in obd_control.get_supported_pids():
7              cmd = command
8              response = obd_control.execute_query(cmd)
9              valor = ""
10             try:
11                 valor = response.value.magnitude
12                 if isinstance(valor, numbers.Real):
13                     if valor % 1 == 0:
14                         valor = int(valor)
15                     else:
16                         valor = str(float(str("%.4f" % round(valor,4))))
17                 else:
18                     valor = str(valor)
19             except AttributeError:
20                 valor = response.value
21             listSensors.append(dict(codigo=str(cmd.command),
22                                   valor=str(valor)))
23         return json.dumps(sorted(listSensors, key=lambda s: s.get('codigo')))
24     except Exception as ex:
25         return json.dumps(dict(error = str(ex)))

```

Fonte: elaborado pelo autor.

### 3.2.4.7.2 Leitura de códigos de erro DTC

Para a leitura dos códigos de erro DTC, foram utilizados os serviços 0x03 e 0x07 que retornam respectivamente os códigos pendentes e registrados. Para a sua obtenção, foi modificado o código-fonte original da biblioteca `python-obd` para suportar os dois simuladores utilizados, que são: OBDSim e ECU Engine Pro. O código-fonte dessa modificação está descrito no Quadro 29.

O parâmetro `simulador`, informado na linha 1, identifica qual é o simulador que será utilizado para a leitura dos códigos DTC, os valores são: 0 – nenhum simulador, 1 – OBDSim, 2 – ECU Engine Pro. Na linha 3, é executado o método padrão da biblioteca, caso não necessite simulador. Da linha 13 até a linha 29, são executados passos para converter os valores hexadecimais para códigos DTC, de acordo com cada simulador. Por fim, são retornados todos os códigos DTC na linha 30. O `query_dtc` é utilizado no método `get_status_dtc`, conforme o Quadro 30.

Quadro 29 - Código-fonte para a leitura dos serviços 0x03 e 0x07

```

1  def query_dtc(self, cmd=commands.GET_DTC, simulador=0):
2      if simulador == 0:
3          return self.query(cmd).value
4      if self.status() == OBDStatus.NOT_CONNECTED:
5          return OBDResponse()
6      if not self.test_cmd(cmd):
7          return OBDResponse()
8      cmd_string = self._build_command_string(cmd)
9      lines = self.interface.send_and_parse(cmd=cmd_string, return_lines=True)
10     if cmd_string:
11         self.__last_command = cmd_string
12     codes = []
13     for line in lines:
14         line = line.replace(" ", "")
15         if "NO" in line:
16             continue
17         bytes_line = bytearray()
18         ## SE FOR O OBDSIM
19         if simulador == 1:
20             line = line[7:]
21             bytes_line = bytearray(unhexlify(line))
22         ## SE FOR O ECU Engine PRO
23         elif simulador == 2:
24             line = line[9:]
25             bytes_line = bytearray(unhexlify(line))
26         for n in range(1, len(bytes_line), 2):
27             dtc = parse_dtc( (bytes_line[n-1], bytes_line[n]) )
28             if dtc is not None:
29                 codes.append(dtc)
30     return codes

```

Fonte: adaptado de Python-obd (2017, p. 1).

O Quadro 30 trata de um método denominado `get_status_dtc`, o qual é responsável por organizar as informações de códigos de erro DTC e também obtém o status da MIL. Na

linha 2, é obtida a conexão, para em seguida, nas linhas 4 e 5, fazer a recuperação dos códigos pendentes e registrados. Na linha 8, é recuperado o estado da lâmpada MIL. A partir da linha 9 até a linha 22, são executados comandos de repetição que servem para organizar as informações relevantes para o sistema embarcado e, na linha 23, efetuar o retorno delas.

Quadro 30 - Código-fonte para organizar os DTCs

```

1  def get_status_dtc(self):
2      connection = self.get_connection()
3      simulador = get_simulador()
4      dtc_registrados = connection.query_dtc(simulador=simulador)
5      dtc_pendentes = connection.query_dtc(cmd=obd.commands.GET_CURRENT_DTC,
6                                          simulador=simulador)
7      status = connection.query(obd.commands.STATUS)
8      status = status.value
9      _registrados = []
10     for codigo, descricao in dtc_registrados:
11         _registrados.append(dict(codigo=codigo,
12                                 descricao=descricao,
13                                 url='http://www.troublecodes.net/'+str(codigo)))
14     _pendentes = []
15     for codigo, descricao in dtc_pendentes:
16         _pendentes.append(dict(codigo=codigo,
17                                 descricao=descricao,
18                                 url='http://www.troublecodes.net/'+str(codigo)))
19     _status = None
20     if status is not None:
21         _status = Status(MIL=status.MIL,
22                          qtd_erro=status.DTC_count)
23     return StatusDTC(_pendentes,
24                     _registrados,
25                     _status)

```

Fonte: elaborado pelo autor.

No Quadro 31, são enumeradas duas classes: Status e StatusDTC. Elas são responsáveis por organizarem os dados de leitura dos códigos de erro DTC e retorná-los ao usuário.

Quadro 31 - Classe Status e classe StatusDTC

```

1 class Status:
2     def __init__(self, MIL, qtd_erros):
3         self.MIL = MIL
4         self.qtd_erros = qtd_erros
5
6     def json_dump(self):
7         return dict(MIL=self.MIL, qtd_erros=self.qtd_erros)
8
9 class StatusDTC:
10    def __init__(self, registrados, pendentes, status):
11        self.registrados = registrados
12        self.pendentes = pendentes
13        self.status = status
14
15    def json_dump(self):
16        status = None
17        if self.status is not None:
18            status = self.status.json_dump()
19        return dict(dtc_registrados=self.registrados,
20                  dtc_pendentes=self.pendentes,
21                  status=status)

```

Fonte: elaborado pelo autor.

No Quadro 32, é apresentado o código-fonte referente à limpeza dos códigos de erro DTC. Para executar essa operação, foi necessário enviar o comando `CLEAR_DTC` (descrito na linha 5). Após a execução desse comando, caso não ocorra nenhuma exceção gerada por ele, todos os códigos pendentes e registrados são apagados da ECU. Além disso, na linha 7, o método remove o arquivo `status.txt` que armazena os códigos DTCs já capturados pela rotina de verificação e notificação de erros.

Quadro 32 - Limpeza dos códigos de erro DTC

```

1 @app.route('/clear_dtc')
2 def clear_dtc():
3     global obd_control
4     try:
5         obd_control.execute_query(obd.commands.CLEAR_DTC)
6         try:
7             os.remove("./database/status.txt")
8         except Exception as ex:
9             if not "No such file or directory" in str(ex):
10                raise Exception(ex)
11        return json.dumps(dict(status = "OK"))
12    except Exception as ex:
13        return json.dumps(dict(error = str(ex)))

```

Fonte: elaborado pelo autor.

### 3.2.4.7.3 Notificação de novos códigos DTCs

A verificação e notificação dos DTCs ocorre de 20 em 20 segundos e independe da interação do usuário para a sua inicialização. O processo é executado pelo servidor embarcado antes da sua disponibilização. Para facilitar a sua manipulação, foi codificada uma classe para abstrair a sua complexidade, esta classe denomina-se `DTCControl` e está exposta no Quadro

33. Na linha 7, é armazenado o intervalo de execução de cada processo na variável `delay`. Na linha 10, é declarado o método responsável por inicializar o monitor de códigos DTCs. Esse método é denominado `start_monitor` e, na linha 11, inicializa-se um temporizador que executa o método `monitorar_dtcs` (descrito no Quadro 34) no intervalo armazenado na variável `delay` (que nesse caso são 20 segundos). Ou seja, após a execução da linha 12, o método `monitorar_dtcs` é disparado após 20 segundos.

Quadro 33 - Classe `DTCControl`

```

1  class DTCControl:
2      delay = 0
3      obd_control = None
4
5      def __init__(self, obd_control):
6          self.obd_control = obd_control
7          self.delay = 20
8          self.start_monitor()
9
10     def start_monitor(self):
11         t = Timer(self.delay, self.monitorar_dtcs)
12         t.start()

```

Fonte: elaborado pelo autor.

O método denominado `monitorar_dtcs`, exposto no Quadro 34, é utilizado para fazer o monitoramento dos códigos DTCs. Na linha 3, as configurações são recuperadas e armazenadas na variável `configs` e, caso elas não existam, o método dispara uma exceção informado que está sem configurações. Na linha 6, são resgatados os DTCs no momento atual da leitura e recuperam-se posteriormente na linha 7 os códigos DTCs já notificados pela aplicação. Da linha 11 até a linha 18, são mesclados os códigos já notificados com os códigos lidos atualmente para na linha 19, restarem somente os novos códigos pendentes de notificação.

Na linha 22, é enviado uma notificação de SMS e, na linha 26, é enviada uma notificação de e-mail ao usuário. Essa notificação informa que existem códigos de erro encontrados no veículo com os seus respectivos DTCs. Observa-se na linha 21 e 24 que a notificação só ocorre se as *flags* `notificarSMS` e `notificarEmail` estiverem com o valor `True`. Além disso, na linha 27, os códigos recuperados são acrescentados na variável `db_status` para em seguida, na linha 28, chamar o método responsável por salvar esses códigos DTCs. Por fim, na linha 30, é chamado o método `start_monitor`, que vai novamente inicializar um temporizador para executar o método `monitorar_dtcs`. O monitor só será encerrado, caso o sistema embarcado seja finalizado.

Quadro 34 - Método para monitoramento de DTC

```

1  def monitorar_dtcs(self):
2      try:
3          configs = get_configs()
4          if configs is None:
5              raise Exception("Sem configuracoes...")
6          dtcs = self.obd_control.get_status_dtc()
7          db_status = self.get_db_status()
8          if db_status is None:
9              db_status = []
10         _novos_dtcs = []
11         for dtc in dtcs.registrados:
12             codigo = dtc.get('codigo')
13             if codigo not in db_status:
14                 _novos_dtcs.append(codigo)
15         for dtc in dtcs.pendentes:
16             codigo = dtc.get('codigo')
17             if codigo not in db_status:
18                 _novos_dtcs.append(codigo)
19         _novos_dtcs = list(set(_novos_dtcs))
20         if len(_novos_dtcs) > 0 and
21             if configs.notificarSMS:
22                 send_sms(configs.celular,
23                     'Codigos de erro encontrados em seu veiculo! ' + str(_novos_dtcs))
24             if configs.notificarEmail:
25                 send_email(configs.email,
26                     'Codigos de erro encontrados em seu veiculo! ' + str(_novos_dtcs))
27         db_status += _novos_dtcs
28         self.save_db_status(db_status)
29     finally:
30         self.start_monitor()

```

Fonte: elaborado pelo autor.

No Quadro 35, são expostos dois métodos responsáveis por salvar e recuperar os códigos DTCs já notificados ao usuário. Esses são utilizados para que a notificação não se repita mais de uma vez até que execute a limpeza dos códigos. Na linha 1, é declarado o método para recuperar os DTCs, esse método chama-se `get_db_status` e, na linha 4, abre-se o arquivo `status.txt`<sup>3</sup>, para, na linha 7, transformar o seu conteúdo em um objeto Python e retornar em seguida. Já na linha 16, é declarado o método responsável por salvar os códigos DTCs já notificados ao usuário. Esse método é denominado `save_db_status` e recebe como parâmetro os códigos DTCs na variável `status`. Por fim, na linha 19, é persistida a variável `status`.

---

<sup>3</sup> O arquivo `status.txt` armazena um vetor de *strings* que representam os códigos DTCs já notificados ao usuário.

Quadro 35 - Métodos para salvar DTCs

```

1  def get_db_status(self):
2      status = None
3      try:
4          with io.open('./database/status.txt', 'r') as f:
5              content = f.read()
6              if content is not None and content:
7                  status = json.loads(content,
8                                     object_hook=lambda d: namedtuple('X', d.keys())(*d.values()))
9      except IOError as ex:
10         if "No such file or directory" in str(ex):
11             status = None
12         else:
13             raise ex
14     return status
15
16  def save_db_status(self, status):
17      try:
18         with io.open('./database/status.txt', 'w', encoding='utf-8') as f:
19             f.write(unicode(json.dumps(status, ensure_ascii=False)))
20         return dict(status = "OK")
21     except Exception as ex:
22         return dict(error = str(ex))

```

Fonte: elaborado pelo autor.

No Quadro 36 é, exposta a função responsável por enviar SMS. Isso é feito por meio da biblioteca `twilio` e é necessário informar um SID e TOKEN, previamente obtidos de forma gratuita no site da biblioteca, mediante de um cadastro realizado no próprio site. Na linha 5, é enviada a mensagem através da classe `Client` da biblioteca onde e lá é informado o número de destino (linha 6) e a mensagem encaminhada (linha 8).

Quadro 36 - Função para enviar SMS

```

1  def send_sms(numero, mensagem):
2      account_sid = "SID"
3      auth_token = "TOKEN"
4      client = Client(account_sid, auth_token)
5      message = client.messages.create(
6          to=numero,
7          from_="NUMERO",
8          body=mensagem)

```

Fonte: elaborado pelo autor.

No Quadro 37, é demonstrado o código-fonte responsável pelo envio de e-mail, ele utiliza a biblioteca nativa `smtpplib` que disponibiliza os métodos necessários. Na linha 2, é configurado o Simple Mail Transfer Protocol (SMTP) de envio, para em seguida, na linha 6, efetuar-se a autenticação utilizando o usuário e senha do servidor. A mensagem e o endereço de e-mail de destino são passados como parâmetro na linha 1 para a função e, na linha 8, efetua-se o seu envio.

Quadro 37 - Função para envio de e-mail

```

1 def send_email(email, mensagem):
2     server = smtplib.SMTP('smtp.gmail.com', 587)
3     server.ehlo()
4     server.starttls()
5     server.ehlo()
6     server.login("NOME_DE_USUARIO", "SENHA")
7     msg = 'Subject: {}\n\n{}'.format('[Monitor Do Veiculo] IMPORTANTE!', mensagem)
8     server.sendmail("monitor.tcc2@gmail.com", email, msg)

```

Fonte: elaborado pelo autor.

### 3.2.5 Código-fonte da aplicação *mobile*

Nesta seção, são descritos os principais códigos-fonte implementados para a camada *front-end* da aplicação *mobile*. Os assuntos estão separados em subseções para dividir o contexto de cada temática.

#### 3.2.5.1 Chamadas HTTP para o servidor embarcado

A aplicação móvel desenvolvida executa chamadas HTTP para o servidor embarcado. As chamadas são encapsuladas em métodos de uma classe denominada `HttpService`. Os métodos são `get` e `post`. No Quadro 38, é possível visualizar o código-fonte do método `get`, esse é responsável por executar chamadas do tipo GET ao servidor embarcado. Nota-se que na linha 3 é utilizado o objeto `Http` da biblioteca `AngularJS`. Na linha 17, é configurado um tempo para aguardar a chamada do serviço. Caso essa chamada não seja executada no tempo definido na variável `DEFAULT_TIMEOUT` da classe `AppSettings`, é lançada uma exceção informando um *timeout*. Se a chamada for executada com sucesso, é retornado um objeto do tipo `Promise` contendo a resposta da requisição no objeto `Response`.

Quadro 38 - Método HTTP para chamadas do tipo GET

```

1 public get(url: string, headersDict = null) {
2     return new Observable<any>(observer => {
3         this.http
4             .get(`${url}`, {headers: new Headers(headersDict)}).subscribe(data =>{
5                 observer.next(data);
6                 observer.complete();
7             }, error =>{
8                 console.log(error);
9                 if (`${error}`.indexOf("Response with status: 0 for URL: null") >= 0){
10                     observer.error("Ops.. Servidor fora do ar!");
11                 } else {
12                     observer.error(error);
13                 }
14             });
15     })
16     .map((response) => response)
17     .timeoutWith(AppSettings.DEFAULT_TIMEOUT, Observable.throw(new Error('timeout!')))
18     .toPromise();
19 }

```

Fonte: elaborado pelo autor.

No Quadro 39, é apresentado o método `post` que é responsável por executar as chamadas HTTP do tipo POST para o servidor embarcado. Na linha 1, são informados na variável `postData` os dados enviados ao servidor. A variável `postData` é um JSON quando informada. Da mesma forma que no método `get`, o `post` também executa o método durante um determinado tempo, na linha 4, é feita essa configuração. Caso esse tempo seja excedido, é lançada uma exceção informando que o limite foi ultrapassado. Se a chamada for executada com sucesso, é retornado um objeto do tipo `Promise` contendo a resposta da requisição no objeto `Response`.

Quadro 39 - Método HTTP para chamadas do tipo POST

```

1 public post(url: string, postData, headersDict = null){
2     return this.http.post(`${url}`, postData, {headers: new Headers(headersDict)})
3         .map((response) => response)
4         .timeoutWith(AppSettings.DEFAULT_TIMEOUT, Observable.throw(new Error('timeout!')))
5         .toPromise();
6 }

```

Fonte: elaborado pelo autor.

### 3.2.5.2 Obter a Uniform Resource Locator (URL) do servidor embarcado

No Quadro 40, é apresentada a função responsável por obter a URL, onde o servidor embarcado encontra-se hospedado. Pode-se observar na linha 4 que a aplicação busca as configurações. Estas armazenam a URL na variável `endpoint` que é verificada na linha 6, caso não exista, é retornada a URL padrão da linha 1. Se existir a variável `endpoint` das configurações, ela é devolvida na função. O método retorna um objeto do tipo `Promise` que é utilizado pelo método que chamar esta função.

Quadro 40 - Obtenção da URL para o sistema embarcado

```

1 public static API_ENDPOINT_INIT = 'http://veiculo.sytes.net:5000/';
2 public getEndpoint(){
3     return new Observable<string>(observer => {
4         this.storage.get("configuracoes").then((result) => {
5             var _configuracoes = result ? result : {};
6             if(!_configuracoes.endpoint){
7                 _configuracoes.endpoint = AppSettings.API_ENDPOINT_INIT;
8                 observer.next(_configuracoes.endpoint);
9                 observer.complete();
10            } else
11                observer.next(_configuracoes.endpoint);
12                observer.complete();
13            }
14        }, error => {
15            observer.error(error);
16        })
17    })
18    .map((response) => response)
19    .toPromise();
20 }

```

Fonte: elaborado pelo autor.

### 3.2.5.3 Salvar e recuperar configurações

O Quadro 41 demonstra o código-fonte utilizado para enviar as configurações ao servidor embarcado. Isso é feito na linha 2 através de uma requisição POST, passando as configurações obtidas pelo aplicativo para o servidor por meio de um JSON. Na linha 4 e na linha 7, são armazenados os valores das configurações no banco de dados IndexedDB na chave `configuracoes`. Nota-se que, na linha 7, se o processo falhar ao salvar os dados no servidor, são armazenadas as configurações no banco de dados do dispositivo para o seu envio posterior.

Quadro 41 – Enviar as configurações para o servidor

```

1  this.appSettings.getEndpoint().then(endpoint => {
2    this.httpService.post(endpoint + "save_configs", this.configuracoes).then(result => {
3      if(result.json().status == "OK"){
4        this.storage.set("configuracoes", this.configuracoes);
5      }
6    }).catch(error =>{
7      this.storage.set("configuracoes", this.configuracoes);
8    });
9  });

```

Fonte: elaborado pelo autor.

No Quadro 42, é apresentado o método responsável por carregar as configurações armazenadas no servidor embarcado para a aplicação *mobile*. Isso é feito por intermédio de uma requisição GET ao servidor embarcado onde são retornadas essas configurações e salvas no dispositivo. Na linha 3, é demonstrada a obtenção das configurações e, na linha 5, elas são salvas no banco de dados IndexedDB na chave `configuracoes`.

Quadro 42 - Obtendo as configurações do servidor embarcado

```

1  this.appSettings.getEndpoint().then(endpoint => {
2    this.httpService.get(endpoint + 'get_configs').then(result => {
3      var configuracoes = result.json();
4      if(!configuracoes.error){
5        this.storage.set("configuracoes", this.configuracoes);
6      }
7    });
8  });

```

Fonte: elaborado pelo autor.

### 3.2.5.4 Mapas

O Quadro 43 demonstra o código responsável por chamar o servidor embarcado e buscar as coordenadas de localização. Na linha 2, é feita a chamada do tipo GET ao servidor no *endpoint* `get_gps`, que retorna as coordenadas geográficas na linha 3. Nas linhas 8 e 9, essas coordenadas são salvas no banco de dados IndexedDB com a chave `localizacoes`. Já na linha 10, as localizações são transferidas para a tela `LocalizacaoDetail` onde o mapa é apresentado.

Quadro 43 - Recuperação das coordenadas

```

1  this.appSettings.getEndpoint().then(endpoint => {
2      this.httpService.get(endpoint + 'get_gps').then(result => {
3          var coords = result.json();
4          var localizacao = {
5              data: this.datePipe.transform(new Date(), 'dd/MM/yyyy HH:mm:ss'),
6              coords: coords
7          };
8          this.localizacoes.push(localizacao);
9          this.storage.set("localizacoes", this.localizacoes);
10         this.navCtrl.push(LocalizacaoDetailPage, {localizacao: localizacao});
11     })
12 });

```

Fonte: elaborado pelo autor.

No Quadro 44, é apresentada o código-fonte para exibir o mapa na aplicação *mobile*. Para isso, é utilizada a biblioteca `angular-google-maps`, ela permite informar a latitude e longitude e ainda desenha o mapa. Isso é feito na linha 2, onde são passadas as coordenadas.

Quadro 44 - Código-fonte de exibição do mapa

```

1  <agm-map [latitude]="localizacao.coords.lat" [longitude]="localizacao.coords.longit" [zoom]="17" >
2      <agm-marker [latitude]="localizacao.coords.lat" [longitude]="localizacao.coords.longit"></agm-marker>
3  </agm-map>

```

Fonte: elaborado pelo autor.

### 3.2.5.5 Sensores

Esta seção é responsável pela implementação na aplicação *mobile* dos sensores OBD2. No Quadro 45, é exposto o código referente à recuperação de PIDs. Na linha 3, é feita uma chamada HTTP ao servidor embarcado no *endpoint* `get_obdii_pids` que retorna uma lista de PIDs (conforme Quadro 46). Na linha 5, essa lista é armazenada para a sua posterior utilização.

Quadro 45 - Obter PIDs

```

1  public recuperarPids(){
2      this.appSettings.getEndpoint().then(endpoint => {
3          this.httpService.get(endpoint + 'get_obdii_pids').then(result => {
4              var list = result.json();
5              this.pids = list;
6          })
7      });

```

Fonte: elaborado pelo autor.

No Quadro 46, é exposto um exemplo de JSON retornado pelo servidor embarcado quando são solicitados os PIDs. Nele constam informações como o código do PID, o nome do sensor e a unidade de medida. O `valor` será buscado posteriormente, por isso, esse serviço disponibiliza todos os valores como 0.

Quadro 46 - Exemplo de PIDs em JSON

```

1  ▾ Array[7][
2  ▸   {↔},
8  ▸   {↔},
14 ▾   {
15     "codigo": "010D",
16     "sensor": "Vehicle Speed",
17     "unidade": "kph",
18     "valor": "0"
19   },
20 ▸   {↔},
26 ▸   {↔},
32 ▸   {↔},
38 ▸   {↔}
44 ]

```

Fonte: elaborado pelo autor.

No Quadro 47, é apresentado o código para a obtenção de valores dos sensores retornados do servidor embarcado. Na linha 3, é realizada a chamada para o *endpoint* `get_obdii_values` que, na linha 4, retorna uma lista de valores JSON (conforme Quadro 48). Observa-se que na linha 12 é executado novamente o método `monitorarPids`, ou seja, essa chamada é recursiva. Ela é utilizada para atualizar os valores sem precisar da interação do usuário. Da linha 6 até a linha 11, o objeto JSON é iterado, e para cada `valor` retornado por ele, é atualizado o `valor` com o mesmo código na variável `pids` que foi armazenado na chamada `get_obdii_pids`. Foi separada a chamada dos valores (Quadro 47) da chamada dos PIDs (Quadro 45) para otimizar a performance e economizar no plano de dados 3G.

Quadro 47 - Obter valores dos PIDs

```

1  public monitorarPids(){
2      this.appSettings.getEndpoint().then(endpoint => {
3          this.httpService.get(endpoint + 'get_obdii_values').then(result => {
4              var list = result.json();
5              this.valores = list;
6              this.valores.forEach(sensor => {
7                  this.pids.filter(x => x.codigo == sensor.codigo)
8                      .forEach(pid => {
9                          pid.valor = sensor.valor;
10                     });
11             });
12             this.monitorarPids();
13         });
14     });
15 }

```

Fonte: elaborado pelo autor.

No Quadro 48, é demonstrado um exemplo de JSON retornado a partir da chamada do *endpoint* `get_obdii_values` no servidor embarcado. Esse contém uma lista de objetos em que cada item disponibiliza o código do PID e o seu respectivo valor lido da porta OBD2.

Quadro 48 - Retorno dos valores de PIDs em JSON

```

1  ▾ Array[7][
2  ▶   {↔},
6  ▾   {
7      "codigo": "010C",
8      "valor": "0"
9  },
10 ▾   {
11     "codigo": "010D",
12     "valor": "0"
13   },
14 ▶   {↔},
18 ▶   {↔},
22 ▶   {↔},
26 ▶   {↔}
30 ]

```

Fonte: elaborado pelo autor.

Por fim, no Quadro 49, é apresentado o código HTML do medidor de velocidade (velocímetro). A sua implementação na *tag* `radial-gauge` é feita através da biblioteca `GaugesModule`. Todos os atributos informados são para controle da própria *framework* para desenhar graficamente o medidor. Na linha 13, é informado o valor do sensor.

Quadro 49 - Código HTML do velocímetro

```

1  <radial-gauge *ngIf="sensor.unidade == 'kph'"
2     width="250" height="250" units="Km/h" min-value="0"
3     start-angle="90" ticks-angle="180" value-box="false"
4     major-ticks="0,20,40,60,80,100,120,140,160,180,200,220"
5     max-value="220" minor-ticks="2" stroke-ticks="true"
6     highlights='[
7       {"from": 160, "to": 220, "color": "rgba(200, 50, 50, .75)}'
8     ]'
9     color-plate="#fff" border-shadow-width="0" borders="false"
10    needle-type="arrow" needle-width="2" needle-circle-size="7"
11    needle-circle-outer="true" needle-circle-inner="false"
12    animation-duration="1500" animation-rule="linear"
13    [attr.value]="sensor.valor">
14 </radial-gauge>

```

Fonte: elaborado pelo autor.

### 3.2.5.6 Imagens

No Quadro 50, é apresentado o método para fazer a captura das imagens da câmera em tempo real. Isso é feito por meio de uma chamada no *endpoint* `get_video` do servidor embarcado. Na linha 3, é recuperado o endereço e armazenado na variável `src` que é utilizada pela *tag* HTML `img` do Quadro 51.

Quadro 50 - Método para *streaming* de imagens

```

1 public monitorarCamera(){
2     this.appSettings.getEndpoint().then(endpoint => {
3         this.src = endpoint + "get_video";
4         this.loader.dismiss();
5     });
6 }

```

Fonte: elaborado pelo autor.

Por fim, no Quadro 51, é demonstrada a linha responsável por desenhar as imagens recebidas pelo servidor embarcado em tempo real. Caso não receba nenhuma imagem, é atribuído o valor nulo ao atributo `src`.

Quadro 51 - HTML para apresentar as imagens em tempo real

```

1 <img [src]="src ? src : null" />

```

Fonte: elaborado pelo autor.

### 3.2.6 Operacionalidade da implementação

Nesta seção, é exposta a operacionalidade da aplicação desenvolvida para o trabalho. É demonstrada a instalação do dispositivo no automóvel, em seguida, apresentam-se as telas do aplicativo *mobile*.

A Figura 28 apresenta a instalação do dispositivo ao veículo, foi necessário conectar o adaptador ELM327 Bluetooth à tomada OBD2. O dispositivo foi acoplado ao retrovisor do automóvel para obter as imagens do interior do veículo. Por fim, esse dispositivo foi conectado à tomada 12V do veículo onde o sistema embarcado inicia-se automaticamente.

Figura 28 – Instalação do dispositivo no veículo



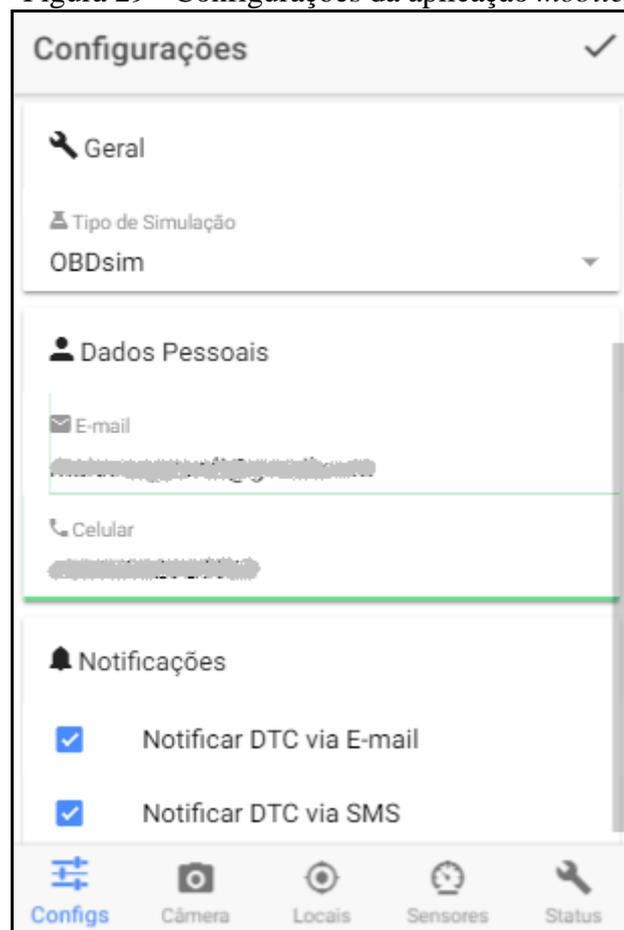
Fonte: elaborado pelo autor.

Depois de concluir a instalação no automóvel, inicia-se a aplicação *mobile*. Na Figura 29, é ilustrada a tela de configurações que é a primeira tela do aplicativo. Nela é possível fazer os ajustes iniciais antes de utilizar a aplicação. São realizadas configurações de simuladores, dados pessoais do usuário e configurações de recebimento de notificações.

No campo de seleção *Tipo de Simulação*, é possível informar se a realização da leitura da porta OBD2 é feita por meio de simulação, e dispõe das seguintes opções: *OBDSim*, *ECU Engine Pro* e *Sem simulador*. Quando é selecionada a opção *Sem simulador*, a aplicação entende que está instalada em um veículo.

Na seção *Dados Pessoais*, o usuário pode informar o seu e-mail e celular. Já na seção *Notificações*, o usuário informa se deseja receber notificações de novos DTCs via e-mail e também via SMS. Após fazer as configurações, deve-se clicar em *OK* (ícone do canto direito superior).

Figura 29 - Configurações da aplicação *mobile*

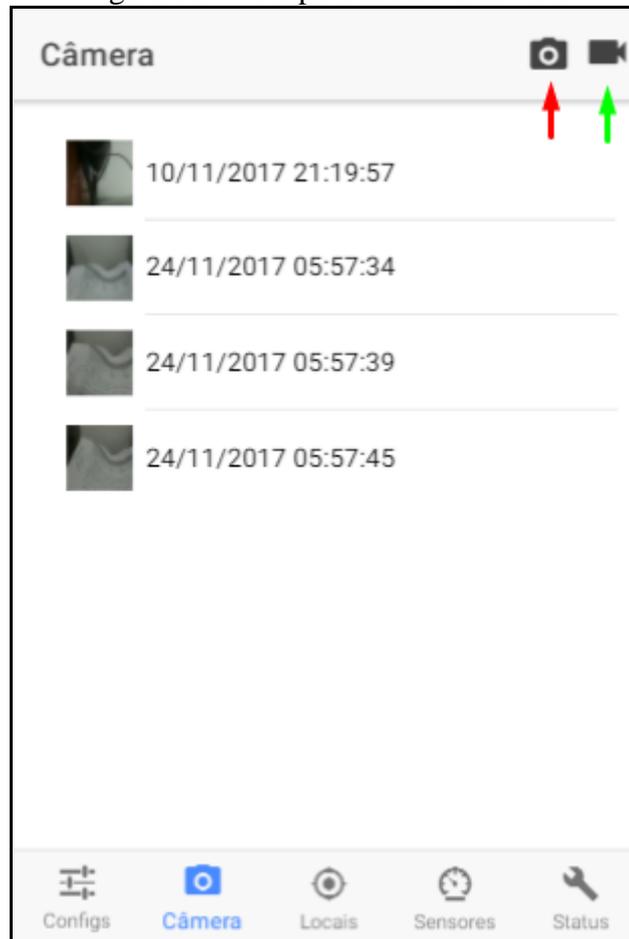


Fonte: elaborado pelo autor.

Na Figura 30, é disponibilizada a tela para acesso à câmera do dispositivo, nessa tela, é apresentada uma lista com as fotos armazenadas, ao clicar em uma das fotos, o aplicativo direciona para a tela *Detalhes da Foto* (conforme Figura 31 (a)). É possível capturar uma

nova foto clicando no botão Foto (indicado pela seta vermelha) que também é direcionado para a tela Detalhes da Foto. Por fim, é possível fazer capturas em tempo real da câmera, isso é realizado por meio do botão Câmera (indicado pela seta verde). Ao clicar no botão, o aplicativo redireciona para a tela de Vídeo (conforme Figura 31 (b)).

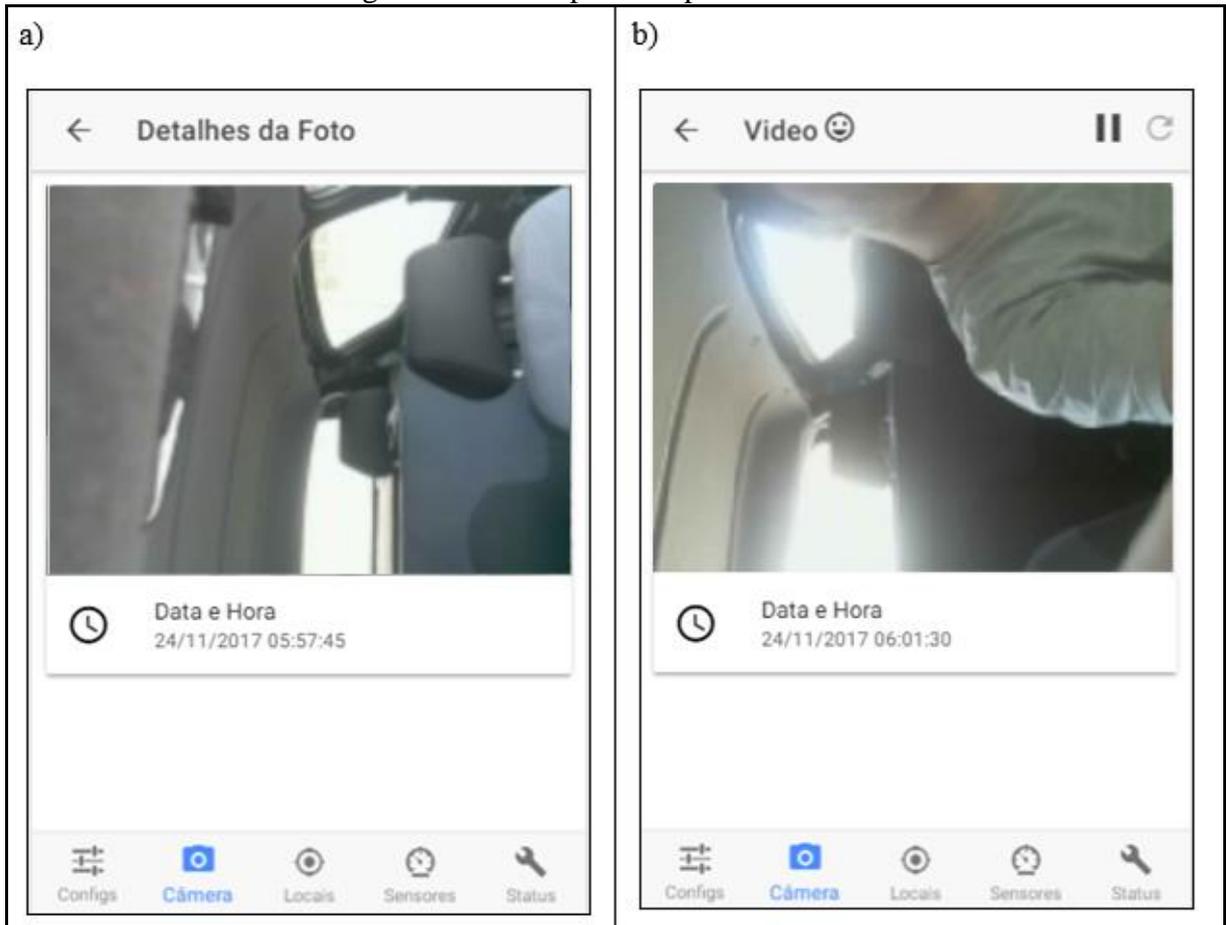
Figura 30 - Tela para acesso à câmera



Fonte: elaborado pelo autor.

Na Figura 31, são demonstradas duas telas, a tela da ilustração (a), refere-se aos detalhes da foto selecionada ou de uma nova foto extraída da aplicação. Já a ilustração (b) mostra as imagens capturadas em tempo real pela câmera. Ambas as telas apresentam a data e a hora da captura.

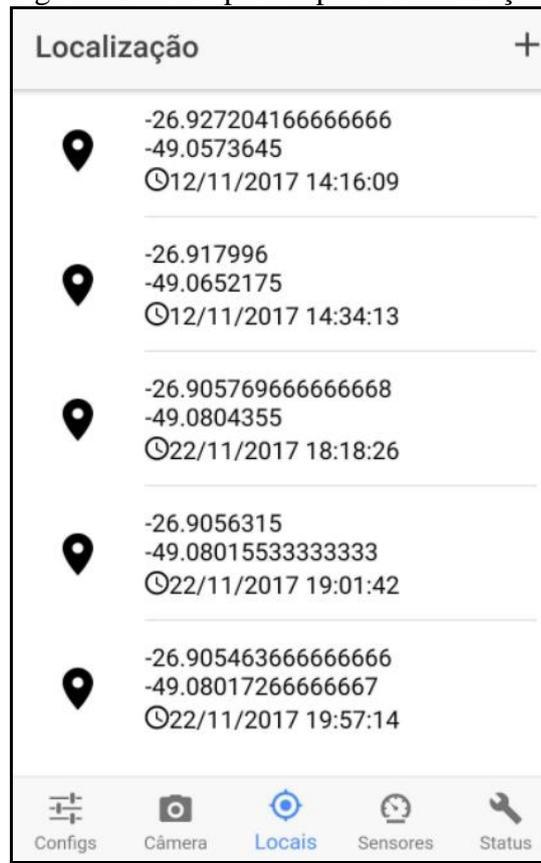
Figura 31 – Telas para a captura da câmera



Fonte: elaborado pelo autor.

Na Figura 32, é apresentada a tela para a captura das localizações no dispositivo. Nela consta uma lista com as localizações já obtidas anteriormente, também há um botão “+” para fazer a captura de uma nova posição geográfica. Ao clicar em um item da lista ou na obtenção de uma nova localização, o aplicativo redireciona para a tela de detalhamento da localização (Figura 33).

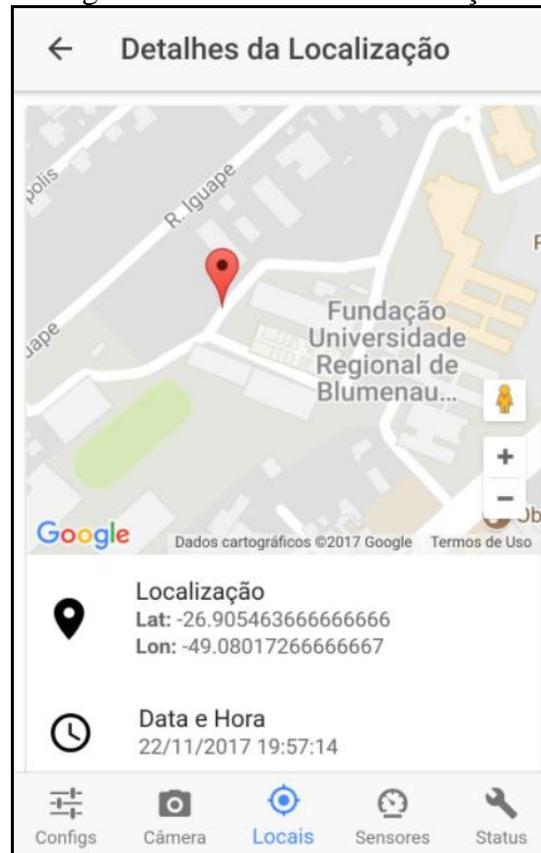
Figura 32 - Tela para capturar localizações



Fonte: elaborado pelo autor.

Na Figura 33, são detalhados os dados da localização selecionada ou extraída em tempo real. Nessa tela é apresentado o mapa indicando a devida localização, latitude, longitude e também a data e hora.

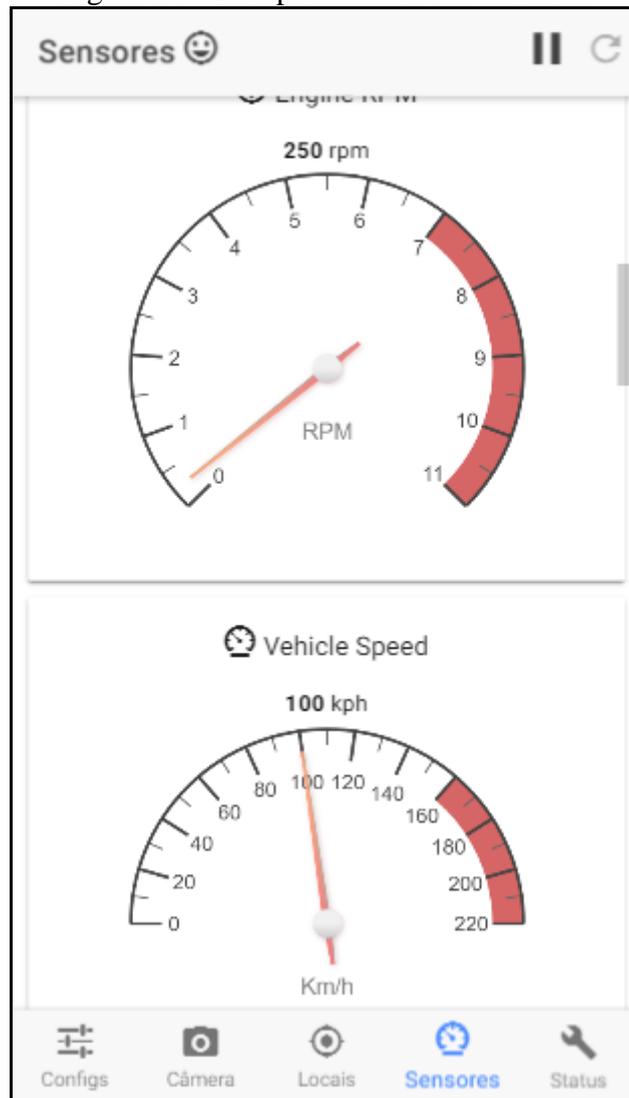
Figura 33 - Detalhes da localização



Fonte: elaborado pelo autor.

Na Figura 34, é apresentada a tela para a leitura dos sensores do automóvel feitas em tempo real. São mostrados os medidores de temperatura, velocidade, rotação e os demais sensores encontram-se textualmente descritos. É possível pausar a leitura dos sensores caso necessário por meio do botão **Pause** (primeiro botão no canto direito superior). Também é possível restaurar a leitura dos sensores usando o botão **Recarregar** (segundo botão no canto direito superior).

Figura 34 - Tela para leitura dos sensores



Fonte: elaborado pelo autor.

Na Figura 35, é ilustrada a tela responsável pela leitura dos códigos DTCs do veículo. Essa tela contém três seções, sendo elas:

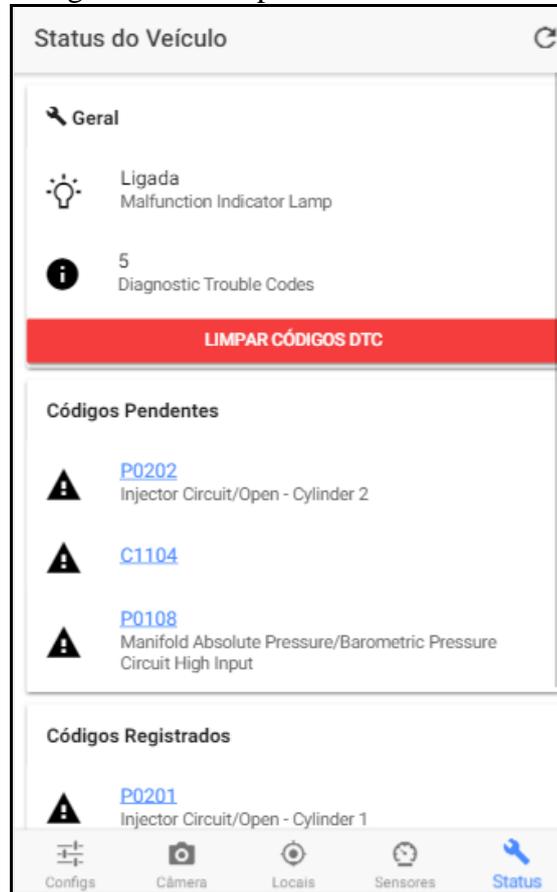
- General: responsável por informar se a lâmpada MIL encontra-se ligada ou desligada e também informar a quantidade de DTCs;
- Códigos Pendentes: informa os códigos DTCs que estão pendentes de acender a MIL;
- Códigos Registrados: códigos DTCs que acenderam a MIL.

Para complementar a descrição desses códigos, ao clicar em um deles (qualquer código sublinhado em azul), é redirecionado a uma página<sup>4</sup> da Internet com a descrição e causa da

<sup>4</sup> <http://www.troublecodes.net/>

falha. Também é possível fazer a limpeza desses códigos clicando no botão vermelho denominado `Limpar Códigos DTC`.

Figura 35 - Tela para leitura dos DTCs



Fonte: elaborado pelo autor.

Na Figura 36, são ilustrados os exemplos de notificação que são enviadas caso ocorram novos erros DTCs. Na ilustração (a) é descrita a notificação de SMS recebida pelo usuário do sistema, já a ilustração (b) representa a notificação recebida por e-mail. Ambas as notificações apresentam uma mensagem padrão informando que foram encontrados códigos de erro no veículo, em seguida são listados os DTCs.

Figura 36 - Exemplo de notificações



Fonte: elaborado pelo autor.

### 3.3 ANÁLISE DOS RESULTADOS

Nesta seção, são apresentadas as análises de resultados e experimentos realizados na aplicação desenvolvida. Na seção 3.3.1, apresentam-se a análise dos modems USB e das operadoras de telefonia móvel. A seção 3.3.2 trata dos resultados obtidos com relação ao uso de simuladores no projeto. A seção 3.3.3 dispõe sobre os experimentos nos sensores dos veículos utilizando a aplicação. Na seção 3.3.4, são realizados experimentos de obtenção e limpeza dos códigos DTCs. Por fim, na seção 3.3.5, é apresentada a comparação dos trabalhos correlatos e as ferramentas atuais com o projeto desenvolvido.

#### 3.3.1 Modems 3G/4G e operadoras de telefonia móvel

Inicialmente, ao longo do desenvolvimento do projeto, foi utilizada a rede *wireless* para o acesso à Internet com as configurações do DDNS No-IP e desbloqueios de porta para o acesso da aplicação, servindo-se de um roteador comum. Essas configurações atenderam o desenvolvimento, pois a taxa de upload era de 10 Mbit/s e de download equivalente à 120 Mbit/s. Porém, para que o projeto fosse validado, seria necessário fazer uso de uma Internet móvel, contudo, ocorreu uma dificuldade nessa migração de *wireless* para a rede 3G/4G. Essa dificuldade foi a obtenção de um IP público, que é uma das principais necessidades deste trabalho. Isso é necessário para que seja possível acessar o servidor embarcado através da Internet.

Para migrar à tecnologia móvel 3G/4G foram testados dois modems USB, dos quais um atendeu parcialmente e outro atendeu totalmente aos requisitos. Os modems testados foram:

- a) modem USB 3G/4G Huawei E3272 Hilink: esse modelo atendeu parcialmente à aplicação. Ele possui um Dynamic Host Configuration Protocol (DHCP) que não há como desabilitar e não possui configuração de Network Address Translation (NAT) ou redirecionamento de portas (Virtual Server) em seu firmware. Além de ser um modelo que, ao conectá-lo na porta USB de qualquer dispositivo, cria uma conexão Ethernet automaticamente e não há como fazer uma discagem manual para o sistema operacional controlar a conexão. Ele atende parcialmente, pois é possível disponibilizar as informações do servidor embarcado com a sua conexão por meio de um servidor proxy reverso ou uma Virtual Private Network (VPN);
- b) modem USB 3G ZTE MF626: esse atendeu totalmente à aplicação, pois fornece a possibilidade de estabelecer uma conexão direta com a operadora por meio de Point-to-Point Protocol (PPP), obtendo, assim, um IP público.

A única vantagem do modem Huawei E3272 Hilink é a sua conexão 4G, mas ela fica limitada e dependente de uma terceira conexão como um *proxy* ou VPN. A Tabela 1 confirma a inferioridade da conexão 3G utilizando um *proxy* comparada com as demais conexões.

Tabela 1 - Testes de Internet com os sensores

Conexão	Leitura dos Sensores (s)
<i>Wireless</i>	1,112
3G	1,22
3G com <i>proxy</i> <sup>5</sup>	1,53

Fonte: elaborado pelo autor.

Para monitor e calcular os tempos da Tabela 1 foi utilizada a ferramenta de Developer Tools do navegador Google Chrome. A fim de obter o valor, foi feita a média das cinco primeiras leituras dos sensores OBD2 para cada tipo de conexão.

Outro fato que foi relevante para a obtenção do IP público, foi a escolha da TIM como operadora utilizada. Foram testadas três operadoras de telefonia móvel brasileiras, sendo elas: TIM, Vivo e Claro. A operadora de telefonia OI não foi testada, pois o chip adquirido não conseguiu obter o sinal de rede no centro da cidade de Blumenau em Santa Catarina, muito provavelmente por um problema no chip. Os planos de dados utilizados foram todos pré-pagos, sendo que, a única operadora que permitiu adquirir um IP público foi a TIM. Porém, acontece que em alguns casos a conexão pública não é obtida na discagem, então, criou-se um algoritmo para o caso de a conexão pública não ser obtida, assim, o modem faz uma rediscagem.

Não foram encontradas fontes seguras para justificar o motivo da não obtenção de IP público nas operadoras. Apesar disso, cogita-se a possibilidade de ser relacionado à segurança da Rede ou até mesmo economia de endereços IP.

Foi testado o *ping*, velocidade de download e upload do modem USB ZTE MF626 em conjunto com o chip da operadora TIM. Esses testes foram realizados por intermédio de ferramentas, sendo elas:

- a) Speedtest: obteve-se um *ping* de 89 milissegundos para um servidor localizado na cidade de Timbó, a velocidade de download foi de 2,96 Megabits por segundo (Mbps) e upload de 0,49 Mbps;
- b) Fast.net: obteve-se a taxa de download média de 2,3 Mbps.

---

<sup>5</sup> O serviço utilizado foi o Remot3.it disponível gratuitamente.

Para obter as imagens da câmera por meio de *streaming*, notou-se que essa, devido à tecnologia 3G, retornou em torno de dois quadros por segundo. Já na rede sem fio *wireless*, esse número saltou para trinta quadros. A infraestrutura de redes 3G no Brasil ainda precisa ser melhorada para então viabilizar o uso da Internet por projetos de *streaming* de imagens. Em função disso, foi diminuída a qualidade de imagem para 120 pixels de altura por 80 pixels de largura, aumentando dessa forma a quantidade de quadros entregados por segundo na rede de telefonia móvel 3G.

### 3.3.2 Simuladores

Foram utilizados os simuladores OBDSim e ECU Engine Pro para o desenvolvimento deste trabalho. Esses simuladores possibilitaram a agilidade e facilidade no processo de implementação para leitura da porta OBD2, pois a aplicação foi desenvolvida e testada sem a necessidade de um veículo ou um simulador físico. Ambos suportam conexão Bluetooth, leitura de PIDs e também leitura e limpeza dos códigos DTCs, que atenderam aos testes. Como pode-se observar na Tabela 2, o OBDSim suporta 13 PIDs, enquanto que o ECU Engine Pro suporta 50. Porém, o OBDSim possibilita manusear cinco valores de PIDs e o ECU somente três.

Tabela 2 - Quantidade de PIDs suportados pelos simuladores

Simulador	Quantidade de PIDs suportados	PIDs modificáveis
OBDSim	13	5
ECU Engine Pro	50	3

Fonte: elaborado pelo autor.

Foi levado em consideração a leitura dos DTCs nos simuladores. Para ambos os softwares, foi necessário reescrever a rotina no software embarcado responsável pela leitura dos códigos. Com isso, foi possível a utilização dos simuladores para auxiliar no desenvolvimento.

### 3.3.3 Testes em veículos

Após o desenvolvimento da aplicação, foram realizados experimentos em sete veículos de diferentes marcas, modelos e anos. O veículo mais novo testado foi um Volkswagen Fox Run do ano modelo 2016/17, já o automóvel mais antigo testado foi um Volkswagen Fox City ano modelo 2005/06. Na Tabela 3, pode-se visualizar a quantidade de PIDs que cada veículo suportou durante o experimento.

Tabela 3 - Quantidade de PIDs suportados pelos veículos

Veículo	Quantidade de PIDs suportados
Volkswagen Fox City 2005/06	25
Ford Ecosport 2006/07	7
Volkswagen Gol 2009/10	23
Ford Ka 2011/12	26
Peugeot 306 2012/13	8
Ford Edge 2013	77
Volkswagen Fox Run 2016/17	50

Fonte: elaborado pelo autor.

O experimento consistiu na instalação do dispositivo nos veículos descritos na Tabela 3, realização de leitura dos sensores e códigos DTCs. Observa-se que quanto mais novo ou mais completo o modelo do veículo, mais PIDs ele suporta. Foi o caso do Ford Edge 2013, ele é automático e possui seis cilindros com cada um deles sendo monitorado, por esse motivo ele suporta mais PIDs do que o automóvel mais novo testado, o Volkswagen Fox Run 2016/17.

Apesar de reconhecer alguns PIDs, o sistema embarcado não conseguiu efetuar a leitura dos sensores nos automóveis Ford Ecosport 2006/07 e Peugeot 306 2012/13. Os aplicativos Android Torque e DashCommand pareados com o adaptador ELM327 versão 1.5 também não conseguiram fazer a leitura desses sensores. Segundo Outils Obd Facile (2017) a versão do ELM327 deve ser atualizada para uma versão superior a 1.5, no caso do veículo Peugeot 306 2012/13. O sistema embarcado reconheceu o protocolo dos dois carros e conseguiu fazer a leitura dos DTCs. A relação dos sensores disponibilizados pelo sistema embarcado para cada carro está no Apêndice C.

No Quadro 52, são apresentados todos os protocolos reconhecidos pelo sistema embarcado para os carros experimentados. Nota-se que o protocolo mais utilizado é o ISO 15765-4 (CAN 11/500).

Quadro 52 - Protocolos reconhecidos pelo sistema embarcado

Veículo	Protocolo
Volkswagen Fox City 2005/06	ISO 9141-2
Ford Ecosport 2006/07	ISO 15765-4 (CAN 11/500)
Volkswagen Gol 2009/10	ISO 14230-4 (KWP FAST)
Ford Ka 2011/12	ISO 15765-4 (CAN 11/500)
Peugeot 306 2012/13	ISO 15765-4 (CAN 11/500)
Ford Edge 2013	ISO 15765-4 (CAN 11/500)
Volkswagen Fox Run 2016/17	ISO 15765-4 (CAN 11/500)

Fonte: elaborado pelo autor.

Na Tabela 4, são apresentados os tempos em que os automóveis demoraram para executar uma leitura completa de todos os sensores disponíveis. A tendência observada pelos

valores é que, quanto mais sensores o veículo possuir, maior o tempo de leitura ele terá. Nota-se também que o veículo com maior tempo de leitura é o Ford Edge 2013. Isso acontece, pois o seu conjunto de sensores é o maior entre os testados e a leitura dos seis cilindros do veículo é um fator que também contribui para esse maior tempo. Porém, o tempo de leitura entre um sensor e outro leva menos de um segundo na maioria dos casos.

Tabela 4 - Tempo para leitura dos sensores

<b>Veículo</b>	<b>Tempo de leitura (s)</b>
Volkswagen Fox City 2005/06	6
Ford Ecosport 2006/07	1
Volkswagen Gol 2009/10	2
Ford Ka 2011/12	2
Peugeot 306 2012/13	1
Ford Edge 2013	14
Volkswagen Fox Run 2016/17	9

Fonte: elaborado pelo autor.

O tempo de leitura foi realizado off-line por meio de uma da rede sem fio com um roteador de celular. Isso foi pensado para se obter um número preciso sem a interferência da Internet.

### 3.3.4 Experimentos de falhas DTCs

Nesta seção, são apresentados os experimentos realizados para obter e apagar códigos DTCs. Para testar a obtenção de um DTC, primeiro foi instalado o dispositivo e iniciado o sistema embarcado no veículo Ford Ka modelo ano 2011/12. Em seguida, foi desconectado o sensor responsável pela leitura da sonda Lambda. Esse procedimento foi realizado com o carro desligado. Na Figura 37, é ilustrado o motor com o cabo da sonda desconectado.

Figura 37 - Cabo do sensor para a sonda Lambda desconectado.

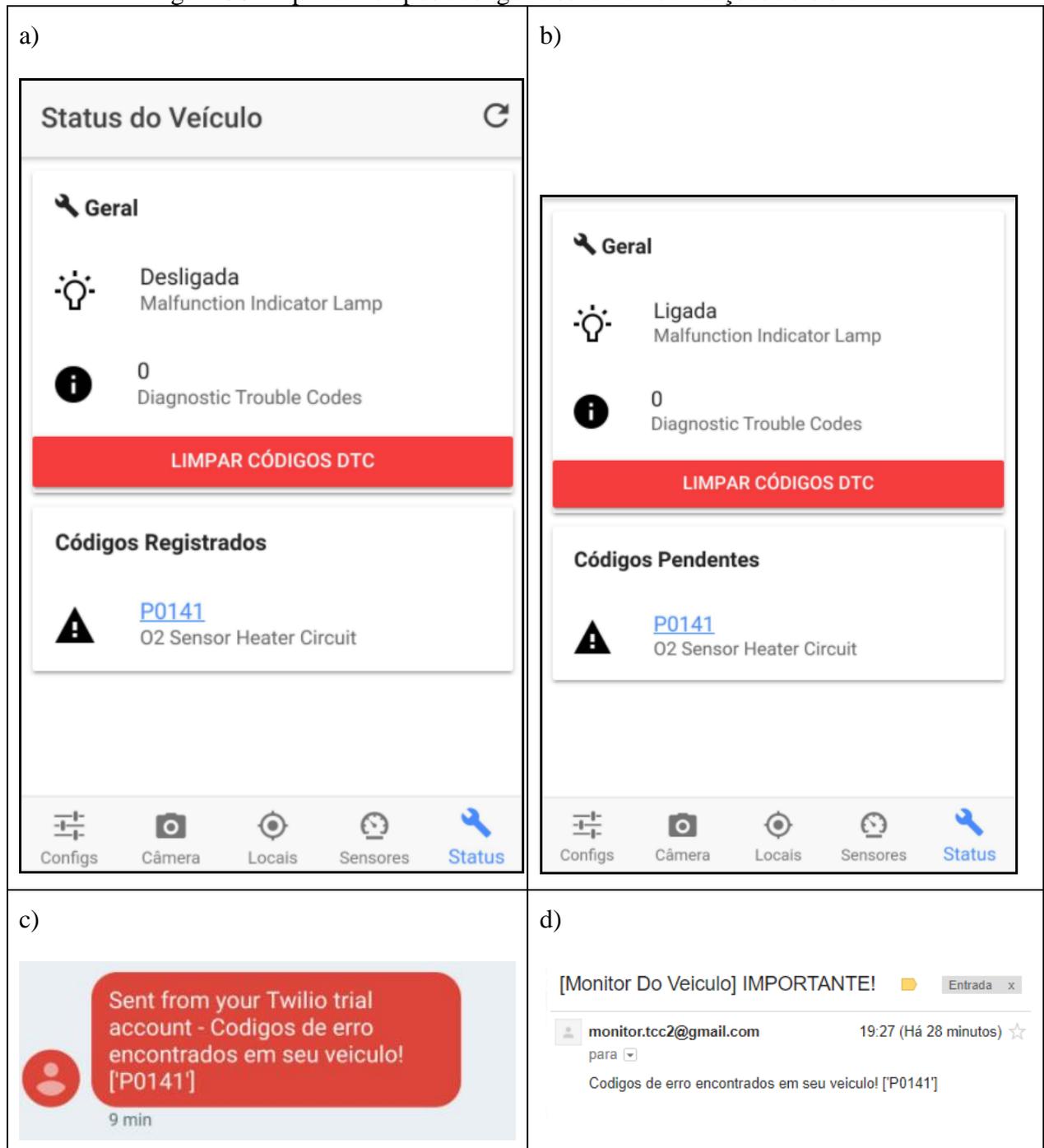


Fonte: elaborado pelo autor.

Após desconectar o cabo da sonda, ligou-se o veículo para analisar os dados coletados pelo sistema embarcado no aplicativo *mobile*. Na Figura 38 (a), é possível observar que, na seção *Códigos Registrados*, o código DTC P0141 foi detectado e registrado pela ECU. Esse código foi exatamente o DTC esperado. Segundo *Obd-Codes (2017)*, ele indica mau funcionamento do sensor O2 (banco 1, sensor 2).

Além da obtenção do código DTC, imediatamente após a ligação do veículo, foram recebidas notificações SMS e e-mail enviadas do sistema embarcado. As notificações estão ilustradas na Figura 38 nos itens (c) e (d). Já para obter o estado da lâmpada MIL, foi necessário desligar e ligar o veículo. A captura de tela do aplicativo *mobile* retornada após esse procedimento está ilustrada na Figura 38 (b).

Figura 38 - Aplicativo após desligar a sonda e notificações do sistema



Fonte: elaborado pelo autor.

Na Figura 39, é ilustrado o painel do veículo após os procedimentos de desconexão do sensor. Nota-se que a luz MIL encontra-se acesa.

Figura 39 - Veículo com a MIL acesa



Fonte: elaborado pelo autor.

Para fazer a limpeza do código DTC e o desligamento da MIL, foi necessário reconectar o cabo do sensor da sonda Lambda. Esse procedimento foi realizado com o carro desligado. Após a conexão do cabo, foi ligado o carro em meia chave e executado na aplicação móvel a limpeza do código DTC. Com isso, após ligar o carro novamente, a lâmpada MIL foi apagada e o código DTC P0141 não foi mais apresentado no aplicativo. É importante ressaltar que a limpeza do código de erro só funcionou com o carro em meia chave, com o veículo ligado, esse procedimento não funciona.

### 3.3.5 Comparação dos trabalhos

No Quadro 53, são apresentadas as principais diferenças entre os trabalhos correlatos, ferramentas atuais e o trabalho desenvolvido. Pode-se observar que o principal Hardware utilizado para o desenvolvimento do sistema embarcado de ambos é diferente, com exceção de Pacheco (2016) e Staroski (2016), que utilizaram o mesmo hardware. Esses hardwares foram cotados com base em de diferentes fontes, sendo elas:

- a) Raspberry Pi 3 e Zero W foram cotados de Raspberry Pi Foundation (2017 p. 1);
- b) o valor do WRTnode foi retirado de Baumgarten (2016, p. 55);

- c) por fim, o celular Android foi capturado de Zoom (2017 p. 1) considerando o aparelho celular LG X Power como base.

Porém, isso não leva em consideração o valor gasto com todos os componentes utilizados em cada trabalho. Entretanto, conclui-se que o hardware principal deste trabalho tem o menor custo comparado com os demais.

Quadro 53 – Comparativo entre os trabalhos correlatos, ferramentas atuais e a aplicação

Trabalhos Características	Pacheco (2016)	Pina (2015)	Baumgarten (2016)	Staroski (2016)	Aplicação Desenvolvida
Hardware principal do sistema embarcado	Raspberry Pi 3	Celular Android	WRTnode	Raspberry Pi 3	Raspberry Pi Zero W
Custo do Hardware	U\$ 35	R\$ 567	R\$ 117	U\$ 35	U\$ 10
Consumo (ampere)	0,800	1,8	0,300	0,800	0,180
Leitura de código de erro (DTC)	Não	Não	Não	Não	Sim
Monitoramento de uma frota	Sim	Não	Não	Não	Não
Leitura dos sensores do veículo	Sim	Sim	Não	Sim	Sim
Recupera dados de posição geográfica	Sim	Sim	Sim	Não	Sim
Utilização em dispositivos móveis	Não	Sim	Não	Não	Sim
Captura de imagens em tempo real	Não	Não	Sim	Não	Sim

Fonte: elaborado pelo autor.

Nota-se no quadro comparativo, que a placa Raspberry Pi Zero W é a de menos amperagem, ou seja, essa placa é a que menos consome energia entre os demais hardwares. Os dados para consumo de energia foram retirados de diversas fontes, sendo elas:

- Raspberry Pi 3 e Zero W de Social Compare (2017, p. 1);
- WRTnode de Wrt Node Wiki (2017, p. 1);
- Celular Android de Tudo Celular (2016, p. 1).

Além das comparações de hardware, com relação à porta OBD2 do veículo, todos os trabalhos fizeram implementações de funcionalidades com essa porta, exceto Baumgarten (2016). O autor indica essa melhoria a ser realizada no seu projeto FINDCAR, isso foi um dos motivos para ser realizada a implementação, com relação à porta OBD2, na aplicação desenvolvida por este trabalho. Já com relação aos códigos de erro (DTCs) recuperados da

porta OBD2, somente a aplicação desenvolvida por este trabalho consegue realizar essa funcionalidade.

Conforme a comparação de todos os trabalhos, existem implementações que só trabalhos específicos possuem ou não possuem. Somente Pacheco (2016) executa a tarefa de monitoramento de frota, os demais trabalhos são restritos somente à um veículo e não direcionados a toda a frota de automóveis. Já com relação à captura da posição geográfica, todos os projetos implementaram essa funcionalidade, exceto Staroski (2016). O autor não realizou essa implementação em seu projeto, mas ele indica essa melhoria.

Somente duas aplicações foram construídas para serem utilizadas em dispositivos móveis, sendo elas: Pina (2015) e a aplicação desenvolvida por este trabalho. Porém, Pina (2015) desenvolveu o software embarcado dentro da aplicação móvel, ou seja, o aplicativo ficaria inoperante quando longe do veículo.

Por fim, a última comparação realizada no Quadro 53 foi a captura de imagens em tempo real do veículo. Somente o software desenvolvido por Baumgarten (2016) e a aplicação desenvolvida por este trabalho disponibilizam essa funcionalidade. Porém, Baumgarten (2016) não faz a implementação de *streaming* das imagens em tempo real, como é feita pela aplicação deste trabalho.

## 4 CONCLUSÕES

Este trabalho apresentou o desenvolvimento de uma aplicação de monitoramento veicular em tempo real utilizando IOT. O principal objetivo foi a construção de uma aplicação, que abrangesse o desenvolvimento de um software embarcado para a coleta de informações de um veículo, bem como, um aplicativo *mobile* para capturar as informações do software embarcado. Conforme apresentado, foi concebida uma aplicação que demonstra a viabilidade do projeto.

As ferramentas utilizadas para a especificação e o desenvolvimento atenderam as necessidades da aplicação. A biblioteca python-obd facilitou a implementação na leitura dos sensores e códigos DTCs do adaptador ELM327 Bluetooth. Além de auxiliar na conversão de valores hexadecimais e binários para valores reais legíveis a seres humanos. Porém, foram necessárias adaptações na *framework* para a leitura desses DTCs nos simuladores.

A placa Raspberry Pi Zero W possui uma configuração de hardware, tal que disponibiliza os recursos necessários para atender os principais requisitos deste trabalho. Também, mostrou-se acessível economicamente e com um baixo consumo energético para aplicações de IOT.

O trabalho foi importante por viabilizar uma forma de acesso às informações de um veículo por meio da Internet. Também contribuiu com a utilização da placa Raspberry Pi Zero W e na sua programação com biblioteca python-obd. Os resultados obtidos foram satisfatórios e pode-se concluir que se alcançaram os objetivos propostos.

### 4.1 EXTENSÕES

Para dar continuidade ao trabalho, sugerem-se as seguintes extensões:

- a) acoplar uma bateria recarregável ao dispositivo para que não necessite utilizar a bateria do veículo;
- b) calcular a distância entre o GPS do dispositivo instalado no veículo e GPS do smartphone para criar notificações. Monitorar essa informação para, por exemplo, notificar sobre um possível furto;
- c) desenvolver outras notificações com base no monitoramento de sensores do veículo tais como monitoramento de velocidade, rotação ou temperatura;
- d) possibilitar alterar a potência do motor por meio do modo de diagnóstico 0x08 do sistema OBD2;
- e) possibilitar suporte a comando para corte de combustível no caso de furto;
- f) recuperar as informações de sensores no momento de uma falha DTC com o modo

de diagnóstico 0x02 do sistema OBD2;

- g) utilizar o módulo Pi Noir Camera para obter imagens noturnas;
- h) viabilizar a utilização da rede 4G, servindo-se de um outro modem;
- i) acoplar um display ao dispositivo para controlar funcionalidades do sistema embarcado sem a necessidade do aplicativo *mobile*;
- j) desenvolver uma triangulação GSM como segunda opção de rastreamento GPS;
- k) fazer uso de sistemas especialistas e inteligência artificial para detectar manutenções prévias no veículo;
- l) expandir a aplicação para atender veículos pesados como caminhões e ônibus que utilizam o padrão Fleet Management System (FMS);
- m) salvar a localização geográfica ao capturar uma imagem.

## REFERÊNCIAS

- ALIEXPRESS. **Super Mini Elm327 Bluetooth OBD2 V2.1 Elm 327 V 2.1**. 2017. Disponível em: <[https://pt.aliexpress.com/store/product/14000mAh-Mini-portable-car-jump-starter-multi-function-diesel-power-bank-bateria-battery-12V-car-charger/737379\\_32757909248.html](https://pt.aliexpress.com/store/product/14000mAh-Mini-portable-car-jump-starter-multi-function-diesel-power-bank-bateria-battery-12V-car-charger/737379_32757909248.html)>. Acesso em: 17 nov. 2017.
- ALMEIDA, Eduardo Luciano de; FARIA, Felipe Freitas de. **Scanner OBD-II Em Plataforma LabView**. 2013. 139 f. TCC (Graduação) - Curso de Tecnologia em Eletrônica Automotiva, Faculdade de Tecnologia Fatec Santo André, São Paulo, 2013.
- Aplicações De Automação Em Iot - Internet Of Things**. Extrema - Minas Gerais: Editorial E-locação, v. 10, 2016. Anual. Disponível em: <<http://periodicos.faex.edu.br/index.php/e-locacao/article/view/104>>. Acesso em: 27 out. 2017.
- BASTOS, Eduardo. **Estudo das diferenças dos requerimentos das principais legislações on board diagnostics para padronização de testes de desenvolvimento e validação de transmissão automática de automóveis**. 2012. 59 f. Monografia (Especialização) - Curso de Engenharia Automotiva, Centro Universitário, Centro Universitário do Instituto Mauá de Tecnologia, São Caetano, 2012.
- BAUMGARTEN, Nykolos E. A., **Findcar: Rastreador Veicular Utilizando Openwrt**. 2016, 56 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Ciência da Computação) – Centro de Ciências Exatas e Naturais, Universidade Regional de Blumenau, Blumenau.
- CCM. **Codificação Base64**. 2017. Disponível em: <<http://br.ccm.net/contents/55-codificacao-base64>>. Acesso em: 21 nov. 2017.
- CZERWONKA, Mariana, **Falta de manutenção triplica risco de acidentes**. [Goiás?], 2016. Disponível em <<http://portaldotransito.com.br/noticias/falta-de-manutencao-triplica-risco-de-acidentes>>. Acesso em: 20 mar 2017.
- DEAL EXTREME. **GY-NEO6MV2 Flight Controller GPS Module - Blue**. 2017. Disponível em: <<http://www.dx.com/p/gy-neo6mv2-flight-controller-gps-module-blue-232595#.Wg7RakqnHcc>>. Acesso em: 17 nov. 2017.
- DIAS, Renata. R. F. **Internet das coisas sem mistérios: uma nova inteligência para os negócios**. São Paulo; Netpress Books, 2016
- ELM ELECTRONICS. **OBD**. 2017. Disponível em: <<https://www.elmelectronics.com/products/ics/obd/?v=19d3326f3137>>. Acesso em: 31 out. 2017.
- G1 Ribeirão e Franca, **Estatística divulgada pela SSP mostra aumento da violência em Ribeirão**. [São Paulo], 2017. Disponível em: <<http://g1.globo.com/sp/ribeirao-preto-franca/noticia/2017/02/estatistica-divulgada-pela-ssp-mostra-aumento-da-violencia-em-ribeirao.html>>. Acesso em: 20 mar 2017.
- GIZMODO. **What's this 1080p Stuff?** 2013. Disponível em: <<https://gizmodo.com/160103/tuning-fork>>. Acesso em: 17 nov. 2017.
- GRINBERG, Miguel. **Video Streaming with Flask**. 2014. Disponível em: <<https://blog.miguelgrinberg.com/post/video-streaming-with-flask>>. Acesso em: 21 nov. 2017.
- MACHADO, António S. L.; OLIVEIRA, Bruno R. R., **O Sistema OBD (On-Board Diagnosis)**. 2007, 8 f, Mestrado em Automação e Sistemas, Instituto Superior de Engenharia do Porto, Porto - Portugal.

- MANCINI, Mônica. **Internet das Coisas: História, Conceitos, Aplicações e Desafios**. 2017. Disponível em: <<https://pmisp.org.br/documents/acervo-arquivos/241-internet-das-coisas-historia-conceitos-aplicacoes-e-desafios/file>>. Acesso em: 17 nov. 2017.
- MCCORD, Kleint. **Automotive Diagnostic System: Understanding OBD-I & OBD-II**. North Branch: CarTech, 2011.
- MULTILÓGICA SHOP. **Módulo GPS GY-NEO6MV2 com conversor de sinal**. 2017. Disponível em: <<https://multilogica-shop.com/modulo-gps-gy-neo6mv2-com-conversor-de-sinal>>. Acesso em: 17 nov. 2017.
- NO-IP. **How to Install the No-IP DUC on Raspberry Pi: How to Install the No-IP DUC on Raspberry Pi**. 2017. Disponível em: <<http://www.noip.com/support/knowledgebase/install-ip-duc-onto-raspberry-pi/>>. Acesso em: 21 nov. 2017.
- NULL BYTE. **Set Up Kali Linux on the New \$10 Raspberry Pi Zero W**. 2017. Disponível em: <<https://null-byte.wonderhowto.com/how-to/set-up-kali-linux-new-10-raspberry-pi-zero-w-0176819/>>. Acesso em: 25 maio 2017.
- OBD SOLUTIONS. **What is obd?**. [2017?]. Disponível em: <<http://www.obdsol.com/knowledgebase/on-board-diagnostics/what-is-obd/>>. Acesso em: 24 maio 2017.
- OBD-CODES. **P0141 O2 Sensor Heater Circuit Malfunction**. 2017. Disponível em: <<https://www.obd-codes.com/p0141>>. Acesso em: 25 nov. 2017.
- OBDSIM. **OBDSim**. 2017. Disponível em: <<https://icculus.org/obdgpslogger/obdsim.html>>. Acesso em: 21 nov. 2017.
- ODEGA, Alessandra, **Confira os modelos de veículos mais roubados e quanto custa o seguro de cada um deles**. Santa Catarina, 2016. Disponível em: <<http://ndonline.com.br/florianopolis/coluna/alessandra-ogeda/confira-os-modelos-de-veiculos-mais-roubados-e-quanto-custa-o-seguro-de-cada-um-deles>>. Acesso em: 20 mar 2017.
- OUTILS OBD FACILE. **ELM327 Car Diagnostics Interfaces**. 2017. Disponível em: <<https://www.outilsobdfacile.com/diagnostic-interface-elm-327.php>>. Acesso em: 12 nov. 2017.
- PACHECO, Lucas V., **Monitoramento e gestão de uma frota de veículos utilizando sistemas embarcados**. 2016, 76 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Curso de Engenharia Elétrica) - Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Paulo.
- PI SUPPLY. **Raspberry Pi Camera Board v1.3 (5MP, 1080p)**. 2017. Disponível em: <<https://www.pi-supply.com/product/raspberry-pi-camera-board-v1-3-5mp-1080p/>>. Acesso em: 17 nov. 2017.
- PINA, Afonso L. P., **Sistema De Localização De Veículos Para Smartphone Android**. 2015, 136 f, Tese/Dissertação de Mestrado (Engenharia Eletrotécnica e de Computadores) – Departamento de Engenharia Eletrotécnica, Instituto Superior de Engenharia do Porto, Porto - Portugal.
- PYTHON-OBD. **Python-OBD**. 2017. Disponível em: <<http://python-obd.readthedocs.io/en/latest/>>. Acesso em: 22 nov. 2017.
- QUOC, Chinh Luong. **ECU Engine Pro**. 2017. Disponível em: <[https://play.google.com/store/apps/details?id=com.obdii\\_lqc.android.obdii.elm327.ecusimpro](https://play.google.com/store/apps/details?id=com.obdii_lqc.android.obdii.elm327.ecusimpro)>. Acesso em: 21 nov. 2017.

RASPBERRY PI FOUNDATION, **FAQS**. [2017?]. Disponível em:  
<<https://www.raspberrypi.org/help/faqs/>>. Acesso em: 01 abr. 2017.

SANTOS, Arthur Luis V., **Economia de combustível com o uso de telemetria para veículos de passeio**. 2016, 82 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Engenharia de Computação) - Instituto de Informática, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Rio Grande do Sul.

SANTOS, Bruno P. et al. **Internet das Coisas: da Teoria à Prática**, [2016?], 50 f. Artigo científico. Departamento de Ciência da computação, Universidade Federal de Minas Gerais

SOCIAL COMPARE. **RaspberryPI models comparison**. 2017. Disponível em:  
<<http://socialcompare.com/en/comparison/raspberrypi-models-comparison>>. Acesso em: 26 nov. 2017.

SOUZA, Beatriz, **Quatro em cada dez veículos de carga apresentam falha mecânica**. [Santa Catarina?], 2016. Disponível em: <<http://www.perkons.com.br/noticia/1694/quatro-em-cada-dez-veiculos-de-carga-apresentam-falha-mecanica>>. Acesso em: 20 mar 2017.

STAROSKI, Ricardo A., **OBD-JRP: monitoramento veicular com java e raspberry pi**. 2016, 87 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Ciência da Computação) – Centro de Ciências Exatas e Naturais, Universidade Regional de Blumenau, Blumenau.

THOMSEN, Adilson. **Novo Raspberry Pi Zero W com Wifi e Bluetooth**. 2017. Disponível em: <<https://www.filipeflop.com/blog/raspberry-pi-zero-w-com-wifi-e-bluetooth/>>. Acesso em: 17 nov. 2017.

TOP CAR DIAGNOSTICS SUPPORT. **Description of OBD Communication Standards / Protocols**. 2014. Disponível em:  
<<http://www.totalcardiagnostics.com/support/Knowledgebase/Article/View/74/0/description-of-obd-communication-standards--protocols>>. Acesso em: 31 out. 2017.

TUDO CELULAR. **Autonomia do LG X Power**. 2016. Disponível em:  
<<https://www.tudocelular.com/android/noticias/n82243/autonomia-oficial-lg-x-power.html>>. Acesso em: 26 nov. 2017.

WRT NODE WIKI. **WRTnode2R Specifications**. 2017. Disponível em:  
<<http://wiki.wrtnode.cc/index.php?title=WRTnode2R详细参数/en>>. Acesso em: 26 nov. 2017.

ZOOM. **Top 20 Melhores Celulares Bons e Baratos em 2017**. 2017. Disponível em:  
<<https://www.zoom.com.br/celular/deumzoom/melhor-smartphone-barato>>. Acesso em: 26 nov. 2017.

ZTE BRASIL. **MF626**. 2012. Disponível em:  
<[http://www.ztebrasil.com.br/products/mobile/detail/Portugal/Portugal\\_mobile/detail/201009/t20100930\\_232495.html](http://www.ztebrasil.com.br/products/mobile/detail/Portugal/Portugal_mobile/detail/201009/t20100930_232495.html)>. Acesso em: 17 nov. 2017.

## APÊNDICE A – Relação dos componentes utilizados

A Tabela 1 contém todos os componentes, seu valor unitário, o custo total de cada item e o valor total utilizado para a realização do projeto. Os componentes com valor em dólar americano foram comprados nos sites Ali Express e a taxa de câmbio foi de R\$ 3,30 para 1 dólar. Os componentes com valor em real foram comprados no site da Proesi e no Mercado Livre. A taxa de frete dos produtos já está inclusa no valor total.

Tabela 5 - Relação dos componentes utilizados

Peça	Quantidade	Valor Unitário	Valor Total (R\$)
Raspberry Pi Zero W	1	U\$ 26	85,80
WAVGAT Raspberry Pi Camera	1	U\$ 6	19,80
Adaptador ELM327 Bluetooth V1.5	1	U\$ 6	19,80
Módulo GPS GY NEO6MV2-GPS6MV2	1	U\$ 10	33,00
Cabo Flex Câmera Raspberry Pi Zero	1	U\$ 6	19,80
Modem USB ZTE MF626	1	R\$ 9	9,00
Cabo conector de jumper fêmea x fêmea	14	R\$ 0,35	4,90
Barramento para jumpers	1	R\$ 1	1,00
Resistor 220 ohms	5	R\$ 0,10	0,50
LED alto brilho	5	R\$ 1,30	6,50
Placa universal de fenolite	1	R\$ 10	10,00
Caixa plástica Patola 7x5	1	R\$ 12	12,00
Chip pré-pago operadora TIM	1	R\$ 10	10,00
Botão <i>switch</i>	2	R\$ 1	2,00
Cartão micro SD 16 GB	1	R\$ 25	25,00
Adaptador Micro USB para USB	1	R\$ 22	22,00
		<b>TOTAL</b>	<b>R\$ 281,10</b>

Fonte: elaborado pelo autor.

## APÊNDICE B – Relação das bibliotecas externas utilizadas no sistema embarcado

Neste apêndice é apresentada a relação de bibliotecas externas utilizadas pelo sistema embarcado. Foram necessárias bibliotecas baixadas pelo gerenciados de pacotes Python denominado PIP, bibliotecas baixadas pelo gerenciador de aplicações do sistema operacional Raspian chamado apt-get e, por fim, bibliotecas baixadas do site GitHub.

Abaixo são listadas as bibliotecas baixadas pelo gerenciador de pacotes PIP:

- a) twilio;
- b) flask;
- c) smtplib;
- d) obd.

Foram utilizadas bibliotecas baixadas pelo gerenciador de aplicações apt-get do sistema operacional Raspian. Essas bibliotecas são baixadas através dos comandos apresentados no Quadro 54.

Quadro 54 - Comandos executados

```
sudo apt-get install python-rpi.gpio python3-rpi.gpio
sudo apt-get install bluetooth bluez-utils blueman
sudo apt-get install ppp usb-modeswitch wvdial
```

Fonte: elaborado pelo autor.

Para a instalação do serviço de DDNS No-IP, foram executados os comandos do Quadro 55.

Quadro 55 - Comandos para a instalação do No-IP

```
mkdir /home/pi/noip
cd /home/pi/noip
wget http://www.no-ip.com/client/linux/noip-duc-linux.tar.gz
tar vzxvf noip-duc-linux.tar.gz
cd noip-2.1.9-1
sudo make
sudo make install
sudo /usr/local/bin/noip2
sudo noip2 -S
```

Fonte: No-IP (2017, p. 1)

Além disso, foram necessárias outras duas bibliotecas externas baixadas do site GitHub, são elas:

- a) python-obd: responsável pela leitura dos dados da porta OBD2;
- b) flask-video-streaming: encarregada de disponibilizar as imagens da câmera do Raspberry Pi via *streaming*.

## APÊNDICE C – Logs de sensores dos veículos

Neste apêndice, são apresentados os quadros com os logs que a biblioteca `python-obd` gerou dos carros testados na aplicação desenvolvida. Nesses logs, constam a data e hora da leitura, bem como, os código de PIDs suportados por cada veículo.

**Quadro 56 - Log do Volkswagen Fox City 2005/06**

```
[23/11/2017 07:20:12] Explicit port defined
[23/11/2017 07:20:19] querying for supported commands
[23/11/2017 07:20:19] Sending command: 0100: Supported PIDs [01-20]
[23/11/2017 07:20:20] 0101: Status since DTCs cleared
[23/11/2017 07:20:20] 0103: Fuel System Status
[23/11/2017 07:20:20] 0104: Calculated Engine Load
[23/11/2017 07:20:20] 0105: Engine Coolant Temperature
[23/11/2017 07:20:20] 0106: Short Term Fuel Trim - Bank 1
[23/11/2017 07:20:20] 0107: Long Term Fuel Trim - Bank 1
[23/11/2017 07:20:20] 010B: Intake Manifold Pressure
[23/11/2017 07:20:20] 010C: Engine RPM
[23/11/2017 07:20:20] 010D: Vehicle Speed
[23/11/2017 07:20:20] 010E: Timing Advance
[23/11/2017 07:20:20] 010F: Intake Air Temp
[23/11/2017 07:20:20] 0111: Throttle Position
[23/11/2017 07:20:20] 0113: O2 Sensors Present
[23/11/2017 07:20:20] 0115: O2: Bank 1 - Sensor 2 Voltage
[23/11/2017 07:20:20] 011C: OBD Standards Compliance
[23/11/2017 07:20:20] 0120: Supported PIDs [21-40]
[23/11/2017 07:20:20] Sending command: 0120: Supported PIDs [21-40]
[23/11/2017 07:20:21] 0121: Distance Traveled with MIL on
[23/11/2017 07:20:21] 0134: O2 Sensor 1 WR Lambda Current
[23/11/2017 07:20:21] finished querying with 25 commands supported
```

Fonte: elaborado pelo autor.

**Quadro 57 - Log do Ford Ecosport 2006/07**

```
[23/11/2017 05:20:02] Explicit port defined
[23/11/2017 05:20:08] querying for supported commands
[23/11/2017 05:20:08] Sending command: 0100: Supported PIDs [01-20]
[23/11/2017 05:20:08] No valid data for PID listing command: 0100: Supported
PIDs [01-20]
[23/11/2017 05:20:08] Sending command: 0600: Supported MIDs [01-20]
[23/11/2017 05:20:08] finished querying with 7 commands supported
```

Fonte: elaborado pelo autor.

**Quadro 58 – Log do Volkswagen Gol 2009/10**

```
[28/10/2017 02:05:25] Explicit port defined
[28/10/2017 02:05:27] querying for supported commands
[28/10/2017 02:05:27] Sending command: 0100: Supported PIDs [01-20]
[28/10/2017 02:05:28] 0101: Status since DTCs cleared
[28/10/2017 02:05:28] 0103: Fuel System Status
[28/10/2017 02:05:28] 0104: Calculated Engine Load
[28/10/2017 02:05:28] 0105: Engine Coolant Temperature
[28/10/2017 02:05:28] 0106: Short Term Fuel Trim - Bank 1
[28/10/2017 02:05:28] 0107: Long Term Fuel Trim - Bank 1
[28/10/2017 02:05:28] 010B: Intake Manifold Pressure
[28/10/2017 02:05:28] 010C: Engine RPM
[28/10/2017 02:05:28] 010D: Vehicle Speed
[28/10/2017 02:05:28] 010E: Timing Advance
[28/10/2017 02:05:28] 010F: Intake Air Temp
[28/10/2017 02:05:28] 0111: Throttle Position
[28/10/2017 02:05:28] 0113: O2 Sensors Present
[28/10/2017 02:05:28] 0114: O2: Bank 1 - Sensor 1 Voltage
```

```
[28/10/2017 02:05:28] 0115: O2: Bank 1 - Sensor 2 Voltage
[28/10/2017 02:05:28] 011C: OBD Standards Compliance
[28/10/2017 02:05:28] finished querying with 23 commands supported
```

Fonte: elaborado pelo autor.

#### Quadro 59 - Log do Ford Ka 2011/12

```
[28/10/2017 06:25:04] Explicit port defined
[28/10/2017 06:25:06] querying for supported commands
[28/10/2017 06:25:06] Sending command: 0100: Supported PIDs [01-20]
[28/10/2017 06:25:06] 0101: Status since DTCs cleared
[28/10/2017 06:25:06] 0103: Fuel System Status
[28/10/2017 06:25:06] 0104: Calculated Engine Load
[28/10/2017 06:25:06] 0105: Engine Coolant Temperature
[28/10/2017 06:25:06] 0106: Short Term Fuel Trim - Bank 1
[28/10/2017 06:25:06] 0107: Long Term Fuel Trim - Bank 1
[28/10/2017 06:25:06] 010B: Intake Manifold Pressure
[28/10/2017 06:25:06] 010C: Engine RPM
[28/10/2017 06:25:06] 010D: Vehicle Speed
[28/10/2017 06:25:06] 010E: Timing Advance
[28/10/2017 06:25:06] 010F: Intake Air Temp
[28/10/2017 06:25:06] 0111: Throttle Position
[28/10/2017 06:25:06] 011C: OBD Standards Compliance
[28/10/2017 06:25:06] 0120: Supported PIDs [21-40]
[28/10/2017 06:25:06] Sending command: 0120: Supported PIDs [21-40]
[28/10/2017 06:25:07] 0121: Distance Traveled with MIL on
[28/10/2017 06:25:07] Sending command: 0600: Supported MIDs [01-20]
[28/10/2017 06:25:07] 0601: O2 Sensor Monitor Bank 1 - Sensor 1
[28/10/2017 06:25:07] 0602: O2 Sensor Monitor Bank 1 - Sensor 2
[28/10/2017 06:25:07] 0620: Supported MIDs [21-40]
[28/10/2017 06:25:07] Sending command: 0620: Supported MIDs [21-40]
[28/10/2017 06:25:07] 0621: Catalyst Monitor Bank 1
[28/10/2017 06:25:07] finished querying with 26 commands supported
```

Fonte: elaborado pelo autor.

#### Quadro 60 - Log do Peugeot 308 2013

```
[14/11/2017 06:15:43] Explicit port defined
[14/11/2017 06:15:45] querying for supported commands
[14/11/2017 06:15:45] Sending command: 0100: Supported PIDs [01-20]
[14/11/2017 06:15:45] 0101: Status since DTCs cleared
[14/11/2017 06:15:45] Sending command: 0600: Supported MIDs [01-20]
[14/11/2017 06:15:45] finished querying with 8 commands supported
```

Fonte: elaborado pelo autor.

#### Quadro 61 - Log da Ford Edge 2013

```
[22/11/2017 08:36:43] Explicit port defined
[22/11/2017 08:36:45] querying for supported commands
[22/11/2017 08:36:45] Sending command: 0100: Supported PIDs [01-20]
[22/11/2017 08:36:45] 0101: Status since DTCs cleared
[22/11/2017 08:36:45] 0103: Fuel System Status
[22/11/2017 08:36:45] 0104: Calculated Engine Load
[22/11/2017 08:36:45] 0105: Engine Coolant Temperature
[22/11/2017 08:36:45] 0106: Short Term Fuel Trim - Bank 1
[22/11/2017 08:36:45] 0107: Long Term Fuel Trim - Bank 1
[22/11/2017 08:36:45] 0108: Short Term Fuel Trim - Bank 2
[22/11/2017 08:36:45] 0109: Long Term Fuel Trim - Bank 2
[22/11/2017 08:36:45] 010C: Engine RPM
[22/11/2017 08:36:45] 010D: Vehicle Speed
[22/11/2017 08:36:45] 010E: Timing Advance
[22/11/2017 08:36:45] 010F: Intake Air Temp
[22/11/2017 08:36:45] 0110: Air Flow Rate (MAF)
[22/11/2017 08:36:45] 0111: Throttle Position
[22/11/2017 08:36:45] 0113: O2 Sensors Present
```

```

[22/11/2017 08:36:45] 0115: O2: Bank 1 - Sensor 2 Voltage
[22/11/2017 08:36:45] 0119: O2: Bank 2 - Sensor 2 Voltage
[22/11/2017 08:36:45] 011C: OBD Standards Compliance
[22/11/2017 08:36:45] 011F: Engine Run Time
[22/11/2017 08:36:45] 0120: Supported PIDs [21-40]
[22/11/2017 08:36:45] Sending command: 0120: Supported PIDs [21-40]
[22/11/2017 08:36:46] 0121: Distance Traveled with MIL on
[22/11/2017 08:36:46] 012E: Commanded Evaporative Purge
[22/11/2017 08:36:46] 012F: Fuel Level Input
[22/11/2017 08:36:46] 0130: Number of warm-ups since codes cleared
[22/11/2017 08:36:46] 0131: Distance traveled since codes cleared
[22/11/2017 08:36:46] 0132: Evaporative system vapor pressure
[22/11/2017 08:36:46] 0133: Barometric Pressure
[22/11/2017 08:36:46] 0134: O2 Sensor 1 WR Lambda Current
[22/11/2017 08:36:46] 0138: O2 Sensor 5 WR Lambda Current
[22/11/2017 08:36:46] 013C: Catalyst Temperature: Bank 1 - Sensor 1
[22/11/2017 08:36:46] 013D: Catalyst Temperature: Bank 2 - Sensor 1
[22/11/2017 08:36:46] 0140: Supported PIDs [41-60]
[22/11/2017 08:36:46] Sending command: 0140: Supported PIDs [41-60]
[22/11/2017 08:36:46] 0141: Monitor status this drive cycle
[22/11/2017 08:36:46] 0142: Control module voltage
[22/11/2017 08:36:46] 0143: Absolute load value
[22/11/2017 08:36:46] 0144: Commanded equivalence ratio
[22/11/2017 08:36:46] 0145: Relative throttle position
[22/11/2017 08:36:46] 0146: Ambient air temperature
[22/11/2017 08:36:46] 0147: Absolute throttle position B
[22/11/2017 08:36:46] 0149: Accelerator pedal position D
[22/11/2017 08:36:46] 014A: Accelerator pedal position E
[22/11/2017 08:36:46] 014C: Commanded throttle actuator
[22/11/2017 08:36:46] Sending command: 0600: Supported MIDs [01-20]
[22/11/2017 08:36:47] 0601: O2 Sensor Monitor Bank 1 - Sensor 1
[22/11/2017 08:36:47] 0602: O2 Sensor Monitor Bank 1 - Sensor 2
[22/11/2017 08:36:47] 0605: O2 Sensor Monitor Bank 2 - Sensor 1
[22/11/2017 08:36:47] 0606: O2 Sensor Monitor Bank 2 - Sensor 2
[22/11/2017 08:36:47] 0620: Supported MIDs [21-40]
[22/11/2017 08:36:47] Sending command: 0620: Supported MIDs [21-40]
[22/11/2017 08:36:47] 0621: Catalyst Monitor Bank 1
[22/11/2017 08:36:47] 0622: Catalyst Monitor Bank 2
[22/11/2017 08:36:47] 0635: VVT Monitor Bank 1
[22/11/2017 08:36:47] 0636: VVT Monitor Bank 2
[22/11/2017 08:36:47] 063A: EVAP Monitor (0.090")
[22/11/2017 08:36:47] 063B: EVAP Monitor (0.040")
[22/11/2017 08:36:47] 0640: Supported MIDs [41-60]
[22/11/2017 08:36:47] Sending command: 0640: Supported MIDs [41-60]
[22/11/2017 08:36:47] 0641: O2 Sensor Heater Monitor Bank 1 - Sensor 1
[22/11/2017 08:36:47] 0642: O2 Sensor Heater Monitor Bank 1 - Sensor 2
[22/11/2017 08:36:47] 0645: O2 Sensor Heater Monitor Bank 2 - Sensor 1
[22/11/2017 08:36:47] 0646: O2 Sensor Heater Monitor Bank 2 - Sensor 2
[22/11/2017 08:36:47] 0660: Supported MIDs [61-80]
[22/11/2017 08:36:47] Sending command: 0660: Supported MIDs [61-80]
[22/11/2017 08:36:47] 0680: Supported MIDs [81-A0]
[22/11/2017 08:36:47] Sending command: 0680: Supported MIDs [81-A0]
[22/11/2017 08:36:47] 0681: Fuel System Monitor Bank 1
[22/11/2017 08:36:47] 0682: Fuel System Monitor Bank 2
[22/11/2017 08:36:47] 06A0: Supported MIDs [A1-C0]
[22/11/2017 08:36:48] Sending command: 06A0: Supported MIDs [A1-C0]
[22/11/2017 08:36:48] 06A1: Misfire Monitor General Data
[22/11/2017 08:36:48] 06A2: Misfire Cylinder 1 Data
[22/11/2017 08:36:48] 06A3: Misfire Cylinder 2 Data
[22/11/2017 08:36:48] 06A4: Misfire Cylinder 3 Data
[22/11/2017 08:36:48] 06A5: Misfire Cylinder 4 Data

```

```
[22/11/2017 08:36:48] 06A6: Misfire Cylinder 5 Data
[22/11/2017 08:36:48] 06A7: Misfire Cylinder 6 Data
[22/11/2017 08:36:48] finished querying with 77 commands supported
```

Fonte: elaborado pelo autor.

### Quadro 62 - Log do Volkswagen Fox Run 2016/17

```
[24/11/2017 04:02:27] Explicit port defined
[24/11/2017 04:02:34] querying for supported commands
[24/11/2017 04:02:34] Sending command: 0100: Supported PIDs [01-20]
[24/11/2017 04:02:34] 0101: Status since DTCs cleared
[24/11/2017 04:02:34] 0104: Calculated Engine Load
[24/11/2017 04:02:34] 0105: Engine Coolant Temperature
[24/11/2017 04:02:34] 0106: Short Term Fuel Trim - Bank 1
[24/11/2017 04:02:34] 0107: Long Term Fuel Trim - Bank 1
[24/11/2017 04:02:34] 0108: Short Term Fuel Trim - Bank 2
[24/11/2017 04:02:35] 0109: Long Term Fuel Trim - Bank 2
[24/11/2017 04:02:35] 010C: Engine RPM
[24/11/2017 04:02:35] 010D: Vehicle Speed
[24/11/2017 04:02:35] 010F: Intake Air Temp
[24/11/2017 04:02:35] 0110: Air Flow Rate (MAF)
[24/11/2017 04:02:35] 0111: Throttle Position
[24/11/2017 04:02:35] 0114: O2: Bank 1 - Sensor 1 Voltage
[24/11/2017 04:02:35] 0115: O2: Bank 1 - Sensor 2 Voltage
[24/11/2017 04:02:35] 0116: O2: Bank 1 - Sensor 3 Voltage
[24/11/2017 04:02:35] 0117: O2: Bank 1 - Sensor 4 Voltage
[24/11/2017 04:02:35] 0118: O2: Bank 2 - Sensor 1 Voltage
[24/11/2017 04:02:35] 0119: O2: Bank 2 - Sensor 2 Voltage
[24/11/2017 04:02:35] 011A: O2: Bank 2 - Sensor 3 Voltage
[24/11/2017 04:02:35] 011B: O2: Bank 2 - Sensor 4 Voltage
[24/11/2017 04:02:35] 011F: Engine Run Time
[24/11/2017 04:02:35] 0120: Supported PIDs [21-40]
[24/11/2017 04:02:35] Sending command: 0120: Supported PIDs [21-40]
[24/11/2017 04:02:35] 0124: O2 Sensor 1 WR Lambda Voltage
[24/11/2017 04:02:35] 0125: O2 Sensor 2 WR Lambda Voltage
[24/11/2017 04:02:35] 0126: O2 Sensor 3 WR Lambda Voltage
[24/11/2017 04:02:35] 0127: O2 Sensor 4 WR Lambda Voltage
[24/11/2017 04:02:35] 0128: O2 Sensor 5 WR Lambda Voltage
[24/11/2017 04:02:35] 0129: O2 Sensor 6 WR Lambda Voltage
[24/11/2017 04:02:35] 012A: O2 Sensor 7 WR Lambda Voltage
[24/11/2017 04:02:35] 012B: O2 Sensor 8 WR Lambda Voltage
[24/11/2017 04:02:35] 012F: Fuel Level Input
[24/11/2017 04:02:35] 0133: Barometric Pressure
[24/11/2017 04:02:35] 013C: Catalyst Temperature: Bank 1 - Sensor 1
[24/11/2017 04:02:35] 013D: Catalyst Temperature: Bank 2 - Sensor 1
[24/11/2017 04:02:35] 013E: Catalyst Temperature: Bank 1 - Sensor 2
[24/11/2017 04:02:35] 013F: Catalyst Temperature: Bank 2 - Sensor 2
[24/11/2017 04:02:35] 0140: Supported PIDs [41-60]
[24/11/2017 04:02:35] Sending command: 0140: Supported PIDs [41-60]
[24/11/2017 04:02:35] 0144: Commanded equivalence ratio
[24/11/2017 04:02:35] 0146: Ambient air temperature
[24/11/2017 04:02:35] 0159: Fuel rail pressure (absolute)
[24/11/2017 04:02:35] 015A: Relative accelerator pedal position
[24/11/2017 04:02:35] 015C: Engine oil temperature
[24/11/2017 04:02:35] 015E: Engine fuel rate
[24/11/2017 04:02:35] Sending command: 0600: Supported MIDs [01-20]
[24/11/2017 04:02:36] finished querying with 50 commands supported
```

Fonte: elaborado pelo autor.