

CENTRO PAULA SOUZA
FATEC SANTO ANDRÉ
Tecnologia Em Eletrônica Automotiva

HEITOR AUGUSTO DA SILVA RODRIGUES
LARISSA SIMONETI COSTA DE OLIVEIRA
VICTOR PATEIRO SALGADO

SISTEMA DE CONDUÇÃO E AQUISIÇÃO
DE DADOS EM CICLO *REAL-WORLD*

Santo André – São Paulo
2018

HEITOR AUGUSTO DA SILVA RODRIGUES
LARISSA SIMONETI COSTA DE OLIVEIRA
VICTOR PATEIRO SALGADO

**SISTEMA DE CONDUÇÃO E AQUISIÇÃO
DE DADOS EM CICLO *REAL-WORLD***

Trabalho de Conclusão de Curso
apresentado à FATEC Santo André
como requisito parcial para obtenção
do título de tecnólogo sob orientação
do Prof. Msc Orlando de Salvo
Junior.

Santo André – São Paulo
2018

Rodrigues, Heitor Augusto da Silva
Oliveira, Larissa Simoneti Costa de
Salgado, Victor Pateiro

Nº de folhas: 57

Tecnologia em Eletrônica Automotiva –
Fatec Santo André, Santo André, 2018

R696s

Rodrigues, Heitor Augusto da Silva

Sistema de condução e aquisição de dados em Ciclo Real-World /
Heitor Augusto da Silva Rodrigues, Larissa Simoneti Costa de
Oliveira, Victor Pateiro Salgado. - Santo André, 2018. – 60f: il.

Trabalho de Conclusão de Curso – FATEC Santo André.
Curso de Tecnologia em Eletrônica Automotiva, 2018.

Orientador: Prof. Orlando de Salvo Junior

1. Eletrônica. 2. Indústria automotiva. 3. Emissão de poluentes. 4.
Leis ambientais. 5. Ciclo de rodagem. 6. Veículos. 7. Trânsito. 8.
Desenvolvimento de software. 9. Programação. I. Oliveira, Larissa
Simoneti Costa de. II. Salgado, Victor Pateiro. III. Sistema de
condução e aquisição de dados em Ciclo Real-World.

005.133

LISTA DE PRESENÇA

SANTO ANDRÉ, 21 DE DEZEMBRO DE 2018

LISTA DE PRESENÇA REFERENTE À APRESENTAÇÃO DO
TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO COM O TEMA "SISTEMA
DE CONCLUSÃO E AQUISIÇÃO DE DADOS EM CICLO REAL-
WORLD" DOS ALUNOS DO 6º SEMESTRE DESTA U.E.

BANCA

PRESIDENTE:

PROF. ORLANDO DE SALVO JUNIOR _____

MEMBROS:

PROF. FERNANDO GARUP DALBO _____

PROF. MURILO ZANINI DE CARVALHO _____

ALUNOS:

HEITOR AUGUSTO DA SILVA RODRIGUES _____

LARISSA SIMONETI COSTA DE OLIVEIRA _____

VICTOR PATEIRO SALGADO _____

Dedicamos este trabalho a nossas famílias
e amigos que estiveram sempre dispostos a
nos apoiar durante esta jornada.

AGRADECIMENTOS

Agradecemos a todos aqueles que direta e indiretamente ajudaram na conclusão deste trabalho. Agradecemos aos nossos colegas da Fatec Santo André que estiveram sempre dispostos a ajudar nos bons e maus momentos desta jornada. Agradecemos aos professores, colaboradores e funcionários pela paciência e disposição para nos ajudar. Agradecemos ao nosso professor orientador, Orlando de Salvo Junior por toda paciência e suporte neste período e também em especial ao Antônio Ferreira Socorro por disponibilizar de seu conhecimento em LabVIEW para nos dar todo suporte necessário na conclusão deste trabalho.

RESUMO

A indústria automotiva nos últimos anos tem como principal objetivo ter eficiência junto com a diminuição da emissão de poluentes. A partir desse princípio e por conta da qualidade do ar das grandes cidades ter piorado nas últimas décadas devido ao crescimento de indústria e do trânsito, leis ambientais passaram a atuar ativamente no desenvolvimento dos veículos, para que haja um controle das emissões. Porém, através de estudos, foi possível notar que esse tipo de medição apresenta uma divergência ao que realmente acontece nas ruas, o que interfere na veracidade dos resultados obtidos. A partir disso foi criado o teste *real world*, onde as emissões vindas do veículo são obtidas em rodagem real, ou seja, conforme o carro emite quando está na rua, sem interferências ou simulações. O objetivo deste estudo é desenvolver um *software* que auxilia nos testes de condução em rodagem real, levando em consideração o ciclo de condução com base na velocidade e aceleração do veículo. Obtivemos como resultado do *software* uma interface intuitiva para o usuário, que permite uma ‘navegação’ intuitiva, buscando entregar os resultados para interpretação e análise através de gráficos gerados à partir dos ciclos executados. Realizamos testes práticos, através de simulações da velocidade, o *software* entregou os resultados esperados.

Palavras chaves: Emissão de poluentes; *Real Driving Emissions* (RDE); FTP75; *Real World*; Ciclo de condução, LabVIEW; Teste de condução em rodagem real;

ABSTRACT

The automotive industry in recent years has as main objective to have efficiency along with the reduction of the emission of pollutants. Based on this principle and because the air quality of the big cities has become worse in the last decades due to the growth of industry and traffic, environmental laws started to act actively in the development of the vehicles, so that there is an emission control. The official measurement of emissions nowadays is carried out in laboratories, where the load in the car is simulated in dynamometer and for a standard test, followed by a rolling cycle, standardized by several countries, the cycle followed by Brazil It's the same from the USA. However, through studies, it was possible to notice that this type of measurement shows a divergence from what happens in the streets, which interferes with the veracity of the results obtained. From this, the real-world test was created, where the emissions from the vehicle are obtained in real-time, that is, as the car emits when it is in the street, without interferences or simulations. The objective of this study is to develop a software that assists in the actual driving test, considering all relevant factors and to acquire data such as altitude, slope of the track, driving mode, temperature, vehicle load and road types. We executed the practical tests, where the results were not the expected, however simulating the tests, the software results were as expected.

Keys words: Pollutant emissions; Real Driving Emissions (RDE); FTP75; Real World; Drive cycle, LabVIEW; Real drive cycle test;

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1	Comparação da matriz de transporte dos países	14
Figura 2	Concentração de veículos emissores de poluentes.	15
Figura 3	Diagrama de um laboratório de emissões veiculares segundo o Inmetro	21
Figura 4	Procedimento de teste FTP-75 vias urbanas.	22
Figura 5	Procedimento de teste HWFET autovias.	23
Figura 6	Análise de emissões com estimativas ano a ano.	24
Figura 7	Diagrama geral do teste real-world	25
Figura 8	PEMS, teste feito em Melborn, Australia.	26
Figura 9	PEMS system	27
Figura 10	Overview dos parâmetros aqusitados durante a rodagem.	28
Figura 11	Comparação de emissões medidas com o PEMS e em laboratório	29
Figura 12	Diagrama de Leitura de Sinais Físicos	33
Figura 13	Pinout RS-232	36
Figura 14	Conector OBDII	37
Figura 15	Fluxograma do desenvolvimento do software	39
Figura 16	Diagrama da aquisição de dados até execução do ciclo	41
Figura 17	Página Início	43
Figura 18	Demonstração dos ciclos	45
Figura 19	Página de seleção do teste	45
Figura 20	Página Teste	46
Figura 21	Página Análise	47
Figura 22	Página Sobre	48
Figura 23	Rotina de teste simulado	49
Figura 24	Simulação interação com condutor	50
Figura 25	Simulação interação com condutor II	50
Figura 26	Conexão OBD com celular	51
Figura 27	Veículo GOL 1.6L	52

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 Comandos ELM327	42
--------------------------------	----

LISTA DE ABREVIATURAS E SILGAS

- ASCII** – *American Standard Code for Information Interchange*
- A/D** – Analógico/Digital
- CAN** – *Controller Area Network*
- CETESB** – Companhia Ambiental do Estado de São Paulo
- CREA** – Conselho Regional de Engenharia e Agronomia
- CSMA** – *Carrier Sense Multiple Access*
- CONAMA** – Conselho Nacional do Meio Ambiente
- CPU** – Central Processing Unit
- D/A** – Digital/Analógico
- ECU** – *Electronic Control Unit*
- EFM** – Medição de Vazão do Exaustor
- EPA** – *Environmental Protection Agency*
- FTP** – *Federal Test Procedures*
- g/km** – Gramas por Quilômetro
- GNV** – Gás Natural Veicular
- GPS** – *Global Positioning System*
- HFID** – Detector de Ionização de Calor
- HWFET** – *High Way Fuel Economy Test*
- Hz** – Hertz
- INMETRO** – Instituto Nacional de Metrologia, Qualidade e Tecnologia
- JRC** – *Joint Research Centre*
- KBps** – Quilo *Bytes* por segundo
- km** – Quilômetro
- km/h** – Quilômetro por Hora
- m** – Metro
- MBps** – Mega *Bytes* por segundo
- NDIR** – Sistema Analisador Infravermelho
- NDUV** – Sistema Analisador Ultravioleta
- OBD** – *On-Board Diagnostics*
- PEMS** – *Portable Emission Measurement Systems*
- PC** – *Personal Computer*
- PROCONVE** – Programa de Controle de Poluição do Ar para Veículos

PROMOT – Programa de Controle da Poluição do Ar por Motocicletas e Similares

PRONAR – Programa Nacional de Controle do Ar

RDE – *Real Driving Emissions*

SVO – Serviço de Verificação de Óbitos

USB – *Universal Serial Bus*

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	12
1.1. OBJETIVO.....	13
1.2. JUSTIFICATIVA.....	13
1.2.1. O AUTOMÓVEL COMO PRINCIPAL MEIO DE TRANSPORTE	13
1.2.2. A QUALIDADE DO AR	14
2. REFERENCIAL TEÓRICO.....	17
2.1. IMPACTOS AMBIENTAIS.....	18
2.3. PROCONVE.....	19
2.4. TESTE OFICIAL DE EMISSÃO VEICULAR.....	20
2.5. CICLO DE RODAGEM EM DINAMOMETRO.....	21
2.6. MEDIÇÃO DE EMISSÕES <i>REAL-WORLD</i>	24
2.7. EQUIPAMENTO UTILIZADO NOS TESTES DE RODAGEM REAL.....	25
2.8. REQUISITOS PARA TESTE <i>REAL-WORLD</i>	29
2.8.1. REQUISITOS DE RODAGEM.....	30
2.9. PROTOCOLOS DE COMUNICAÇÃO AUTOMOTIVA.....	32
2.9.1. CAN (<i>Controller Area Network</i>).....	32
2.10. AQUISIÇÃO DE DADOS.....	33
2.10.1. MÓDULO DE AQUISIÇÃO DE DADOS	34
2.10.2. ARQUITETURA ABERTA DA ECU PARA AQUISIÇÃO DE DADOS	34
2.10.3. AQUISIÇÃO DE DADOS VIA PROTOCOLO SERIAL	34
2.10.4. AQUISIÇÃO DE DADOS OBD VIA ELM327	36
2.11. LABVIEW.....	37
3. DESENVOLVIMENTO.....	39
3.1. MÉTODO.....	39
3.2. O PROGRAMA.....	39

3.2.1. DADOS RELEVANTES PARA ANÁLISE	41
3.2.2. FORMATO DA MENSAGEM E SELEÇÃO DE DADOS	41
4. RESULTADOS.....	43
5. CONCLUSÃO.....	53
6. REFERÊNCIAS.....	54

1. INTRODUÇÃO

As distâncias foram diminuídas através dos meios de transportes. Com o crescimento da população, a evolução do automóvel foi inevitável e com isso o acesso das pessoas a ele também. A consequência dessa acessibilidade é o número excessivo de veículos nas ruas.

O impacto ambiental causado por esse grande número de automóveis traz danos a saúde do meio ambiente e da população. Para que haja a diminuição das emissões de poluentes existe uma série de estratégias utilizadas pelas autoridades. Uma delas é a inspeção veicular, para verificar além de requisitos de segurança, a emissão de poluentes é verificada no Regulamento 391/2008 de Avaliação da Conformidade Para Veículos Leves de Passageiros e Comerciais Leves, Com Motores de Ciclo Otto de 2008.

Em uma medição de poluentes oficial, onde o carro é inserido em uma sala e tudo é simulado, não traz os dados com a veracidade desejada, pois a situação enfrentada nas ruas das cidades impõe outros tipos de comportamento, afinal as condições impostas não podem ser previstas, ou seja, não há como verificar o comportamento do carro em diversas situações.

Atualmente, o Brasil utiliza o ciclo de rodagem FTP75, o mesmo utilizado nos Estados Unidos da América. O motivo de padronizar o ciclo é para ter a mesma referência das avaliações. No decorrer deste trabalho este teste é descrito com maiores detalhes.

Ao submeter os veículos em um teste de rodagem real é possível obter resultados exclusivos do comportamento do mesmo, como condições do veículo em relação do tamanho, capacidade, tecnologia e motor. Pode-se observar a maneira do condutor conduzir o carro e a qualidade do combustível.

1.1. OBJETIVO

O objetivo deste trabalho é desenvolver um *software* que auxilia nos testes de condução em rodagem real, levando em consideração o ciclo de condução com base na velocidade e aceleração do veículo.

Como objetivo secundário desenvolver um trabalho focado na realização de ciclos padrões em um *real world*, que é rodagem real. A necessidade para essa padronização é para que sejam evitadas dispersões que ocorrem entre as medições.

Desta forma, o software a ser desenvolvido deve interagir durante os testes de rodagem para orientação de aceleração, velocidade e troca de marchas, e coleta dos dados de posicionamento e do motor. Os dados coletados e armazenar serão analisados após a realização do ciclo de rodagem.

1.2. JUSTIFICATIVA

Ao decorrer deste tópico descreveremos uma justificativa que leva para um dos principais objetivos sociais deste programa que é a melhora da precisão dos testes de emissões para que no futuro as leis que serão mais rígidas serem atendidas, melhorando cada vez mais a qualidade do ar e conseqüentemente a qualidade de vida, que é um dos subitens descritos abaixo.

1.2.1. O AUTOMÓVEL COMO PRINCIPAL MEIO DE TRANSPORTE

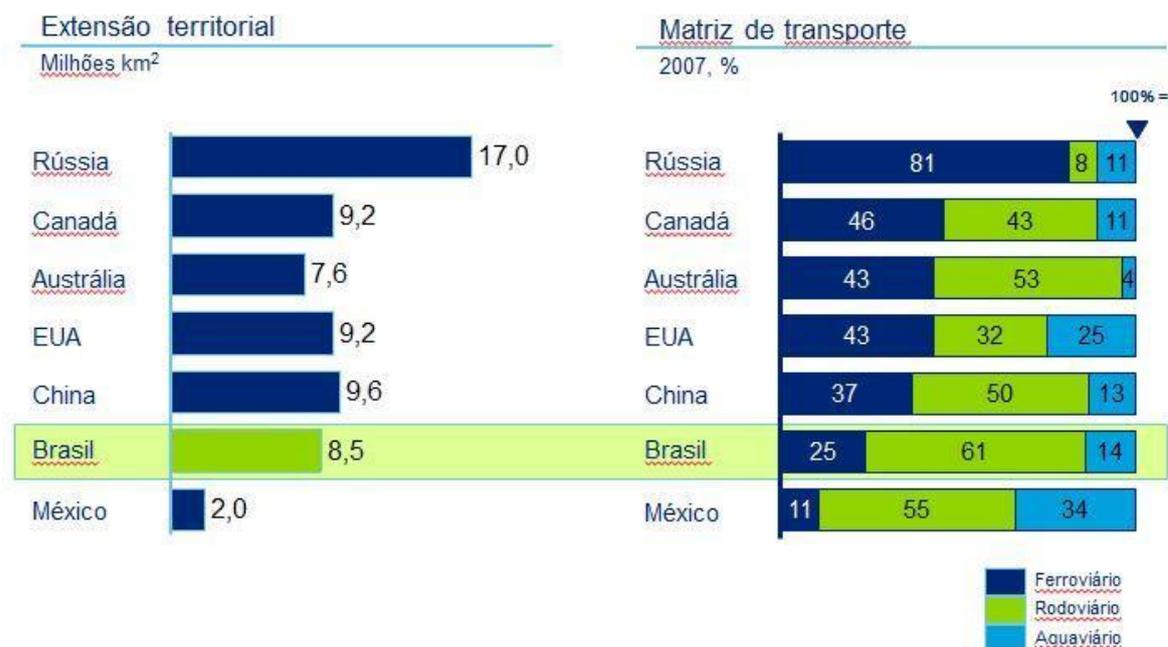
A mobilidade é uma necessidade mundial, que acompanhou o avanço da tecnologia através do tempo, mas que sofreu grandes alterações em seus principais protagonistas graças às Revoluções Industriais.

Após a Primeira e Segunda Revolução Industrial, houve um grande salto na mobilidade e transporte. No final do século XIX a invenção da máquina a vapor trouxe resultados como o transporte ferroviário e o avanço da navegação. No início do século XX, a Terceira Revolução Industrial trouxe a evolução da tecnologia, e junto dela o desenvolvimento ferroviário e crescimento do transporte aéreo.

(Resumo Escolar, 2014)

Na Figura 1 é possível observar um gráfico que mostra a matriz de transporte de alguns países:

Figura 1 Comparação da matriz de transporte dos países



Fonte: (Deloitte, 2012)

Como é possível observar no gráfico, o Brasil é o que mais utiliza do sistema rodoviário em porcentagem, por esse motivo a preocupação sobre a emissão de poluentes dos veículos. Por ser o modo com maior importância no país é necessário que os dados obtidos em uma inspeção de emissão de poluentes tenham veracidade nos parâmetros medidos.

1.2.2. A QUALIDADE DO AR

Ao pensar em qualidade de vida, logo se relaciona a uma boa saúde. Atualmente a saúde da população tem sido afetada pela qualidade do ar. As grandes cidades são as que mais sofrem com a péssima qualidade do ar. Além das emissões de indústrias, os impactos principais tem sido a emissão de poluentes veiculares.

Segundo uma matéria da revista Isto é, do dia 5 de dezembro de 2017, respirar o ar São Paulo por 2 horas no trânsito é equivalente a fumar um cigarro. (GIRARDI, 2017)

Os dados foram obtidos pelo jornal “O Estado de São Paulo”, citados pela Revista “Isto É” através de uma pesquisa com análises clínicas com pessoas que vieram a obtido comparando com seus estilos de vidas, analisando quantidade de carbono no pulmão no Serviço de Verificação de Óbitos (SVO). Na Figura 2 é possível observar a concentração de veículos no horário de pico da cidade. (GIRARDI, 2017)

Figura 2 Concentração de veículos emissores de poluentes.



Fonte: (Isto É, 2017)

Segundo a bióloga VERAS (2018), Doutora em Patologia Toxicológica na FM-USP, não pode mais analisar um pulmão de cor escura e com carbono como de um paciente fumante, pois é cada vez mais comum pessoas não fumantes terem um pulmão assim. Além de pesquisas mostrarem como respirar o ar paulista é equivalente a fumar e tem impacto na saúde, dados como local de trabalho dos pacientes influencia muito na qualidade de ar que é respirado. Os que sofrem mais impactos são os trabalhos ligados ao trânsito, como motoristas e guardas de trânsito, que estão expostos em toda sua jornada de trabalho a emissões.

Em uma pesquisa do Instituto Saúde e Sustentabilidade mostrou resultados importantes sobre os impactos dos poluentes atmosféricos, a exposição ao ar poluído de São Paulo foi causa de 31 mortes precoces por dia no Estado. Uma

média que consegue ultrapassar acidentes de trânsito, câncer de mama, e até mesmo a AIDS. Importante ressaltar que os quem mais sofrem com esse mal são as pessoas mais frágeis, crianças, idosos, doentes pulmonares e cardíacos.

(VERAS, 2018)

2. REFERENCIAL TEÓRICO

A queima de combustíveis fósseis gera poluição atmosférica nos grandes centros urbanos. Esses combustíveis, ao serem utilizados em veículos automotores, em função da queima incompleta, geram grandes quantidades de gás carbônico e gases tóxicos na atmosfera, fazendo destes os grandes vilões no que se refere ao efeito estufa e a saúde da população. (MOTA, 2000)

A população mundial cresceu aceleradamente com o desenvolvimento das cidades, sendo necessária a produção em larga escala dos bens de consumo. Dessa forma, por volta de aproximadamente 250 anos atrás, surgiram as primeiras fabricas e com elas o homem fez nova revolução, mudando totalmente o planeta com a Revolução Industrial. (SANTOS, 2016)

A vítima dessa reviravolta foi o meio ambiente, que foi poluído pela queima de gases derivados do petróleo. Um dos maiores problemas que assolam a sociedade é a poluição atmosférica, que alcançou proporções mundiais. Seus impactos são severamente notados nas comunidades e no meio ambiente, que são negativamente afetados de modo constante pelos níveis elevados de poluição do ar. (MOTA, 2000)

Os veículos automotores causam emissões com grande variedade de substâncias tóxicas, as quais, em contato com o sistema respiratório, podem causar diversos efeitos negativos à saúde. (SANTOS, 2016)

O aumento da emissão de gases poluentes causados pela manutenção inadequada dos motores e pela deterioração e adulteração dos sistemas de escapamentos dos veículos nessas vias é agravado pela diminuição da velocidade média dos veículos, acarretando muitas vezes níveis de poluição superiores aos padrões aceitáveis. A constituição dos poluentes emitidos pelo tubo de escapamentos dos veículos é gerada durante a reação incompleta que ocorre no motor. (SANTOS, 2016)

- **Partículas (PM).** Essas partículas de fuligem e metais dão à luz a sua cor sombria. As partículas finas - menos de um décimo do diâmetro de um cabelo humano representam a ameaça mais séria para a saúde humana, pois podem penetrar profundamente nos pulmões. O PM é uma poluição direta (primária) e uma poluição secundária de hidrocarbonetos, óxidos de

nitrogênio e dióxidos de sulfetos. O escape de diesel é um dos principais contribuintes para a poluição. (PINTO, 2005)

- **Monóxido de carbono (CO).** Este gás inodoro, incolor e venenoso é formado pela combustão de combustíveis fósseis, como a gasolina e é emitida principalmente por carros e caminhões. Quando inalado, o CO bloqueia o oxigênio do cérebro, coração e outros órgãos vitais. Fetos, crianças recém nascidas e pessoas com doenças crônicas são especialmente suscetíveis aos efeitos do CO. (PINTO, 2005)
- **Óxidos de nitrogênio (NOx).** Esses poluentes causam irritação pulmonar e enfraquecem as defesas do corpo contra infecções respiratórias, como pneumonia e gripe. Além disso, eles ajudam na formação de ozônio no solo e partículas. (PINTO, 2005)

Dióxido de enxofre (SO₂). As usinas elétricas e os veículos a motor geram este poluente queimando combustíveis contendo enxofre, especialmente o diesel. O dióxido de enxofre pode reagir na atmosfera para formar partículas finas e representa o maior risco para a saúde das crianças pequenas e asmáticas. (PINTO, 2005)

- **Gases com efeito de estufa.** Os veículos com motor a combustão interna também emitem poluentes, como o dióxido de carbono, que contribuem para a mudança climática global. Na verdade, carros e caminhões representam mais de um quinto da poluição total do aquecimento global. O transporte, que inclui frete, trens e aviões, representa cerca de trinta por cento de todas as emissões de gases de captura de calor. (PINTO, 2005)

2.1. IMPACTOS AMBIENTAIS

O impacto é referente aos gases atmosféricos que podem afetar todo o planeta. O aquecimento global é causado pelo uso dos combustíveis fósseis e outros fatores, podendo ser definido como o aumento da temperatura média da Terra devido à concentração excessiva na atmosférica de alguns gases, como: o gás carbônico, os clorofluorcarbonos, o metano e os óxidos nitrosos. Entre os gases causadores do efeito estufa, o gás carbônico é o de maior importância, que é o principal composto resultante da combustão completa de combustíveis, quando em

grande quantidade, junto com outros poluentes, forma um filtro na atmosfera aumentando a temperatura da Terra. (PINTO, 2005)

2.2. INSPEÇÃO DE SEGURANÇA VEICULAR

Um técnico habilitado (com registro profissional no CREA, no caso do Brasil) avalia as condições do veículo, manuseando os equipamentos do veículo e utilizando máquinas específicas para teste, a fim de verificar seu funcionamento correto ou não. É necessário quando o dono do carro faz alguma alteração de característica do carro como mudança de roda, mudança de motor, implantação do GNV, tendo a fiscalização feita pelo INMETRO. A inspeção veicular garante que o veículo esteja em boas condições para realizar o teste de emissões corretamente, sem haver interferência de componentes degradados, gerando problemas no funcionamento e desempenho do veículo. (IBRATAN, 2016)

Na Inspeção de Segurança Veicular, são realizados dois modelos de Inspeção:

- **Inspeção Visual**

Atuar em comandos e componentes, verificando o funcionamento do veículo e analisando se existe algum tipo de ruídos, vibrações anormais, folgas excessivas, desgastes, trincas, vazamentos, irregularidades que ofereçam riscos à circulação do veículo. (IBRATAN, 2016)

- **Inspeção Mecanizada**

Avaliação realizada com o auxílio de equipamentos, medindo as condições de desempenho e sistemas do veículo. (IBRATAN, 2016)

2.3. PROCONVE

Programa de Controle da Poluição do Ar para Veículos Automotores (PROCONVE) foi criado em 1986 pelo Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA) com uma forma de controle da qualidade do ar nos centros urbanos. Ele é uma adaptação das metodologias internacionais às necessidades brasileiras. (IVECO, 2012)

No Brasil, a diminuição dos níveis de emissões permitidos vem sendo implantada gradativamente desde a sua primeira versão. Ele garante que todos os lançamentos de novos veículos tanto nacionais como os importados funcionem

dentro dos parâmetros de emissões de poluentes permitidos por lei. Todas as emissões de escapamentos são testadas e qualificadas sendo elevadas rigidamente aos limites. (IVECO, 2012)

2.4. TESTE OFICIAL DE EMISSÃO VEICULAR

Os testes são feitos em laboratórios específicos para emissão veicular, que normalmente são compostos de um dinamômetro, uma câmara selada para medição de emissões evaporativas, analisadores e amostradores de gases, entre outros equipamentos. Neste tipo de medição o principal componente é o dinamômetro. (FILHO, 2006)

O primeiro laboratório governamental de emissão veicular do país, foi o laboratório da CETESB - Companhia Ambiental do Estado de São Paulo, que analisa desde 1977 veículos leves de motores à Ciclo Otto, sendo movidos à gasolina, etanol e GNV. (FILHO, 2006)

É necessário que os testes de emissões em laboratório sigam os padrões segundo a norma ABNT NBR ISO/IEC 17025:2005, para uma análise objetiva e correta dos valores encontrado. A norma é dividida em:

- ABNT NBR 6601 – Determinação de hidrocarbonetos, monóxido de carbono, óxidos de nitrogênio e dióxido de carbono no gás de escapamento;
- ABNT NBR 12026 – Determinação da emissão de aldeídos e cetonas contidos no gás de escapamento por cromatografia líquida – Método DNPH;
- ABNT NBR 7024 – Medição de consumo de combustível – Método de ensaio;
- ABNT NBR 11481 – Medição da emissão evaporativa.
- Projeto CB05-102.02.01 - medição de álcool não queimado

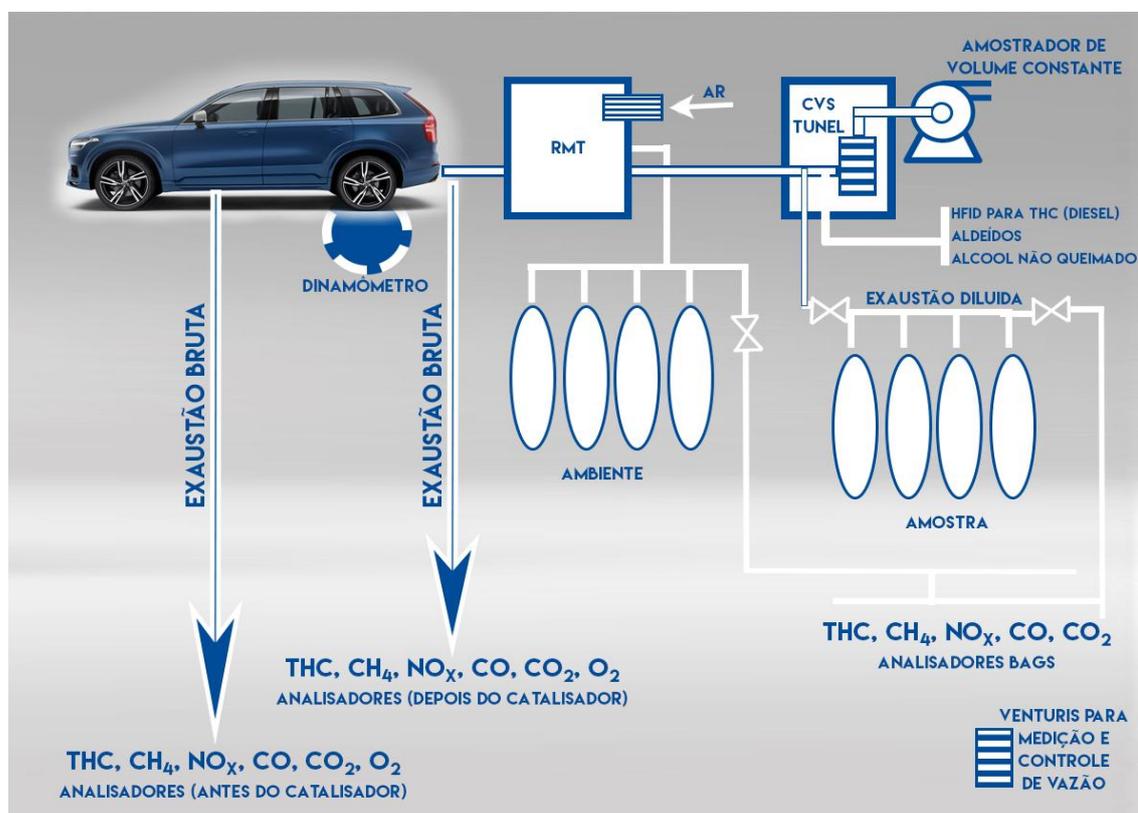
(FILHO, 2006)

A implementação desses ensaios e metodologias tiveram a colaboração do PROCONVE, PRONAR entre outras instituições que estabeleceram parâmetros para a qualidade do ar. Para o estudo em questão o principal é o PROCONVE, que junto do PROMOT elaborado pela CETESB, estabeleceram fases de implementação de padrões de emissões, consideram o tipo de combustível de cada veículo, diminuindo gradativamente a quantidade de poluentes. (FILHO, 2006)

Segundo o Inmetro, esquema de um laboratório de emissões veiculares segue conforme a Figura 3. A captação dos dados através do laboratório é a parte

inicial do processo, a análise dos dados e a forma como eles são obtidos também são essenciais. (FILHO, 2006)

Figura 3 Diagrama de um laboratório de emissões veiculares segundo o Inmetro



Fonte: (Adaptado Inmetro, 2017)

2.5. CICLO DE RODAGEM EM DINAMOMETRO

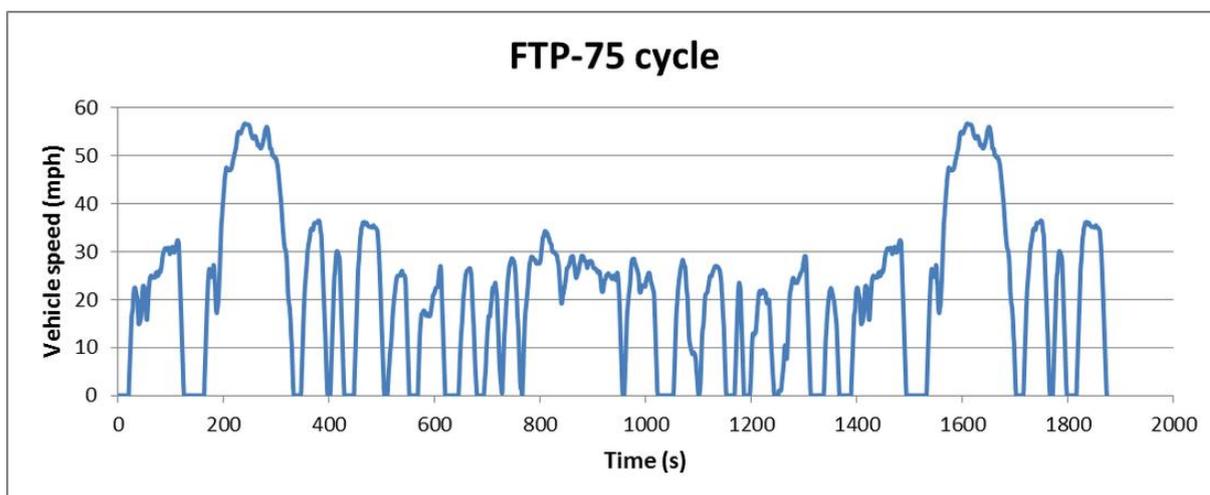
Os ciclos de condução de legislação são os ciclos de condução padrão para todos os veículos leves produzidos. Os veículos são submetidos aos testes antes de serem enviados à venda. A massa total de emissões deve estar abaixo do limite definido por lei pela autoridade legislativa. O ciclo de teste utilizado no Brasil é o Federal Test Procedures 75 (FTP75), exibido na Figura 4 está o ciclo de condução simulando vias urbanas.

O ciclo FTP75 consiste em 4 fases diferentes, com duração total de 1877 segundos, distância de 18km aproximadamente, média de velocidade entre 35 a 90 Km/h. A fase fria é feita para simular a partida do seu carro pela manhã e depois dirigir direto para uma rodovia. Embora esse teste seja viável para habitantes do

subúrbio, para a maioria tende a sair para um trafego estacionário. Este é um dos desafios do FTP, pois sujeita o veículo a cargas relativamente altas e permite que o catalisador aqueça em um tempo que não representa a condução em mundo real. (ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY (EPA), 2017)

A fase quente do FTP é feita após 10 minutos da fase transitória. Isso simula o desligamento do veículo e o retorno após um tempo breve. A fase quente é apenas uma repetição da fase fria em termos de tempo e velocidade, esta fase é feita apenas no ciclo brasileiro. (ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY (EPA), 2017)

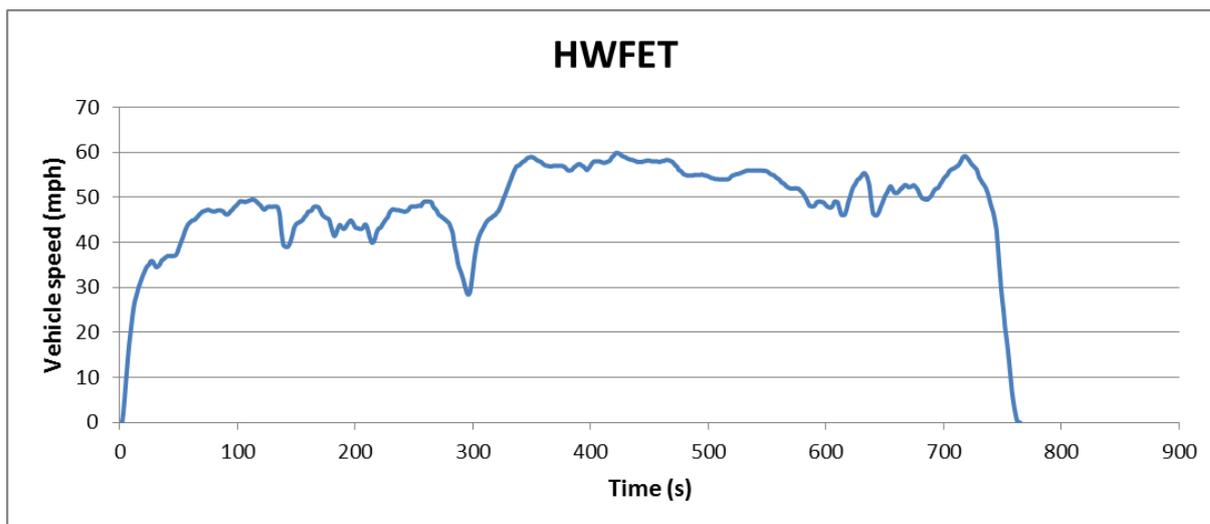
Figura 4 Procedimento de teste FTP-75 vias urbanas.



Fonte: (ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY (EPA), 2017)

Na Figura 5, o ciclo de condução *High Way Fuel Economy Test* (HWFET) simula autovias. Este ciclo é uma variação de varias rotas de direção do real world. (ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY (EPA), 2017)

Figura 5 Procedimento de teste HWFET autovias.

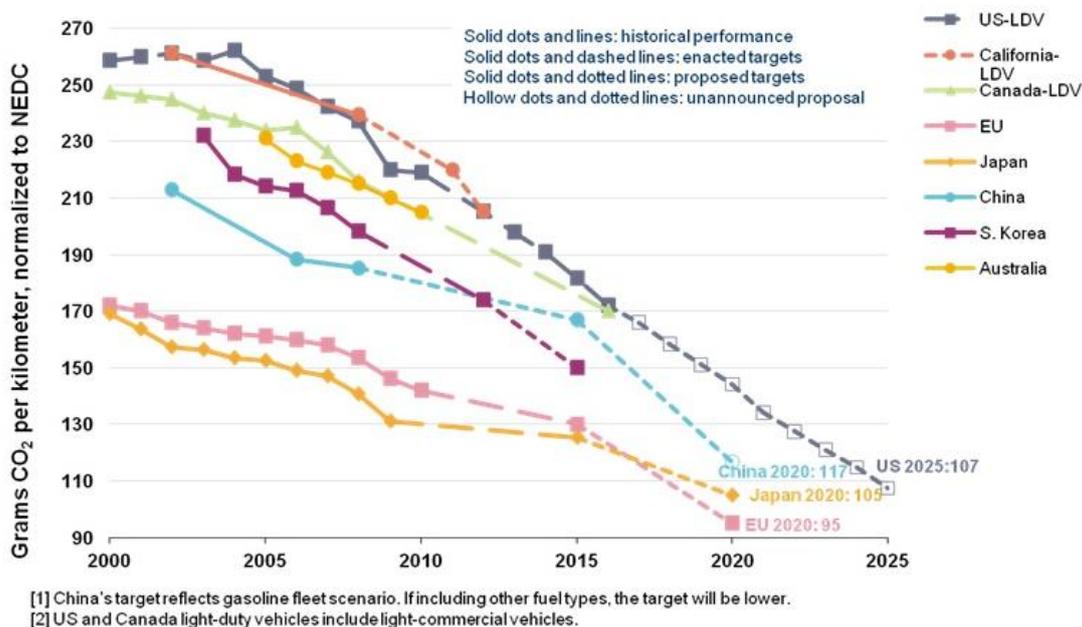


Fonte: (ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY (EPA), 2017)

Mesmo que os ciclos mostram-se ser representativos da condução em mundo real, quando as acelerações são calculadas, verifica-se que são muito inferiores às conduções reais. Em 1975, as grandes acelerações foram evitadas, pois os rolos dos dinamômetros deslizavam com a atuação dos pneus em altas rotações, deixando o teste limitado para uma análise comparativa com o mundo real. (DIESELNET, 2014)

A Figura 6 mostra a estimativa de emissões por países ao longo dos anos, na Figura é possível observar os resultados que os países obtêm através das ações corretivas tomadas, no caso a redução dos poluentes emitidos.

Figura 6 Análise de emissões com estimativas ano a ano.



Remark: Recalculation in ICCT July 2012 report indicates level of 93g for passenger cars only for the US in 2025. EU's targets are comparatively more stringent. Vehicle definitions are different in the US and EU, and not directly comparable.

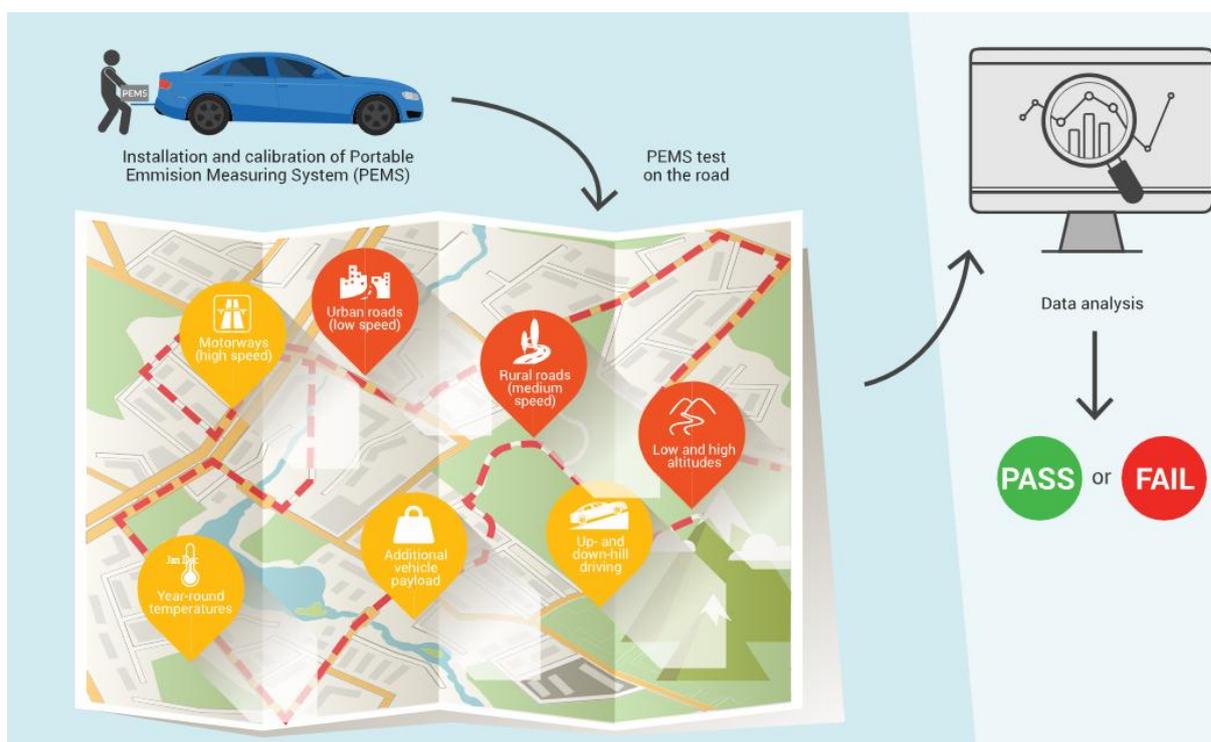
Fonte: (The International Council On Clear Transportation (ICCT), 2012)

Após os testes as emissões de cada fase são coletadas em um saco de teflon, analisado e expresso em g/km.

2.6. MEDIÇÃO DE EMISSÕES *REAL-WORLD*

O ciclo *Real-world* é o teste de emissões em condições reais, feito em trechos pré-estabelecidos dos locais de cenário para os testes, o teste simula o mais próximo do comportamento dos motoristas nos trechos de auto estrada e trechos urbanos. O teste em *real-world*, mostra-se superior ao teste em laboratório, pois além da variedade cenários para o teste, existem os fatores de altas e baixas altitudes, temperaturas dependendo da época do ano, carga adicional no veículo, estradas com subidas e descidas, trechos urbanos onde são coletados os dados em baixas velocidades, trechos rurais em médias velocidades e auto estradas com altas velocidades, a Figura 7 ilustra essas variáveis levadas em consideração no teste *real-world*. (Car Emission Testing Facts, 2018)

Figura 7 Diagrama geral do teste real-world



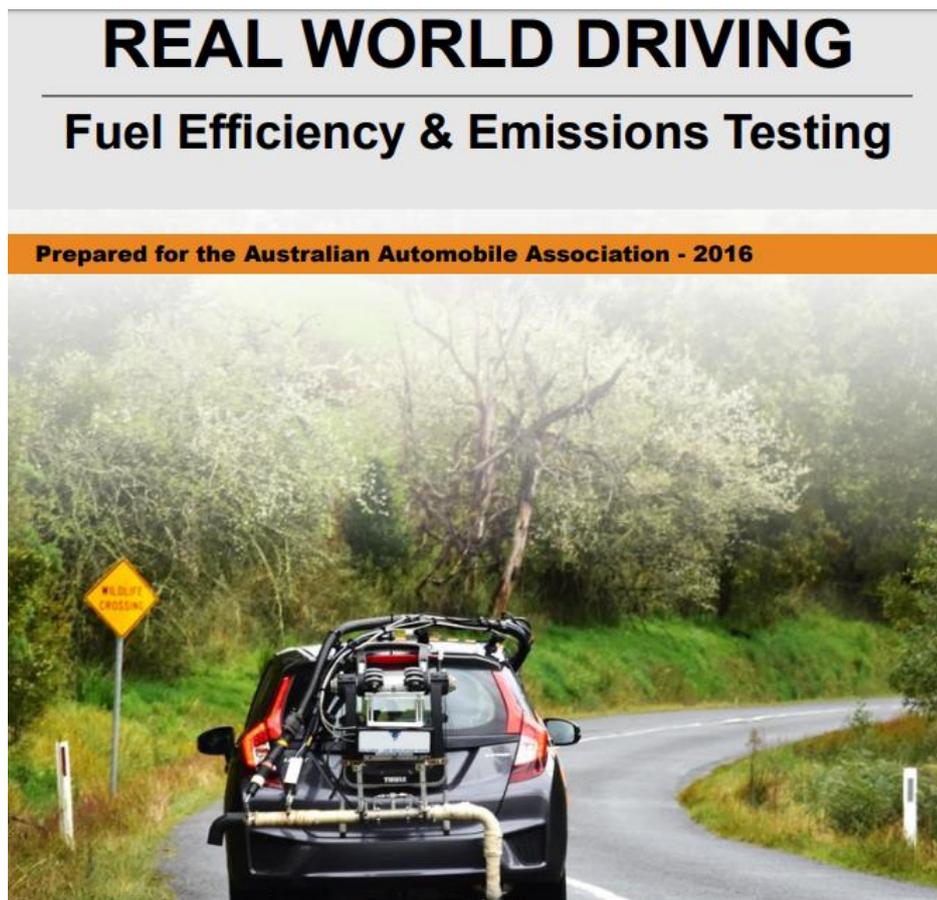
Fonte: (Car Emissions Testing Facts, 2018)

O ciclo de teste em *real-world* é baseado no atual processo de teste de rodagem em dinamômetro, e segue alguns requisitos específicos para o teste *real-world*. Na Europa os requisitos são definidos pelo *Joint Research Centre* (JRC). Neste exemplo de *real-world test*, realizado na Austrália, de condições reais de emissões (RDE), os requisitos e especificações foram modificados e adaptados para as rodovias de Melbourn, Australia. O processo RDE consiste em aproximadamente um terço em área urbana, um terço em área rural e um terço em auto-estrada, viajando aproximadamente 16km em cada seguimento, com tempo entre 90 e 120 minutos de duração. O processo é feito duas vezes que é equivalente a mais de 10 processos em dinamômetro. O *Real-world test* ainda não substitui o teste em laboratório, mas é um complemento para análises. (Car Emission Testing Facts, 2018)

2.7. EQUIPAMENTO UTILIZADO NOS TESTES DE RODAGEM REAL

Para o teste de emissões de veículos leves é usado o *Portable Emission Measurement Systems* (PEMS), visto na Figura 8 a seguir, para a coleta dos gases.

Figura 8 PEMS, teste feito em Melborn, Australia.



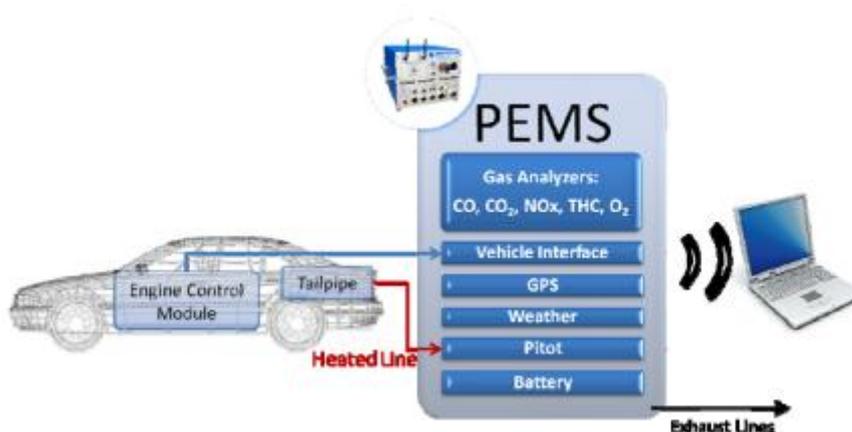
Fonte: (Australian Automobile Association, 2016)

O equipamento consiste de conexões de tubo, com linhas de escape aquecidas, um tubo *Pitot* para medir o fluxo e a temperatura do gás de escape, analisadores de gases, um *data logger* para a coleta de dados da rede do veículo, um GPS, sensor de temperatura ambiente e sensor de umidade. (AUSTRALIAN AUTOMOBILE ASSOCIATION, 2016)

A massa do sistema PEMS incluindo sua alimentação externa por bateria é em torno de 80 kg, que é equivalente a massa de um passageiro. Embora a massa do equipamento não possa interferir nas aferições e resultados das medições dos gases, é possível introduzir uma compensação nas medidas. Esta compensação permite a reprodução dos testes com mais de uma pessoa no veículo. (AUSTRALIAN AUTOMOBILE ASSOCIATION, 2016)

As aferições do PEMS incluem as medidas de concentração de emissão dos poluentes THC, CO, NOx e CO2 como ilustrado na Figura 9. Além disso, para uma coleta de dados de teste e análise de ciclo, são adquiridos algumas características do veículo através de um GPS, e avaliadas as condições do ambiente no momento do teste, assim é possível uma melhor conclusão e comparação dos testes reais com testes teóricos. (WEISS, et al, 2011)

Figura 9 PEMS system



Fonte: (Courtesy Sensors Inc., 2017)

Apesar do principal objetivo do dispositivo PEMS ser a coleta dos gases de escape, quando observamos o equipamento, a capacidade de aquisição dele é muito maior que apenas coleta de gases. Na Figura 10 temos um *overview* de todos os parâmetros adquiridos pelo dispositivo.

Figura 10 Overview dos parâmetros adquiridos durante a rodagem.

Category	Parameter	Measurement technique
Exhaust gas pollutants	THC	HFID
	CO	NDIR analyzer
	CO ₂	NDIR analyzer
	NO and NO ₂	NDUV analyzer
	Exhaust flow rate	EFM
	Exhaust temperature	EFM temperature sensor
Vehicle characteristics	Vehicle speed	GPS
	Vehicle position and altitude	GPS
	Acceleration	GPS
	Distance travelled	GPS
Ambient conditions	Elevation	GPS
	Ambient humidity	Humidity sensor
	Ambient temperature	Temperature sensor
	Ambient pressure	Pressure sensor

Fonte: (JRC Scientific and Technical Reports, 2017)

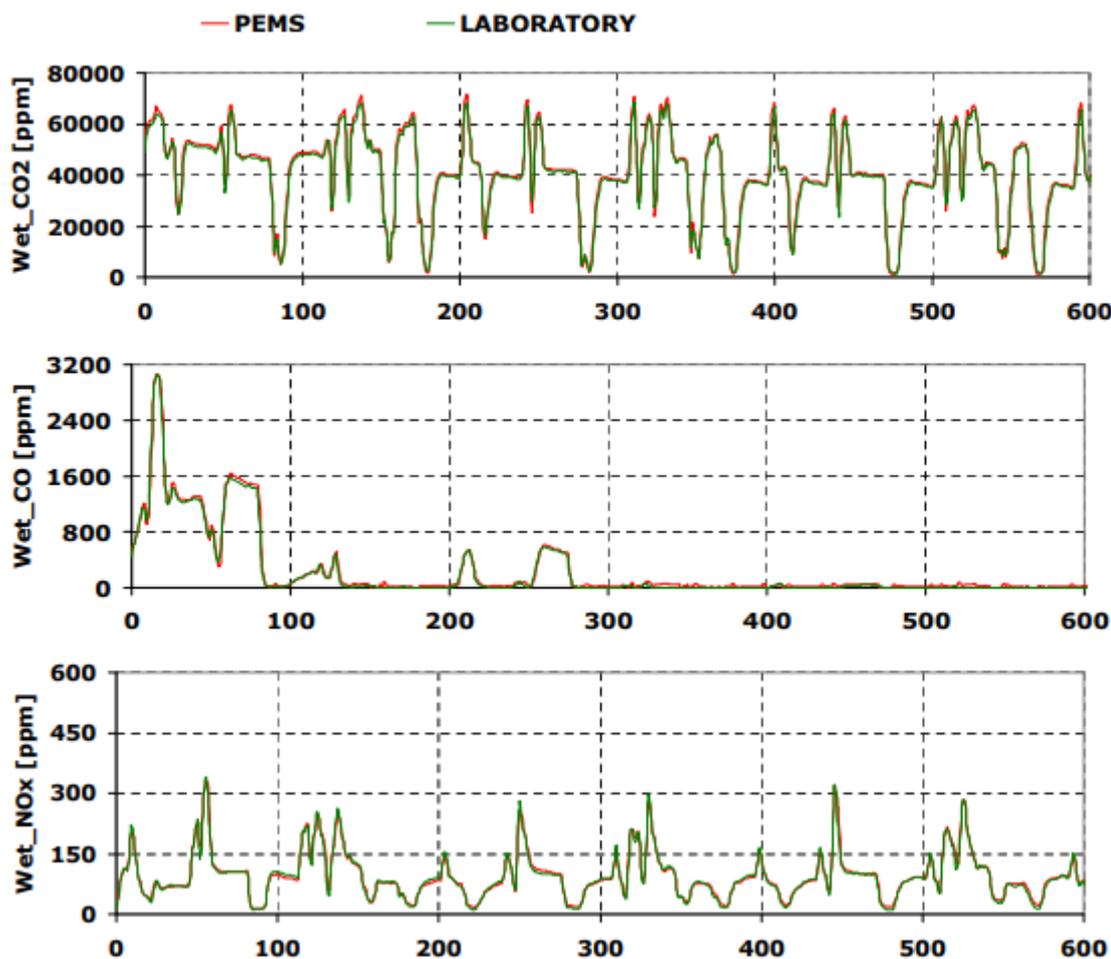
Para mensurar a vazão do exaustor e a temperatura dos gases, o PEMS contém um medidor de vazão do exaustor (EFM) equipado com compensador de pressões e dois termômetros para comparação de temperaturas externas e internas. A margem de erro das medições do sistema PEMS chega em torno de 2-3%. As características do veículo se referem à velocidade que o veículo estará em cada estágio do teste, a posição e altitude, aceleração e distância percorrida, esses parâmetros são adquiridos a partir de um GPS instalado no PEMS. As condições do ambiente também são consideradas por terem um grau alto de relevância nas medições em *real-world*. (WEISS, et al, 2011)

O total de hidrocarbonetos emitidos é medido a partir do detector de ionização de calor (HFID); Emissão de CO e CO₂ é medido por um sistema analisador infravermelho (NDIR); NO e NO₂ são medidos por um analisador ultravioleta (NDUV); O total de NO_x emitido é calculado a partir das medições de NO e NO₂. (WEISS, et al, 2011)

Os principais componentes do PEMS (i.e., bombas, equipamentos eletrônicos e analisadores) são instalados na cabine do veículo, o que evita a contaminação excessiva por vibrações e aquecimento do equipamento. Os medidores de fluxo de massa de escape são anexados ao tubo de escape do veículo; O GPS e a estação meteorológica são instalados fora do veículo. O equipamento analítico é alimentado por uma bateria externa. Isso reduz a interferência do PEMS com a operação do motor e permite o teste PEMS por até 2,5 horas. No entanto, introduz peso adicional para o equipamento PEMS. (WEISS, et al, 2011)

Na Figura 11 é possível observar o comparativo das emissões coletadas em teste de rodagem real e em laboratório.

Figura 11 Comparação de emissões medidas com o PEMS e em laboratório



Fonte: (JRC Scientific and Technical Reports, 2017)

2.8. REQUISITOS PARA TESTE *REAL-WORLD*

- Para a coleta dos gases após o teste, é determinado que a coleta seja através de aparelhos de medição que funcionem independentemente do veículo. (GIECHASKIEL, 2018)
- O trajeto deve ser selecionado de forma que o ensaio não seja interrompido e os dados sejam continuamente registrados, a fim de alcançar a duração de ensaio mínima. (GIECHASKIEL, 2018)
- Os ensaios RDE devem ser realizados em dias úteis, tal como definido para a União no Regulamento. (CEE, Euratom no. 1182/71).

- Os ensaios RDE devem ser realizados em estradas e ruas pavimentadas (por exemplo, a condução fora da estrada não é permitida).
- Deve evitar-se a marcha lenta sem carga prolongada após a primeira ignição do motor de combustão no início do ensaio das emissões. Em caso de parada do motor durante os ensaios, pode proceder-se a um novo ensaio, mas não deve interromper-se a aquisição de amostras. (GIECHASKIEL, 2018)

Com base nesse estudo teórico é possível concluir que o ciclo *real-world* traz como vantagem, melhores análises para o monitoramento das emissões dos veículos leves, que hoje são responsáveis por grande parte das emissões de poluentes na atmosfera, com isso, o melhor monitoramento, trás a possibilidade de cobranças maiores das montadoras em diminuir cada vez mais o nível de poluentes emitidos. (GIECHASKIEL, 2018)

2.8.1. REQUISITOS DE RODAGEM

- O desempenho RDE deve ser demonstrado através da realização de ensaios dos veículos em estrada que obedecem aos padrões de condução, às condições e com as cargas úteis normais. O ensaio RDE deve ser representativo dos veículos em funcionamento nas respetivas rotas reais de condução e com a sua carga normal. (A COMISSÃO EUROPEIA, 2016)
- A entidade homologadora deve propor um trajeto de ensaio em estradas urbanas e rurais, bem como em autoestrada. Para seleccionar os circuitos, a definição dos trajetos urbano, rural e de autoestrada deve assentar num mapa topográfico. (A COMISSÃO EUROPEIA, 2016)
- A condução em zona urbana caracteriza-se por velocidades do veículo até 60 km/h. (A COMISSÃO EUROPEIA, 2016)
- A condução em zona rural caracteriza-se por velocidades do veículo compreendidas entre 60 e 90 km/h.
- A condução em autoestrada caracteriza-se por velocidades do veículo superiores a 90 km/h. (A COMISSÃO EUROPEIA, 2016)
- A velocidade do veículo não deve, normalmente, exceder 145 km/h. Esta velocidade máxima pode ser excedida em 15 km/h durante 3 % no máximo da duração da condução em autoestrada. Os limites de velocidade locais mantêm-se em vigor durante um ensaio PEMS, sem prejuízo de outras

consequências jurídicas. As infrações aos limites de velocidade locais, por si só, não invalidam os resultados de um ensaio PEMS. (A COMISSÃO EUROPEIA, 2016)

- O trajeto tem uma duração de 90 a 120 minutos.
- A velocidade do veículo deve ser determinada por pelo menos um dos seguintes métodos:
 - a) um GPS; se a velocidade do veículo for determinada por meio de um GPS, a distância total do trajeto deve ser verificada relativamente a medições efetuadas com outro método. (A COMISSÃO EUROPEIA, 2016)
 - b) um sensor (por exemplo, sensores óticos ou microondas); se a velocidade do veículo for determinada por meio de um sensor, as medições da velocidade devem, em alternativa, compara-se a distância total do trajeto determinado pelo sensor com uma distância de referência obtida a partir de uma rede rodoviária digital ou de um mapa topográfico. A distância total do trajeto determinado pelo sensor não deve apresentar um desvio superior a 4 % relativamente à distância de referência; (A COMISSÃO EUROPEIA, 2016)
 - c) Se a velocidade do veículo for determinada pela ECU, valida-se a distância total do trajeto, deve ser comparada com uma distância de referência obtida a partir de uma rede rodoviária digital ou um mapa topográfico. A distância total do trajeto determinado pela ECU não deve apresentar um desvio superior a 4 % relativamente à distância de referência. (A COMISSÃO EUROPEIA, 2016)

Neste projeto, o teste prático foi realizado por meio do OBDII para a coleta de dados.

A aceleração também se mostra importante para o teste, por isso alguns requisitos são necessários.

- «Aceleração-alvo» designa uma aceleração em condições de acionamento parcial do dispositivo de controlo da aceleração, característica do tráfego urbano e obtida por estudos estatísticos.
- «Aceleração de referência» designa a aceleração exigida durante o ensaio de aceleração realizado na pista de ensaio.

- «Factor de ponderação da relação de transmissão» (k) designa uma grandeza numérica adimensional utilizada para a combinação dos resultados de ensaio de aceleração e do ensaio a velocidade constante de duas relações de transmissão.
- «Factor de potência parcial» (kp) designa uma grandeza numérica adimensional utilizada para a combinação ponderada dos resultados do ensaio de aceleração e do ensaio a velocidade constante para veículos.
- «Pré-aceleração» designa a aplicação do dispositivo de controle da aceleração para se atingir uma aceleração estável. (A COMISSÃO EUROPEIA, 2016)

2.9. PROTOCOLOS DE COMUNICAÇÃO AUTOMOTIVA

A tecnologia automotiva está cada vez mais envolvida em sistemas eletronicamente controlados. Hoje, carros de alto desempenho têm entre 60-70 módulos de controle (ECUs). A estabilidade das comunicações seria quase impossível de ser feita por conexão ponto a ponto, sendo assim os protocolos de comunicação existentes, como a rede CAN, é por enquanto, a conexão mais estável para uma comunicação eficiente. (JUNIOR, 2012)

Para cada tipo de protocolos existentes, há uma aplicação específica para que haja uma melhor eficiência nas comunicações. (JUNIOR, 2012)

Neste trabalho de graduação onde o objetivo do software é a interação em tempo real do condutor e o teste, a aquisição de dados deverá ser feita através do protocolo de comunicação CAN, onde é possível coletarmos os dados para análise de teste em *real-world*. (JUNIOR, 2012)

2.9.1. CAN (*Controller Area Network*)

O protocolo CAN é a comunicação *by-wire* mais usada na indústria automotiva. Foi originalmente desenvolvida pela Bosch em 1983. É um barramento serial de transmissão multi mestre de tipo CSMA que fornece uma largura de banda de até 1 Mega Byte por segundo (Mbps). Ao longo do tempo, outros protocolos CAN foram desenvolvidos para diferentes aplicações, onde as principais diferenças são a velocidade e protocolos de camada superior, bem como as aplicações onde são implementadas. O esquema de dois fios em formato par trançados com uma largura

de banda de 250 Quilo Bytes por segundo (KBps) é usado como a camada física mais comum dentro da indústria automotiva. (HODEL, 2017)

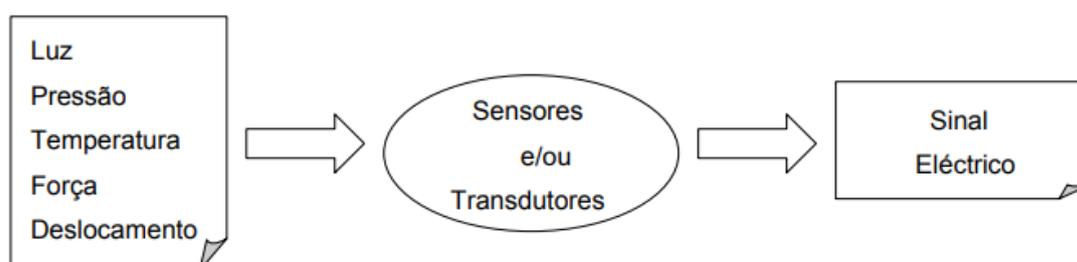
2.10. AQUISIÇÃO DE DADOS

Uma definição simples de aquisição de dados é medir informação do mundo real. A medição das tarefas em mundo real, na maior parte das vezes são de natureza analógica. Assim a medição pode conduzir uma gama de valores contínuos, e as quantidades físicas podem ser várias, por exemplo, pressões e temperaturas. (EMILIO, 2013)

Essas grandezas citadas geram algum tipo de energia. Deste modo, é necessário equipamentos capazes de receber essa energia gerada e convertê-la numa forma de energia mensurável para circuitos eletrônicos, por exemplos, os sensores ou transdutores, que recebem sinais físicos e convertem para grandezas elétricas, como tensão ou corrente. (EMILIO, 2013)

Na Figura 12, um diagrama apresenta a lógica genérica utilizada a leitura de sinais físicos, sendo a mais utilizada e comum nessa área.

Figura 12 Diagrama de Leitura de Sinais Físicos



Fonte: (Sistemas de aquisição de dados, 2016)

Assim que os dados aqisitados são convertidos, é preciso ser analisado para que seja validado como um dado o mais próximo possível do real. Por tanto, os dados devem ser apresentados dentro de um sistema onde os elementos se comunicam mutuamente, interagindo entre si, assim os sinais coletados por sensores e/ou transdutores, podem ser analisados pelo condicionador de sinais, gerando um novo sinal relacionado com o sinal do mundo real. (EMILIO, 2013)

2.10.1. MODULO DE AQUISIÇÃO DE DADOS

O módulo de aquisição de dados deste trabalho será composto por:

- Entradas Analógicas
- Conversor A/D
- Conversor D/A
- Saídas Analógicas
- Entradas e Saídas Digitais
- *Triggers*
- Processadores

(EMILIO, 2013)

2.10.2. ARQUITETURA ABERTA DA ECU PARA AQUISIÇÃO DE DADOS

A arquitetura aberta da ECU usada para este trabalho permite a aquisição de dados do motor do veículo via protocolo CAN. Além disso, para tirar proveito dessas informações será necessário desenvolver um software de aquisição de dados para poder realizar o processamento de sinais e análises, para apresentar os dados e exportá-los para a interface com o usuário. (HODEL, 2017)

2.10.3. AQUISIÇÃO DE DADOS VIA PROTOCOLO SERIAL

Serial é um protocolo muito comum (não confundir com Universal Serial Bus ou USB) para comunicação de dispositivos que vem como padrão em quase todo PC. A maioria inclui duas portas seriais baseadas em RS-232. Serial é também um protocolo de comunicação comum que é utilizado por muitos dispositivos para instrumentação; A comunicação serial pode ser utilizada para aquisição de dados em conjunto com um dispositivo remoto de amostragem. (NATIONAL INSTRUMENTS, 2015)

A porta serial envia e recebe bytes de informação um bit de cada vez, por ser serial pode ser utilizada em grandes distâncias. As características importantes da serial são taxa de transmissão (baud rate), bits de dados (data bits), bits de parada (stop bits), e paridade. (NATIONAL INSTRUMENTS, 2015)

Taxa de Transmissão (Baud rate): é uma medida de velocidade para comunicação. Isto indica o número de bits transmitidos por segundo. Por exemplo, 300 baud são 300 bits por segundo. Quando nos referimos a um ciclo de *clock* nós

medimos a taxa de transmissão. Por exemplo, se o protocolo pedir uma taxa de transmissão de 4800, então o *clock* está rodando a 4800 Hz. Isto significa que a porta serial está amostrando a linha de dados a 4800 Hz. As taxas de transmissão comuns para linhas telefônicas são 14400, 28800, e 33600. (NATIONAL INSTRUMENTS, 2015)

Bits de Dados (Data bits): uma medida dos bits de dados atuais e uma transmissão. Quando o computador envia um pacote de informação, a quantidade de dados pode não ser um 8 bit completo. Os valores padrão para pacotes de dados são 5, 7, e 8 bits. Qual configuração você deve escolher depende de qual informação você está transferindo. Por exemplo, o standard ASCII possui valores de 0 a 127 (7 bits). O *extended* ASCII usa de 0 a 255 (8 bits). Se os dados forem transferidos em texto simples (standard ASCII), então enviar 7 bits de dados por pacote é o suficiente para a comunicação. (NATIONAL INSTRUMENTS, 2015)

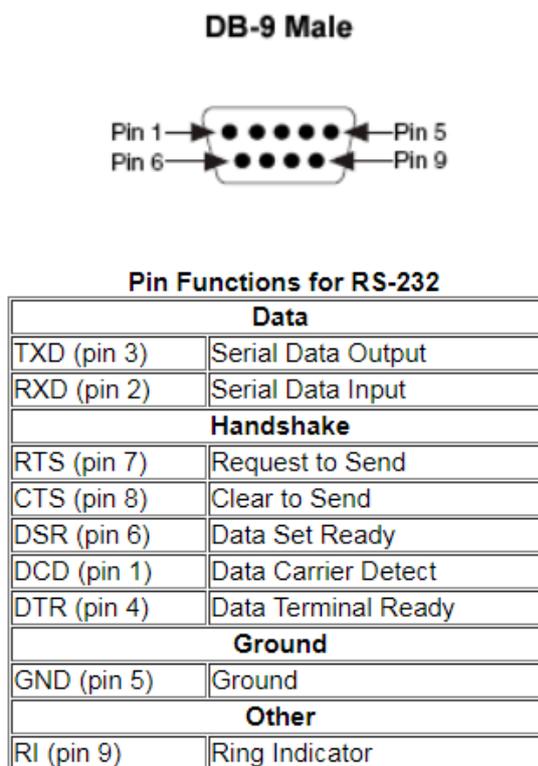
Bits de parada (Stop bits): usado para sinalizar o fim da comunicação para um único pacote. Os valores típicos são 1, 1.5, e 2 bits. Uma vez que os dados são cronometrados através da linha e cada dispositivo possui seu próprio *clock* é possível os dois dispositivos virem a estar ligeiramente fora de sincronia. Portanto, os bits de parada não só indicam o fim da transmissão, mas também dão aos computadores alguma margem de erro nas velocidades de *clock*. (NATIONAL INSTRUMENTS, 2015)

Paridade: uma forma simples de verificação de erro que é utilizada na comunicação serial. Há quatro tipos de paridade: par, ímpar, marcada e espaçada. Naturalmente, a opção de utilizar sem paridade está disponível. Para paridade par e ímpar, a porta serial irá *definir* o bit de paridade (o ultimo bit depois dos bits de dados) para um valor que garanta que a transmissão tenha um número par ou ímpar de bits de lógica alta. Por exemplo, se o dado for 011, então para paridade par, o bit de paridade será 0 para manter o número de bits de lógica alta par. Se a paridade fosse ímpar, então o bit de paridade será 1, resultando em 3 bits de lógica alta. (NATIONAL INSTRUMENTS, 2015)

RS-232 (Norma ANSI/EIA-232) é a conexão serial encontrada em PCs compatíveis com IBM. Ela é utilizada para muitos propósitos, como conectar um mouse, impressora, ou modem, bem como instrumentação industrial. Devido as melhorias nas linhas de condutores e cabos, as aplicações muitas vezes aumentam

o desempenho do RS-232 além da distância e velocidade listados na norma. O RS-232 é limitado a conexões ponto-a-ponto entre as portas seriais do PC e os dispositivos. O hardware RS-232 pode ser utilizado para comunicação serial até a distância de 15,24 m (50 feet). A Figura 13 detalha a pinagem de um conector DB-9 utilizado para comunicação RS-232. (NATIONAL INSTRUMENTS, 2015)

Figura 13 *Pinout* RS-232



Fonte: (National Instruments, 2015)

2.10.4. AQUISIÇÃO DE DADOS OBD VIA ELM327

Todos os automóveis produzidos hoje são obrigados, por lei, a fornecer uma interface para a conexão de equipamentos de teste de diagnóstico. A transferência de dados nessas interfaces segue o padrão descrito na resolução CONAMA 354, 2004, mas nenhum deles pode ser usado diretamente por PCs ou dispositivos inteligentes conforme descrito na regulamentação ISO15031 – *Data analysis for diagnostic applications using OBD*. O ELM327 foi projetado para atuar como uma ponte entre essas portas de diagnóstico *on-board* (OBD) e uma interface serial padrão RS232 ou *Bluetooth*.

Além de poder detectar e interpretar automaticamente nove protocolos OBD, o ELM327 também fornece suporte para comunicações de alta velocidade, um modo de baixo consumo de energia. Este dispositivo, conforme Figura 14, é também muito customizável, sendo assim muito útil para alterá-lo para atender ao máximo várias necessidades. (ELM Eletronics, 2015)

Figura 14 Conector OBDII



Fonte: (Os autores, 2018)

2.11. LABVIEW

O LabVIEW – *Laboratory Virtual Instruments Engineering Workbench* é um programa desenvolvido pela National Instruments, específico para o desenvolvimento de softwares com inúmeros componentes, como aplicações que requerem teste, medição e controle, com rápido acesso ao hardware e a informações obtidas a partir dos dados. (NATIONAL INSTRUMENTS, 2014)

A linguagem de programação utilizada é a linguagem gráfica, conhecida também como linguagem G, com a intenção de simplificar na construção e desenvolvimento da programação e aumentar as possibilidades de lógicas do software. (NATIONAL INSTRUMENTS, 2014)

O LabView possui duas interfaces principais, sendo *Front Painel* (Painel Frotal), onde é possível inserir variáveis de entrada e saídas, comparando a linguagem C, essas variáveis também devem ser definidas, como numérica, *string*, entre outras. A outra interface é *Block Diagram*, onde é realizada todas as lógicas de programação, através de blocos e ligações. (NATIONAL INSTRUMENTS, 2014)

Cada programa no LabView é feito através de uma VI – *Virtual Instruments*, esse é arquivo principal da programação, há também as SubVIs que funcionam

como as funções da programação em C, elas ajudam a manter o programa com fluidez e simplicidade na estrutura principal. (NATIONAL INSTRUMENTS, 2014)

3. DESENVOLVIMENTO

Este projeto tem como proposta principal o desenvolvimento de um software guia de condução em tempo real e em real-world para a execução de ciclos de condução de emissões através de uma interface gráfica simples e interativa com o usuário. Neste capítulo serão apresentados o método que utilizamos no desenvolvimento do software, o programa em si com os dados relevantes para análise de resultados, e o resultado dos testes realizados.

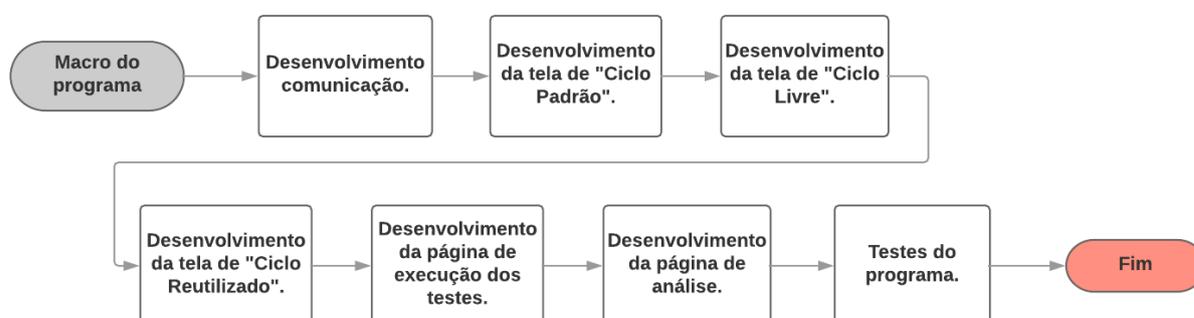
3.1. MÉTODO

A escolha do LabVIEW para o desenvolvimento do projeto se deu devido às possibilidades de uma interface gráfica com interação com o usuário em tempo real, além de ser uma ferramenta que está em crescimento no uso industrial.

3.2. O PROGRAMA

Como explanado no contexto do projeto, existem dois ciclos de condução, um para teste em rodovias (HWFET) e outro para trechos urbanos (FTP-75). Levando isso em consideração, usamos os próprios gráficos ajustados e editados as nossas necessidades para o desenvolvimento do software como referência ao condutor. Desta forma conseguimos que a condução seja feita dentro das especificações e regulamentações. Na Figura 15 temos um fluxograma do desenvolvimento do programa.

Figura 15 Fluxograma do desenvolvimento do software



Fonte: Os Autores

Uma das especificações é a tolerância de velocidade de 3Km/h para mais ou para menos. Para manter o condutor dentro desta tolerância, coletamos as velocidades ideais ao longo dos ciclos nos 2000 segundos para o ciclo de trechos urbanos (FTP-75) e 900 segundos do ciclo para rodovias (HWFET), as velocidades foram coletadas a cada um segundo aproximadamente. Com esses valores pudemos fazer uma comparação do valor ideal até as tolerâncias, no momento em que a velocidade de tolerância é ultrapassada, uma mensagem é mostrada na tela do condutor para que ele desacelere ou acelere para se manter dentro da velocidade ideal.

O LabVIEW trabalha em ciclos de máquina como base de tempo, ou seja, é o tempo no qual o computador lê e processa uma instrução dependendo da CPU, e isso se tornou um obstáculo para desenvolver uma sincronização da velocidade real dos veículos com o programa. Para essa etapa usamos dentro do LabVIEW uma função que executa cada iteração do laço *for* em um determinado tempo definido por nós, desenvolvedores. Isso também interferiu no tempo de atualização do valor da velocidade do veículo no programa, que é de aproximadamente um segundo, sendo assim aceitável para ser utilizado no projeto, pois o ciclo e os valores de velocidade ideais já trabalham com a base de tempo de aproximadamente um segundo como abordado no segundo parágrafo.

Na parte estética do programa desenvolvido, separamos por páginas os modos de ciclo. Na primeira página desenvolvemos uma *home page*, onde junto com um resumo de funcionamento do programa, temos um resumo do projeto e seu objetivo. Na segunda página desenvolvemos toda a rotina do ciclo HWFET. Na terceira página do programa está localizado o ciclo FTP-75, com o mesmo princípio do desenvolvimento do ciclo HWFET, coletamos as velocidades ponto a ponto, para o desenvolvimento da rotina das faixas de tolerância. Neste ciclo, as velocidades oscilam com mais frequência, com isso encontramos a dificuldade de encontrar valores específicos para orientação do condutor em alguns trechos do ciclo. Como uma solução, foi calculada uma média de velocidade nesses trechos com base no tempo de execução do ciclo.

3.2.1. DADOS RELEVANTES PARA ANÁLISE

Após finalização do ciclo, os dados descritos à seguir, com os dados coletados através do PEMS, são relevantes para análise final. São esses dados que serão comparados com os gases coletados para análise de emissões momento a momento.

- Velocidade;
- Rotação;
- Temperaturas;
- Pressões;
- Distância percorrida;
- Dados do PEMS;

O dado da velocidade é o único dado a ser coletado em tempo real e usado de fato dentro do programa para a execução do ciclo.

Os outros dados serão aquisitados apenas o valor real para leitura e conhecimento do condutor ao fim do ciclo.

A partir da aquisição dos dados, os valores da velocidade serão usados para que o condutor siga a referência com as tolerâncias mostrada na tela do programa, executando o ciclo teste com suas velocidades e tolerâncias, representado na Figura 16.

Figura 16 Diagrama da aquisição de dados até execução do ciclo



Fonte: (Os autores, 2018)

3.2.2. FORMATO DA MENSAGEM E SELEÇÃO DE DADOS

Para iniciar a comunicação com o veículo e o OBDII, enviamos o comando “ATZ” para reset das operações e após isso selecionamos o protocolo utilizado a tabela acima e digitando os comandos no terminal “AT SP x” (onde o x representa o protocolo), no projeto como esse envio é feito pelo PIC então usamos a seleção

automática “AT SP 0” assim o OBD *Scan* seleciona automaticamente o protocolo do veículo. (FAGUNDES, et al, 2015)

Para requisitar a leitura de um endereço correspondente a um parâmetro do veículo basta digitar o endereço e a resposta será dada referenciando o primeiro o endereço e depois o valor que lá contem. A tabela abaixo contém alguns comandos utilizados nos testes com o ELM327 com a resposta obtida e a explicação resumida do comando solicitado. (FAGUNDES, et al, 2015)

Tabela 1 Comandos ELM327

Comando	Resposta	Comentário
ATZ	ELM237 V1.5	Reset - versão do software
AT SP 0	OK	Escolha do protocolo utilizado - automático
AT I	ELM237 V1.5	Mostra a versão do Software
AT DP	AUTO, ISO 15765 (CAN 11/500)	Mostra o protocolo utilizado
01 04	41 04 00	Carga do motor
01 05	41 05 00	Temperatura do líquido de arrefecimento
01 0B	41 0B 00	Pressão no coletor de admissão
01 0C	41 0C 00	Rotação atual do motor
01 0D	41 0D 00	Velocidade instantânea do veículo
01 0E	41 0E 00	Avanço do ângulo de ignição
01 0F	41 0F 00	Temperatura do Ar
01 11	41 11 32	Posição da válvula borboleta - TPS
03	43 00	DTC – Sem DTC (erros armazenados)
AT BD	00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00	Mostra o valor presente no buffer de memória

Fonte: (FAGUNDES, et al, 2015)

4. RESULTADOS

O programa desenvolvido em LabVIEW consiste em quatro telas de interação com o usuário descritas abaixo, sendo elas o Início, página de execução dos ciclos, página de análise e uma página com um resumo do objetivo geral deste projeto.

Os testes foram feitos em duas etapas, a primeira sendo testes simulados a segunda etapa sendo os testes práticos no veículo.

Na página inicial observada na Figura 17, realizamos a configuração da porta serial de onde os dados em tempo real do veículo são coletados. É configurado o nome do teste, nome do condutor, veículo a ser utilizado no teste, data do teste e possível adicionar observações no campo de comentários. Após as configurações, o tipo de teste é selecionado de acordo com o objetivo do teste a ser executado. Existem 3 tipos de ciclos que podem ser executados:

Figura 17 Página Início

The screenshot shows the 'Inicio' (Start) page of a LabVIEW application. The interface is divided into four tabs: 'Inicio', 'Teste', 'Análise', and 'Sobre'. The 'Inicio' tab is active and contains the following elements:

- Serial Port Configuration:** Includes fields for 'VISA resource name', 'baud rate (9600)' (set to 9600), 'data bits (8)' (set to 8), 'parity (0:none)' (set to None), and 'stop bits (10: 1 bit)' (set to 10). There is also a 'flow control (0:none)' field set to None. A button labeled 'Abrir Com Serial' and 'Abrir porta' is present, along with a 'Status porta com' indicator showing 'Conectado' (Connected).
- Test Configuration:** Includes text input fields for 'Nome do teste', 'Nome do operador', and 'Veículo Utilizado'. A 'Time Stamp Control' field is set to '00:00:00,000 DD/MM/YYYY'. A large text area is labeled 'Comentários'.
- Test Cycle Selection:** Three radio buttons are available: 'Ciclo Padrão' (with description: 'Ciclo padrão de acordo com o país ou região.'), 'Ciclo Livre' (with description: 'Ciclo realizado livremente de acordo com a rota especificada pelo condutor.'), and 'Ciclo Reutilizado' (with description: 'No ciclo reutilizado, o usuário selecionará um ciclo feito no modo livre para que este seja executado como gráfico padrão.').
- Navigation:** An 'Avançar' (Next) button is located at the bottom right.

A red arrow points to the 'Inicio' tab label.

Fonte: (Os autores, 2018)

Na Figura 18, destaca-se:

1. Ciclo Padrão (seta vermelha)

É selecionado um modelo de teste padrão de acordo com o país ou região, por exemplo, FTP-75 ou HWFET (conforme NBR 6601 e NBR 7024), que são os testes utilizados no Brasil. Na tela seguinte após o acionamento do botão Avançar, na caixa de seleção o usuário selecionará o teste padrão a ser executado, clicando no botão *Open* ao lado da caixa de seleção, uma prévia do gráfico a ser executado é exibida e ao lado uma breve descrição do teste, ao lado do botão *Open*, o tempo total em segundos do teste será exibido. A descrição do teste e mais informações podem ser encontradas no link a seguir do gráfico selecionado.

2. Ciclo Livre (seta amarela)

Ciclo realizado livremente de acordo com a rota especificada pelo condutor, sem a necessidade de ter limites de velocidade ou outras especificações padronizadas.

3. Ciclo Reutilizado (seta azul)

No ciclo reutilizado, o usuário selecionará um ciclo feito no modo livre para que este seja executado como gráfico padrão.

Para habilitar o botão avançar, foi criada uma rotina de programação, onde só é possível a execução do teste quando a porta serial estiver configurada e conectada, evitando que o teste seja executado sem a coleta de dados necessários para execução do teste.

Com a porta configurada e conectada, após o acionamento do botão avançar, o *tester* selecionará uma pasta onde será gerado os arquivos com os dados gerados no teste.

A duração do teste de repetição irá depender do tempo do teste gerado em modo livre.

Figura 18 Demonstração dos ciclos

Fonte: Os Autores

Na Figura 19, o teste padrão a ser executado é selecionado é possível pré-visualizar o ciclo e obter algumas informações na caixa de texto localizado à direita do gráfico do ciclo.

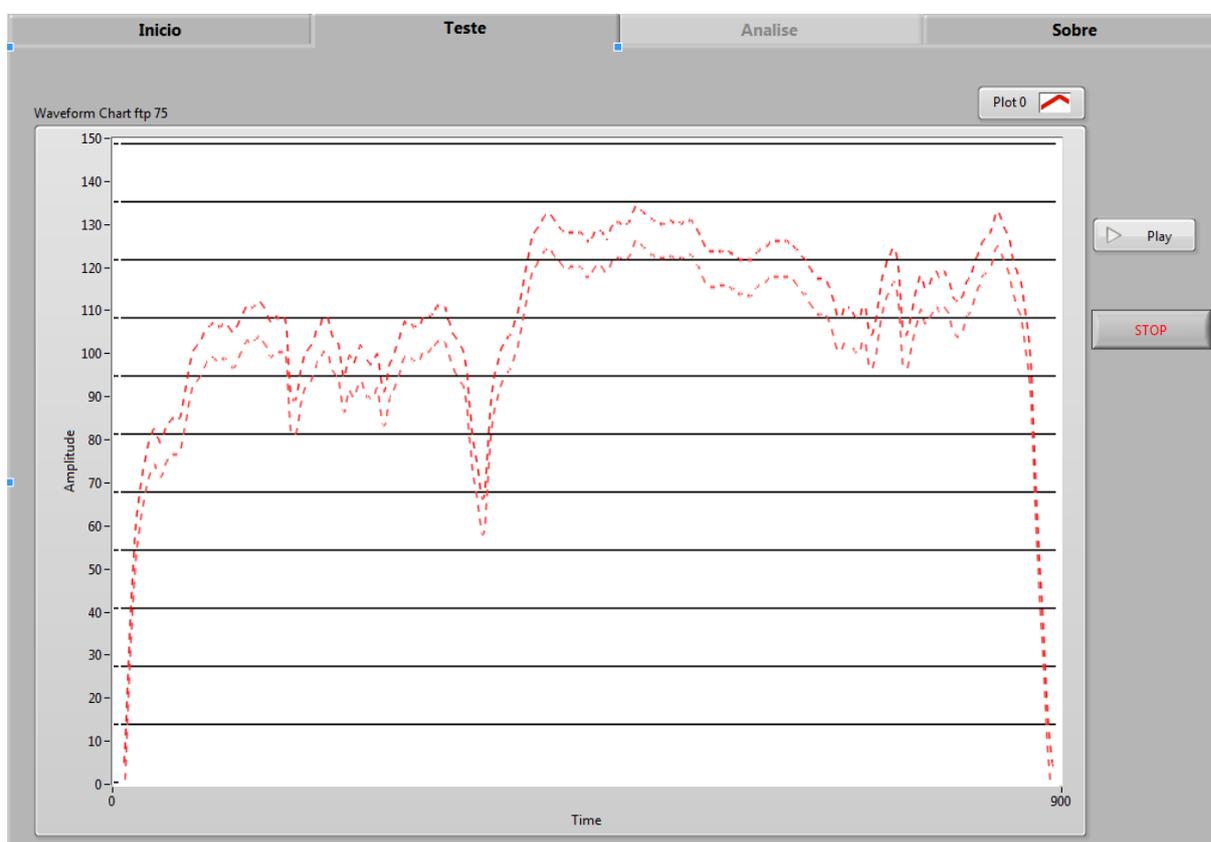
Figura 19 Página de seleção do teste

Fonte: (Os autores, 2018)

Após clicar no botão Avançar localizado no canto inferior direito da Figura 18, a aba de teste é aberta com o gráfico e com os limites definidos em vermelho que serão configurados pelo operador. O gráfico com os valores reais de velocidade será plotado pelo condutor conforme o teste realizado.

Para iniciar o teste, o operador deverá clicar no botão *Play* do lado direito na Figura 20, que gera um contador de 10 segundos para a inicialização do teste. Ao finalizar o teste o operador deverá clicar no botão *Stop* localizado no lado direito da Figura 20, para finalizar o teste e assim possibilitando realizar a análise do gráfico plotado.

Figura 20 Página Teste



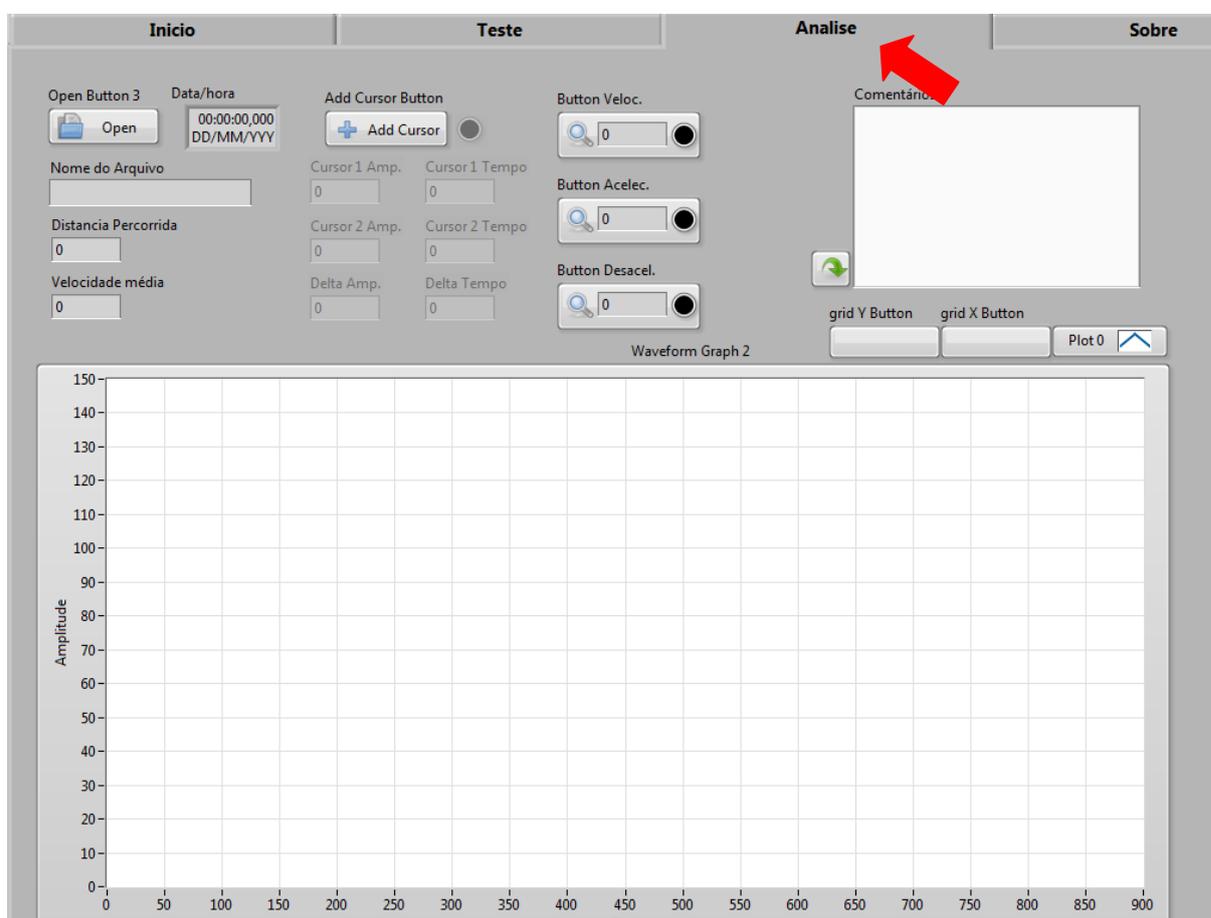
Fonte: (Os autores, 2018)

Na aba análise o usuário poderá abrir qualquer arquivo gerado pelo programa ou já existente para realizar a análise clicando no botão *Open* no lado superior esquerdo da Figura 21, e selecionando o arquivo com o gráfico que deverá ser analisado.

A análise permite saber a distância total percorrida no teste, velocidade média, adicionar cursores no gráfico que possibilitam visualizar com melhor precisão o delta do tempo e também o delta da velocidade e aceleração média através de um cálculo usando a velocidade, além dessas análises, existem 3 botões para adquirir valores da velocidade máxima, aceleração máxima e desaceleração máxima. Esses valores também serão mostrados em tempo real na tela de teste.

No campo a direita na imagem, é possível adicionar mais comentários durante a análise do teste. Abaixo dos comentários é possível adicionar linhas de guia no eixo x e no eixo y.

Figura 21 Página Análise



Fonte: (Os autores, 2018)

Na aba sobre, Figura 22, é possível o usuário ter uma breve descrição do objeto do programa.

Figura 22 Página Sobre

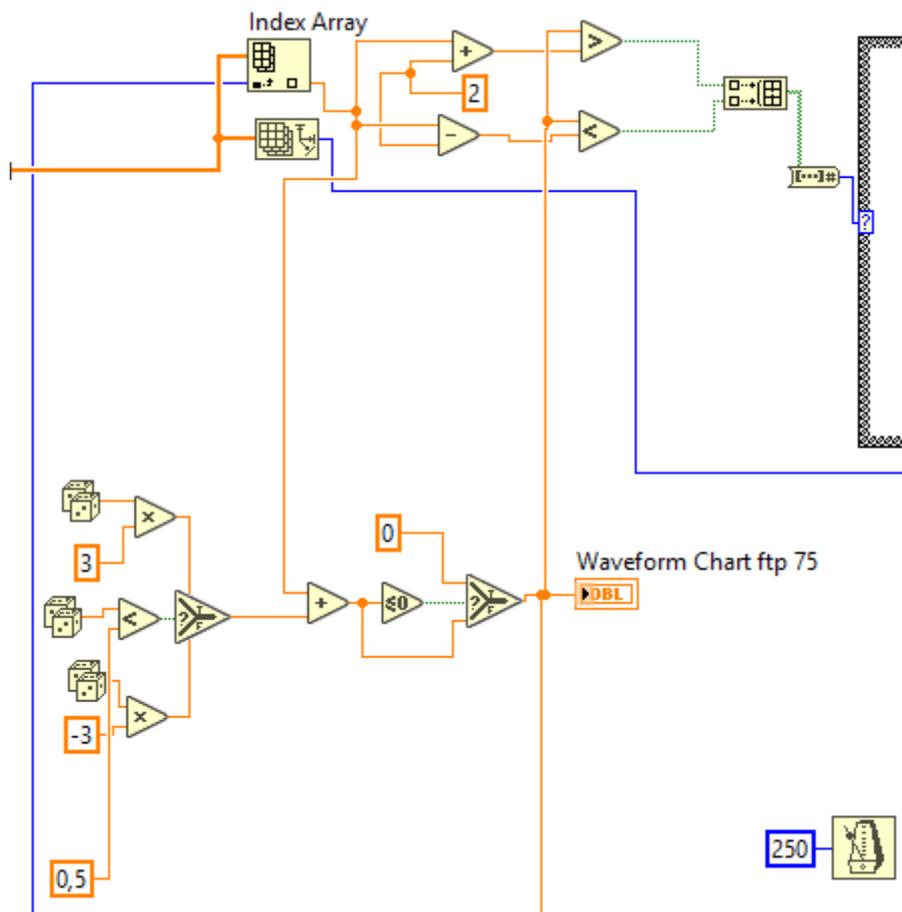


Fonte: (Os autores, 2018)

Para os primeiros testes usamos um apontador de valores para simular a velocidade do veículo dentro do ciclo, inicialmente apenas para testar o gráfico gerado com os valores reais sobre o gráfico do ciclo a ser executado.

Nos testes simulando o comportamento real de um condutor, desenvolvemos uma rotina de valores de velocidade aleatórios com alguns erros para mais ou para menos, mostrado na Figura 23 assim extrapolando os limites de velocidade de +/- 3km/h. Um dos desafios na rotina do teste simulado foi que o componente que gera os valores aleatórios para a simulação não é de fácil controle, assim, os valores variam muito, mas esse fator não se tornou um empecilho para a execução dos testes.

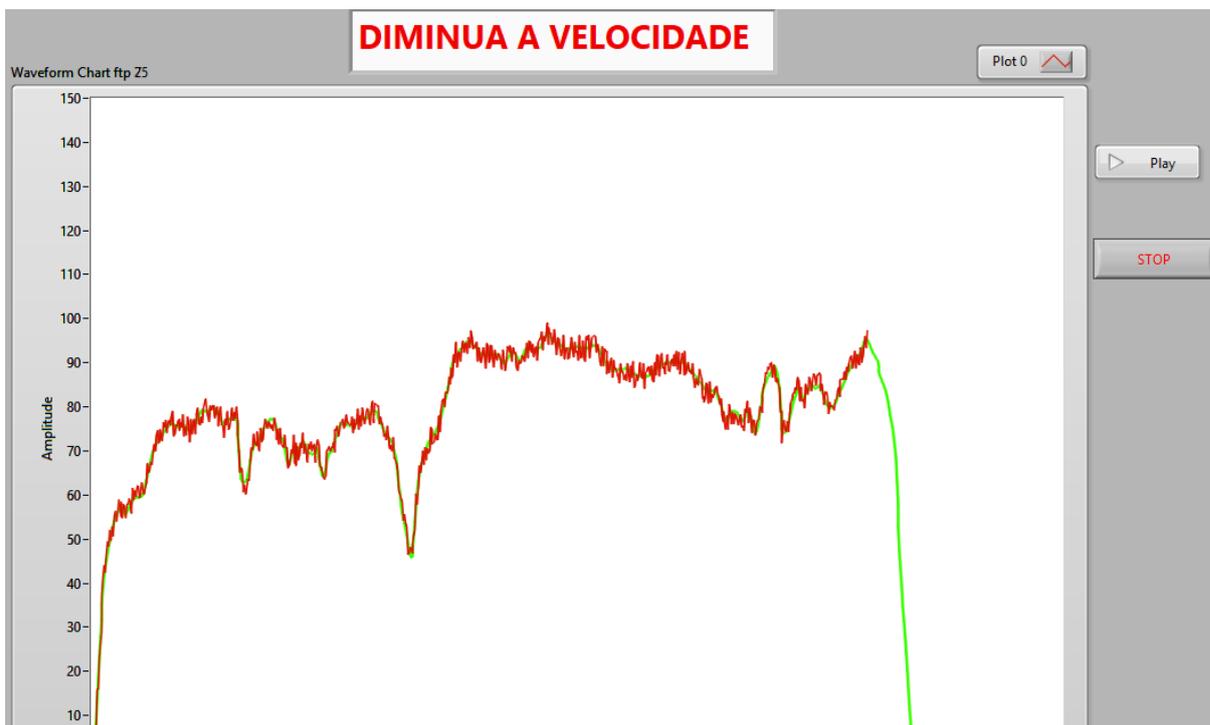
Figura 23 Rotina de teste simulado



Fonte: (Os autores, 2018)

Na tela de teste, se a velocidade extrapolar a margem de erro de +/- 3Km/h, duas mensagens de guia para o condutor são exibidas, “DIMINUA A VELOCIDADE”, mostrado na Figura 24.

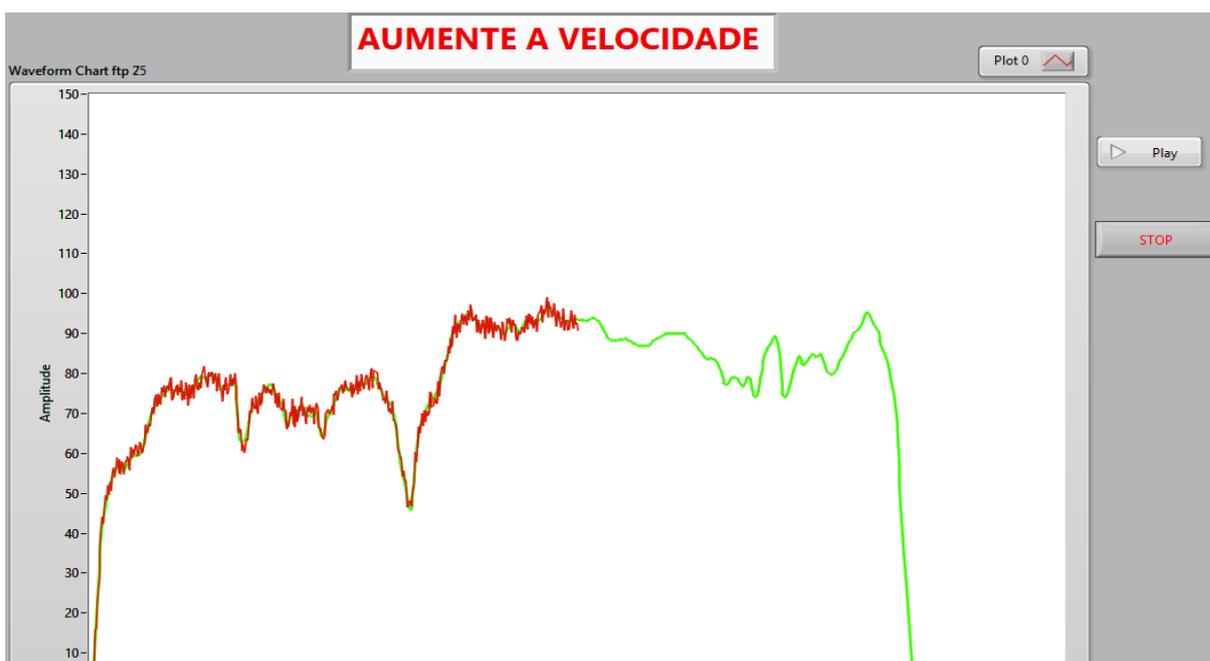
Figura 24 Simulação interação com condutor



Fonte: (Os autores, 2018)

Para velocidades extrapoladas acima da margem de erro e “AUMENTE A VELOCIDADE”, para velocidades abaixo da margem de erro, mostrado na Figura 25.

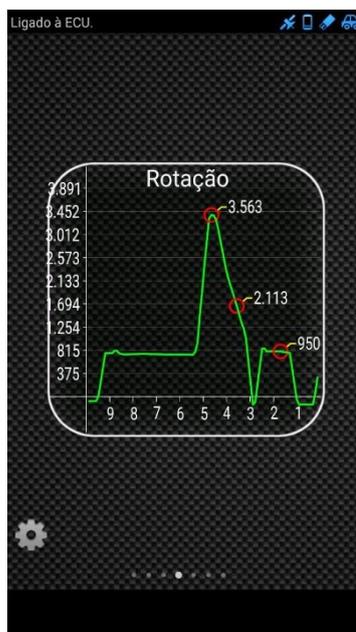
Figura 25 Simulação interação com condutor II



Fonte: (Os autores, 2018)

No primeiro teste utilizamos o aplicativo de celular “OBD CHECK Torque (LITE)”, com o intuito de testar a conexão do OBD via *BlueTooth*, conforme Figura 26. Com este teste obtivemos um resultado positivo da resposta dos dados via OBD *BlueTooth*.

Figura 26 Conexão OBD com celular



Fonte: Os autores (2018).

Após, utilizamos um outro aplicativo, desta vez no laptop, para testar a transmissão e recepção das mensagens via porta COM. Neste teste não obtivemos um resultado positivo no envio das mensagens, enviamos os comandos apresentados na tabela de comandos apresentada no capítulo 3.2.2.

A ideia do teste prático ideal seria montarmos um setup no veículo GOL 1.6L da Fatec, observado na Figura 27, usamos um notebook para rodar o programa em LabVIEW e um conector OBDII (*On Board Diagnostic*) via *BlueTooth*, para a comunicação dos dados do veículo e aquisição da velocidade, pois usamos o valor da velocidade instantânea para a execução do teste com os ciclos disponíveis no software.

Figura 27 Veículo GOL 1.6L



Fonte: (Os autores, 2018)

Com a conexão estabelecida, a ideia seria identificar o OBD em uma das portas COM disponíveis e abri-la no *software* em LabVIEW, assim conseguiríamos enviar o comando AT SP 0, para selecionar o protocolo automático, depois criamos uma rotina no programa para que o comando 01 0D (Velocidade instantânea), seja enviado constantemente para retornar o valor da velocidade instantânea.

5. CONCLUSÃO

O desenvolvimento do software em LabVIEW foi de suma importância, para aplicar os conhecimentos adquiridos, principalmente nas disciplinas relacionadas ao uso do programa LabVIEW e as matérias de Inspeção Veicular e Diagnose.

Com tudo isso, podemos concluir que o objetivo principal do projeto de desenvolver um *software* de guia de condução e análise de resultados foi alcançado, e que ainda existem ajustes mais finos que haviam sido propostos, principalmente a comunicação do veículo com o computador. A interação do software com o usuário foi alcançada. A realização deste projeto foi de grande valia pelo conhecimento adquirido e pelo desafio enfrentado.

Esperamos que em base neste estudo e no desenvolvimento deste software, seja possível uma melhor e profunda análise dos dados de emissões e condições dos veículos hoje encontrados no mercado, para futuramente as leis de emissões possam ser mais severas, desenvolvendo a longo prazo uma melhor qualidade de vida, visando a saúde das futuras gerações.

Para implementações futuras sugerimos que os autores estabeleçam uma comunicação estável e um *hardware* para acesso e aquisição dos dados mais eficiente, principalmente em velocidade de processamento.

Implementação de um sistema que inicie o programa em *LabVIEW* junto com o dispositivo *PEMS*, para a sincronização dos dados coletados durante os ciclos.

Com essas implementações será possível realizar o teste prático com mais eficiência, robustez e veracidade dos resultados obtidos.

6. REFERÊNCIAS

- A COMISSÃO EUROPÉIA, 2016. REGULAMENTO (UE) 2016/427 DA COMISSÃO. <<https://publications.europa.eu/pt/publication-detail/-/publication/9a3e0348-f714-11e5-abb1-01aa75ed71a1/language-pt>>. Acesso em 15 Jan. 2018.
- Australian Automobile Association (AAA). REAL WORLD DRIVING Fuel Efficiency & Emissions Testing, 2016. <<https://www.aaa.asn.au/get-involved/realworld/>>. Acesso em 26 Mar. 2018.
- BAPTISTA, Manuel. *Sistemas de aquisição de dados*. 2016. 30 p. Escola Superior de Tecnologia de Viseu. Disponível em www.estgv.ipv.pt/paginaspessoais/maeb/im/Teorica_Bibliografia Acesso em 24 Abril 2018.
- BUENO, E. e PEIXOTO, P. (2012). *Os Impactos do Automóvel no Meio Ambiente - EcoDebate*. [online] EcoDebate. Disponível em <https://www.ecodebate.com.br/2012/08/14/os-impactos-do-automovel-no-meio-ambiente/> Acesso em 22 Nov. 2017.
- BARTHOLOMEU, Ana Luisa em Frota de veículos em São Paulo cresce acima da média em março e amplia o “nó” do trânsito na maior cidade do país 2008 . Disponível em www.noticias.uol.com.br. Acesso em 18 Nov. 2017.
- CONSTANTINE, S.; MESTERLING, K. Life cycle assessment of greenhouse gas emissions from plug-in hybrid vehicles: implications for policy. *Environmental Science and Technology*. Acesso em 22 Nov. 2017.
- Car Emission Testing Facts. (RDE) real driving emissions test, 2018. <<http://www.caremissionstestingfacts.eu/rde-real-driving-emissions-test/>>. Acesso em 15 Abr. 2018.
- Deloitte. *Relatório de Diagnóstico, 2012*. <http://www.sgc.goias.gov.br/upload/arquivos/2013-11/dtt---relatorio-de-diagnostico_vfinal.pdf> Acesso em Out. 2017.

DieselNet. Emission Test Cycles FTP-75, 2014. <<https://www.dieselnet.com/standards/cycles/ftp75.php>>. Acesso em 24 Abr. 2018.

DI PAOLO EMILIO, MAURIZIO. Data Acquisition Systems: From Fundamentals to Applied Design. 1 st Edition, U.S.A, Springer; 2013.

ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY (EPA). EPA Federal Test Procedure (FTP), 2017. <<https://www.epa.gov/emission-standards-reference-guide/epa-federal-test-procedure-ftp>>. Acesso em 16 Jun. 2018.

ELM Eletronics. OBD to RS232 Interpreter, 2015. <<https://www.elmelectronics.com/wpcontent/uploads/2016/07/ELM327DS.pdf>> Acesso em 19 Dez. 2018.

FAGUNDES, et Al. *Sistema de Monitoramento Automotivo Remoto*, 2015. Acesso em 12 Dez. 2018.

Filho, A. (2006). *O ensaio de emissão emissão veicular*. [online] Inmetro.gov.br. Disponível em <http://www.inmetro.gov.br/metcientifica/palestras/astorfilho.pdf> Acesso em 19 Ago. 2017.

GIECHASKIEL, B., 2018. Real Driving Emissions (RDE). <<http://publications.jrc.ec.europa.eu/repository/bitstream/JRC110424/kjna29036enn.pdf>>. Acesso em 15 Abr. 2018.

HODEL, Kleber. *CAN (controller area network)*.02 jul. 2017, 15 dec. 2017. 13 p. Notas de Aula.

IBRATAN. 2016 Como funciona e qual a importância da vistoria veicular. Disponível em <<https://www.ibratan.com.br>>. Acesso em 30 Jan. 2018.

INMETRO. Regulamento de Avaliação da Conformidade Para Veículos Leves de Passageiros e Comerciais Leves, Com Motores de Ciclo Otto, 2008.

<<http://www.inmetro.gov.br/legislacao/rtac/pdf/RTAC001380.pdf>>. Acesso em 23 Maio 2018.

- IVECO, 2012. Programa de controle da poluição do ar por veículos automotores. Disponível em <<http://www.iveco.com>>. Acesso em 03 Fev. 2018.
- Isto É. 2017 *Respirar ar de São Paulo por 2 horas no trânsito é igual a fumar um cigarro*. Disponível em <<https://istoe.com.br/respirar-ar-de-sao-paulo-por-2-horas-no-transito-e-igual-a-fumar-um-cigarro/>>. Acesso em Ago. 2017.
- JUNIOR, Helio Taliani. *Estudos dos protocolos de comunicação das arquiteturas eletrônicas automotivas*. 07 jul. 2012, 05 aug. 2012. 95 p. Instituto Mauá de Tecnologia. Disponível em <https://maua.br/files/monografias>. Acesso em 14 Mar. 2018.
- JRC TECHNICAL REPORTS. Real Driving Emissions (RDE), 2017. Disponível em publications.europa.eu. Acesso em 30 Set. 2017.
- MARTINS, H. (2016). *Definição e avaliação de ciclos de condução representativos de condições reais de utilização em diferentes contextos urbanos*. Fenix.tecnico.ulisboa.pt. Disponível em fenix.tecnico.ulisboa.pt/downloadFile/281870113703249/dissertacao.pdf. Acesso em 18 Ago. 2017. 22 Ago. 2017.
- MOTA, S. *Impactos ambientais das atividades humanas*. Introdução á Engenharia Ambiental. 2ª Ed. Rio de Janeiro: ABES, 2000. Acesso em 22 Ago. 2017.
- National Instruments. *Conceitos Gerais de Comunicação Serial*, 2015. Disponível em <<http://www.ni.com>>. Acesso em 01 Nov. 2018.
- O Estado de São Paulo. *Respirar ar de SP po 2 horas no trânsito é igual a fumar um cigarro*, 2017. Disponível em <<https://sustentabilidade.estadao.com.br/noticias/geral,respitar-ar-de-sp-por-2-horas-no-transito-e-igual-a-fumar-um-cigarro,70002108042>>. Acesso em Ago. 2017.
- PINTO. *Análise das emissões veiculares em regiões urbanas e metodologia para quantificação de poluentes*. Dissertação. Universidade do Estado do Rio de Janeiro, UERJ, 2005. Acesso em 25 Ago. 2017.

Resumo Escolar (2014). *Sistemas de Transporte no Mundo: Ferroviário, Aquático, Aéreo e Rodoviário | Resumo Escolar*. [online] Disponível em www.resumoescolar.com.br/geografia/sistemas-de-transporte-no-mundo-ferroviario-aquatico-aereo-e-rodoviario/ Acesso em 9 Nov. 2017.

Sistema de monitoramento automotivo remoto, 2015. Disponível em <http://fatecsantoandre.edu.br/arquivos/TCC342.pdf>. Acesso em 08 Nov. 2018.

SANTOS, THAINÁ LOUZADA DOS (2016). *Emissões de poluentes por veículos automotores*. Disponível em <http://educacaopublica.cederj.edu.br/revista/artigos/emissoes-de-poluentes-por-veiculos-automotores>. Acesso em 22 Ago. 2017.

VESILIND, P. A.; MORGAN, S. M. *Introdução à Engenharia Ambiental*. 2ª ed. São Paulo: Cengage Learning, 2011. Disponível em: <http://educacaopublica.cederj.edu.br/revista/artigos/emissoes-de-poluentes-por-veiculos-automotores>. Acesso em 18 Nov. 2017.

VERAS, Mariana, 2018; Doutora em Patologia Toxicológica na FM-USP. Acesso em 3 Fev. 2018.

WEISS, Martin et al. *Analyzing on-road emissions of light-duty vehicles with Portable Emission Measurement Systems (PEMS)*. 2011. 54 p – JRC Sciece and Technical Reports, União Europeia, 2011.

Jornal Oficial da União Europeia. REGULAMENTO (UE) 2016/427 DA COMISSÃO de 10 de março de 2016 que altera o Regulamento (CE) n.o 692/2008 no que respeita às emissões dos veículos ligeiros de passageiros e comerciais (Euro 6). Acesso em 05 Ago. 2018.