



UNIVERSIDADE FEDERAL DO AMAZONAS – UFAM
FACULDADE DE TECNOLOGIA – FT
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA ELÉTRICA – PPGE

WALMIR ACIOLI E SILVA

**PROPOSIÇÃO DE UM SISTEMA EMBARCADO DE DIAGNÓSTICO
VEICULAR INTEGRADO A AMBIENTES INTELIGENTES**

Projeto de Qualificação
apresentado ao curso de Mestrado em
Engenharia Elétrica, área de concentração
Controle e Automação de Sistemas, do
Programa de Pós-Graduação em
Engenharia Elétrica da Universidade
Federal do Amazonas.

Orientador: Prof. Dr. –Ing. Vicente Ferreira de Lucena Júnior

MANAUS-AM

2018

WALMIR ACIOLI E SILVA

**PROPOSIÇÃO DE UM SISTEMA EMBARCADO DE DIAGNÓSTICO
VEICULAR INTEGRADO A AMBIENTES INTELIGENTES**

Projeto de Qualificação
apresentado ao curso de Mestrado em
Engenharia Elétrica, área de concentração
Controle e Automação de Sistemas, do
Programa de Pós-Graduação em
Engenharia Elétrica da Universidade
Federal do Amazonas.

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. –Ing. Vicente Ferreira de Lucena Júnior
Universidade Federal do Amazonas – UFAM

Prof. Dr. Eduardo James Pereira Souto
Universidade Federal do Amazonas – UFAM

Prof. Dr. Raimundo da Silva Barreto
Universidade Federal do Amazonas – UFAM

LISTA DE SIGLAS

ABRAMET – Associação Brasileira de Medicina de Tráfego

AmI – Ambiente Inteligente

ECU – Electronic Unit Control

OBDII – On-Board Diagnostic II

CARB – California Air Resources Board

CTB – Código de Trânsito Brasileiro

DENATRAN – Departamento Nacional de Trânsito

EPA – Environmental Protection Agency

EUA – Estados Unidos da América

FARS – Fatality Analysis Reporting System

NHTSA – National Highway Traffic Safety Administration

PIDs – Parameter IDs

SAE – Society of Automotive Engineers

SSH – Secure Shell

ISO – International Standards Organization

IP – Internet Protocol

VCI – Vehicle Communication Interface

UART – Universal Asynchronous Receiver/Transmitter

URL – Uniform Resource Locator

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Porta OBD II e adaptador.....	10
Figura 2: Cenário de utilização 1.....	15
Figura 3: Luz-espia da injeção eletrônica no painel	16
Figura 4: Esboço do sistema.....	27
Figura 5: Arquitetura do sistema	28
Figura 6: Exemplos de PIDs.....	29
Figura 7: Diagrama conceitual de fluxo de dados do sistema	31
Figura 8: Bancada que simula o motor de um automóvel	32
Figura 9: Bancada Ford Focus 1.8.....	32
Figura 10: Quadro de erros da bancada.....	33
Figura 11: Porta OBDII da bancada	34
Figura 12: Print da tela utilizando o PuTTY	35
Figura 13: Print da tela de conexão estabelecida do PuTTY	35
Figura 14: Print da tela do PuTTY	36
Figura 15: Protótipo do dispositivo Car2AmI.....	38
Figura 16: Funções dos códigos em Python	39
Figura 17: Registros de dados em hexadecimal do motor.....	42

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Legenda de respostas	23
Tabela 2: Tabela de comparação dos trabalhos relacionados	24
Tabela 3: Conversão de hexadecimal para decimal.....	37
Tabela 4: Características de hardware do RPi3	38
Tabela 5: Semana 1.....	40
Tabela 6: Semana 2.....	40
Tabela 7: Semana 3.....	41
Tabela 8: Semana 4.....	41

SUMÁRIO

LISTA DE SIGLAS.....	III
LISTA DE FIGURAS.....	IV
LISTA DE TABELAS	V
CAPÍTULO 1 INTRODUÇÃO	7
1.1 MOTIVAÇÃO	8
1.1.1 Análise direta dos dados do automóvel.....	14
1.2 OBJETIVO	17
1.2.1 Objetivo Geral	17
1.2.2 Objetivo Específico	17
CAPÍTULO 2 TRABALHOS RELACIONADOS	18
CAPÍTULO 3 PROPOSTA	27
3.1 ESTUDO DE CASO.....	31
3.2 PROTÓTIPO DO DISPOSITIVO CAR2AmI	34
3.3 CRONOGRAMA.....	43
CAPÍTULO 4 CONCLUSÃO	44
REFERÊNCIAS	45

CAPÍTULO 1 INTRODUÇÃO

Ambiente Inteligente (AmI) é definido como um espaço físico que dispõem de diversos recursos computacionais e serviços embarcados com interação entre humano e computador de forma visível e invisível [1]. Ainda segundo Sadri, estes ambientes tem o propósito de auxiliar as pessoas que os habitam, e tem como principais características, serem discretos, interconectados, adaptáveis, dinâmicos, integrados e inteligentes, utilizando dispositivos de baixo custo e fácil manuseio [2], assim, o usuário está imerso em um ambiente capaz de aprender as rotinas e viabilizá-las automatizando-as. Há várias pesquisas e trabalhos na literatura sobre este assunto, dentre os quais, o trabalho de Sampaio e colegas pesquisaram aplicações de AmI com critérios baseados nas necessidades das pessoas e dispositivos utilizados. Foram selecionados 9 projetos, porém, destaca-se o *IRoom*, o qual utiliza vários sensores e atuadores instalados em uma rede dedicada no ambiente, com o objetivo de obter informações das pessoas para produzir ações afim de auxiliá-las nas rotinas [3].

A conectividade entre os dispositivos de um AmI, originaram trabalhos que envolve a comunicação entre os dispositivos comuns de um ambiente, dentre os quais, tem-se os *home appliances*, eletrodomésticos em português, foram desenvolvidos para facilitar as tarefas diárias, otimizar o tempo e tornar a vida mais confortável. São considerados eletrodomésticos comuns em uma casa, a TV digital, geladeiras, fogões, *tablets* e entre outros [4]. Tais trabalhos envolvem a integração dos diversos dispositivos de uma casa em um nó central, o *gateway*, responsável por estabelecer comunicação entre duas redes distintas.

Além dos AmI e seus dispositivos conectados será apresentado uma breve introdução sobre os automóveis, os quais, nas últimas décadas, tiveram uma evolução notável, impulsionada pela preocupação com o meio ambiente por causa dos gases gerados com a queima de combustíveis, tornando-os verdadeiros computadores sobre rodas. A Unidade de Comando Eletrônico (UCE), em inglês *Electronic Unit Control* (ECU), é o cérebro do automóvel, responsável por controlar todos os sensores e atuadores do motor para mantê-los sincronizados, gerenciando a quantidade certa de combustível que irá queimar e alertando no painel o mal funcionamento de sensores e atuadores do motor, porém, só é possível verificar qual componente está com defeito através da porta *On-Board Diagnostic II* (OBDII), [5].

O padrão OBDII foi desenvolvido para atender às especificações de controle de emissões, padronização da porta e protocolos de comunicação estabelecidas pelo *California*

Air Resources Board (CARB), apoiado pela *Environmental Protection Agency* (EPA), agência de meio ambiente dos Estados Unidos da América (EUA). O OBDII padroniza tudo relacionado ao diagnóstico veicular seguindo protocolos de comunicação estabelecidos pela *Society of Automotive Engineers* (SAE) e pela *International Standards Organization* (ISO) [6]. Com o padrão OBDII foi estabelecido que todos os automóveis fabricados a partir de 1996 nos EUA e Europa adotem esse padrão, no Brasil, veículos fabricados a partir de 2010 vem obrigatoriamente com esse padrão [7] [8]. A análise de desempenho e o diagnóstico de sistemas automotivos estão cada vez mais acessíveis e fáceis de manipular, devido aos novos dispositivos de monitoramento e autodiagnóstico que permitem a obtenção de diversas informações a respeito do automóvel, tais dispositivos são os adaptadores OBDII [9].

Assim, esta pesquisa abordará os assuntos AmI, dispositivos conectados (*home appliances*) e os automóveis. Os AmI e os dispositivos conectados já possuem uma relação direta mostradas em outros trabalhos, pois, um AmI deve ter dispositivos conectados entre si para fazer o sensoriamento e atuar no ambiente, por outro lado, os automóveis possuem muitos trabalhos relacionados com a coleta de dados através da porta OBDII por meio de adaptadores, os quais são conectados principalmente a *smartphones* que geralmente funcionam como pontes para enviar dados para servidores processá-los, bem como interface para o usuário receber informações, tais como, consumo médio de combustível, comportamento do motorista e reportar problemas.

Esta pesquisa visa adicionar o automóvel no contexto de AmI de uma casa, e assim, possibilitar o recebimento de alertas de possíveis problemas e monitorá-lo através dos dispositivos conectados à casa. Um dos motivos dessa integração é simplesmente porque muitos motoristas não percebem quando o automóvel começa a dar sinais de problema, quando percebem, já estão em pane mecânica ou com um problema ainda maior. Utilizar os recursos do AmI da casa é outro ponto importante nessa pesquisa, pois, serão utilizados todo o poder de processamento local que estes ambientes possuem, além de utilizar os meios de comunicação para distribuir ou consultar as informações do automóvel.

1.1 MOTIVAÇÃO

A manutenção preventiva visa garantir boas condições do automóvel e evitam surpresas desagradáveis, como pane mecânica. Um dos indicadores que está ligado

diretamente a manutenção do automóvel é o consumo de combustível, pois, em condições normais o consumo se mantém padrão, caso contrário, diversos fatores, tais como, pneus com calibração errada, componentes do motor desregulados ou danificados indicam problemas, e em muitos casos, o motorista não percebe as pequenas variações mesmo com o automóvel com a manutenção em dia [10].

Em veículos de grande porte, tais como caminhões e ônibus, possuem seus próprios recursos de diagnósticos de problemas e manutenção preditiva embarcados, além disso, há trabalhos relacionados utilizando métodos de inteligência artificial para detectar padrões de desgastes de peças e assim antecipar a manutenção, porém, é importante salientar que nesses trabalhos, os pesquisadores envolvidos possuem informações privilegiadas por trabalharem ou terem algum tipo de parceria com a fabricante, pois, são empresas que buscam sempre evitar problemas com suas frotas de caminhões de carga e de transporte público para economizar ao máximo com combustível e manutenção, e assim, manterem seus lucros [11] [12] [13] [14]. Portanto, em veículos de grande porte é possível encontrar aplicações de tecnologias mais avançadas que auxiliam os usuários e empresas desde como dirigir até a detecção de problemas diretamente no painel e remotamente.

Em automóveis de pequeno e médio porte, os carros populares, possuem meios para identificar problemas com os adaptadores OBDII que fazem o diagnóstico a partir da unidade central [15], porém, esses adaptadores, apenas detectam o código de erro e a leitura dos sensores e atuadores. Diferente dos automóveis de grande porte, que já há diferentes aplicações que detectam problemas antes de acontecer, os carros populares necessitam da compra do adaptador OBDII e um computador ou *smartphone* com aplicações dedicadas para fazer o diagnóstico dos mesmos e monitorar os parâmetros dos sensores e atuadores. Portanto, integrar o automóvel ao contexto de AmI de uma casa é um trabalho interessante cientificamente e posteriormente gerará serviços, uma vez que, automóveis populares não possuem serviços como os encontrados nas fabricantes de veículos de grande porte e cientificamente será um desafio, pois, o automóvel deverá fazer parte da casa como se fosse um dispositivo qualquer conectado à rede.

Para que o automóvel faça parte da casa com AmI, o mesmo deve ser capaz de se comunicar e transferir seus dados, para tanto, deve-se desenvolver um dispositivo que se conecte automaticamente no adaptador OBDII via Wi-Fi ou *Bluetooth*, Figura 1, colete e

armazene os dados que a ECU fornece dos sensores e atuadores do motor enquanto o automóvel estiver sendo usado, após isso, quando estiver ao alcance da rede sem fio da casa, o dispositivo instalado no automóvel irá transferir automaticamente os dados para a casa.

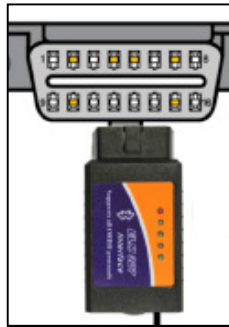


Figura 1: Porta OBD II e adaptador

A escolha do *hardware* e *software* que comporá o dispositivo é muito importante, pois, deve ser um microprocessador robusto com sistema operacional simples e recursos embutidos, tais como, Wi-Fi, *Bluetooth*, portas USB e entradas auxiliares, o que atendeu a esses requisitos foi o *Raspberry Pi* (RPI), o qual é um microcomputador que consome baixa energia, tem baixo custo (\$35) e o sistema operacional pode ser Linux ou Windows 10.

Dentre os trabalhos que motivaram a utilização do RPi, há o que utiliza-o como ferramenta educacional para desenvolver projetos com microcontroladores, tal como Arduino, com o intuito de resolver problemas com baixos custos de implementação [16], no contexto de automóveis o RPi é utilizado para mostrar os dados do motor em tempo real na aplicação OBD-Pi [17], o CarBerry é outra aplicação que envolve outros recursos mais avançados oferecendo-os como serviço, tais como, central multimídia automotiva, diagnóstico veicular, registro de dados, caixa preta de direção e entre outros [18], Blanco propôs um projeto que utilizou o RPi para abrir e fechar a janela do veículo de forma manual por meio de uma tela sensível ao toque e abrir ou fechar de forma automática dependendo da sua velocidade [19], Shetty e colegas propuseram um assistente de direção que utilizavam um *smartphone* em conjunto com o RPi para coletar dados do automóvel, imagens ao redor e posicionamento global [20], tais trabalhos motivaram a escolha desse microcomputador nesta pesquisa.

Outro detalhe relevante são os dados coletados do automóvel, pois, deve-se verificar quais os dados serão mais importantes para a análise (por exemplo: velocidade, rotação do motor, temperatura do motor, etc), e como esses dados serão tratados, uma vez que são coletados no formato hexadecimal e divididos em vários parâmetros com cabeçalhos [21]. É importante salientar que o dispositivo que será implementado com o RPi coletará, armazenará e fará um pré-processamento desses dados em hexadecimal e os enviará para a casa com AmI fazer o processamento que transformará e distribuirá os dados em informações aos usuários.

Os sistemas de AmI têm como principal objetivo facilitar a vida das pessoas automatizando tarefas diárias, para tanto, é necessário que o sistema tenha vários sensores e atuadores para sentir e agir no ambiente. Nos trabalhos pesquisados os AmI geralmente utilizam um mediador que faz a comunicação entre os dispositivos do ambiente e o dispositivo que os gerenciam, o mediador é conhecido como *gateway*, é um dos principais componentes de comunicação de um ambiente que possui o sistema de AmI. O *gateway* é responsável pela comunicação entre duas redes respeitando protocolos específicos e tomando determinadas ações para o correto funcionamento da comunicação entre as duas pontas. Há várias aplicações de sistemas de AmI, dentre os quais, destacam-se os de automação residencial e os assistentes de ambiente.

Os trabalhos de automação residencial têm o propósito de conectar todos os dispositivos comuns (TV digital, eletrodomésticos, luzes, ar condicionados, entre outros) da casa com a Internet, afim de automatizar e ter o controle na palma da mão (*tablets* e *smartphones*). Foram pesquisados vários trabalhos, cujo principal componente é o *gateway*, Montori e colegas propuseram uma arquitetura em que foi desenvolvido o roteador RouteX, *gateway*, responsável por integrar os dispositivos sensores com os controladores atuadores do ambiente da casa, controlando tudo através de um aplicativo de *smartphone*, os atuadores e sensores tem diferentes meios de comunicação (Wi-Fi, *Bluetooth*, rádio frequência entre outros) [22].

Putthapipat e colegas propuseram a implementação de um *gateway* que controle a casa por comando de voz. O sistema pode controlar os eletrodomésticos por comando de voz utilizando palavras chaves, usando o microprocessador *Raspberry Pi* como o *gateway* [23].

Vivek e Sunil propuseram um sistema de automação residencial, onde um *gateway* foi desenvolvido para integrar os principais dispositivos de uma casa utilizando tecnologias

sem fio, Wi-Fi e *ZigBee*. O sistema consiste de uma tela com interação humano computador sensível ao toque, sensores e atuadores associados aos módulos *ZigBee*, tais como, sensor de temperatura, sensor de presença, sensor da porta e atuadores nas luzes, na TV, na ventilação, o Wi-Fi foi utilizado para monitorar a corrente para gerenciar e criar relatórios de consumo de energia, enviando-os para um servidor [24].

Seif e El-Saber propuseram uma arquitetura genérica que busca resolver os problemas de interoperabilidade entre os dispositivos conectados à internet, dividindo hierarquicamente em camadas de processamento, os quais são computação *dew*, computação *fog* e computação *Cloud*, respectivamente, base, meio e topo. A computação *dew* é responsável por redes sem fio de curto alcance (*Bluetooth*, Wi-Fi, *Zigbee*, *zwave*), a computação *fog* é responsável pelos vários protocolos que cada dispositivo necessita para comunicação (MQTT, DDS, CoAP) e a computação *Cloud* responsável pela conexão com a internet [25].

Campbell e colegas propuseram uma plataforma de *gateway* genérica, capaz de suportar vários dispositivos conectados, gerenciando-os como se fossem links de *Uniform Resource Locator* (URL). A arquitetura do *gateway* proposto, é basicamente formada por sensores enviando dados por um nó, que envia e recebe comandos de aplicativos e posteriormente, envia os dados para a nuvem [26].

Rahmani e Kanter propuseram uma rede imersiva, na qual há vários dispositivos conectados à rede, porém, a forma como se conectam à Internet é gerenciada por um *gateway* ou pelo grupo de sensores, as conexões são limitadas utilizando abordagens de redes 5G. Neste trabalho foram feitas apenas simulações [27].

Os trabalhos com assistente de ambientes possuem características semelhantes aos de automação residencial, do ponto de vista em facilitar as tarefas diárias, porém, o foco é com o cuidado à saúde, o principal público alvo, nesse caso, são pessoas que necessitam de cuidados especiais, tais aplicações, tem o objetivo de monitorar e auxiliar por meio de sensores vestíveis e dispositivos espalhados no ambiente, todos integrados por um *gateway*. Foram pesquisados trabalhos em que há o monitoramento por dispositivos inteligentes, e, após processamento, são gerados alertas para os usuários quando algo está anormal.

Silva e colegas propuseram um sistema onipresente e inteligente, capaz de monitorar a tomada de medicamentos e identificar se o paciente está atendendo aos requisitos prescritos pelo médico. O sistema coleta dados de um armário de remédios inteligente, sensores e

dispositivos eletrônicos de um ambiente e um *gateway* residencial é utilizado para integrar os sensores com o sistema, o qual, divulga mensagens sobre as tomadas de remédio nas redes sociais, SMS e aparelhos eletrônicos de consumo, tais como, TV digital, *smartphone* e *tablets*, sem interferência humana e com o objetivo de ajudar o paciente a tomar a medicação no tempo correto [28].

Seabra e colegas propuseram um sistema inteligente que monitora o comportamento das magnitudes elétricas dos eletrodomésticos em tempo real, o mesmo é capaz de analisar os dados coletados, detectar possíveis falhas e alertá-las ao usuário. O trabalho utiliza um microprocessador que coleta as grandezas elétricas e mecânicas e envia-os para um servidor processá-los com o objetivo de identificar falhas instantâneas e prever a necessidade de manutenção preventiva. A interação humano computador é realizado pela TV digital, dispositivos móveis ou computadores convencionais que alertam os usuários sobre as intervenções necessárias [29]

Soultanopoulos e colegas propuseram um serviço de *gateway* para sensores vestíveis, que pode transformar plataformas móveis (*smartphones*) em um ponto de acesso para as informações, tanto para quem usa, para consultar seus dados médicos, como para, as pessoas que vão monitorar. O *gateway* recebe os dados do sensor do usuário, armazena, processa, gera alarmes para o usuário e envia-os para a nuvem, na nuvem esses dados são processados novamente, geram um histórico e possibilitam terceiros consultarem, no caso, pessoas responsáveis por monitorar o paciente [30].

Bhargava e Ivanov propuseram em seu trabalho um sistema capaz de monitorar e localizar, no contexto de assistentes de ambientes, utilizando computação *fog* com redes de sensores sem fio. A arquitetura do sistema é composta por um dispositivo sensor vestível, dispositivo usado pela pessoa, e um *gateway* que envia dados para a nuvem processá-los com técnicas de inteligência artificial. O objetivo do sistema é aprender as atividades exercidas pelo usuário, pessoas idosas, e detectar movimentos anormais, que podem representar movimento de queda do idoso, o *gateway* do sistema é um microprocessador RPi que coleta dados do dispositivo e se conecta com a Internet para enviar os dados para a nuvem [31].

Os trabalhos que envolvem sistemas de AmI possuem diferentes aplicações e metodologias, porém, em todos foi necessário um integrador para conectar todos os dispositivos do ambiente a outros para serem enviados para nuvem ou serem processados, o

gateway é um dos principais dispositivos de um sistema de AmI, pois, é o responsável por integrar a comunicação. Nos trabalhos citados acima, os *gateways* desenvolvidos eram geralmente microprocessadores com diferentes tipos de acesso de comunicação (Wi-Fi, *Bluetooth*, *Zigbee*, rádio frequência e entre outros), portanto, foram desenvolvidos de acordo com a necessidade de cada trabalho, mas, com um único objetivo, integrar os dispositivos do sistema de AmI.

Há trabalhos, pesquisas e aplicações que envolvem os dados coletados do carro através da porta OBDII, para tanto, são usados adaptadores OBDII para se ter acesso aos dados da ECU. As aplicações mais avançadas são utilizadas em automóveis de grande porte (caminhões de carga e transporte público) com o objetivo de garantir o gerenciamento da frota de forma eficiente. Os trabalhos com automóveis de pequeno e médio porte, visam coletar dados para verificar o comportamento do motorista, mostrar em tempo real o status de alguns sensores do motor e em alguns casos alertar sobre alguma anomalia.

Os sistemas de AmI são utilizados basicamente para automação residencial e ambientes assistidos, é importante salientar que todos utilizam um *gateway* customizado para integrar todos os dispositivos do ambiente a um gerenciador responsável por processar os dados, distribuir a informação e controlá-los.

A integração dos automóveis no contexto de AmI de uma casa é uma aplicação possível do ponto de vista científico e de aplicação, para tanto, será necessário o desenvolvimento de um dispositivo para coletar, armazenar e transmitir os dados para outro dispositivo (*gateway*) na casa com AmI para processá-los e apresentar informações (status do carro, relatórios técnicos e alertas) para o usuário através de dispositivos comuns no ambiente (TV digital, *smartphones* e *tablets*).

Para ilustrar a aplicação da pesquisa proposta, considera-se o cenário na seção seguinte.

1.1.1 Análise direta dos dados do automóvel

O Cenário 1, Figura 2, apresenta uma rotina comum a todos os usuários do ambiente. Após um longo dia de trabalho, o usuário chega em sua casa, abre o portão e estaciona o automóvel na garagem, nesse momento, o dispositivo instalado no automóvel transmite todos os dados coletados durante o dia para a casa. Após tomar um banho ou fazer um lanche, o

usuário liga a TV digital e se depara com um alerta, informando-o que é necessário calibrar o pneu do automóvel.

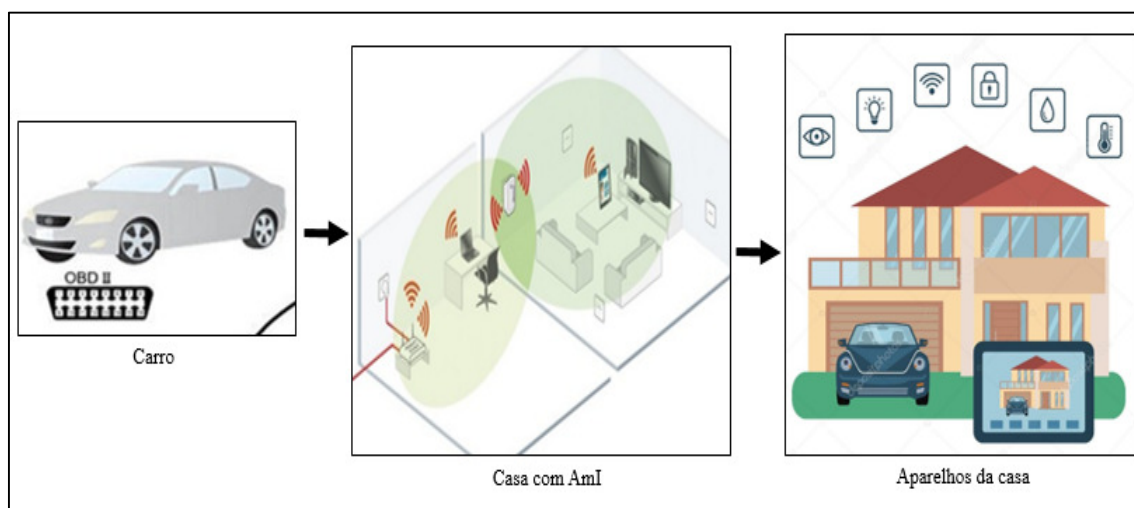


Figura 2: Cenário de utilização 1

O presente cenário apresenta um problema comum que pode acontecer instantaneamente, por isso, pode ser imperceptível para o motorista que continuará utilizando o automóvel normalmente, causando mais problemas, tais como, consumo elevado de combustível, sobre carga de algumas peças ou até mesmo perda do pneu. Assim, a contribuição da pesquisa neste cenário é alertar o motorista por meio dos dispositivos comuns da casa, quanto a baixa calibragem do pneu, evitando problemas maiores. É importante salientar, que nesse cenário os dados coletados são analisados diretamente, ou seja, os valores coletados são comparados com parâmetros pré-estabelecidos. Será possível também gerar relatórios de desempenho sobre o veículo, tais como, consumo médio de combustível, velocidade média, rotação do motor e entre outras informações interessantes para motoristas mais exigente consultá-las nos dispositivos de mão.

Outra aplicação é quando o automóvel está em modo de emergência. O modo de emergência é acionado quando a ECU por algum motivo recebe sinais anormais ou não os recebe, quando isso acontece um código de avaria é gravado na memória e acende a luz-espia da injeção eletrônica no painel, indicando falha no sistema, Figura 3.

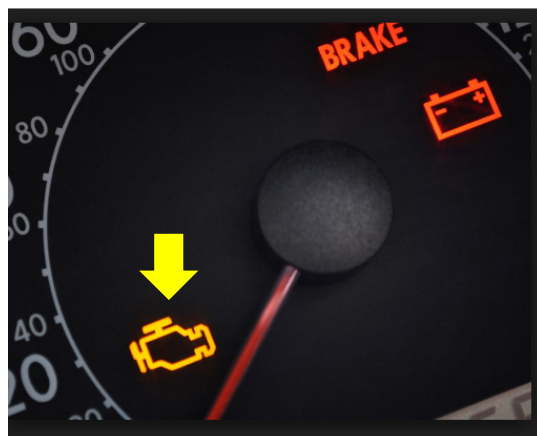


Figura 3: Luz-espia da injeção eletrônica no painel

Apesar da luz-espia da injeção ser amarela e chamativa, muitas vezes não é percebida pelos motoristas visualmente, e nem pela alteração do funcionamento do motor, uma vez que, a central está em modo de emergência mantendo o motor funcionando em uma programação pré-estabelecida. Mas, em modo de emergência, o motor não coleta dados corretamente e, portanto, há alterações no desempenho, consumo e entre outros componentes que podem causar maiores danos ao automóvel. A contribuição da pesquisa neste caso, serão os alertas gerados nos dispositivos da casa, indicando que há problemas no automóvel.

Outras contribuições desta pesquisa, serão as análises dos dados armazenados a longo prazo do automóvel, tal qual, as análises feitas nos dados coletados dos veículos de grande porte para detectar possíveis quebras, e assim, poder fazer manutenções preditivas, mesmo que o veículo não esteja apresentando nenhum problema aparente.

1.2 OBJETIVO

1.2.1 Objetivo Geral

O objetivo deste trabalho é desenvolver uma solução de informática para implementar dispositivos capazes de integrar os dispositivos comuns de uma casa com AmI e um automóvel. O dispositivo 1 do automóvel será responsável por coletar, armazenar e transmitir automaticamente dados para uma casa com AmI através do dispositivo 2, que processará e distribuirá as informações (status do carro, relatórios e alertas) nos dispositivos comuns da casa (TV digital e *tablets*).

1.2.2 Objetivo Específico

- Investigar e analisar trabalhos relacionados aos conceitos abordados nesta pesquisa verificando os mais semelhantes;
- Desenvolver o dispositivo Car2AmI com comunicação Wi-Fi para coletar, armazenar e transmitir de forma automática os dados do automóvel utilizando o adaptador OBDII Wi-Fi para coletar dados através da porta padrão do automóvel;
- Identificar quais são os dados mais relevantes do automóvel para serem coletados, armazenados e analisados;
- Desenvolver um dispositivo para integrar o dispositivo Car2AmI e os demais dispositivos da casa para processar os dados do automóvel e distribuir as informações em forma de alertas ou consultas de relatórios;
- Testar os protótipos dos dispositivos enquanto estão sendo desenvolvidos e analisar os resultados iniciais;
- Identificar melhorias para a pesquisa com sugestões de trabalhos futuros.

CAPÍTULO 2 TRABALHOS RELACIONADOS

No presente capítulo serão apresentados os trabalhos relacionados a pesquisa proposta. Na literatura há muitos trabalhos utilizando dados coletados do automóvel, os quais são utilizados para diagnosticar problemas, apresentar o status dos sensores, atuadores do motor e informações que não são visualizadas no painel do automóvel. Além disso, há aplicações que coletam posicionamento, condições climáticas e outros parâmetros afim de gerar mais informações utilizando dispositivos, tais como, o *smartphone* e o processamento em servidores.

Shi e colegas propuseram um sistema capaz de reprogramar a ECU por meio de um sistema de interface via OBDII, a proposta é atualizar a ECU do veículo. Para a implementação foi utilizado o sistema *Vehicle Communication Interface* (VCI), adaptador OBDII, *smartphone* com aplicativo e servidor remoto. Os testes funcionais foram realizados com aproximadamente 100 usuários conectados ao servidor. Posteriormente foi aumentado para 3000 usuários com tempo de teste com 0.099 segundos. Assim, foi verificado que o sistema é conveniente, robusto, atende à demanda e é confiável [32]. Apesar da robustez do sistema, o propósito é apenas atualizar a ECU do automóvel utilizando o *smartphone* para se conectar ao servidor via 3G/4G, porém, caso o local não tenha um bom sinal de telefonia, será impossível fazer a atualização.

Amarasinghe e colegas apresentaram um sistema capaz de monitorar o comportamento do motorista, analisar a viagem e diagnosticar o veículo através do adaptador OBDII *Bluetooth*, utilizando *smartphone* com aplicativo para se conectar ao adaptador e coletar dados do veículo enviando dados e recebendo informações processadas do servidor remoto, ambos com Processador Complexo de Eventos responsáveis por detectar anomalias nos dados. O sistema foi testado por 2 usuários e foram realizadas simulações de dados para análise. A solução é capaz de alertar o motorista nos casos em que há algo de anormal na estrada, tais como, clima chuvoso em determinado trecho, comportamento inadequado do motorista, tais como, alta velocidade e frenagens bruscas ou status do veículo, tais como, temperatura elevada do motor e variação rápida na quantidade de combustível. O sistema só funciona com 3G/4G para enviar dados ao servidor [33]. As funcionalidades do sistema são excelentes, uma vez que é uma plataforma colaborativa entre os motoristas estrada e podem indicar problemas na condução e no estado do veículo, porém, é um sistema totalmente

dependente de um *smartphone* para coleta, transmissão e processamento de dados.

Magaña e colegas apresentaram um assistente de direção que faz recomendações para reduzir o consumo de combustível aconselhando o motorista por meio de um aplicativo de *smartphone* conectado à Internet via 3G/4G, coletando dados do veículo por meio do adaptador OBDII conectado à porta padrão OBDII. O aplicativo detecta a forma de direção e incidentes nas estradas, além disso, utiliza recursos de gameficação para pontuar os bons motoristas ou tirar pontos caso contrário. A solução proposta utiliza o adaptador OBDII com conexão *Bluetooth*, *smartphone* com aplicativo, o posicionamento por meio do *Global Positioning System* (GPS) em inglês ou Sistema de Posicionamento Global, câmera e acesso à Internet. Os testes foram realizados em 3 modelos de veículos, os quais foram dirigidos por 25 motoristas, em um total de 2250 testes de condução. os resultados obtidos foi a redução média do consumo de combustível em aproximadamente 11,04% [34]. Este sistema é uma aplicação comercial com recursos interessantes, como a gameficação, porém, o sistema tem como pré-requisito para funcionar um *smartphone* com aplicativo e conexão com a Internet para enviar os dados para serem processados em um servidor.

Wallace e colegas utilizam dados do projeto *Candrive*, o qual tem o propósito de coletar e armazenar dados de automóveis dirigidos principalmente por pessoas idosas, tais dados, são coletados por meio de um dispositivo instalado no automóvel na porta OBDII. O projeto inclui 256 motoristas idosos na área de Ottawa, Canadá, e é um exemplo de estudo na coleta em grande quantidade de dados de automóveis participantes. O objetivo do trabalho é propor soluções de privacidade dos dados de direção utilizando técnicas de anonimato para qualquer combinação de parâmetros, uma vez que, são coletados dados por meio da porta OBDII e de localização pelo GPS. O trabalho discute também, métodos para adequar um grande conjunto de dados brutos em dados prontos para serem analisados. Além disso, utiliza mecanismo de fusão de dados para aumentar a quantidade de dados juntamente com os sensores do automóvel e localização para incluir informações da estrada e clima. O acesso aos dados é possível com a retirada do dispositivo e a transferência dos dados manualmente para computadores que realizam a análise dos dados. Os dispositivos utilizados são um GPS, um adaptador OBDII e dispositivos de armazenamento de dados. Os testes foram realizados em 256 motoristas idosos com coleta de dados entre 4 e 6 anos, tais dados são armazenados em cartões de memória para posterior análise. O conjunto de dados resultante suporta a

distribuição de processamento e análise em sistemas de arquivos compartilhados [35]. O trabalho proposto é grande e complexo, pois, há uma considerável quantidade de dados, porém, a forma como são coletados é importante, uma vez que, um dispositivo é instalado no carro para coletar e armazenar os dados por um bom período de tempo em um cartão de memória. Mas a retirada dos dados para análise é feita de forma manual, ou seja, deve-se retirar o cartão de memória do dispositivo e acessar no computador do laboratório para retirar os dados.

Chen e colaboradores propuseram um sistema de assistência ao motorista que utiliza métodos que analisam o comportamento de condução baseado em dados obtidos por meio de adaptadores através da porta OBDII. Os algoritmos AdaBoost foram utilizados no sistema, o mesmo é uma aprendizagem de máquina de classificação clássica. O método proposto coleta os dados da porta OBDII, tais como, velocidade, rotação do motor, posição do acelerador e a carga calculada do motor, em seguida, o método proposto faz uso de algoritmos AdaBoost para criar um modelo de classificação de comportamento de condução. Os resultados experimentais mostram que o comportamento de condução pode alcançar uma taxa de precisão média de 99,8% em várias simulações de direção [36]. Este trabalho utilizou um simulador para gerar os valores das variáveis do OBDII e modelou o sistema com a ferramenta MATLAB, foram geradas várias situações com os dados simulados do automóvel.

Siegel e colegas propuseram em seu trabalho um sistema que alerta o motorista sobre a troca de óleo do motor, para tanto, necessita de um dispositivo para coletar dados por meio da porta OBDII, ter acesso a localização via GPS, além de acesso à rede móvel de telefonia para enviar os dados para a nuvem e processá-los. Foram utilizados nesse trabalho o adaptador OBDII, o dispositivo *CARduino* para se comunicar com o servidor com API *RESTful* afim de realizar a análise dos dados. Nos testes realizados, foi constatado que a taxa de aumento da temperatura do líquido arrefecedor do motor pode servir como um parâmetro para indicar a vida útil do óleo do motor, além disso, os resultados mostram que para um veículo em condições semelhantes de operação, sob diferentes condições ambientais e de carga do motor os testes em outros veículos foram similares [37]. O presente trabalho utiliza um dispositivo instalado no carro para se conectar no adaptador OBDII para coletar dados e enviar para um servidor processá-los, portanto esse dispositivo funciona como um *gateway*,

mas necessita de conexão com a Internet para enviá-los.

Malekian e colaboradores propuseram um sistema gerenciador de frota de veículos a partir da porta OBDII, o sistema tem o objetivo de medir a velocidade, distância e o consumo de combustível dos veículos para fins de rastreamento e análise. Foi projeto um leitor OBD II que mede o fluxo de ar e velocidade, a partir do qual a distância e o consumo de combustível também são calculados. Esses dados são transmitidos via Wi-Fi para um servidor remoto. O sistema possui rastreamento via GPS para determinar a localização do veículo, um sistema de gerenciamento de banco de dados no servidor remoto para o armazenamento e gerenciamento de dados transmitidos e uma interface gráfica para o usuário. Testes foram realizados e os resultados demonstram que o sistema é capaz de ler os vários parâmetros e pode processar, transmitir e exibir com sucesso as leituras [38]. No presente trabalho o dispositivo desenvolvido é formado por um módulo GPS, processará a informação coletada diretamente da ECU do automóvel, tem interface de comunicação com a porta OBDII e comunicação sem fio para transmitir os dados para um servidor armazenar e mostrar os dados, o sistema robusto, porém, não foi testado em uma frota de veículos.

Meseguer e colegas propuseram em seu trabalho uma aplicação móvel chamada DrivingStyles, com o propósito de avaliar o estilo de direção e caracterização do consumo de combustível. A arquitetura da aplicação adota técnicas de mineração de dados e redes neurais para analisar e gerar uma classificação de estilos de direção e consumo de combustível com base na caracterização do motorista. Foi implementado um algoritmo capaz de caracterizar o grau de agressividade de cada motorista. Além disso, foi desenvolvido uma metodologia para calcular, em tempo real, o consumo e o impacto ambiental de veículos à gasolina e à diesel a partir dos dados obtidos por meio da porta OBDII. Foram utilizados neste trabalho um adaptador OBDII *Bluetooth*, *smartphone* com aplicativo que coleta os dados para enviar ao servidor remoto processá-los. São apresentados neste trabalho o impacto do estilo de condução no consumo de combustível e a correlação com as emissões de gases de efeito estufa gerados pelos veículos [39]. O presente trabalho é um produto comercial, possui um aplicativo para *smartphone* que se conecta no adaptador OBDII processa os dados coletados e envia para um servidor. É um sistema feito para suportar vários usuários e utiliza técnicas de inteligência artificial para analisar o comportamento do motorista, porém, o *smartphone* é o principal componente do sistema.

Martínez e colaboradores propuseram um sistema de monitoramento individualizado e não invasivo para dar suporte ao motorista em tempo real. A principal parte do sistema é um módulo de identificação de motorista baseado em sinais de comportamento de direção e uma técnica de aprendizado de máquina. O esquema é adequado para o desenvolvimento de sistemas embarcados de chip único. Além disso, a maioria das unidades de medida usadas nesta pesquisa estão hoje disponíveis em veículos comerciais, de modo que a implantação do sistema pode ser realizada com custo adicional mínimo. Os resultados experimentais usando um conjunto reduzido de recursos foram satisfatórios, as taxas de identificação foram superiores a 75%, em um conjunto de 11 motoristas. Em experimentos com menos motoristas os resultados foram 86% para grupos de cinco motoristas, 88% para grupos de quatro motoristas e 90% para três grupos de motoristas [40]. Este trabalho foi realizado em um veículo especial com diferentes sensores além dos que podem ser coletados da ECU através da porta OBDII, foi realizado um teste, do qual foram feitas simulações com algoritmos de aprendizagem de máquinas, os resultados iniciais foram obtidos com esses algoritmos. Assim, é um trabalho experimental e que não foi testado em outros veículos, porém, insere conceitos relevantes, pois tem o objetivo de identificar o motorista a partir do comportamento de direção através de técnicas de inteligência artificial.

Prytz propôs em sua tese investigar métodos não supervisionados e supervisionados para prever a manutenção de veículos, utilizando métodos orientados por dados em grandes quantidades, dados de fluxo, dados a bordo ou dados de históricos e agregados de bancos de dados off-board. As representações de dados, agregações ou modelos, são enviadas via sem fio para um sistema externo que analisa os dados quanto a desvios, os quais são posteriormente associados ao histórico de reparos e formam uma base de conhecimento que pode ser usada para prever falhas futuras em outros veículos que mostram os mesmos comportamentos. A segunda abordagem descrita é uma classificação supervisionada baseada em estatísticas de veículos, nas quais o histórico de reparo é usado para rotular as estatísticas de uso. Um classificador é treinado para aprender padrões nos dados de uso que precedem reparos específicos e, portanto, pode ser usado para prever a manutenção do veículo. Este método é demonstrado para falhas do compressor de ar do veículo e baseado no banco de dados de estatísticas de uso de veículos da AB Volvo [41]. O presente trabalho utiliza técnicas de inteligência artificial para detectar padrões de peças prestes a quebrar, de acordo

com observações passadas quando há o desgaste e a quebra do veículo. Neste caso, o autor é membro de uma fabricante de caminhões com acesso a tais informações.

Morabito e colegas propuseram uma plataforma para implementar aplicativos configuráveis para veículos inteligentes que gerencia os diversos componentes que um veículo possui, tais como, multimídia, dados da porta OBDII, câmeras de bordo e entre outros. Para demonstrar a aplicação dessa plataforma, foi utilizado um microprocessador *Raspberry Pi 3*, o qual, foram realizados vários testes para garantir que a plataforma era segura [42]. O presente trabalho utilizou um microprocessador para se comunicar com o adaptador OBDII para coletar e armazenar dados do veículo, porém, é apenas um gerenciador de serviços do veículo.

A seguir na Tabela 1, será apresentado um quadro de legendas que serão utilizados nas características dos trabalhos na Tabela 2.

SIM	++
NÃO	--

Tabela 1: Legenda de respostas

Na Tabela 2 será mostrado um resumo das características dos trabalhos relacionados, para um melhor entendimento foram realizados os seguintes questionamentos:

- a.** Utiliza adaptador OBDII?
- b.** Utiliza *hardware* dedicado para coletar e armazenar dados por meio do adaptador OBDII?
- c.** Utiliza *smartphone* para coletar dados?
- d.** Possui um modelo de comunicação entre dispositivos (*gateway*)?
- e.** Faz processamento local dos dados?
- f.** Integra o automóvel a algum ambiente?
- g.** Há interação humano computador por meio dispositivos comuns, tais como, TV digital, *smartphones* e *tablets*?

Autores\ Questões	a.	b.	c.	d.	e.	f.	g.
(Shi <i>et al.</i> , 2016)	++	--	++	--	--	--	++
(Amarasinghe <i>et al.</i> , 2015)	++	--	++	--	++	--	++
(Magaña <i>et al.</i> , 2016)	++	--	++	--	++	--	++
(Wallace <i>et al.</i> , 2015)	++	++	--	--	--	--	--
(Chen <i>et al.</i> , 2015)	--	++	--	--	++	--	--
(Siegel <i>et al.</i> , 2014)	++	++	--	++	--	--	++
(Malekian <i>et al.</i> , 2017)	--	++	--	++	--	++	++
(Mesequer <i>et al.</i> , 2017)	++	--	++	--	++	--	++
(Martínez <i>et al.</i> , 2015)	--	++	--	++	--	--	--
(Prytz, 2014)	++	++	--	++	--	--	++
(Morabito <i>et al.</i> , 2017)	++	++	--	++	++	--	++
Desejado	++	++	--	++	++	++	++

Tabela 2: Tabela de comparação dos trabalhos relacionados

Dos trabalhos relacionados citados acima, os que mais se destacaram, foram os que utilizaram um dispositivo bem difundido, e, que a maioria das pessoas os tem nas palmas da mão, o *smartphone*. Os trabalhos que utilizaram o *smartphone* (coluna c. da Tabela 2) com aplicativo para conectar com o adaptador OBDII para coletar e transmitir os dados para um servidor via 3G/4G processá-los, foram realmente testados em diversos carros e são produtos que oferecem serviços. Porém, há algumas limitações que devem ser observadas na utilização do *smartphone* neste contexto, dentre as quais, destacam-se:

1. A necessidade de ter Internet móvel disponível, pois, os dados são enviados aos servidores para serem processados e retornam as informações aos usuários;
2. O aplicativo deve ser inicializado para coletar os dados do carro. É uma operação que deve ser realizada antes de começar a dirigir, porém, caso o motorista se esqueça, o mesmo provavelmente o fará enquanto estiver dirigindo, em movimento, ou enquanto estiver parado no semáforo, é importante salientar que, ambas situações são infrações gravíssimas de trânsito, além de ser, muito perigoso.

O *National Highway Traffic Safety Administration* (NHTSA), que é uma agência do

Departamento de Transporte dos EUA, responsável entre outras atividades, pela criação e manutenção de arquivos de dados, mantidos pelo Centro Nacional de Estatística e Análise, que alimentam o Sistema de Relatórios de Análise e Fatalidade, em inglês Fatality Analysis Reporting System (FARS), o qual, tornou-se muito importante na pesquisa de segurança de tráfego nos EUA e no mundo [43]. O NHTSA publicou em um de seus relatórios anuais, que, a desatenção causada dentre outros motivos, o uso de celular enquanto dirige, matou 3450 pessoas em 2016, cerca de 9,2% das mortes ocorridas em 2016, foi verificado que motoristas entre 16 e 29 anos são os que mais se envolveram em acidentes.

No Brasil, segundo o Departamento Nacional de Trânsito (DENATRAN), o primeiro semestre de 2018 foram emitidas cerca de 268 mil autuações pelo uso de celular ao volante, o número é 167% maior que o mesmo período em 2017, e representa mais perigo aos condutores, passageiros e pedestres [44]. Segundo a Associação Brasileira de Medicina do Tráfego (Abramet), há cerca de 150 mortes por dia com a utilização indevida do celular enquanto dirige, e, é a terceira maior causa de morte no país, ficando atrás do consumo de álcool e excesso de velocidade [45].

A direção de um veículo e o manuseio de celular é um tipo de infração prevista no artigo 252 do Código Trânsito Brasileiro (CTB) [46]:

Art. 252 – Dirigir o veículo:

(...)

V – com apenas uma das mãos, exceto quando deva fazer sinais regulamentares de braço, mudar a marcha do veículo, ou acionar equipamentos e acessórios do veículo;

VI – utilizando-se de fones nos ouvidos conectados a aparelhagem sonora ou de telefone celular;

Infração – média;

Penalidade – multa

Porém, o artigo citado acima, não prevê diretamente uma infração para quem usa o celular enquanto dirige simultaneamente. Por isso, foi criada a Lei nº 13.281/2016 [46], a qual, acrescentou ao artigo 252, um parágrafo único:

“Art. 252:

(...)

Parágrafo único. A hipótese prevista no inciso V caracterizar-se-á como *infração gravíssima* no caso de o condutor estar segurando ou manuseando telefone celular.”

Por essas razões, a utilização do *smartphone* foi descartada nesta pesquisa, e por isso, tem-se motivações em desenvolver um dispositivo para ser instalado no automóvel e se conectar automaticamente no adaptador OBDII, coletar, armazenar e transmitir os dados sem interferência humana no processo.

CAPÍTULO 3 PROPOSTA

A proposta desta pesquisa é desenvolver um sistema capaz de coletar e analisar dados, além de, distribuir informações (alertas e relatórios) sobre o automóvel nos dispositivos comuns de uma casa com AmI, para tanto, serão desenvolvidos dois dispositivos, o dispositivo Car2AmI e o dispositivo na casa, *gateway*, que integrará todos os dispositivos conectados à rede. A Figura 4, apresenta o esboço do sistema, no qual, o material necessário no automóvel é um adaptador OBDII Wi-Fi e o dispositivo Car2AmI, que é um microprocessador *Raspberry Pi 3* com Wi-Fi, *Bluetooth* e sistema operacional Linux. Na casa será desenvolvido um *gateway* (computador ou microprocessador) capaz de receber os dados do dispositivo Car2AmI, processá-los e distribuir as informações no ambiente, para serem acessados pelos dispositivos comuns.

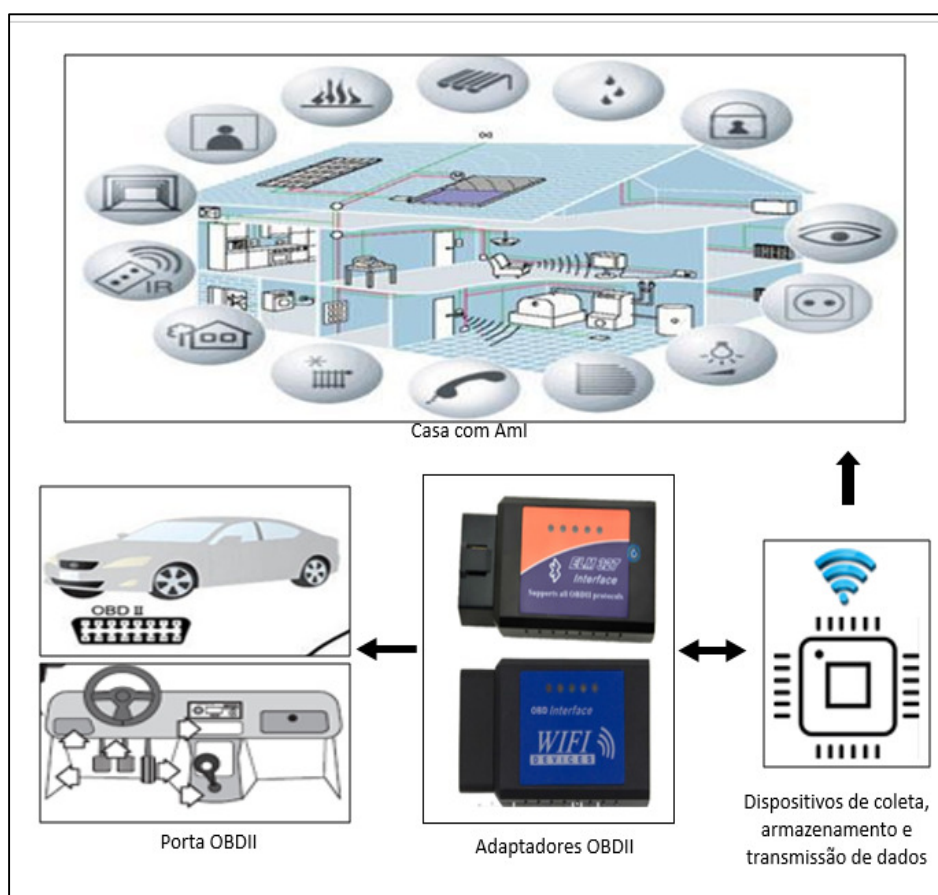


Figura 4: Esboço do sistema

A pesquisa proposta, possui uma arquitetura dividida em quatro camadas, Figura 5.

A primeira camada é o carro, o objeto de estudo, do qual serão coletados os dados. A segunda camada é o dispositivo Car2AmI, o componente de conexão entre as camadas 1 e 3. A terceira camada é o sistema AmI, composto por um *gateway* que processará, integrará e distribuirá as informações no ambiente doméstico, e a quarta camada são os dispositivos comuns da casa (*home appliances*), que mostrarão as informações e alertarão os usuários quando algo estiver fora do normal.

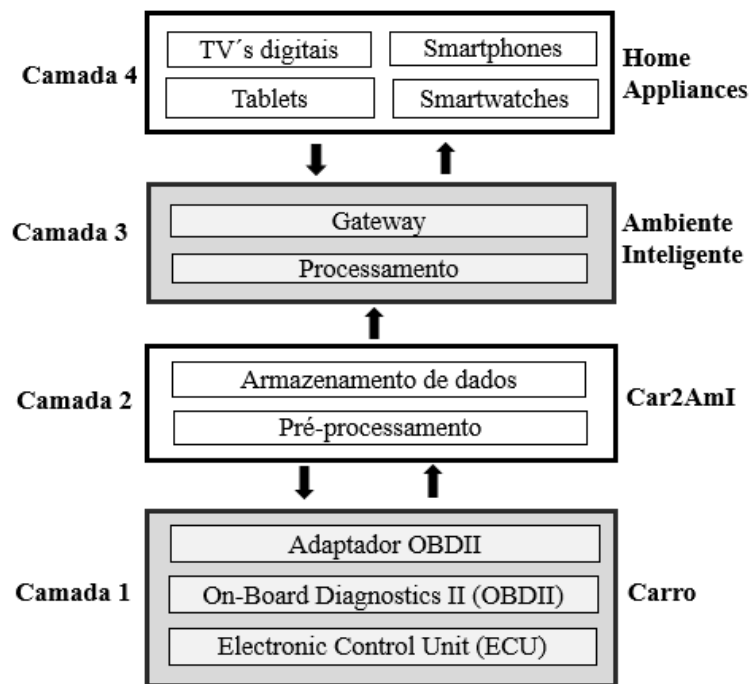


Figura 5: Arquitetura do sistema

Camada 1 é responsável por fornecer os dados operacionais do automóvel, os quais são controlados pela ECU, e podem ser acessados através da porta OBDII. A ECU é um sistema embarcado que controla todas as partes eletrônicas do automóvel e a porta OBDII é um acesso que permite a conexão de um adaptador OBDII, o qual, abstrai o protocolo de baixo nível, e, apresenta uma interface simples que pode ser chamada através de um receptor / transmissor assíncrono universal, em inglês, *Universal Asynchronous Receiver/Transmitter* (UART), tipicamente por uma ferramenta de diagnóstico de mão ou um programa de computador conectado por USB, RS-232, *Bluetooth* ou Wi-Fi. O UART é um dispositivo de hardware de computador que converte os dados entre as formas seriais e paralelas, neste caso,

faz a interface entre a ECU e o dispositivo Car2AmI via Wi-Fi ou *Bluetooth*.

Camada 2 é responsável por mediar a transmissão de dados entre o carro e o dispositivo Car2AmI. A comunicação entre a Camada 1 e a Camada 2, dá-se por meio de solicitações de leitura do dispositivo Car2AmI com mensagens em hexadecimal, tais solicitações, funcionam através dos identificadores de parâmetros, em inglês Parameter IDs (PIDs). A ECU responde à mensagem em hexadecimal, transmitindo o último valor armazenado pelo sistema. Todos os valores enviados pelos sensores são atuais e nenhum valor padrão será utilizado para substituir uma possível falha em um sensor. Na Figura 6, é apresentado uma tabela que mostra alguns PIDs reais.

Descrição	PID (hex)	Mínimo	Máximo	Unidade	Fórmula
Carga do motor (valor calculado)	04	0	100	%	$A*100/255$
Temperatura do fluido de arrefecimento	05	-40	215	°C	$A-40$
RPM	0C	0	16.383,75	RPM	$((A*256)+B)/4$
Velocidade do veículo	0D	0	255	km/h	A
Temperatura do ar de admissão	0F	-40	215	°C	$A-40$
Posição da borboleta	11	0	100	%	$A*100/255$

Figura 6: Exemplos de PIDs

Pode-se observar na Figura 6, que cada PID representa uma variável do sensor do motor em formato hexadecimal, nas demais colunas, tem-se os valores Mínimos e Máximos, a Unidade de cada variável e a Fórmula que converte de hexadecimal para a unidade desejada. A coluna Fórmula, tem-se o valor de A e B, A representa os 4 últimos números da mensagem recebida da ECU e B são os 2 últimos. O dispositivo Car2AmI é instalado diretamente no automóvel para se conectar automaticamente com o adaptador OBDII, afim de coletar e armazenar dados do automóvel. Posteriormente transmitirá os dados para a casa com AmI, sempre que o dispositivo puder estabelecer conexão com a mesma, tendo em vista que, o automóvel é considerado um dispositivo qualquer da casa.

Camada 3 é responsável pelo processamento de dados e transmissão das informações para os dispositivos comuns da casa. A principal característica desta camada, é o *gateway*, que possui recursos computacionais (poder de processamento e comunicação entre dispositivos) capazes de receber e processar dados, detectando possíveis problemas ou anomalias através da análise de dados, é responsável também, pela distribuição da

informação em diferentes dispositivos conectados à rede do ambiente. Esta camada irá utilizar técnicas de inteligência artificial capazes de detectar padrões anormais nos dados. A comunicação entre os dispositivos será sem fio, *Bluetooth* e Wi-Fi, pois, abrange uma maior quantidade de dispositivos, tais como, *tablets*, *smartphones* e TVs digitais, e possuem protocolos de comunicação mais utilizados em trabalhos semelhantes.

Camada 4 tem a função de apresentar informações aos usuários com alertas, nos casos em que o processamento da camada anterior detectou alterações no padrão operacional de funcionamento. Esses alertas serão notificados nos dispositivos comuns da casa, os quais, permitirão a interação humano computador (TV digital, *smartphones* e *tablets*), da mesma forma, poderão ser gerados relatórios sobre o carro, tais como, velocidade média, combustível consumido diária ou semanalmente, afim de apresentar ao usuário mais exigente o desempenho do carro.

O fluxo de dados do sistema, apresentado na Figura 7, tem-se os seguintes passos:

1. O adaptador Wi-Fi OBDII é conectado ao carro;
2. Dispositivo Car2AmI, instalado no carro, conecta-se automaticamente ao adaptador OBDII;
3. Dispositivo Car2AmI envia uma mensagem em hexadecimal solicitando o dado de um sensor (exemplo: sensor desejado velocidade, mensagem enviada = 010D);
4. Adaptador coleta o dado desejado da ECU e responde à mensagem solicitada com o dado atual do sensor em hexadecimal (resposta velocidade = 010D0005);
5. Dispositivo Car2AmI recebe os dados em hexadecimal (velocidade retornada = 010D0005), faz um pré-processamento eliminando dados nulos ou com erros e converte em parâmetros inteiros mensuráveis (velocidade retornada = 010D0005 = 5km/h) e os armazena;
 - a. As mensagens enviadas requisitando o dado do sensor atual, acontecem de acordo com a quantidade de sensores requisitados. Os passos 3, 4 e 5 acontecem até que as listas de sensores solicitados terminem (por exemplo: deseja-se a velocidade, rotação do motor, temperatura do motor, posição do acelerador. Cada sensor desejado será uma mensagem enviada e recebida) e retornam para o início da lista requisitando tudo enquanto o carro estiver funcionando;
6. Quando o carro estiver próximo à casa com AmI, e, puder se conectar à rede sem fio, os

dados são automaticamente transmitidos para o *gateway*;

7. O *gateway* na casa com AmI fará o processamento dos dados com técnicas de inteligência artificial que possam detectar anomalias;
8. O *gateway* integra todos os dispositivos comuns conectados à rede da casa (TV digital, *tablets*, *smartphones* e o Car2AmI);
9. Pelos dispositivos da casa será possível consultar o status do veículo, gerando relatórios, e receber notificações em caso de alguma anomalia detectada (pneu abaixo da calibragem desejada, temperatura do motor muito alta).

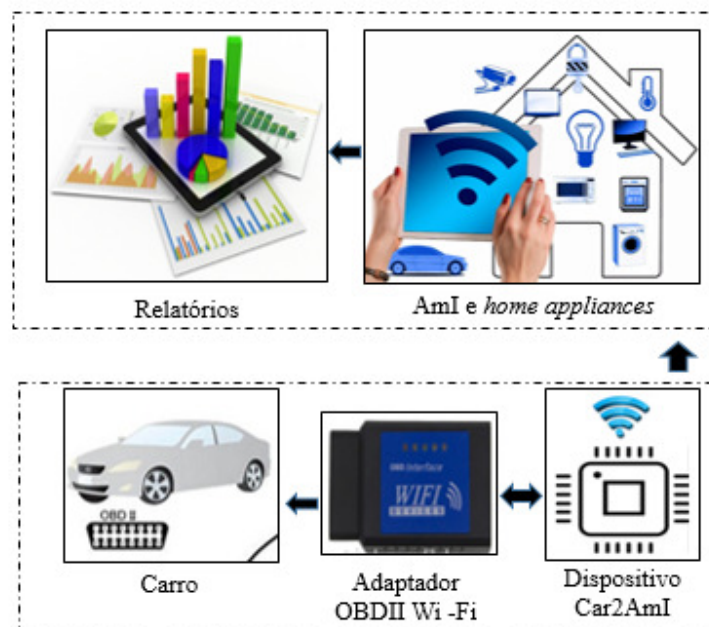


Figura 7: Diagrama conceitual de fluxo de dados do sistema

3.1 ESTUDO DE CASO

Os estudos de caso estão sendo realizados em uma bancada do Laboratório de Termociências da Faculdade de Tecnologia (FT) da Universidade Federal do Amazonas (UFAM), pois, simula integralmente os principais dados de funcionamento de um automóvel, Figura 8.

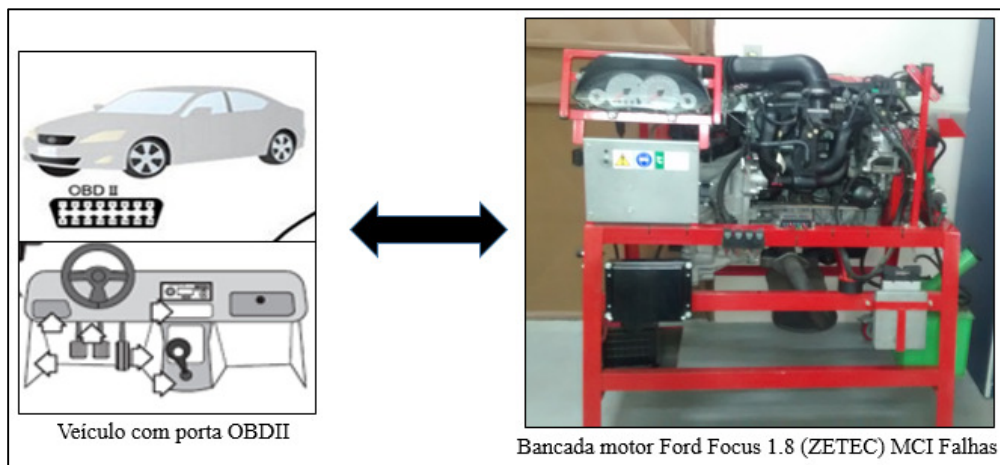


Figura 8: Bancada que simula o motor de um automóvel

A Bancada Ford Focus 1.8 ZETEC, Figura 9, é uma das bancadas do Laboratório de Termociências da Faculdade de Tecnologia, a mesma é utilizada pelos estudantes de graduação do curso de Engenharia Mecânica. A bancada é um motor de veículo de pequeno porte com todos os sistemas essenciais para seu funcionamento, simula fielmente o motor do automóvel em funcionamento, além disso, é capaz de produzir 10 tipos comuns de falhas. Essas falhas são causadas em sensores e atuadores que mantêm o motor funcionando adequadamente.



Figura 9: Bancada Ford Focus 1.8

As falhas são inseridas manualmente por meio do quadro de falhas, Figura 10, e causam o mal funcionamento do motor.



Figura 10: Quadro de erros da bancada

As falhas inseridas no motor podem ser:

1. O/C pin 59 to Ignition Coil (Efeito: Falha na ignição)
(Pino 59: bobina de ignição)
2. O/C pin 26 to Throttle Position Sensor (Efeito: Sem alteração aparente)
(Pino 26: posição do acelerador)
3. O/C pin 53 to Fuel Pump Relay (Efeito: Sem pressão de combustível)
(Pino 53: Relé da bomba de combustível)
4. O/C pin 32 to Start Relay (Efeito: Motor de partida não funciona)
(Pino 32: Ligar relé)
5. O/C pin 24 to CAM Sensor (Efeito: Sem alteração aparente)
(Pino 24: CAM sensor)
6. O/C pin 12 to Injector No.1 (Efeito: Falha de ignição cilindro 1)
(Pino 12: Injetor Número 1)
7. O/C pin 44 to Oxygen Sensor (Efeito: Emissões incorretas)
(Pino 44: Sensor de oxigênio)
8. O/C between Ignition & Power Hold Relay (Efeito: Motor desligará)
(Entre relé de ignição e power train)
9. O/C pin 21 to idle Control Valve (Efeito: Motor ocioso)
(Pino 21: Marcha lenta da válvula de controle)

10. O/C pin 55 to Crankshaft Sensor (Efeito: Motor desligará)
(Pino 55: Sensor do virabrequim)

O/C = Open Circuit (C/A Circuito Aberto)

Os ensaios consistem em coletar e armazenar dados por meio do adaptador OBDII conectado à porta OBDII, Figura 11, para aplicar técnicas de inteligência artificial, afim de detectar padrões de funcionamento do motor.



Figura 11: Porta OBDII da bancada

3.2 PROTÓTIPO DO DISPOSITIVO CAR2AmI

Para a implementação do dispositivo Car2AmI, foi necessária a realização de testes de comunicação para verificar como são as mensagens enviadas para o adaptador OBDII e como são as respostas, para tanto, foi utilizado o PuTTY [47], que é uma ferramenta de emulação de terminal grátis e de código livre. Suporta acesso remoto a servidores via shell seguro, do inglês *Secure Shell* (SSH), além de construir "túneis" cifrados entre servidores. Também suporta conexão direta (*raw*), telnet, rlogin e por porta serial.

Para usar o PuTTY, não é necessária sua instalação, pois, ele roda diretamente pelo arquivo executável Putty.exe. Após executar o software pelo *notebook*, é apresentada uma tela de configuração, Figura 12.

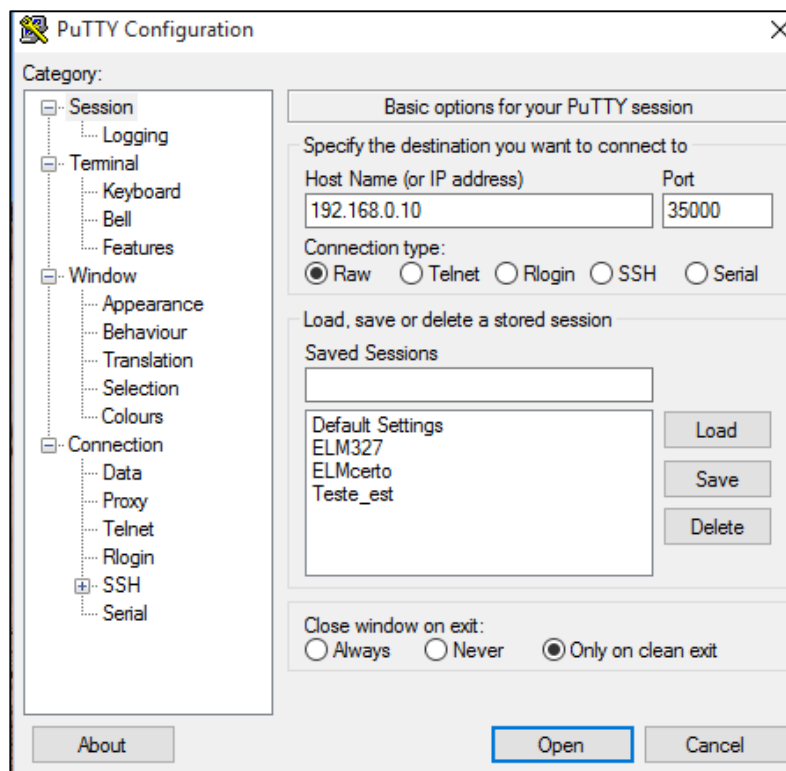


Figura 12: Print da tela utilizando o PuTTY

Pode-se observar na Figura 12, que há uma configuração que deve ser seguida para se conectar ao adaptador OBDII, dentre as quais, tem-se que inserir o endereço *Internet Protocol* (IP) 192.168.0.10, e a porta 350000 para poder iniciar a conexão. Após essas configurações, abra-se a conexão entre o *notebook* e o adaptador OBDII e abrirá uma tela com um cursor aguardando os comandos, Figura 13.



Figura 13: Print da tela de conexão estabelecida do PuTTY

O adaptador OBDII só responde a comandos AT, o qual, é uma linguagem de comandos para modems com uma série de cadeias curtas de texto, os principais comandos são:

- ATZ – tem a função de fazer um soft-reset e deve retornar "ELM 327 v1.4";
- ATSP0 – coloca o adaptador OBDII em modo automático quanto ao protocolo;


Estes dois comandos são essenciais para o início da coleta de dados do automóvel, pois, caso contrário, o adaptador não responderá as mensagens solicitadas. Após estes comandos, pode-se enviar os comandos 01, que servem para mostrar os dados atuais do modo 01 e os PIDs desejados. Como exemplo, será coletado o PID 01 0C, que representa a rotação do motor. O processo de resetar, colocar em modo automático e solicitar a rotação do motor pode ser visualizado na Figura 14.



```
SP 0
>AT
>AT Z
>sp 0
>01 0c
>01 0c
>sr
>01 0c
>01 0c
>01 0c
> 0C 1F 6E
```

Figura 14: Print da tela do PuTTY

Observa-se na Figura 14, que após os primeiros comandos para iniciar o adaptador OBDII corretamente, o comando 01 0C inserido teve como retorno o seguinte: 1 0C 1F 6E, esta mensagem, como previsto, está em hexadecimal. O valor do sensor atual, rotação do motor, está nos quatro últimos caracteres. Para demonstrar que a fórmula de conversão da Figura 6 é utilizada, a Tabela 3, apresentará passo a passo a conversão de hexadecimal para decimal desses caracteres.



Hexadecimal	Convertendo	Decimal
1	$1 \times 16^3 =$	4096
F	$15 \times 16^2 =$	3840
6	$6 \times 16^1 =$	96
E	$14 \times 16^0 =$	14
		8046

Tabela 3: Conversão de hexadecimal para decimal

Pegando os caracteres da direita para a esquerda e colocando-os na Tabela 3, obtém-se o número decimal 8046. Mas, este não é o valor da unidade da rotação do motor, para obtê-lo, necessita-se dividir por 4 o valor encontrado em hexadecimal, tal como na fórmula, e então, chega-se no valor 2011 ($8046/4 = 2011$).

Com a ferramenta PuTTY, foi possível verificar quais procedimentos eram necessários para conectar, enviar e receber dados do adaptador OBDII, além disso, foi observado que há um tempo de resposta do adaptador para o *notebook*, e, conseqüentemente com qualquer outro dispositivo que faça a requisição dos dados, esse tempo foi pouco menor que 1 segundo, ou seja, o envio e a resposta de cada sensor será um pouco menos de 1 segundo.

Na implementação do dispositivo Car2AmI, Figura 15, está sendo utilizado o microprocessador *Raspberry Pi 3* (RPi3), a configuração pode ser visualizada na Tabela 4. O RPi3 possui 3 tipos de conexão, Wi-Fi, *Bluetooth* e rede Ethernet. Vale ressaltar que o sistema operacional utilizado é Linux, o qual, possui código aberto, e, portanto, há várias bibliotecas implementadas e disponíveis para serem usadas. A linguagem de programação utilizada está sendo o Python, uma linguagem de alto nível, orientada a objeto, funcional e altamente tipada [48]. O Python é de código aberto, e, também possui várias bibliotecas prontas e compartilhadas na Internet, há diferentes exemplos que envolvem a coleta de dados por meio da porta OBDII, os quais, auxiliaram no desenvolvimento do protótipo.

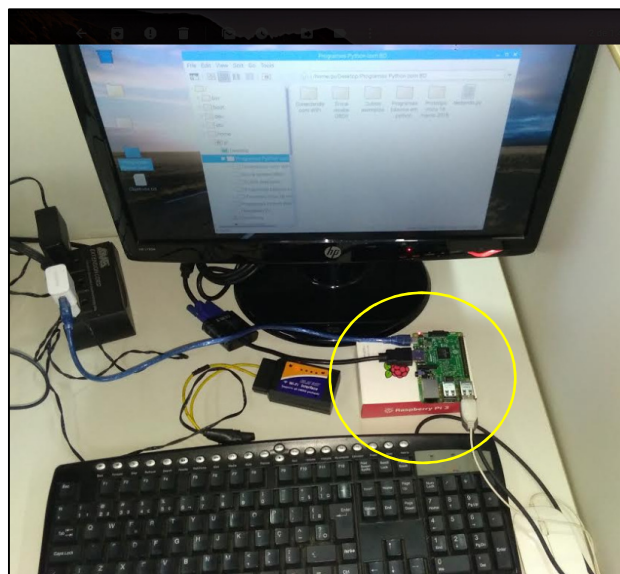


Figura 15: Protótipo do dispositivo Car2AmI

Parâmetro	Descrição
Chipset	Broadcom BCM2837
CPU	Quad Core @900MHz ARMv7 Cortex-A7
Memória	1GB LP-DDR2 900 MHz
GPU	Broadcom VideoCore IV
Ethernet	10/100 Mb/s
Armazenamento	MicroSD
Conectividade	USB 4 USB 2.0 Host
Sistema Operacional	Linux ou Windows 10
Preço	\$ 35,00 ou R\$ 280,00

Tabela 4: Características de *hardware* do RPi3

Os primeiros testes realizados no protótipo do dispositivo Car2AmI, foram desenvolvidos programas em Python diretamente no microprocessador, Figura 15, esses testes, tiveram como objetivo primário, a conexão com o adaptador OBDII seguindo os procedimentos realizados no PuTTY, por isso, foi possível realizar os testes, apenas ligando o adaptador OBDII em uma fonte de 12 volts, Figura 15, foram testados os comandos AT iniciais. Para outros testes, foram usadas bibliotecas prontas para o OBDII, e posteriormente

implementado outras funções, para coletar os dados do automóvel e salvá-los. As funções podem ser visualizadas na Figura 16, onde, pode-se observar uma pasta contendo 4 funções para conectar, obter dados através do adaptador OBDII, salvar e a função principal, que integra todas as outras. A função principal cria dois tipos de arquivos, um arquivo é salvo em formato de texto e o outro em uma tabela de banco de dados.

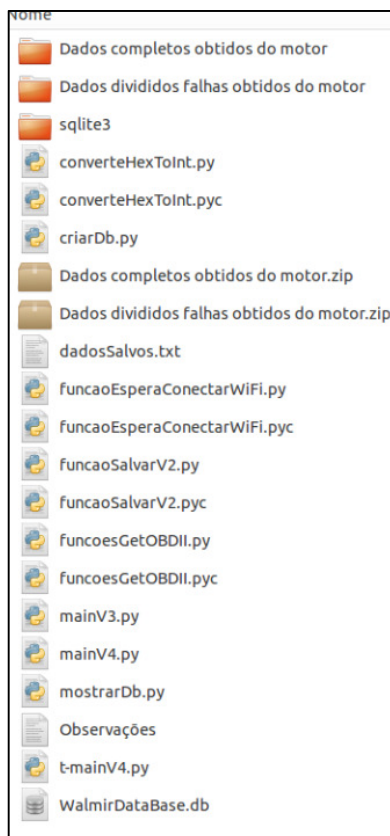


Figura 16: Funções dos códigos em Python

Com o protótipo em fase inicial de testes para coleta e armazenamento de dados, os ensaios com a bancada foram realizados e divididos em semanas, afim de identificar os grupos de dados coletados. Na primeira semana, o motor funcionou sem erros, logo, os dados coletados não têm alterações. Porém, a partir da segunda semana, foi inserido o mal funcionamento de alguns sensores do motor. Serão mostrados nas tabelas a seguir, o tempo de funcionamento do motor e as falhas inseridas no decorrer dos ensaios, os quais, foram datados e cronometrados.

Ensaio 1	03 de abril de 2018	
Início	Fim	Tempo de ensaio
16:35:18	16:54:00	00:18:42
Ensaio 2	04 de abril de 2018	
Início	Fim	Tempo de ensaio
16:26:36	16:49:32	00:22:56
Ensaio 3	05 de abril de 2018	
Início	Fim	Tempo de ensaio
10:28:30	10:58:03	00:29:33
Ensaio 4	06 de abril de 2018	
Início	Fim	Tempo de ensaio
09:01:55	09:36:31	00:34:36
Funcionamento do motor condições normais		
Tempo total de ensaio		01:45:47

Tabela 5: Semana 1

Ensaio 1	10 de abril de 2018	
Início	Fim	Tempo de ensaio
10:13:40	10:54:22	00:40:42
Ensaio 2	11 de abril de 2018	
Início	Fim	Tempo de ensaio
16:45:07	17:05:50	00:20:43
Ensaio 3	12 de abril de 2018 (acabou gasolina)	
Início	Fim	Tempo de ensaio
16:37:39	16:40:41	00:03:02
Ensaio 4	13 de abril de 2018	
Início	Fim	Tempo de ensaio
11:28:08	11:47:15	00:19:07
Ensaio 5	17 de abril de 2018	
Início	Fim	Tempo de ensaio
16:15:15	16:35:01	00:19:46
Funcionamento do motor falha 5 ativada		
Tempo total de ensaio		01:43:20

Tabela 6: Semana 2

Ensaio 1	19 de abril de 2018	
Início	Fim	Tempo de ensaio
10:31:34	10:59:24	00:27:50
Ensaio 2	23 de abril de 2018	
Início	Fim	Tempo de ensaio
16:18:33	16:38:45	00:20:12
Ensaio 3	24 de abril de 2018 (acabou gasolina)	
Início	Fim	Tempo de ensaio
10:39:35	10:42:41	00:03:06
Ensaio 4	25 de abril de 2018	
Início	Fim	Tempo de ensaio
16:22:33	16:43:33	00:21:00
Ensaio 5	26 de abril de 2018 (acabou gasolina)	
Início	Fim	Tempo de ensaio
10:27:16	10:42:02	00:14:46
Ensaio 6	27 de abril de 2018	
Início	Fim	Tempo de ensaio
16:28:08	16:48:20	00:20:12
Funcionamento do motor falha 9 ativada		
Tempo total de ensaio		01:47:06

Tabela 7: Semana 3

Ensaio 1	03 de maio de 2018	
Início	Fim	Tempo de ensaio
09:56:21	10:20:12	00:23:51
Ensaio 2	4 de maio de 2018	
Início	Fim	Tempo de ensaio
16:29:00	17:05:25	00:36:25
Funcionamento do motor falha 7 ativada		
Tempo total de ensaio		01:00:16

Tabela 8: Semana 4

O tempo total de ensaio, foi de 6 horas, 16 minutos e 29 segundos. Há a necessidade de mais ensaios para obtenção de mais dados com outras falhas. É importante salientar que, as falhas selecionadas no motor, não tiveram uma mudança aparente no seu funcionamento,

pois, como já foi citado, a ECU mantém o motor funcionando em um modo de emergência pré-programado. Apesar do motor está funcionando aparentemente normal, os parâmetros lidos pela ECU não estão corretos e, portanto, os sensores e atuadores não estão fazendo a leitura e ação corretas, tais características, só poderão ser detectadas com sistemas que avaliam diretamente os dados coletados, tal como o proposto.

Os dados coletados foram armazenados em matrizes com 15 colunas, onde a primeira coluna, é a hora da coleta e as demais são os sensores do motor. Verificou-se que no período de 15 a 20 minutos ligado, o motor gera aproximadamente 140 registros com 15 colunas, ou seja, uma matriz 140x15, a Figura 17 mostra um trecho desses registros.

Registro	Status sistema comb.	Valor carga motor	Temperatura motor	Regulador comb. baixo	Regulador comb. Alto	Velocidade	RPM	Ignição cilindro	Temperatura ar	Taxa fluxo de ar	Posição acelerador	Sensor oxigênio 1	Sensor oxigênio 2	Distância percorrida
time	103	104	105	106	107	010D	010C	010E	010F	110	111	114	115	121
09:56:23	41 03 02 00	41 04 5E	41 05 59	41 06 98	41 07 80	41 0D 03	41 0C 16 68	41 0E A6	41 0F 42	41 10 02 3A	41 11 2F	41 14 01 AA	41 15 00 FF	41 21 00 00
09:56:35	41 03 02 00	41 04 5B	41 05 5D	41 06 AA	41 07 80	41 0D 04	41 0C 16 3A	41 0E A4	41 0F 42	41 10 02 2F	41 11 2F	41 14 00 AA	41 15 01 FF	41 21 00 00
09:56:47	41 03 02 00	41 04 58	41 05 5E	41 06 AA	41 07 80	41 0D 04	41 0C 14 28	41 0E A1	41 0F 42	41 10 02 05	41 11 2F	41 14 01 AA	41 15 01 FF	41 21 00 00
09:56:59	41 03 02 00	41 04 56	41 05 60	41 06 7E	41 07 80	41 0D 00	41 0C 0D F0	41 0E 9E	41 0F 42	41 10 01 76	41 11 2F	41 14 A0 74	41 15 00 FF	41 21 00 00
09:57:11	41 03 02 00	41 04 5E	41 05 61	41 06 79	41 07 80	41 0D 04	41 0C 18 43	41 0E AF	41 0F 42	41 10 02 D3	41 11 35	41 14 00 AA	41 15 01 FF	41 21 00 00
09:57:23	41 03 02 00	41 04 4D	41 05 62	41 06 AA	41 07 80	41 0D 08	41 0C 24 25	41 0E C1	41 0F 42	41 10 04 30	41 11 34	41 14 01 AA	41 15 02 FF	41 21 00 00
09:57:35	41 03 02 00	41 04 4E	41 05 66	41 06 AA	41 07 80	41 0D 04	41 0C 0F FF	41 0E 9F	41 0F 42	41 10 01 96	41 11 2D	41 14 00 AA	41 15 01 FF	41 21 00 00

Figura 17: Registros de dados em hexadecimal do motor

Os dados coletados do carro são salvos no formato hexadecimal no dispositivo Car2AmI. A função que converte de hexadecimal para valores representados no veículo ainda está em fase de testes. O dispositivo Car2AmI fará uma análise capaz de eliminar dados com possíveis erros de leitura, por exemplo, valores nulos ou NO DATA, tais valores são retornados quando o adaptador OBDII não consegue coletar o dado da ECU.

A implementação do protótipo Car2AmI, encontra-se na fase de testes e adequações na coleta e pré-processamento dos dados, os resultados obtidos são tabelas em hexadecimal dos sensores e atuadores que o motor da bancada disponibiliza, Figura 17. É importante ressaltar que, o dispositivo Car2AmI deve ser capaz de se adequar ao protocolo de comunicação de cada veículo, uma vez que, nem todos os dados estão disponíveis para coleta (por exemplo: o modelo A permite o acesso a velocidade do veículo, o modelo B permite o acesso a rotação do motor, mas não a velocidade), por isso, o dispositivo deve detectar automaticamente os dados de sensores e atuadores que cada modelo de automóvel permite coletar, então, o próximo passo, será a implementação de funções que detectem quais dados estão disponíveis

para serem coletados, tendo em vista, que cada modelo de automóvel disponibiliza uma quantidade desconhecida de dados da ECU.

O protótipo do dispositivo Car2AmI não transmite nenhum dado, pois, ainda não foi inicializada o protótipo que será o *gateway* do sistema AmI, o qual, receberá os dados, fará o processamento e distribuição das informações. As pesquisas feitas na motivação indicam que um outro microprocessador pode fazer esse papel.

3.3 CRONOGRAMA

Segundo ano (12 meses)

Meta	Atividade	Mar 18	Abr 18	Mai 18	Jun 18	Julh 18	Ago 18	Set 18	Out 18	Nov 18	Dez 18	Jan 19	Fev 19
Propor protótipo	Conexão entre os componentes	ok	ok										
Montar protótipo	Conectar todos os componentes			ok	ok								
Testes com o dispositivo OBD II e protótipo	Realizar testes de comunicação e coleta de dados				ok	ok							
Estudos sobre análise dos dados OBDII	Estudar assunto para implementar				ok	ok	ok	X	X				
Comunicação entre protótipos Car2AmI e AmI	Implementar análise de dados							X	X				
Processamento e análise dos dados no AmI	Resultados									X	X		
Dissertação trabalho escrito	Iniciar o trabalho escrito									X	X	X	X
Apresentar as análises	Testar o sistema										X	X	
Submissão de artigo	Síntese dos resultados											X	X

CAPÍTULO 4 CONCLUSÃO

O objetivo deste trabalho é integrar o automóvel ao AmI de uma casa como se fosse um dispositivo qualquer, para tanto, é necessário o desenvolvimento de dois dispositivos. Um dos dispositivos (*gateway*) será responsável pela integração dos demais dispositivos de consumo eletrônico da casa, o outro dispositivo (Car2AmI), será responsável pela coleta, armazenamento e transmissão dos dados do automóvel para o ambiente, através do dispositivo integrador (*gateway*). Em vista disso, para possibilitar o desenvolvimento desta pesquisa, iniciaram-se os estudos que envolvessem os principais assuntos, AmI e a coleta de dados por meio da porta OBDII, e então, partiu-se de um estudo da arte sobre os trabalhos relacionados aos dados do automóvel.

Pesquisas e trabalhos sobre os sistemas de AmI começaram a surgir no final da década de 90, como uma visão sobre o futuro dos dispositivos de consumo eletrônico, porém, trabalhos mais recentes, tem apresentado sistemas cada vez mais complexos e próximos da ficção científica, graças a Internet das Coisas, telecomunicações, infraestrutura de redes e entre outros avanços tecnológicos, que possibilitaram a conexão de dispositivos comuns e de baixos custos à Internet. Assim, os AmI puderam ser mais facilmente implementados, espalhando-se diversos dispositivos sensores e atuadores com um dispositivo mestre, capaz de receber diversos tipos de protocolos de comunicação e gerenciar todos por meio de um único dispositivo ou plataforma, com o intuito de deixá-los autônomos e facilitarem a vida das pessoas que os habitam.

A ideia de integrar diversos dispositivos em um ambiente e gerenciá-los de um dispositivo, foram citados em trabalhos e pesquisas, mas, e por que não um automóvel? Afim de responder essa pergunta, verificou-se que nos trabalhos citados, os automóveis atuais são verdadeiros computadores móveis, possuem tanta tecnologia embarcada que as oficinas mecânicas atuais necessitam também de computadores ou dispositivos para se comunicar e diagnosticar problemas, tais problemas, são detectados quando se utiliza os scanners ou adaptadores OBDII nos automóveis. Esses adaptadores possibilitam a leitura de dados a partir da ECU do automóvel. Foi assim, que diversos trabalhos e pesquisas citados neste trabalho, usaram os dados coletados por meio do adaptador OBDII para desenvolver sistemas capazes de monitorar o comportamento do motorista, a estrada ou rua e o veículo utilizando *smartphones* ou dispositivos dedicados em conjunto com técnicas de inteligência artificial

para analisá-los e gerar informações que auxiliam o usuário desde a correta condução até a detecção de peças prestes a quebrar. Porém, não foi encontrado trabalhos relacionados que integrasse os automóveis a um sistema AmI. Essa integração é viável e interessante, pois, há tecnologia o suficiente para fazê-lo.

Mas, há desafios, que o impedem de ser um trabalho trivial, dentre os quais, pode-se citar o desenvolvimento do dispositivo que será instalado no veículo, uma vez que, há vários modelos de veículos de pequeno e médio porte circulando pelas ruas das cidades, e cada modelo, disponibiliza uma quantidade limitada de dados provenientes da ECU, além disso, os dispositivos comuns de uma casa, tais como TV digital, *tablets*, *smartphones* e eletrodomésticos que possuem uma interação humana computador, terão função de ponto de acesso, ajudando os usuários a gerenciar seus produtos eletrônicos de consumo e alertas sobre os dados do veículo, quando houver anomalias, para tanto, o estabelecimento da conexão entre esses dispositivos é feita com o *gateway* residencial, o qual, é o outro dispositivo que será desenvolvido para integrar o veículo à casa.

Apesar de estar no início da coleta dos resultados, a pesquisa proposta, em comparação com os trabalhos relacionados, apresenta uma característica ímpar, com relação a forma de coleta e transmissão dos dados, pois, serão feitas de forma automática, uma vez que, o dispositivo Car2AmI é instalado no carro e a casa com AmI haverá um *gateway* pronto para receber os dados.

Os testes iniciais do dispositivo Car2AmI foram bastante satisfatórios, pois, foi realizada a coleta e armazenamento dos dados. Os ensaios realizados na bancada do motor produziram uma quantidade de dados considerável, porém, os dados ainda estão em hexadecimal, portanto necessitam de pré-processamento para serem convertidos em unidades de medidas conhecidas (km/h, %, rotação por minuto e entre outros).

O protótipo do dispositivo que integrará todos os dispositivos, incluindo o Car2AmI será muito importante, pois, será o cérebro do sistema, responsável por aplicar a inteligência, uma vez que, por meio da análise desse dispositivo, serão gerados relatórios mais detalhados sobre os dados do veículo, e, serão disparados alertas que indicarão anomalias. Os relatórios e alertas estarão disponíveis pelos dispositivos conectados à rede do ambiente.

REFERÊNCIAS

- [1] G. Coulouris, J. Dollimore, and T. Kindberg, *Distributed Systems: Concepts and Design*, vol. 4. 2012.
- [2] F. Sadri, “Ambient intelligence,” *ACM Comput. Surv.*, vol. 43, no. 4, pp. 1–66, 2011.
- [3] D. Sampaio, L. P. Reis, and R. Rodrigues, “A survey on Ambient Intelligence projects,” *Inf. Syst. Technol. (CISTI), 2012 7th Iber. Conf.*, pp. 1–6, 2012.
- [4] D. Anton and K. N. Su, “Future Drives of Home Appliances,” no. September, pp. 10–18, 2015.
- [5] MANAVELLA, H. J. HM Autotrônica. [S.l]. Disponível em: <<http://www.hmautotron.eng.br/zip/cap19-hm004web.pdf>>. Acesso em: 24 set. 2018.
- [6] CALIFORNIA Code Regulations, Title 13, Section 1968.2, Malfunction and Diagnostic System Requirements for 2004 and Subsequent Model-Year Passenger Cars, Light-Duty Trucks, and Medium-Duty Vehicles and Engines (OBDII). 2013.
- [7] P. Greening, “European Vehicle Emission Legislation—Present and Future,” *Top. Catal.*, vol. 16–17, no. 1, pp. 5–13, 2001.
- [8] W. H. Y. Obdii, A. S. History, W. Far, and R. Implications, “OBDII: PAST , PRESENT & FUTURE,” no. Mil, pp. 1–5, 1996.
- [9] M. Marin, M. Maricar, F. Constantinescu, and L. S. Member, “Hardware and Software Approach for Teaching Automotive Networks,” *Electr. Veh. Int. Conf. Show*, pp. 7–10, 2017.
- [10] MANUAL de uso e conservação de veículos. Ceará. Secretaria de Planejamento e Gestão do Estado do Ceará. Disponível em: <<http://www.gestaodoservidor.ce.gov.br/site/images/stories/manuais/bt21.pdf>>. Acesso em: 24 set. 2018.
- [11] R. Prytz, S. Nowaczyk, T. Rögnvaldsson, and S. Byttner, “Predicting the need for vehicle compressor repairs using maintenance records and logged vehicle data,” *Eng. Appl. Artif. Intell.*, vol. 41, pp. 139–150, 2015.
- [12] I. Carpatorea, S. Nowaczyk, R. Thorsteinn, and J. Lodin, “Features Extracted from APPEs to Enable the Categorization of Heavy-Duty Vehicle Drivers,” no. September, 2017.
- [13] I. Carpatorea, S. Nowaczyk, T. Rögnvaldsson, M. Elmer, and J. Lodin, “Learning of aggregate features for comparing drivers based on naturalistic data,” *Proc. - 2016 15th IEEE Int. Conf. Mach. Learn. Appl. ICMLA 2016*, pp. 1067–1072, 2017.
- [14] R. Prytz, S. Nowaczyk, and S. Byttner, “Towards relation discovery for diagnostics,” *Proc. First Int. Work. Data Min. Serv. Maint. - KDD4Service '11*, pp. 23–27, 2011.
- [15] LALLI, F. Tecnologia para diagnóstico. São Paulo. 2015. O mecânico. Disponível em:

<<http://omecanico.com.br/tecnologia-para-diagnostics/>>. Acesso em: 24 set. 2018.

- [16] N. S. Yamanoor and S. Yamanoor, "High quality, low cost education with the Raspberry Pi," *2017 IEEE Global Humanitarian Technology Conference (GHTC)*, San Jose, CA, 2017, pp. 1-5.
- [17] OBD-Pi. Disponível em: <<http://www.instructables.com/id/OBD-Pi>>. Acesso em: 07 out. 2018.
- [18] Carberry. Disponível em: <<http://carberry.it/>>. Acesso em: 07 out. 2018.
- [19] A. G. Blanco, "Vehicle windows control proportional to the speed, using raspberry and on board diagnostics port," *2016 IEEE Conf. Mechatronics, Adapt. Intell. Syst. MAIS 2016*, 2016.
- [20] S. Vijaya Shetty, H. Sarojadevi, K. S. Akshay, D. Bhat, and M. N. Thippeswamy, "Iot based automated car maintenance assist," *2017 Int. Conf. Adv. Comput. Commun. Informatics, ICACCI 2017*, vol. 2017–Janua, pp. 501–508, 2017.
- [21] E. Husni, G. B. Hertantyo, D. W. Wicaksono, F. C. Hasibuan, A. U. Rahayu, and M. A. Triawan, "Applied Internet of Things (IoT): Car monitoring system using IBM BlueMix," *Proceeding - 2016 Int. Semin. Intell. Technol. Its Appl. ISITIA 2016 Recent Trends Intell. Comput. Technol. Sustain. Energy*, pp. 417–422, 2017.
- [22] F. Montori, L. Bedogni, F. Morselli, and L. Bononi, "Achieving IoT interoperability through a service oriented in-home appliance," *2017 IEEE Glob. Commun. Conf. GLOBECOM 2017 - Proc.*, vol. 2018–Janua, pp. 1–6, 2018.
- [23] P. Putthapipat, C. Woralert, and P. Sirinimnuankul, "Speech recognition gateway for home automation on open platform," *2018 Int. Conf. Electron. Information, Commun.*, pp. 1–4, 2018.
- [24] G. V. Vivek and M. P. Sunil, "Enabling IOT services using WIFI - ZigBee gateway for a home automation system," *Proc. 2015 IEEE Int. Conf. Res. Comput. Intell. Commun. Networks, ICRCICN 2015*, pp. 77–80, 2016.
- [25] A. A. Seif and N. El-Saber, "Scalable Distributed-Computing IoT Applied Architecture with Semantic Interoperable Gateway," *Proc. 3rd Africa Middle East Conf. Softw. Eng. - AMECSE '17*, pp. 43–44, 2017.
- [26] B. Campbell, B. Ghena, Y.-S. Kuo, and P. Dutta, "Swarm Gateway," *Proc. 3rd ACM Int. Conf. Syst. Energy-Efficient Built Environ. - BuildSys '16*, pp. 217–218, 2016.
- [27] R. Rahmani and T. Kanter, "Autonomous cooperative decision-making in massively distributed IoT via heterogenous networks," *Proc. 1st Int. Conf. Internet Things Mach. Learn. - IML '17*, pp. 1–5, 2017.
- [28] V. J. Silva, M. A. S. Rodrigues, R. Barreto, and V. F. De Lucena, "UbMed: A ubiquitous system for monitoring medication adherence," *2016 IEEE 18th Int. Conf. e-Health Networking, Appl. Serv. Heal. 2016*, pp. 16–19, 2016.

- [29] J. C. Seabra, M. A. Costa, and M. M. Lucena, "IoT based intelligent system for fault detection and diagnosis in domestic appliances," *2016 IEEE 6th Int. Conf. Consum. Electron. - Berlin*, pp. 205–208, 2016.
- [30] T. Soultanopoulos, S. Sotiriadis, E. Petrakis, and C. Amza, "Internet of Things data management in the cloud for Bluetooth Low Energy (BLE) devices," *Proc. Third Int. Work. Adapt. Resour. Manag. Sched. Cloud Comput. - ARMS-CC'16*, pp. 35–39, 2016.
- [31] K. Bhargava and S. Ivanov, "A fog computing approach for localization in WSN," *IEEE Int. Symp. Pers. Indoor Mob. Radio Commun. PIMRC*, vol. 2017–Octob, pp. 1–7, 2018.
- [32] G. Shi, Z. Ke, F. Yan, J. Hu, W. Yin, and Y. Jin, "A vehicle electric control unit over-the-air reprogramming system," *2015 Int. Conf. Connect. Veh. Expo, ICCVE 2015 - Proc.*, pp. 48–51, 2016.
- [33] M. Amarasinghe, S. Kottegoda, A. L. Arachchi, S. Muramudalige, H. M. N. Dilum Bandara, and A. Azeez, "Cloud-based driver monitoring and vehicle diagnostic with OBD2 telematics," *IEEE Int. Conf. Electro Inf. Technol.*, vol. 2015–June, pp. 505–510, 2015.
- [34] V. C. Magana and M. Munoz-Organero, "Artemisa: A Personal Driving Assistant for Fuel Saving," *IEEE Trans. Mob. Comput.*, vol. 15, no. 10, pp. 2437–2451, 2016.
- [35] B. Wallace *et al.*, "Automation of the Validation, Anonymization, and Augmentation of Big Data from a Multi-year Driving Study," *Proc. - 2015 IEEE Int. Congr. Big Data, BigData Congr. 2015*, vol. 1, pp. 608–614, 2015.
- [36] S. H. Chen, J. S. J. Pan, and K. Lu, "Driving behavior analysis based on vehicle OBD information and adaboost algorithms," *Lect. Notes Eng. Comput. Sci.*, vol. 1, pp. 102–106, 2015.
- [37] J. Siegel, R. Bhattacharyya, A. Deshpande, and S. Sarma, "Vehicular engine oil service life characterization using on-board diagnostic (OBD) sensor data," *Proc. IEEE Sensors*, vol. 2014–Decem, no. December, pp. 1722–1725, 2014.
- [38] R. Malekian, N. R. Moloisane, L. Nair, B. T. Maharaj, and U. A. K. Chude-Okonkwo, "Design and Implementation of a Wireless OBD II Fleet Management System," *IEEE Sens. J.*, vol. 17, no. 4, pp. 1154–1164, 2017.
- [39] J. E. Meseguer, C. K. Toh, C. T. Calafate, J. C. Cano, and P. Manzoni, "Drivingstyles: A mobile platform for driving styles and fuel consumption characterization," *J. Commun. Networks*, vol. 19, no. 2, pp. 162–168, 2017.
- [40] M. V. Martinez, I. Del Campo, J. Echanobe, and K. Basterretxea, "Driving Behavior Signals and Machine Learning: A Personalized Driver Assistance System," *IEEE Conf. Intell. Transp. Syst. Proceedings, ITSC*, vol. 2015–Octob, pp. 2933–2940, 2015.
- [41] R. Prytz, *Machine learning methods for vehicle predictive maintenance using off-*

board and on-board data, no. 9. 2014.

- [42] R. Morabito *et al.*, “Lightweight Virtualization as Enabling Technology for Future Smart Cars Lightweight Virtualization as Enabling Technology for Future Smart Cars,” no. March, 2017.
- [43] M. Vegega, B. Jones, and C. Monk, “Understanding the Effects of Distracted Driving and Developing Strategies to Reduce Resulting Deaths and Injuries,” *Natl. Conf. State Legis.*, no. December, 2013.
- [44] Departamento Nacional de Trânsito - DENATRAN. Disponível em: < <https://www.denatran.gov.br/>>. Acesso em: 10 out. 2018.
- [45] Associação Brasileira de Medicina do Tráfego - ABRAMET. Disponível em: < <http://www.abramet.portal.provisorio.ws/>>. Acesso em: 11 out. 2018.
- [46] Código de Trânsito Brasileiro - CTB. Disponível em: <<http://www.ctbdigital.com.br/artigo/art252>>. Acesso em: 11 out. 2018.
- [47] PuTTY. Disponível em: <<https://www.putty.org/>>. Acesso em: 12 out. 2018.
- [48] H. P. Langtangen, *Python Scripting for Computational Science*, vol. 3. 2004.