|  |
| --- |
| UNIVERSIDADE REGIONAL DE BLUMENAU  CENTRO DE CIÊNCIAS EXATAS E NATURAIS  CURsO DE CIÊNCIA DA COMPUTAÇÃO – BACHARELADO |
| OBD-JRP: MONITORAMENTO VEICULAR COM JAVA E RASPBERRY PI  RICARDO ARTUR STAROSKI |
| bLUMENAU  2016 |

|  |
| --- |
| RICARDO ARTUR STAROSKI  OBD-JRP: MONITORAMENTO VEICULAR COM JAVA E RASPBERRY PI  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  2016 |
| OBD-JRP: MONITORAMENTO VEICULAR COM JAVA E RASPBERRY PI  Por  RICARDO ARTUR STAROSKI  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. Miguel Alexandre Wisintainer, Mestre – Orientador, FURB  \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_  Membro: Prof(a). Nome do(a) Professor(a), Titulação – FURB  \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_  Membro: Prof(a). Nome do(a) Professor(a), Titulação – FURB |
| Blumenau, dia de dezembro de 2016 |

Dedico este trabalho aos meus pais, pelo amor, apoio e compreensão por toda a vida.

AGRADECIMENTOS

Aos meus pais, pelo amor, apoio e compreensão, mesmo perante todas as dificuldades, durante toda a vida.

À empresa Senior Sistemas, por flexibilizar meus horários de trabalho e disponibilizar sua infraestrutura para a realização deste trabalho.

Ao professor Miguel Alexandre Wisintainer, pela orientação, disponibilidade e entusiasmo em me ajudar e pelo e pelo auxilio extraclasse durante a realização deste trabalho.

Ao professor Maurício Capobianco Lopes, por me despertar o fascínio pelo desenvolvimento de jogos e pelo auxilio extraclasse durante a realização deste trabalho.

Ao professor Roberto Heinzle, pelo entusiasmo com que sempre ministrou as aulas de estruturas de dados e pelo auxilio extraclasse durante a realização deste trabalho.

Ao professor Aurélio Faustino Hoppe, pela paciência e apoio prestado durante meu reingresso ao curso.

À professora Joyce Martins, pela dedicação e entusiasmo em ajudar os alunos nas suas disciplinas e por me despertar o fascínio por compiladores.

Ao professor Everaldo Artur Grahl, pela forma polida e objetiva com que lecionou e destacou a importância da engenharia e da qualidade de software.

Ao professor Alexander Roberto Valdameri, por tornar bastante interessante as aulas de bancos de dados, assunto com o qual não sinto afinidade.

Ao professor Dalton Solano dos Reis, que sempre soube tornar as aulas de computação gráfica e multimídia bastante interessantes e divertidas.

Ao professor Mauro Marcelo Mattos, pela objetividade com que conduzia as aulas e pelo entusiasmo em ajudar os alunos.

Ao amigo Fabricio Vegini, que sempre ensinou que o verdadeiro caminho da arte marcial trata do desenvolvimento do caráter.

Ao amigo Abel Luiz Cechinel, pela paciência e dedicação com que me ensinou a programar e seguir padrões de projeto e boas práticas de desenvolvimento.

Agradeço ainda a todas as pessoas que direta ou indiretamente contribuíram com meu crescimento acadêmico, profissional e pessoal.

Forja o teu espírito como o de uma espada, do mais forte aço e com o melhor fio, pois dele dependerá a sua vida.

Masaaki Hatsumi

RESUMO

O resumo é uma apresentação concisa dos pontos relevantes de um texto. Informa suficientemente ao leitor, para que este possa decidir sobre a conveniência da leitura do texto inteiro. Deve conter OBRIGATORIAMENTE o **OBJETIVO**, **METODOLOGIA**, **RESULTADOS** e **CONCLUSÕES**. O resumo deve conter de 150 a 500 palavras e deve ser composto de uma sequência corrente de frases concisas e não de uma enumeração de tópicos. O resumo deve ser escrito em um único texto corrido (sem parágrafos). Deve-se usar a terceira pessoa do singular e verbo na voz ativa (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2003).

Palavras-chave: Raspberry Pi, Java, OBD2, Bluetooth, Monitoramento veicular.

ABSTRACT

*Abstract* é o resumo traduzido para o inglês. *Abstract* vem em uma nova folha, logo após o resumo. Escrever com letra normal (sem itálico).

Key-words: Raspberry Pi, Java, OBD2, Bluetooth, Vehicular monitoring.

LISTA DE Figuras

[Figura 1 - Conector SAE J1962 e respectiva pinagem 13](#_Toc467274210)

[Figura 2 - Aspecto da interface ELM327 RS232 16](#_Toc467274211)

[Figura 3 - Aspecto da interface ELM327 USB 16](#_Toc467274212)

[Figura 4 - Aspecto da interface ELM327 Bluetooth 17](#_Toc467274213)

[Figura 5 - Aspecto da interface ELM327 WiFi 17](#_Toc467274214)

[Figura 6 - Blocos eletrônicos da interface ELM327 18](#_Toc467274215)

[Figura 7 - Visão geral dos protocolos de comunicação OBD 18](#_Toc467274216)

[Figura 8 - Características do Raspberry Pi 3 Model B 19](#_Toc467274217)

[Figura 9 - Conectando PyOBD com o veículo 21](#_Toc467274218)

[Figura 10 - Exibindo resultados de testes com PyOBD 21](#_Toc467274219)

[Figura 11 - Verificando dados em tempo real com PyOBD 22](#_Toc467274220)

[Figura 12 - Lendo e limpando códigos de falhas com PyOBD 22](#_Toc467274221)

[Figura 13 - Velocidade do veículo no EnviroCar 23](#_Toc467274222)

[Figura 14 - Velocidade média, trajeto e distância percorridos no EnviroCar 24](#_Toc467274223)

[Figura 15 - Diversas informações coletadas pelo EnviroCar durante o percurso 24](#_Toc467274224)

[Figura 16 - Ciclo de vida do firmware 27](#_Toc467274225)

[Figura 17 - Ciclo de vida do servidor 28](#_Toc467274226)

[Figura 18 - Diagrama de pacotes do firmware 29](#_Toc467274227)

[Figura 19 - Leitura de dados da interface ELM327 Bluetooth 30](#_Toc467274228)

[Figura 20 - Transmissão dos dados pendentes 31](#_Toc467274229)

LISTA DE Quadros

[Quadro 1 - Comparativo entre os trabalhos correlatos e o trabalho proposto 25](#_Toc466494050)

[Quadro 2 - Firmware conectando com a interface ELM327 32](#_Toc466494051)

[Quadro 3 - Servidor recebendo leituras do firmware 32](#_Toc466494052)

Lista de tabelas

[Tabela 1 – Trabalhos finais realizados no Curso de Ciência da Computação 20](#_Toc457404119)

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas

API – Application Programming Interface

SUMÁRIO

[1 1 INTRODUÇÃO 9](#_Toc467274134)

[1.1 OBJETIVOS DO TRABALHO 10](#_Toc467274135)

[1.2 estrutura 10](#_Toc467274136)

[2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA 11](#_Toc467274137)

[2.1 HISTÓRIA DO OBD 11](#_Toc467274138)

[2.1.1 OBD NO BRASIL 11](#_Toc467274139)

[2.2 OBD2 12](#_Toc467274140)

[2.2.1 PROTOCOLOS OBD2 13](#_Toc467274141)

[2.2.2 MODOS DE DIAGNÓSTICO 14](#_Toc467274142)

[2.3 INTERFACE ELM327 15](#_Toc467274143)

[2.4 RASPBERRY PI 19](#_Toc467274144)

[2.5 TRABALHOS CORRELATOS 20](#_Toc467274145)

[2.5.1 PYOBD 20](#_Toc467274146)

[2.5.2 ENVIROCAR 22](#_Toc467274147)

[2.5.3 COMPARATIVO ENTRE OS TRABALHOS 25](#_Toc467274148)

[3 DESENVOLVIMENTO DO PROTÓTIPO 26](#_Toc467274149)

[3.1 requisitos 26](#_Toc467274150)

[3.2 ESPECIFICAÇÃO 27](#_Toc467274151)

[3.2.1 ESPECIFICAÇÃO DO FIRMWARE 28](#_Toc467274152)

[3.2.2 ESPECIFICAÇÃO DO SERVIDOR 31](#_Toc467274153)

[3.3 IMPLEMENTAÇÃO 31](#_Toc467274154)

[3.3.1 Técnicas e ferramentas utilizadas 31](#_Toc467274155)

[3.3.2 Operacionalidade da implementação 33](#_Toc467274156)

[3.4 ANÁLISE DOS RESULTADOS 33](#_Toc467274157)

[4 CONCLUSÕES 34](#_Toc467274158)

[4.1 EXTENSÕES 34](#_Toc467274159)

[Referências 35](#_Toc467274160)

[APÊNDICE A – Relação dos formatos das apresentações dos trabalhos 37](#_Toc467274161)

[ANEXO A – Representação gráfica de contagem de citações de autores por semestre nos trabalhos de conclusões realizados no Curso de Ciência da Computação 38](#_Toc467274162)

# 1 INTRODUÇÃO

A Internet das Coisas, ou Internet of Things (IOT), se refere a uma revolução tecnológica que tem como objetivo conectar os itens usados do dia a dia à rede mundial de computadores (ZAMBARDA, 2014). Cada vez mais surgem eletrodomésticos, meios de transporte e até mesmo roupas conectadas à internet e a outros dispositivos, como computadores e smartphones. Segundo GSM Association (2014), soluções Machine to Machine (M2M), já utilizam redes sem fio para conectar dispositivos uns aos outros e à internet, com o mínimo de intervenção humana. A IOT é uma evolução do M2M e representa a coordenação de máquinas, dispositivos e aparelhos de vários fornecedores conectados à internet através de múltiplas redes (GSM ASSOCIATION, 2014, tradução nossa).

Grande parte dos dispositivos domésticos incluem conectividade WiFi ou Bluetooth permitindo a comunicação com outros dispositivos e aparelhos (NG, 2015). Segundo Ng (2015), a capacidade de realizar análises em tempo real mudou para sempre a IOT, permitindo a implementação de sistemas preditivos e analíticos de forma eficiente. A principal aplicação dessas analises é auxiliar a identificar a causa raiz de falhas dos aparelhos, de forma a facilitar o processo de reparação (NG, 2015).

A especificação de um sistema capaz de recolher informações e estabelecer os diagnósticos de bordo é vantajosa para o dono do veículo, bem como para um técnico de reparação (ZURAWSKI, 2009, p. 33, tradução nossa). O termo utilizado para esta função é "diagnose de bordo" ou On Board Diagnostic (OBD). O conceito OBD refere-se ao auto diagnóstico do estado dos componentes do veículo. Segundo Zurawski (2009), o OBD só se tornou possível devido à introdução de sistemas computadorizados nos veículos. O papel das funções de diagnóstico predecessoras ao OBD era limitado a piscar uma luz assim que um problema específico fosse detectado. Zurawski (2009) explica que os sistemas OBD recentes são baseados na padronização da comunicação, dos dados monitorados e dos códigos de uma lista de falhas específicas.

CONAMA (2004) considera que o OBD, constitui tecnologia de ação comprovada na identificação de mau funcionamento de um veículo. Segundo CONAMA (2004), através da análise dos dados, é possível prevenir a ocorrência de avarias dos componentes do veículo.

Diante do exposto, este trabalho propõe o desenvolvimento de um protótipo de software embarcado em uma placa Raspberry Pi, para coletar informações da porta OBD de um veículo e disponibilizar estas informações em uma página web.

## OBJETIVOS DO TRABALHO

O objetivo deste trabalho é o desenvolvimento de um software embarcado, para coletar os dados da porta OBD2 de um carro, enviar estes dados para um servidor.

Os objetivos específicos do trabalho são:

1. desenvolver o firmware, que irá monitorar a porta OBD2 do carro, coletar dados e os enviar para um servidor;
2. desenvolver o software servidor, que irá receber os dados coletados pelo firmware e armazenar os mesmos;
3. desenvolver uma página web para consultar o histórico dos dados.

## estrutura

[Referir-se aos tópicos principais do texto, dando o roteiro ou ordem de exposição.]

# FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Este capítulo tem como objetivo explorar os principais assuntos necessários para a realização deste trabalho. Os assuntos foram subdivididos em cinco partes, onde a seção 2.1 apresenta a origem do OBD. A seção 2.2 expõe detalhes técnicos do padrão OBD2. A seção 2.3 apresenta a interface ELM327. A seção 2.4 apresenta a plataforma Raspberry Pi e, por fim, na seção 2.5 são descritos dois trabalhos correlatos.

## HISTÓRIA DO OBD

On Board Diagnostic (OBD) significa Diagnose de Bordo. Este diagnóstico é realizado pelas próprias unidades eletrônicas do veículo. Segundo Manavella (2009), em 1988 o Comitê de Administração dos Recursos do Ar da Califórnia (CARB), estabeleceu uma norma não padronizada denominada OBD1 para que todos os veículos vendidos no estado da Califórnia, nos EUA, incorporassem em sua unidade de comando um sistema de diagnóstico capaz de detectar defeitos nos elementos e sistemas de controle de emissões. Manavella (2009) complementa que o OBD1 especificava um indicador luminoso chamado Malfunction Indicator Lamp (MIL), que acendia na presença de falhas. No Brasil o indicador MIL é chamado de Lâmpada Indicadora de Mau Funcionamento (LIM) (CONAMA, 2004).

### OBD NO BRASIL

No Brasil, o Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA), determinou a introdução dos sistemas de diagnose de bordo, em duas etapas complementares e consecutivas denominadas OBDBr-1 e OBDBr-2. De acordo com CONAMA (2004), o sistema OBDBr-1 foi implantado em sua totalidade em 1º de janeiro de 2009 e definiu as características mínimas para a detecção de falhas nos seguintes componentes, quando aplicável:

1. sensor de pressão absoluta ou fluxo de ar;
2. sensor de posição da borboleta;
3. sensor de temperatura de arrefecimento;
4. sensor de temperatura de ar;
5. sensor de oxigênio;
6. sensor de velocidade do veículo;
7. sensor de posição do eixo comando de válvulas;
8. sensor de posição do virabrequim;
9. sistemas de recirculação dos gases de escape;
10. sensor para detecção de detonação;
11. válvulas injetoras;
12. sistema de ignição;
13. módulo controle eletrônico do motor;
14. lâmpada indicadora de mau funcionamento; e
15. outros componentes que o fabricante julgue relevantes para a correta avaliação do funcionamento do veículo e controle de emissões de poluentes.

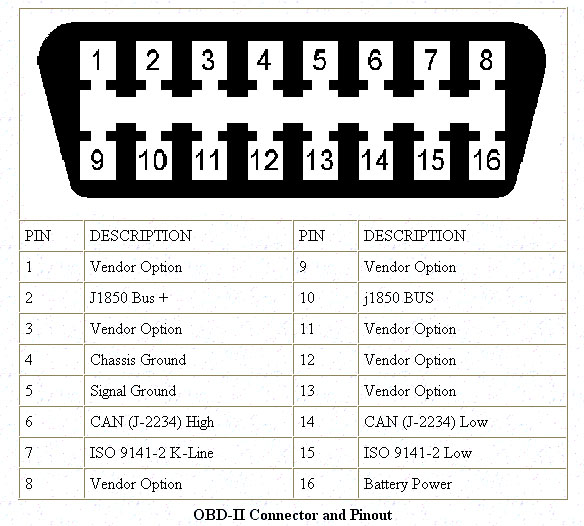
CONAMA (2004) considera que o sistema OBDBr-2 complementa as funções e características do sistema OBDBr-1. Segundo CONAMA (2004), o sistema OBDBr-2 deve detectar e registrar a existência de falhas, deterioração dos sensores de oxigênio e eficiência de conversão do catalisador. CONAMA (2004) complementa que o sistema OBDBr-2 deve apresentar características mínimas para a detecção de falhas nos seguintes componentes, quando aplicável:

1. sensores de oxigênio (pré e pós-catalisador);
2. eletroválvula do cânister; e
3. outros componentes que o fabricante julgue relevantes para a correta avaliação do funcionamento do veículo e controle de emissões de poluentes.

## OBD2

Não demorou muito para o CARB concluir que o padrão OBD1 não era eficiente para determinar o elemento que provocara o defeito. Portanto o CARB desenvolveu um novo conjunto de especificações, surgindo assim a norma OBD2 (MANAVELLA, 2009, p. 121). A Society of Automotive Engineers (SAE), estabeleceu a norma SAE J1962, que determinou o conector J1962 fêmea de 16 pinos, como a interface de hardware padrão para o OBD2. Na Figura 1 observa-se o aspecto e pinagem do conector J1962 (SAE INTERNATIONAL, 2006).

Figura - Conector SAE J1962 e respectiva pinagem



Fonte: RioRand (2015).

Além do conector físico, a SAE também estabeleceu a norma SAE J1979, que define o método de requisição de dados de diagnóstico e uma lista dos parâmetros padrões disponíveis na Electronic Control Unit (ECU) (SAE INTERNATIONAL, 2006). Os diversos parâmetros que podem ser consultados são denominados Parameter Identification Numbers (PID) e os códigos de erros são denominados Diagnostic Trouble Codes (DTC). Conforme SAE International (2006), não é exigido que os fabricantes implementem todos os PIDs, é permitido a inclusão de PIDs proprietários, não listados na norma SAE J1979 e é permitido o acesso em tempo real aos PIDs e DTCs do veículo.

### PROTOCOLOS OBD2

Enquanto a porta OBD2 é normalizada em todo o mundo, vários protocolos de comunicação continuam possíveis, dependendo dos fabricantes de veículos (TOTAL CAR, 2014, tradução nossa). Atualmente estes protocolos podem ser classificados em três famílias: Redes CAN, Linhas K/L e SAE J1850.

#### REDES CAN

Segundo Total Car (2014), redes CAN utilizam os pinos 6 e 14 do conector J1962 e compreendem os seguintes protocolos:

1. ISO 157565: Utilizado por todos os veículos. Velocidade de comunicação de 125 a 500 Kbps;
2. SAE J1939: Utilizado principalmente por veículos pesados como caminhões e máquina agrícolas. Velocidade de comunicação de 125 a 500 Kbps.

#### LINHAS K/L

Segundo Total Car (2014), Linhas K/L utilizam os pinos 7 e 15 do conector J1962 e compreendem os seguintes protocolos:

1. ISO 9141-2: Utilizado principalmente por fabricantes europeus. Velocidade de comunicação de 10,4 Kbps;
2. ISO 14230 (KWP2000): Utilizado principalmente por fabricantes europeus. Dentro deste protocolo, existem dois sub protocolos que diferem no tempo de inicialização.

Slow init, “inicialização lenta” com velocidade de comunicação de 1,4 a 10,4 Kbps.

Fast init, “inicialização rápida” com velocidade fixa de 10,4 Kbps.

#### SAE J1850

Segundo Total Car (2014), SAE J1850 compreende os seguintes protocolos:

1. PWM: utilizado principalmente pela Ford Motors. Velocidade de comunicação de 41,6 Kbps. Utiliza os pinos 2 e 10 do conector J1962;
2. VPW: utilizado principalmente pela General Motors. Velocidade de comunicação de 10,4 a 41,6 Kbps. Utiliza somente o pino 2 do conector J1962.

### MODOS DE DIAGNÓSTICO

Independente do protocolo utilizado, o padrão OBD2 define 10 modos de diagnóstico. Não necessariamente todos os modos são suportados pelas ECUs. Quanto mais recente for o veículo, maior é a chance de haver suporte a mais modos (OUTILS OBD FACILE, 2015).

1. modo 1: Retorna valores comuns de alguns sensores como por exemplo, rotações do motor, velocidade do veículo, temperatura do motor, sensores de oxigênio e mistura ar/combustível. Cada sensor é identificado por um PID;
2. modo 2: Obtém o “instantâneo” de uma falha. Quando a ECU detecta uma falha, ela grava os dados do sensor daquele momento específico;
3. modo 3: Apresenta os DTCs armazenados. Segundo Outils OBD Facile (2015), estes códigos são padrão para todas as marcas de veículos e são divididos em quatro categorias:
   1. P0xxx: Para falhas associadas ao motor e transmissão,
   2. C0xxx: Para falhas associadas ao chassi,
   3. B0xxx: para falhas associadas à carroceria,
   4. U0xxx: para falhas associadas à comunicação de rede;
4. modo 4: Utilizado para apagar os DTCs gravados e desligar o MIL;
5. modo 5: Retorna o autodiagnostico do sensor lambda. Segundo Outils OBD Facile (2015), este modo não é mais utilizado pois o modo 6 substitui suas funções;
6. modo 6: Retorna os resultados do autodiagnostico realizado nos diversos sensores do veículo;
7. modo 7: Este modo retorna DTCs não confirmados. Segundo Outils OBD Facile (2015), isto é bastante útil após um reparo no veículo, para confirmar que um DTC não está mais presente. Seus códigos são idênticos aos do modo 3;
8. modo 8: Segundo The Best OBD2 Scanners (2016), diferente dos outros modos que servem somente para ler informações, este modo é bidirecional, permitindo também gravar informações;
9. modo 9: Este modo obtém informações do veículo como por exemplo seu número de identificação;
10. modo 10: Este modo obtém os DTCs permanentes que, diferente dos modos 3 e 7, não podem ser apagados utilizando o modo 4. Outils OBD Facile (2015) explica que estes DTCs são apagados automaticamente pela própria ECU após rodar vários quilômetros sem que se repitam.

## INTERFACE ELM327

Segundo Total Car (2014), existem vários tipos de interface OBD2 e as mais comuns utilizam o circuito ELM327, de acordo com ELM Electronics (2016), o circuito ELM327 suporta todos os protocolos OBD2. Total Car (2014) explica que existem 4 tipos de interface ELM327:

1. ELM327 RS232: Conexão serial que está gradativamente desaparecendo nos computadores modernos. A Figura 2 apresenta o aspecto desta interface;
2. ELM327 USB: Conexão Universal Serial Bus (USB), presente na maioria dos computadores atuais. A Figura 3 apresenta o aspecto desta interface;
3. ELM327 Bluetooth: Conexão sem fio, que pode ser utilizada com computadores ou smartphones. A Figura 4 apresenta o aspecto desta interface;
4. ELM327 WiFi: Conexão sem fio que pode ser utilizada com computadores ou smartphones. Aspecto idêntico ao da interface Bluetooth, como ilustra a Figura 5.

Figura - Aspecto da interface ELM327 RS232



Fonte: Total Car (2014).

Figura - Aspecto da interface ELM327 USB



Fonte: Total Car (2014).

Figura - Aspecto da interface ELM327 Bluetooth



Fonte: Total Car (2014).

Figura - Aspecto da interface ELM327 WiFi

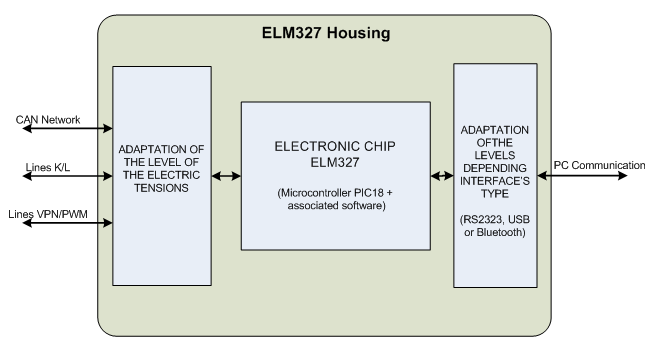


Fonte: Total Car (2014).

Apesar das aparências, estas 4 interfaces são eletronicamente idênticas. Somente o seu aspecto externo e o tipo de conexão são diferentes. No seu interior reside um circuito ELM327 (TOTAL CAR, 2014, tradução nossa). Para operar a interface, a unidade eletrônica é composta dos seguintes blocos, representados graficamente na Figura 6:

1. adaptadores de tensão elétrica: as redes on-board nos carros possuem níveis de tensão que requerem drivers específicos. Como o ELM327 suporta diversos protocolos, diversos drivers são necessários;
2. chip ELM327: é o circuito integrado, cujo nome é aplicado ao dispositivo como um todo. Ele seleciona o protocolo e o converte para um protocolo reconhecido por modems de computador. Ele atua como uma ponte entre os protocolos;
3. adaptadores de tensão para o computador: o chip por si só não é hábil para se comunicar com o computador, ele precisa adaptar os níveis de tensão antes de enviar o fluxo de dados.

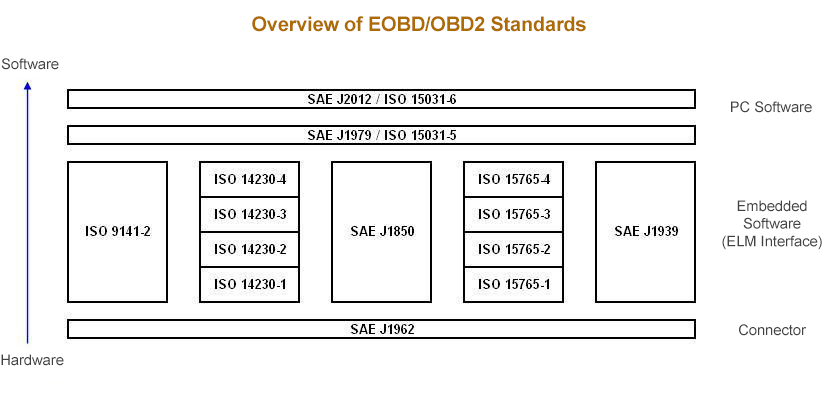
Figura - Blocos eletrônicos da interface ELM327



Fonte: Total Car (2014).

Na Figura 7 observa-se a representação em colunas dos protocolos ISO 9141-2, ISO 14230, SAE J1850, ISO 15765 e SAE J1979. Segundo Total Car (2014), o papel do ELM327 é decodificar estes vários protocolos de comunicação.

Figura - Visão geral dos protocolos de comunicação OBD

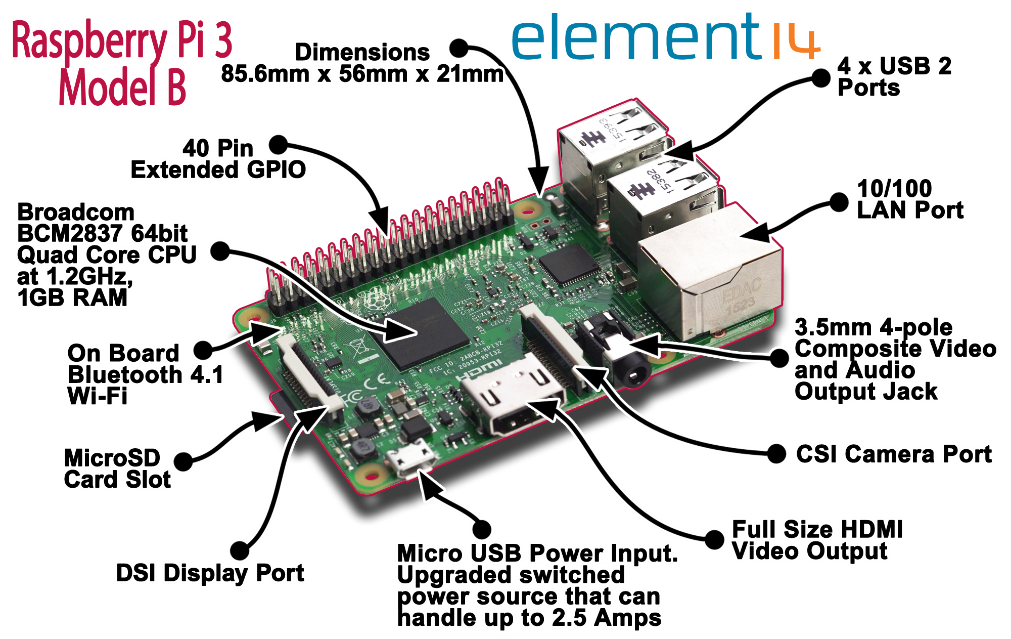


Fonte: Total Car (2014).

## RASPBERRY PI

O Raspberry Pi é um Personal Computer (PC), miniaturizado baseado no processador ARM. Ele pode realizar a maioria das tarefas que um desktop PC realiza, como por exemplo executar planilhas de cálculo, editores de texto e jogos (NEW IT LIMITED, 2016). Segundo Raspberry Pi Foundation (2016), ele foi desenvolvido para permitir que pessoas de todas as idades possam explorar a computação, aprender a programar e entender o funcionamento dos computadores. Na Figura 8 observa-se o aspecto da placa Raspberry Pi 3 Model B.

Figura - Características do Raspberry Pi 3 Model B



Fonte: Thomsen (2016).

New IT Limited (2016) apresenta a seguinte especificação técnica da placa Raspberry Pi 3 Model B:

1. computador de placa única com chipset Broadcom BCM2837;
2. processador quad core ARM Cortex-A53 de 1,2GHz;
3. 1GB de Random Access Memory (RAM);
4. 40 pinos de General Purpose Input/Output (GPIO);
5. conexão Bluetooth 4.1 integrada;
6. conexão WiFi 802.11n integrada;
7. 1 porta Ethernet 10/100;
8. 4 portas USB;
9. 1 conector de 4 polos, combinado para saída de áudio estéreo e vídeo composto;
10. 1 saída High Definition Multimedia Interface (HDMI);
11. 1 porta Camera Serial Interface (CSI);
12. 1 porta Display Serial Interface (DSI);
13. 1 porta micro SanDisk (SD), para carga do sistema operacional e armazenamento de dados;
14. 1 porta micro USB para fonte de alimentação.

## TRABALHOS CORRELATOS

A seguir serão apresentados dois trabalhos correlatos ao trabalho proposto. O item 2.5.1 apresenta o PyOBD, uma ferramenta de diagnóstico automotivo compatível com OBD2 desenvolvida em linguagem de programação Python (PYOBD, 2015). O item 2.5.2 apresenta o EnviroCar, um aplicativo que permite compartilhar informações obtidas através da porta OBD2 (ENVIROCAR, 2015). O item 2.5.3 apresenta um quadro comparativo entre as características dos trabalhos correlatos e o trabalho proposto.

### PYOBD

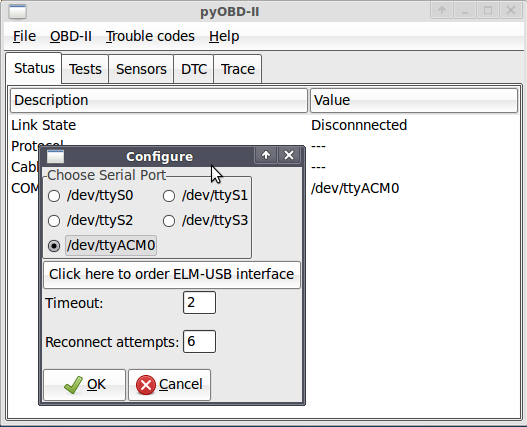
Trata-se de uma ferramenta open source de diagnóstico automotivo, segundo PyOBD (2015), a ferramenta foi projetada para se conectar à porta OBD2 através de uma interface ELM327 USB. PyOBD é voltado para desenvolvedores Python, é composto de um único módulo, chamado obd\_io, que permite um controle de alto nível sobre os dados dos sensores e gerenciamento dos códigos de erro (PYOBD, 2015). De acordo com PyOBD (2015), o módulo obd\_io foi testado para funcionar em notebooks ou desktop PCs com os sistemas operacionais Microsoft Windows, Linux e Mac OSX. Seus pré-requisitos são:

1. uma interface ELM327 USB;
2. python 2.x ou superior;
3. pacote py\_serial;
4. um veículo que implemente o padrão OBD2.

Com o PyOBD é possível:

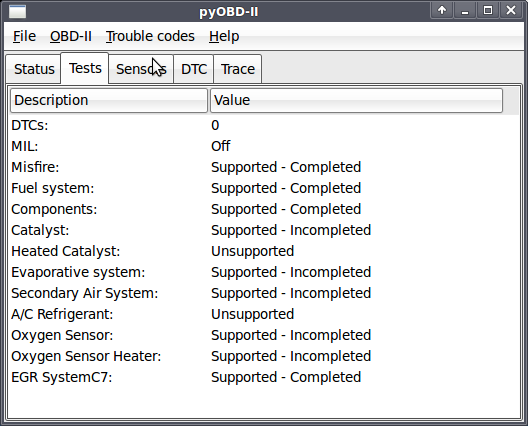
1. conectar-se ao veículo, conforme ilustrado na Figura 9;
2. exibir resultados de testes, conforme Figura 10;
3. verificar dados dos sensores em tempo real, conforme Figura 11;
4. ler e limpar códigos de falhas DTC, conforme Figura 12.

Figura - Conectando PyOBD com o veículo



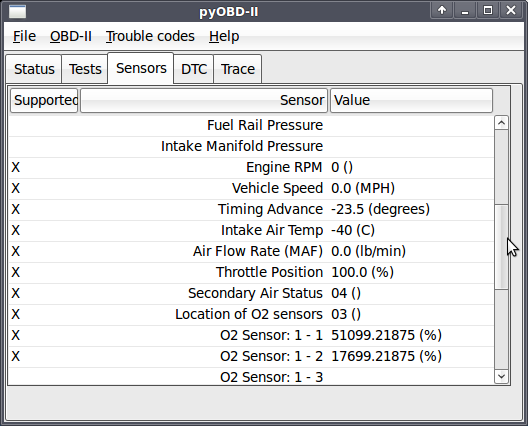
Fonte: PyOBD (2015).

Figura - Exibindo resultados de testes com PyOBD



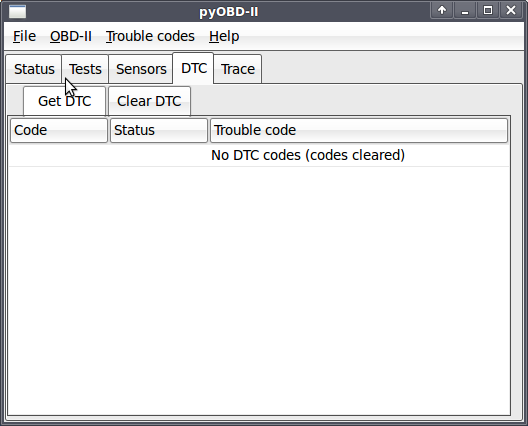
Fonte: PyOBD (2015).

Figura - Verificando dados em tempo real com PyOBD



Fonte: PyOBD (2015).

Figura - Lendo e limpando códigos de falhas com PyOBD



Fonte: PyOBD (2015).

### ENVIROCAR

Trata-se de um aplicativo alemão open source, desenvolvido para smartphones Android, seu propósito é que cidadãos, cientistas, engenheiros de tráfego e indústrias analisem dados OBD2 e compartilhem suas descobertas (ENVIROCAR, 2015, tradução nossa). O Aplicativo se conecta à porta OBD2 através de uma interface ELM327 Bluetooth. O usuário pode fazer upload das informações obtidas pelo aplicativo, diretamente para o servidor do EnviroCar. Segundo EnviroCar (2015), os dados ficam disponíveis anonimamente para que cientistas ou especialistas em tráfego acessem estes dados e os utilizem para solucionar questões ambientais e de mobilidade. EnviroCar permite que o usuário perceba o impacto ambiental causado pela forma de dirigir, investigando os dados dos sensores como consumo de combustível, emissão de gás carbónico e de ruídos (ANDROID PIT INTERNATIONAL, 2016).

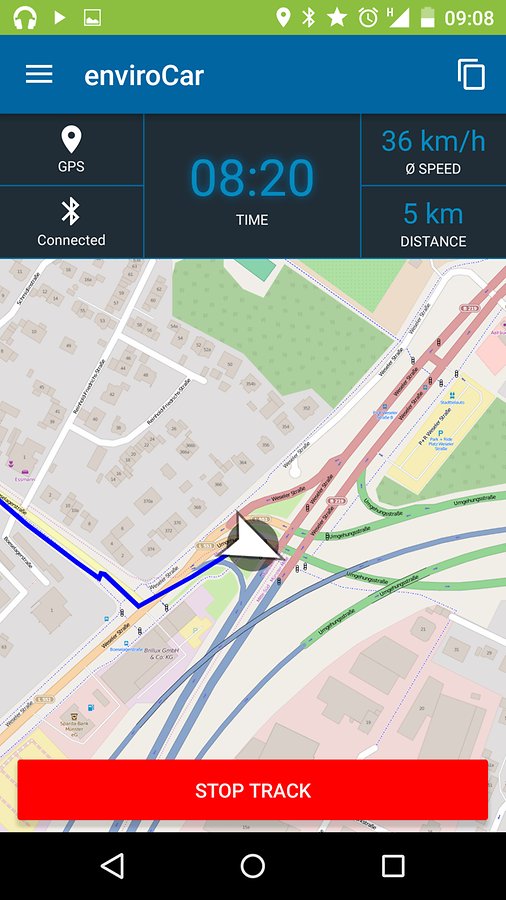
A seguir algumas telas do aplicativo EnviroCar. Na Figura 13 observa-se a velocidade do veículo em quilômetros por hora. A Figura 14 apresenta um mapa com o desenho do trajeto percorrido, o tempo da viagem, a distância percorrida e a velocidade média. Na Figura 15 são apresentadas diversas informações coletadas durante o percurso: marca e modelo do veículo, data e hora do início e término da viagem, consumo de combustível e a emissão de gás carbônico.

Figura - Velocidade do veículo no EnviroCar



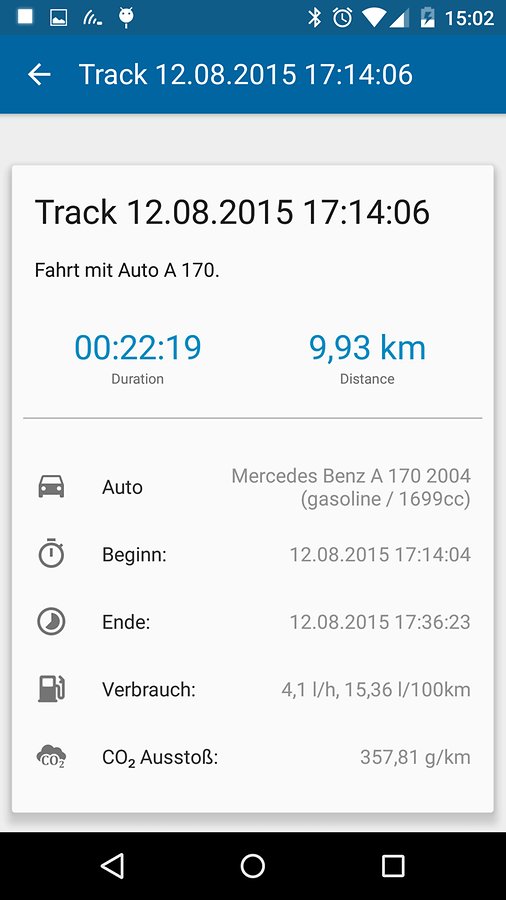
Fonte: Android Pit International (2016).

Figura - Velocidade média, trajeto e distância percorridos no EnviroCar



Fonte: Android Pit International (2016).

Figura - Diversas informações coletadas pelo EnviroCar durante o percurso



Fonte: Android Pit International (2016).

### COMPARATIVO ENTRE OS TRABALHOS

O Quadro 1 apresenta um comparativo entre as características mais relevantes dos trabalhos correlatos apresentados e as características do trabalho proposto.

Quadro - Comparativo entre os trabalhos correlatos e o trabalho proposto

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Características mais relevantes | Trabalhos Correlatos | | Trabalho Proposto |
| PyOBD | EnviroCar | OBD-JRP |
| Funciona em smartphone  (Sistema Android) |  | X |  |
| Funciona em notebook / desktop PC  (Sistemas Windows / Linux) | X |  | X |
| Funciona em dispositivo Raspberry Pi  (Sistema Raspbian) | X |  | X |
| Conecta-se à porta OBD2 através de interface ELM327 USB | X |  |  |
| Conecta-se à porta OBD2 através de interface ELM327 Bluetooth |  | X | X |
| Permite visualização dos dados OBD2 em tempo real | X | X | X |
| Faz upload dos dados coletados para um servidor externo |  | X | X |
| Disponibiliza histórico dos dados coletados |  | X | X |
| Disponibiliza gráficos dos dados coletados |  |  | X |

Observa-se no Quadro 5 que o trabalho proposto além de disponibilizar visualização dos dados coletados através de gráficos, procura combinar características distintas dos trabalhos correlatos, exceto o suporte à plataforma Android e a conexão por interface ELM327 USB.

# DESENVOLVIMENTO DO PROTÓTIPO

Neste capítulo são descritos os requisitos, a especificação do firmware e do servidor. Também é apresentada a implementação detalhando a operacionalidade do protótipo, os testes realizados em veículos reais. O capítulo finaliza com a descrição dos resultados obtidos.

## requisitos

Para simplificar a legibilidade, na descrição dos requisitos será utilizado o termo “firmware” para referenciar o software executando na placa Raspberry Pi instalada no veículo e o termo “servidor” para referenciar o software executando no servidor de aplicações TomCat. Os requisitos do protótipo a ser desenvolvido são:

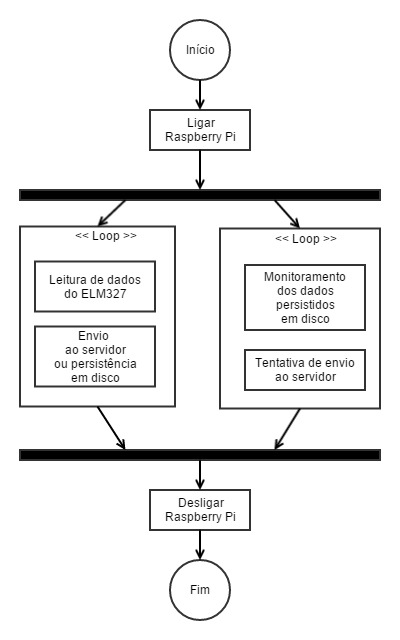
1. o firmware deverá ser inicializado automaticamente ao ligar a placa Raspberry Pi (Requisito Funcional – RF);
2. o firmware deverá se conectar à porta OBD2 através de uma interface ELM327 Bluetooth (RF);
3. o firmware deverá coletar os dados da porta OBD2 e armazená-los localmente até serem enviados ao servidor (RF);
4. o firmware deve tentar estabelecer uma conexão com o servidor a cada 5 minutos, caso não esteja conectado à internet (RF);
5. o firmware deverá enviar ao servidor o número do chassi do carro e os dados OBD2 armazenados localmente desde a última conexão bem-sucedida (RF);
6. o firmware deverá ser desenvolvido utilizando tecnologia Java SE (Requisito Não Funcional – RNF);
7. o firmware deverá executar em sistema operacional Raspbian (RNF);
8. o servidor deverá responder requisições HTTP, através dos métodos get e post (RF);
9. o servidor deverá persistir os dados coletados pelo firmware (RF);
10. o servidor deverá persistir os dados em arquivos XML, sem a necessidade de utilizar banco de dados (RNF);
11. o servidor deverá dispor uma página web para consultar os dados OBD2 a partir do número do chassi do carro (RF).
12. o servidor deverá ser desenvolvido utilizando tecnologia Java EE (RNF);
13. o servidor deverá executar no servidor de aplicações Apache TomCat (RNF);
14. a página web deve apresentar gráficos com os valores dos dados coletados (RF);
15. a página web deve apresentar uma tabela com os valores dos dados coletados (RF);
16. a página web deve ter interface responsiva de modo que possa ser visualizada em smartphones (RNF);
17. a página web deverá ser desenvolvida utilizando HTML, CSS e JavaScript (RNF).

## ESPECIFICAÇÃO

A solução consiste no desenvolvimento de um firmware embarcado em uma placa Raspberry Pi que se comunica com uma interface ELM327 Bluetooth para obter dados OBD2 e com um servidor para o qual estes dados são enviados. Inicialmente será apresentada a especificação do firmware e posteriormente a especificação do servidor.

O ciclo de vida do firmware consiste em disparar dois processos paralelos após a inicialização do Raspberry Pi, um processo é responsável pela leitura dos dados da interface ELM327 Bluetooth e o outro processo é responsável por monitorar o diretório onde os pacotes com os dados das leituras são persistidos. A Figura 16 apresenta o diagrama correspondente ao ciclo de vida do firmware.

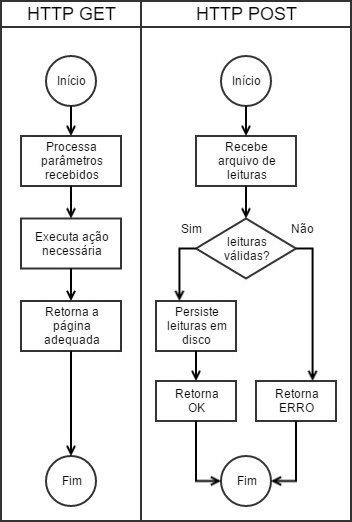
Figura - Ciclo de vida do firmware



Fonte: Elaborado pelo autor.

O ciclo de vida do servidor consiste em processar requisições HTTP GET para retornar páginas solicitadas e processar requisições HTTP POST para receber os arquivos com leituras de dados enviadas pelo firmware. A Figura 17 apresenta o diagrama de atividades correspondente ao ciclo de vida do servidor.

Figura - Ciclo de vida do servidor

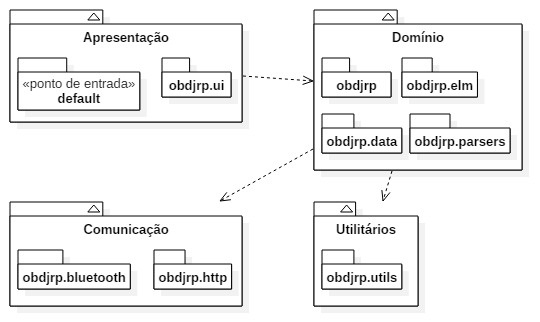


Fonte: Elaborado pelo autor.

### ESPECIFICAÇÃO DO FIRMWARE

O desenvolvimento do firmware foi dividido em 4 camadas distintas: apresentação, domínio, comunicação e utilitários. A camada de apresentação é responsável por fornecer o ponto de entrada para a execução dos processos no firmware e a interface de usuário, onde as leituras podem ser acompanhadas em tempo real. A camada domínio, como o nome sugere, contém as classes de domínio do protótipo. A camada de comunicação fornece classes que permitem a comunicação via bluetooth e HTTP e na camada de utilitários residem classes de propósito geral, utilizadas pelas outras camadas. Na Figura 18 é apresentado o diagrama de pacotes do firmware, observa-se que os pacotes foram agrupados em modelos que correspondem à camada ao qual pertencem.

Figura - Diagrama de pacotes do firmware



Fonte: Elaborado pelo autor.

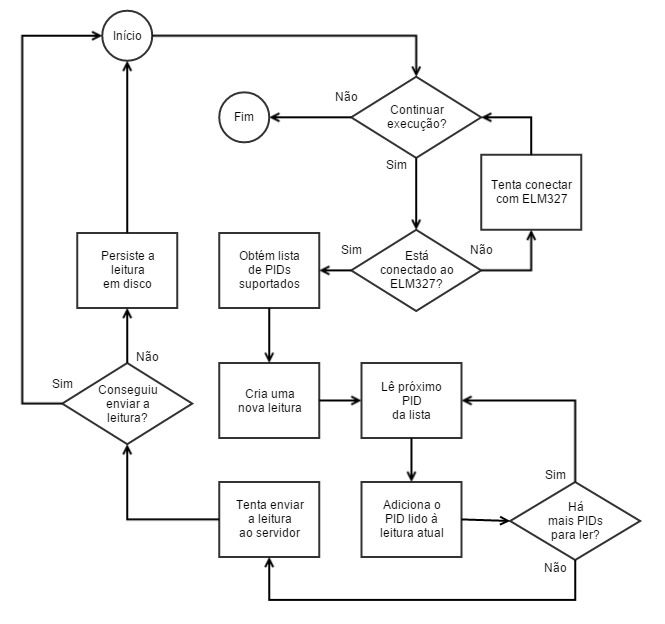
#### LEITURA DE DADOS DA INTERFACE ELM327 BLUETOOTH

Conforme citado na seção 3.2, o ciclo de vida do firmware consiste na execução de dois processos paralelos, o primeiro destes processos especificado, é a leitura dos dados da interface ELM327 Bluetooth. A leitura destes dados consiste em um laço que realiza as seguintes operações:

1. se estiver conectado ao ELM327, executa o passo c), senão executa o passo b);
2. tenta conectar-se ao ELM327 e volta ao passo a);
3. solicita ao ELM327 a lista dos PIDs suportados pelo veículo e executa o passo d);
4. cria um objeto de leitura para armazenar os valores dos PIDs e executa o passo e);
5. obtém o valor do próximo PID suportado e executa o passo f);
6. adiciona o valor do PID lido ao objeto de leitura e executa o passo g);
7. se houver mais PIDs para ler, volta ao passo e), senão executa o passo h);
8. tenta enviar o objeto de leitura ao servidor e executa o passo i);
9. se conseguiu enviar o objeto de leitura, volta ao passo a), senão executa o passo j);
10. persiste o objeto de leitura em disco e volta ao passo a).

Na Figura 19 observa-se o fluxo do o processo de leitura da interface ELM327 Bluetooth.

Figura - Leitura de dados da interface ELM327 Bluetooth



Fonte: Elaborado pelo autor.

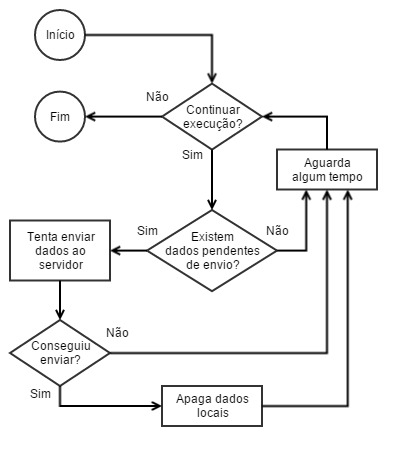
#### TRANSMISSÃO DOS DADOS PENDENTES

O segundo processo do ciclo de vida do firmware é a transmissão dos dados pendentes, este processo trata de monitorar o diretório onde o primeiro processo persistiu os objetos de leitura que não foram enviados ao servidor. Assim como a leitura dos dados da interface ELM327 Bluetooth, a transmissão dos dados pendentes também consiste em um laço que realiza as seguintes operações:

1. verifica se há arquivos pendentes no diretório, se houver, executa o passo c), senão executa o passo b);
2. aguarda 5 minutos e volta ao passo a);
3. tenta enviar cada arquivo pendentes o servidor e segue ao passo d);
4. apaga do disco, cada arquivo enviado com sucesso ao servidor, e volta ao passo b).

Na Figura 20 observa-se o fluxo do processo de transmissão dos dados pendentes.

Figura - Transmissão dos dados pendentes

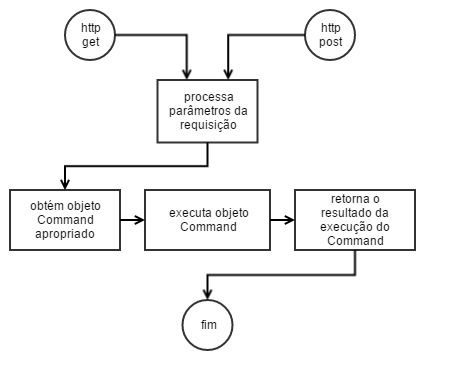


Fonte: Elaborado pelo autor.

### ESPECIFICAÇÃO DO SERVIDOR

O desenvolvimento do servidor foi realizado em uma única camada, que tem como ponto de entrada um Servlet Java EE, capaz de processar tanto requisições http get quanto requisições http post. Para processar as requisições, utilizou-se o padrão de projeto Command, de forma que, a partir dos parâmetros recebidos, possa ser possível obter um objeto Command apropriado para tratar a requisição. Na Figura 21 observa-se como ocorre o fluxo de processamento de requisições no servidor utilizando o padrão de projeto Command.

Figura - Processamento de requisições no servidor



Fonte: Elaborado pelo autor.

## IMPLEMENTAÇÃO

Nesta seção são apresentados os aspectos sobre a implementação do protótipo e as ferramentas utilizadas para a construção.

### Técnicas e ferramentas utilizadas

As implementações tanto do firmware quanto do servidor, foram realizadas utilizado o ambiente de desenvolvimento Eclipse Neon com linguagem de programação Java. Para o desenvolvimento do firmware foi utilizado a Application Program Interface (API) padrão do Java SE e a API BlueCove para realizar a comunicação com a interface ELM327 Bluetooth. Para o desenvolvimento do servidor foi utilizado a API padrão do Java EE em conjunto com a API Google Charts, para a criação dos gráficos em linguagem JavaScript. De forma a apresentar o recurso de sintaxe colorida do ambiente Eclipse Neon, no Quadro 2 observa-se o trecho de código responsável por inicializar a comunicação do firmware com a interface ELM327 e no Quadro 3 observa-se o trecho de código do servidor responsável por receber os arquivos de leituras através de requisições HTTP POST.

Quadro - Firmware conectando com a interface ELM327

|  |
| --- |
| **private** **void** startScanning() {  **final** ObdJrpProperties props = ObdJrpProperties.*get*();  **final** ObdJrpConnection connection = props.getConnection();  **while** (!connection.isOpen()) {  System.***out***.println("trying to connect with " + connection);  **try** {  scanner = **new** ObdJrpScanner(connection.open());  scanner.startScanning();  System.***out***.println("successfull connected!");  } **catch** (IOException | ELM327Error error) {  System.***out***.printf("%s: %s%n",  error.getClass().getSimpleName(),  error.getMessage());  connection.close();  }  }  } |

Fonte: Elaborado pelo autor.

Quadro - Servidor recebendo leituras do firmware

|  |
| --- |
| **protected** **void** doPost(HttpServletRequest request,  HttpServletResponse response)  **throws** ServletException, IOException {  PrintWriter out = response.getWriter();  Part uploadedFile = request.getPart("fileUpload");  **if** (uploadedFile != **null** && savePart(uploadedFile)) {  out.write("OK");  } **else** {  out.write("ERROR");  }  response.setStatus(HttpURLConnection.***HTTP\_OK***);  } |

Fonte: Elaborado pelo autor.

### Operacionalidade da implementação

[Apresentação do funcionamento da implementação (em nível de usuário) através de um estudo de caso.]

## ANÁLISE DOS RESULTADOS

[Apresentar os casos de testes do software, destacando objetivo do teste, como foi realizada a coleta de dados e a apresentação dos resultados obtidos, preferencialmente em forma de gráficos ou tabelas, fazendo comentários sobre os mesmos.

Confrontar com os trabalhos correlatos apresentados na fundamentação teórica.]

# CONCLUSÕES

[As conclusões devem refletir os principais resultados alcançados, realizando uma avaliação em relação aos objetivos previamente formulados. Deve-se deixar claro se os objetivos foram atendidos, se as ferramentas utilizadas foram adequadas e quais as principais contribuições do trabalho para o seu grupo de usuários ou para o desenvolvimento científico/tecnológico.]

[Deve-se também incluir aqui as principais vantagens do seu trabalho e limitações.]

## EXTENSÕES

[Sugestões para trabalhos futuros.]

Referências

ANDROID PIT INTERNATIONAL. Android Apps - Lifestyle. **Android Pit International**, [S.l.], p. 1, 2016. Disponivel em: <https://www.androidpit.com/app/org.envirocar.app>. Acesso em: 20 maio 2016.

CONAMA. Resolução CONAMA nº 354, de 13 de dezembro de 2004. Publicada no D.O.U. nº 239, de 14 de dezembro de 2004, Seção 1, p. 62-63, 2004. Disponivel em: <http://www.mma.gov.br/port/conama/legislacao/CONAMA\_RES\_CONS\_2004\_354.pdf>. Acesso em: 20 maio 2016.

ELM ELECTRONICS. OBD to RS232 Interpreter. **ELM Electronics - Circuits for the Hobbyist**, [S.l.], p. 1-94, 2016. Disponivel em: <http://www.elmelectronics.com/DSheets/ELM327DS.pdf>. Acesso em: 20 maio 2016.

ENVIROCAR. Off we go. **EnviroCar**, [S.l.], p. 1, 2015. Disponivel em: <http://envirocar.org>. Acesso em: 20 maio 2016.

GSM ASSOCIATION. Understanding the Internet of Things (IoT). **GSM Association**, [S.l.], p. 1, 2014. Disponivel em: <http://www.gsma.com/connectedliving/wp-content/uploads/2014/08/cl\_iot\_wp\_07\_14.pdf>. Acesso em: 20 maio 2016.

MANAVELLA, H. J. Diagnóstico Automotivo Avançado. **HM Autotrônica**, [S.l.], p. 121-127, 2009. Disponivel em: <http://www.hmautotron.eng.br/zip/cap19-hm004web.pdf>. Acesso em: 20 maio 2016.

NEW IT LIMITED. RPi 3 (2016) Model B. **New IT Limited**, [S.l.], p. 1, 2016. Disponivel em: <https://www.newit.co.uk/shop/all-raspberry-pi/raspberry\_pi\_3/raspberry\_pi3>. Acesso em: 20 maio 2016.

NG, A. The Evolution of the "Internet of Things": from "Diagnostics and Repair" to "Prescriptive and Proactive". **Horton Works**, [S.l.], p. 1, 2015. Disponivel em: <http://br.hortonworks.com/blog/the-evolution-of-the-internet-of-things-from-diagnostics-and-repair-to-prescriptive-and-proactive>. Acesso em: 20 maio 2016.

OUTILS OBD FACILE. Automotive Electronic Diagnostic. **Outils OBD Facile**, [S.l.], p. 1, 2015. Disponivel em: <http://www.outilsobdfacile.com/obd-mode-pid.php>. Acesso em: 20 maio 2016.

PYOBD. Open Source OBD2 Diagnostics. **OBD Tester**, [S.l.], p. 1, 2015. Disponivel em: <http://www.obdtester.com/pyobd>. Acesso em: 20 maio 2016.

RASPBERRY PI FOUNDATION. Teach, Learn and make with Raspberry Pi. **Raspberry Pi Foundation**, [S.l.], p. 1, 2016. Disponivel em: <https://www.raspberrypi.org>. Acesso em: 20 maio 2016.

RIORAND. On Board Diagnostics. **RioRand Advanced Technology**, [S.l.], p. 1, 2015. Disponivel em: <http://www.riorand.com/on-board-diagnostics>. Acesso em: 20 maio 2016.

SAE INTERNATIONAL. Society of Automotive Engineers. **DocumBase.com**, [S.l.], p. 1-228, 2006. Disponivel em: <http://www.documbase.com/goto/9552188-77674d95ff4a7fd13cf79446a8561c94/SAE-J1979-2006-edition-Ballot.pdf>. Acesso em: 20 maio 2016.

THE BEST OBD2 SCANNERS. 10 Modes of Operation for OBD2 Scanners. **The Best OBD2 Scanners**, [S.l.], p. 1, 2016. Disponivel em: <http://thebestobdiiscanners.com/10-modes-of-operation-for-obd2-scanners>. Acesso em: 20 maio 2016.

THOMSEN, A. Saiu o Raspberry Pi 3. **Filipe Flop Componentes Eletrônicos**, [S.l.], p. 1, 2016. Disponivel em: <http://blog.filipeflop.com/embarcados/saiu-o-raspberry-pi-3.html>. Acesso em: 20 maio 2016.

TOTAL CAR. ELM327 Review & About ELM 327 OBD2 Interface. **Total Car Diagnostics Support**, [S.l.], p. 1, 2014. Disponivel em: <http://www.totalcardiagnostics.com/support/Knowledgebase/Article/View/72/15/elm327-review--about-elm-327-obd2-interface>. Acesso em: 20 maio 2016.

ZAMBARDA, P. "Internet das Coisas": entenda o conceito e o que muda com a tecnologia. **Tech Tudo**, [S.l.], p. 1, 2014. Disponivel em: <http://www.techtudo.com.br/noticias/noticia/2014/08/internet-das-coisas-entenda-o-conceito-e-o-que-muda-com-tecnologia.html>. Acesso em: 20 maio 2016.

ZURAWSKI, R. Automative Embedded Systems Handbook. Boca Raton: CRC Press, 2009. p. 33-34. ISBN 978-0-8493-8026-6.

APÊNDICE A – Relação dos formatos das apresentações dos trabalhos

[Elemento opcional. **Apêndices são** **textos elaborados pelo autor** a fim de complementar sua argumentação. Os apêndices são identificados por letras maiúsculas consecutivas, seguidas de um travessão e pelos respectivos títulos. Deverá haver no mínimo uma referência no texto anterior para cada apêndice.]

[Colocar sempre um preâmbulo no apêndice. Não colocar tabelas e ou ilustrações sem identificação no apêndice. Caso existirem, identifique-as através da legenda, seguindo a numeração normal do volume final (para as legendas). Caso existirem tabelas e ou ilustrações, sempre referenciá-las antes.]

ANEXO A – Representação gráfica de contagem de citações de autores por semestre nos trabalhos de conclusões realizados no Curso de Ciência da Computação

[Elemento opcional. **Anexos são documentos não elaborados pelo autor**, que servem de fundamentação, comprovação ou ilustração, como mapas, leis, estatutos, entre outros. Os anexos são identificados por letras maiúsculas consecutivas, seguidas de um travessão e pelos respectivos títulos. Deverá haver no mínimo uma referência no texto anterior para cada anexo.]

[Colocar sempre um preâmbulo no anexo. Não colocar tabelas e ou ilustrações sem identificação no anexo. Caso existirem, identifique-as através da legenda, seguindo a numeração normal do volume final (para as legendas). Caso existirem tabelas e ou ilustrações, sempre referenciá-las antes.]