

**UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ  
DEPARTAMENTO ACADÊMICO DE ENGENHARIA ELETRÔNICA  
BACHARELADO EM ENGENHARIA ELETRÔNICA**

**MANOELA GONÇALVES PIZYBLSKI**

**ESTUDO DE FERRAMENTAS DE COMUNICAÇÃO DE DADOS PARA  
MEDIÇÃO, CALIBRAÇÃO E TESTES EM SISTEMAS VEICULARES**

**TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO**

**PONTA GROSSA**

**2017**

**MANOELA GONÇALVES PIZYBLSKI**

**ESTUDO DE FERRAMENTAS DE COMUNICAÇÃO DE DADOS PARA  
MEDIÇÃO, CALIBRAÇÃO E TESTES EM SISTEMAS VEICULARES**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado como requisito parcial à obtenção do título Bacharel em Engenharia Eletrônica, do Departamento Acadêmico de Engenharia Eletrônica da Universidade Tecnológica Federal do Paraná.

Orientador: Prof. Dr. Max Mauro Dias Santos

Coorientador: João Vilan Junior

**PONTA GROSSA**

**2017**



---

## TERMO DE APROVAÇÃO

ESTUDO DE FERRAMENTAS DE COMUNICAÇÃO DE DADOS PARA MEDIÇÃO  
CALIBRAÇÃO E TESTES EM SISTEMAS VEICULARES

por

MANOELA GONÇALVES PIZYBLSKI

Este Trabalho de Conclusão de Curso (TCC) foi apresentado em 09 de junho de 2017 como requisito parcial para a obtenção do título de Bacharel em Engenharia Eletrônica. A candidata foi arguido pela Banca Examinadora composta pelos professores abaixo assinados. Após deliberação, a Banca Examinadora considerou o trabalho aprovado.

---

MAX MAURO DIAS SANTOS

Prof. Orientador

---

JOÃO VILAN JUNIOR

Membro titular

---

ROBSON MOREIRA DE OLIVEIRA

Membro titular

## **AGRADECIMENTOS**

Primeiramente agradeço à Deus pelo dom da vida e pelas bênçãos diárias dessa passagem.

Agradeço aos meus pais, Maurício e Marilene pelo exemplo que me dão todos os dias, de honestidade, amor, respeito, carinho, apoio e trabalho, se cheguei até aqui foi por influência e inspiração em vocês.

Ao meu irmão Frederico por sempre ter uma piadinha para me fazer sorrir e uma palavra de apoio nos momentos difíceis, não seria a mesma sem a sua companhia diária.

À minha tia Márcia por ser essa pessoa maravilhosa e minha segunda mãe, sempre me ensinando coisas novas com seus melhores conselhos e a maior disposição do mundo em ajudar.

Aos meus avós, por serem grandes exemplos que marcam fortemente minha história, e sempre generosos na dose de carinho e amor.

Ao Denis Takeo Toyoshima por todos os momentos dedicados a me ajudar, me aconselhar e me ouvir, muito do meu crescimento devo a você.

Agradeço ao meu orientador Professor Doutor Max Mauro Dias Santos por me proporcionar uma experiência incrível, por confiar em meu potencial e ser esse exemplo de humildade em um mundo com tanto orgulho e ego.

À Universidade Tecnológica Federal do Paraná pela estrutura oferecida e seu corpo docente.

À equipe Chiptronic Tecnologia Automotiva e ao meu coorientador João Vilan Junior pelo aprendizado, pela experiência, e pelo acolhimento.

Aos integrantes do Grupo de Sistemas Automotivos e aos colegas de classe, que fazem parte da minha história acadêmica, obrigada pelas dicas, conselhos e instruções.

Enfim, a todos que de alguma maneira, positiva ou negativa colaboraram para o meu crescimento, o meu muito obrigada.

## RESUMO

PIZYBSLKI, Manoela Gonçalves. **Estudo de Ferramentas de Comunicação de Dados para Medição, Calibração e Testes em Sistemas Veiculares**.2017. 57 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Eletrônica) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Ponta Grossa, 2017.

Com o crescimento das funções automotivas, nasce a exigência de maior cuidado no monitoramento das ações de controle que regem estas. Evitar que falhas aconteçam no sistema é primordial, portando os diferentes setores da engenharia automotiva envolvem-se em criar e a viabilizar cada vez mais processos, garantindo um sistema confiável, seguro e livre de falhas. Este trabalho visa apresentar alguns métodos de calibração, medição e diagnóstico adotados, ressaltando a importância e o objetivo de cada um deles.

**Palavras-chave:** Sistemas Veiculares. Diagnóstico Automotivo. Testes Automáticos.

## ABSTRACT

PIZYBSLKI, Manoela Gonçalves. **Study of Data Communication Tools for Measurement, Calibration and Testing in Vehicular Systems**. 2017. 57 p. Work of Conclusion Course (Graduation in Electronic Engineering) - Federal Technology University - Paraná. Ponta Grossa, 2017.

With the growing of automotive functions, there is an increase in requirement of care about control actions that conduct these utilities. Avoiding failures that happen in the system is primordial, therefore the different sectors of automotive engineering are focused on create and make feasible more and more process, guaranteeing a reliable, safe and failure-free system. This work presents some methods of calibration, measurement and diagnosis used, highlighting the importance and the objective of each one of them.

**Keywords:** Vehicular Systems. Automotive Diagnostics. Automatic Testing.

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 - Evolução do Número de Centrais Eletrônicas .....	13
Figura 2 - Arquitetura Ponto a Ponto Entre ECUs .....	19
Figura 3 - ECUs Dispostas no Barramento CAN .....	20
Figura 4 - Barramento CAN Bits Dominantes e Recessivos .....	21
Figura 5 - Formato CAN 2.0A.....	21
Figura 6 - Formato CAN 2.0B.....	22
Figura 7 - Luzes Indicadoras de Erro no Painel do Veículo .....	23
Figura 8 - Curva de Probabilidade de Falha.....	26
Figura 9 - Curva de Confiabilidade.....	26
Figura 10 - Caracterização da Taxa de Falha .....	27
Figura 11 - Sistema de Direção Elétrica .....	29
Figura 12 - Sistema ETC para Motor a Gasolina.....	29
Figura 13 - Lâmpada Indicadora de Mau Funcionamento (MIL) .....	30
Figura 14 - Diagnóstico On-board com Uso de Equipamento de Diagnóstico .....	31
Figura 15 - Pinagem Conector .....	31
Figura 16 - Exemplo de Método Baseado no Sinal para Nível de Fluidos .....	32
Figura 17 - Curvas de Previsão de Valores.....	33
Figura 18 – Leitura do Sinal de Temperatura na Região de Memória .....	36
Figura 19 - Reta do Sensor de Temperatura.....	37
Figura 20 - Regiões de Memória em uma ECU.....	37
Figura 21 - Exemplo de Código DTC .....	39
Figura 22 - Lógica do Procedimento .....	42
Figura 23 - Bancada de Laboratório Utilizada para Comunicação de Dados.....	42
Figura 24 - Unidade de Controle e Seus Respective Componentes .....	43
Figura 25 - Trecho da SAE J1939-71 com Especificações de Mensagens.....	45
Figura 26 - Interface CAN .....	50
Figura 27 - Conexão Entre Interface e Veículo para Obtenção de Sinais CAN .....	50
Figura 28 - Sinal Criado na Plataforma Virtual .....	51
Figura 29 – Apresentação Message Window com Variação dos Sinais .....	53
Figura 30 - Visualização dos Sinais Específicos .....	54
Figura 31 -Visualização da Variação dos Sinais e Respective Mensagens .....	54
Figura 32 – Gráfico Apresentando Variação de Valores Físicos e Brutos do Pedal do Acelerador .....	55

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Exemplo da Estrutura de um Sinal .....	44
Tabela 2 - Estrutura da Primeira Mensagem Desenvolvida no Trabalho .....	47
Tabela 3 - Estrutura da Segunda Mensagem Desenvolvida no Trabalho .....	47
Tabela 4 - Estrutura da Terceira Mensagem Desenvolvida no Trabalho .....	47
Tabela 5 - Estrutura dos Sinais Inclusos na Primeira Mensagem (1) .....	48
Tabela 6 - Estrutura dos Sinais Inclusos na Primeira Mensagem (2) .....	48
Tabela 7 - Estrutura do Sinal Incluso na Segunda Mensagem .....	49
Tabela 8 - Estrutura do Sinal Incluso na Terceira Mensagem .....	49



## SUMÁRIO

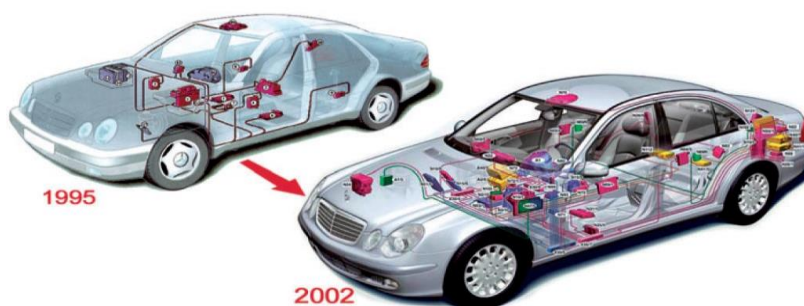
<b>1 INTRODUÇÃO</b> .....	<b>13</b>
1.1 TEMA .....	15
1.1.1 Delimitação do Tema .....	15
1.2 PROBLEMA.....	16
1.3 OBJETIVOS GERAIS .....	16
1.4 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	17
1.5 JUSTIFICATIVA.....	17
1.6 METODOLOGIA.....	17
1.7 ORGANIZAÇÃO DO TRABALHO.....	18
<b>2 DESENVOLVIMENTO</b> .....	<b>19</b>
2.1 CONFIABILIDADE DE REDES VEICULARES E CARACTERIZAÇÃO DO DIAGNÓSTICO .....	19
2.1.1 Rede CAN .....	20
2.1.2 Caracterização do Diagnóstico .....	23
2.1.3 Monitoramento, Segurança, Confiabilidade e Diagnóstico .....	23
2.1.3.1 Definições iniciais .....	24
2.1.3.2 Confiabilidade e disponibilidade do sistema.....	25
2.1.4 Atuação e Comunicação do Diagnóstico .....	30
2.1.5 Classificação de Métodos de Diagnóstico.....	32
<b>3 MEDIÇÃO, CALIBRAÇÃO E DIAGNÓSTICO</b> .....	<b>34</b>
3.1 REGIÕES DE MEMÓRIA VEICULARES.....	37
3.2 ASAM-MCD .....	40
<b>4 PROCEDIMENTO</b> .....	<b>42</b>
4.1 DICIONÁRIO DE DADOS .....	43
4.1.1 SAE J1939.....	45
4.1.2 Mensagens do banco de dados .....	46
4.1.1 Sinais do banco de dados.....	48
4.2 INTERFACE CAN E CONEXÃO .....	49
4.3 SOFTWARE BUSMASTER .....	50
4.3.1 Logs de sinais.....	51
<b>5 ANÁLISE E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS</b> .....	<b>53</b>
<b>6 CONCLUSÃO FINAL</b> .....	<b>56</b>
<b>REFERÊNCIAS</b> .....	<b>58</b>

## 1 INTRODUÇÃO

Por alguns anos no decorrer do desenvolvimento automotivo as detecções de falhas e problemas existentes eram feitas apenas com algumas indicações mais visíveis, como cheiro ou barulhos estranhos, essas detecções eram feitas usando os sentidos humanos. Em meados dos anos 60, os veículos passaram a apresentar mais tecnologia integrada, conseqüentemente ficaram mais complexos denotando uma maior influência da instrumentação.

A partir dos anos 90 desencadeou-se uma fase de estabilização no desenvolvimento das estruturas eletrônicas e suas respectivas topologias de rede. Com isso o conteúdo eletrônico ali presente poderia postular a situação do veículo, por conseqüência, a eletrônica transfigurou-se em um mal necessário para a existência de novas funções, pois os três nós que existiam nos veículos comerciais em meados de 1989, tornaram-se mais de setenta a partir dos anos 2000 (FRANK, 2007).

**Figura 1 - Evolução do Número de Centrais Eletrônicas**



**Fonte: Frank (2007)**

Os subsistemas automotivos são geridos por ECUs (*Electronic Control Unit*), chamadas de unidades de controle eletrônicas, um veículo é composto por diferentes tipos de unidades de controle, as quais possuem funções de controle próprias e relacionadas, por exemplo, motor e transmissão. Com isso, os subsistemas passam a adotar nomes específicos para gerenciar o seu respectivo controle, tal como TCM para transmissão (*Transmission Control Module*).

Com o crescimento tecnológico dentro da área automotiva surgiu também a preocupação com a emissão de poluentes, nos quais os veículos automotores apresentavam forte influência ao lançarem gases na atmosfera. A introdução de sistemas informatizados de controle do motor trouxe a facilidade no trabalho de

monitorar a deterioração dos componentes eletrônicos, a qual pode acarretar no aumento da emissão de poluentes. Garantindo uma vida útil maior ao veículo e manutenção facilitada do mesmo, conhecido como *On-Board Diagnostic* (BASTOS,2012).

Reparos pós-produção podem ser evitados se nas fases de desenvolvimento e produção do veículo existirem ações preventivas como medição e calibragem dos componentes presentes nas unidades de controle. Ainda diagnosticar possíveis defeitos que ocorram futuramente.

A existência de padrões proprietários entre fabricantes eram comuns, cada montadora definia seu próprio padrão para realização dos testes de calibração, medição e diagnósticos, citados anteriormente. Porém depois de um tempo esses padrões passaram a ser vistos de forma negativa, devido à falta de flexibilidade na realização dessas tarefas. Seria mais aceitável a presença de um padrão para que essas tarefas pudessem ser realizadas com a adoção de ferramentas universais e padronizadas.

Os padrões de dados de diagnóstico utilizados atualmente incluem um modelo de acordo com ISO 22901-1 ODX (*Open Diagnostic Data Exchange*, ASAM MCD-2D) entre outras interfaces de *software*, que encontram-se presentes para o usuário como bibliotecas de *software*. Além dos padrões de diagnóstico UDS de acordo com ISO 14229-1, o qual substituirá de maneira gradual os protocolos de diagnóstico mais antigos, como *K-line* regido pela ISO 9141-2, KWP2000 e KWP2000 *on* CAN. (SCHAUFFELE,2005)

No momento que passou a existir a possibilidade da introdução de novas ferramentas de diagnóstico, nasceu a otimização das etapas de trabalho. Por mais que a padronização pareça não estar aliada à inovação, a eletrônica automotiva possui como uma das principais características o desenvolvimento contínuo. Portanto, é visível que o progresso torna-se essencial como indicador de desempenho para as fabricantes originais, também conhecidas como OEMs (*Original Equipment Manufacturer*).

Objetiva-se estudar e apresentar um entendimento dos padrões da indústria automotiva presentes nas fases de medição, calibração e diagnóstico. Através do uso de metodologias, processos e abordagem de *softwares* específicos, possibilitando a visualização dos métodos e da importância desses testes.

Salienta-se que os procedimentos metodológicos e o embasamento teórico são tratados, posteriormente, em capítulos próprios e com a profundidade necessária ao trabalho de pesquisa.

## 1.1 TEMA

O presente documento aborda os padrões existentes na engenharia automotiva, bem como apresentação de alguns testes envolvendo medição, calibração e diagnóstico. Buscando mostrar a importância dos *softwares* presentes da respectiva área, os quais facilitam e otimizam os processos de produção, manufatura e serviços.

### 1.1.1 Delimitação do Tema

Esta discussão estará focada em apresentar a importância do surgimento dos padrões para atividades de testes no meio automotivo, ressaltando pontos que abrangem a importância de um sistema confiável e seguro.

Testes de medição, calibração e diagnóstico são feitos através de ferramentas de *software* específicas da área, muitas vezes podem simular um veículo virtualmente ou podem acessar os dados deste para acompanhar seu funcionamento e desempenho.

Com o objetivo de apresentar o acompanhamento do desempenho de um veículo, será utilizada uma ferramenta de comunicação de dados, a qual permite um acesso à rede CAN (*Controller Area Network*) do veículo e capta sinais instantâneos e uma ferramenta computacional que permite a visualização desses dados.

A validação da leitura em *frames* CAN pode ser feita posteriormente, visto que a ferramenta utilizada proporciona a gravação de dados no momento da comunicação, essa gravação é conhecida como *log*.

Os dados gravados na ferramenta computacional podem ser observados posteriormente, fora da plataforma veicular. Ou seja, o *log* feito com o veículo em movimento captando sinais pode ser observado apenas na interface gráfica, na forma de *replay*.

Uma abordagem desse nível permite ao setor de engenharia de testes das montadoras grandes vantagens, como por exemplo, custo e tempo, visto que o engenheiro de testes não precisará estar sempre dentro de um veículo em movimento para medir, calibrar e diagnosticar possíveis falhas no sistema.

Para o desenvolvimento do modelo na forma de *log* será utilizada uma bancada representando um veículo, uma interface de rede CAN que faz a leitura dos sinais na rede do veículo, Kvaser®, e a ferramenta computacional gratuita BUSMASTER® a qual permite simulação, análise e testes em sistemas com barramento CAN, CAN FD, LIN e FlexRay.

## 1.2 PROBLEMA

Com o crescente desenvolvimento no meio automotivo, fez-se necessária a presença de sistemas que possibilitem segurança e facilidade no projeto de veículo. Para que possam existir ambas, caminhando de maneira paralela, foram desenvolvidos padrões de automatização de processos, os quais permitem às montadoras a realização de testes antes, durante e depois do desenvolvimento do veículo. É importante dominar áreas normativas que estão inclusas para que este processo de testes seja realizável.

A utilização de ferramentas poderosas permite a realização de calibração, medição e diagnósticos de maneira automática, o que trás uma facilidade para as montadoras e para empresas que prestam serviços terceirizados no pós-venda. A dificuldade está nas empresas que possuem a função de pós-venda, visto que nem sempre as OEMs (*Original Equipment Manufacturer*) seguem métodos normativos, o que impulsiona o desenvolvimento e apresentação desta discussão.

## 1.3 OBJETIVOS GERAIS

Estudar ferramentas e métodos que envolvem engenharia de testes no meio automotivo, ressaltando a importância dos mesmos no desenvolvimento e produção de um veículo e apresentar registros de testes feitos com ferramentas que são utilizadas por empresas.

## 1.4 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Entender a importância de medição, calibração e diagnóstico em sistemas automotivos, bem como seu processo e as definições inclusas;
- Definir a ferramenta a ser usada para execução de testes;
- Elucidar o funcionamento do *hardware* usado na comunicação durante o teste;
- Apresentar um teste de medição de sinais em uma rede veicular.

## 1.5 JUSTIFICATIVA

Como atualmente a demanda por segurança, conforto e tecnologia está cada vez maior na área automotiva, as montadoras buscam desempenhos de superação sempre, com isso o sistema incluso nos veículos torna-se mais complexo exigindo de mais tecnologias para acompanhamento e prevenção de falhas e erros.

Desse acompanhamento nasce a necessidade de monitorar o veículo, durante sua produção garantindo confiabilidade e qualidade para que não apresente falhas. E no caso de falhas, fornecer agilidade durante os reparos fazendo com que os custos não sejam elevados.

O que motiva o desenvolvimento deste estudo é o entendimento e a visualização da ligação que existe entre os setores de engenharia de produto, engenharia de manufatura, engenharia de pós-vendas e fornecedores. Esses setores precisam caminhar no mesmo nível, seguindo requisitos da indústria e corporação para oferecer ao cliente um produto seguro e confiável.

## 1.6 METODOLOGIA

Primeiramente são estudados os sistemas presentes em um veículo para visualização das etapas de calibração, medição e diagnóstico. Posteriormente a apresentação do estudo bibliográfico e dos métodos existentes será feita uma abordagem em uma bancada veicular utilizando a ferramenta computacional BUSMASTER e uma interface de rede CAN chamada Kvaser.

Na abordagem feita na bancada, serão captados sinais diretamente da rede CAN e salvos na ferramenta computacional, proporcionado posteriormente avaliação do comportamento do mesmo.

## 1.7 ORGANIZAÇÃO DO TRABALHO

Este trabalho está dividido em quatro partes principais: capítulos 2 e 3 apresentando referencial teórico, e capítulo 4 e 5 o desenvolvimento e resultados do trabalho.

Na segunda seção, Capítulo 2 desse documento traz uma abordagem sobre as redes veiculares e o diagnóstico automotivo, ressaltando sua caracterização e importância durante o processo de produção. Através dos equacionamentos de falhas, apresentação de alguns métodos existentes.

O capítulo 3, com título de Medição, Calibração e Diagnóstico faz a conceituação de medir, calibrar e diagnosticar regiões de memória veiculares e avaliar *frames* de dados provenientes dessas regiões. São conceituados também códigos de falha e padrões existentes para o processo de medir, calibrar e diagnosticar na indústria automotiva.

No capítulo 4, é apresentado o procedimento efetuado no trabalho, bem como apresentação da interface utilizada para comunicação dos dados e do *software* utilizado durante o processo. O desenvolvimento e entendimento da hierarquia de um pequeno banco de dados e a justificativa da autora desenvolver esse banco também são apresentados.

Por fim, o quinto capítulo faz uma análise dos resultados obtidos com o uso das ferramentas apresentadas no quarto capítulo, e apresentação dos mesmos por meio da ferramenta virtual BUSMASTER.

## 2 DESENVOLVIMENTO

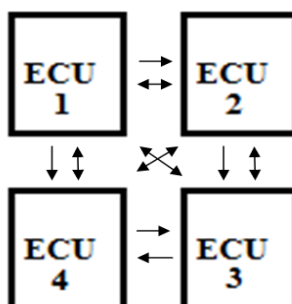
Os sistemas de controle eletrônico automotivo estão embutidos em uma classe de sistema mecatrônico, em que uma unidade de controle eletrônica interage com o subsistema automotivo através de sensores e atuadores. Uma unidade de controle eletrônica (ECU) possui um microcontrolador o qual suporta um *software* com funções de gerenciamento e controle dos sensores e atuadores.

Ao longo das décadas, a dinâmica por busca de melhor desempenho, menor consumo, maior conforto e confiabilidade presente nos sistemas eletrônicos, proporcionou aos fabricantes de veículos programar os sistemas de controle que apresentavam certa complicação. Então os veículos passaram a possuir uma variedade de dispositivos elétrico e eletrônicos executando diferentes funções, por meio da fiação elétrica. (SUWATTHIKUL, 2010)

### 2.1 CONFIABILIDADE DE REDES VEICULARES E CARACTERIZAÇÃO DO DIAGNÓSTICO

Inicialmente a comunicação entre as centrais eletrônicas era simples, feita a partir de *links* ponto-a-ponto, como apresentado na figura 2 eram utilizados cabos não multiplexados, mais tarde resultando em uma fiação volumosa, devido ao número de ECUs que passaram a existir com o tempo.

Figura 2 - Arquitetura Ponto a Ponto Entre ECUs



Fonte: Autora (2017)

Com um volume crescente de unidades de controle e da fiação, esta se transformou em um desafio para os fabricantes, visto que um chicote de um veículo

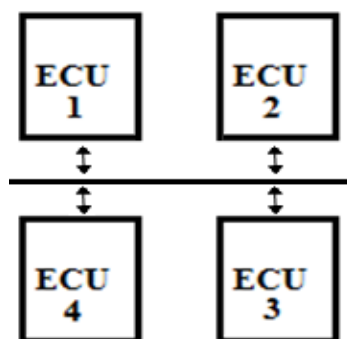


de classe média possuía aproximadamente 300 conectores com mais de 1500 pinos.

### 2.1.1 Rede CAN

Por volta dos anos 80, Robert Bosch GmbH surge com uma robusta rede de controle automotivo, chamando-a de Rede CAN (*Controller Area Network*). A figura 3 demonstra a arquitetura dessa rede baseada em barramento, a qual permite que as ECUs que estejam conectadas recebam sinais codificados do veículo digitalmente em forma de mensagens CAN, melhorando as aplicações em tempo real dos veículos. (NASSIM, 2016)

**Figura 3 - ECUs Dispostas no Barramento CAN**



Fonte: Autora (2017)

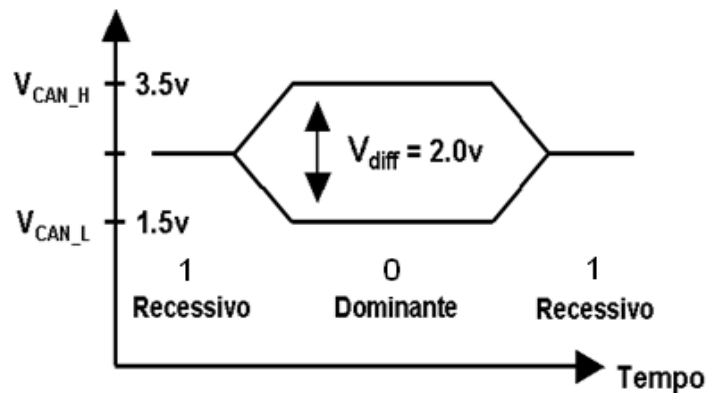
O barramento CAN é um protocolo síncrono de comunicação, esse sincronismo ocorre entre os módulos conectados a rede e é executado relacionado com o começo de cada mensagem lançada no barramento. Utiliza-se do conceito multi-mestre, pois todos os módulos podem ser escravo em um momento e mestre no outro e um regime conhecido como *multicast*, o qual se caracteriza por enviar qualquer mensagem para todos os módulos que a rede possui.

Os módulos presentes na rede verificam o estado do barramento e analisam se outro módulo está enviando mensagem e exista uma mensagem de menor prioridade esta tenderá a cessar e a mensagem de maior prioridade passará a continuar sua transmissão, esse conceito é chamado CSMA/CD *with NDA* (*Carrier Sense Multiple Access / Collision Detection with Non-Destructive Arbitration*). (GUIMARÃES, 2007)

Fios elétricos são os meios de transmissão de dados adotado nessa rede, podendo existir três formas: redes baseadas em um, dois e quatro fios. Redes que trabalham com dois e quatro fios abordam sinais de dados CAN\_H (CAN *High*) e CAN\_L (CAN *Low*), nos barramentos que contem quatro fios além dos sinais de dados, há um fio ligado com a alimentação (VCC) e outro com a referência (GND). E nas redes com apenas um fio, possuem o fio de dados, conhecido como linha CAN.

Outra característica do barramento CAN está no fato dos bits serem representados por dominantes e recessivos em consequência dos fios CAN\_H e CAN\_L, o nível lógico baixo (0) é representado pelo fio dominante, e o nível lógico alto (1) é representado pelo fio recessivo, os níveis de tensão assim como os bits dominantes e recessivos podem ser observados na figura 4.

Figura 4 - Barramento CAN Bits Dominantes e Recessivos

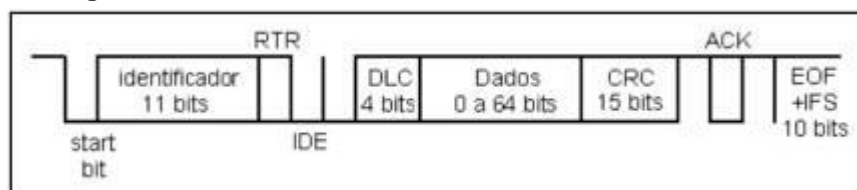


Fonte: Guimarães (2007)

A estrutura das mensagens pode ser dividida em duas classes, sendo elas:

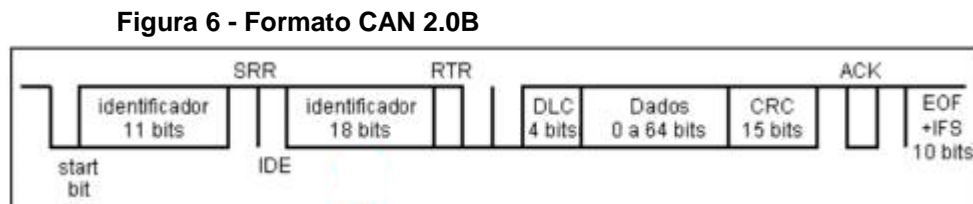
- CAN 2.0A em que as mensagens possuem um identificador de 11 bits, possibilitando ter até 2048 mensagens em uma rede, o que significa também uma possível limitação para algumas aplicações, o quadro de mensagens dessa classe pode ser observado na figura 5.

Figura 5 - Formato CAN 2.0A



Fonte: Nassim (2016)

- CAN 2.0B as mensagens possuem um identificador de 29 bits, pode ser visualizado na figura 6, o que possibilita ter 537 milhões de mensagens, deixando de existir a limitação com relação a quantidade de mensagens. Porém os 18 bits a mais presentes podem ocasionar um aumento no tempo de transmissão para cada mensagem, caracterizando um problema para determinadas aplicações, que é denominado *overhead*.



Fonte : Nassim (2016)

Sendo a maior vantagem de uma rede CAN é a sua robustez e a capacidade de adaptação a condições de falha, quando as falhas são detectadas por um ou mais módulos receptores, a rede faz com que eles enviem ao barramento uma mensagem de erro, sendo um aviso para a rede de que aquela mensagem possuía um erro e que o transmissor deve fazer o seu envio novamente.

Nos casos em que há algo de errado no nível físico da rede, ou seja, nos barramentos com dois e quatro fios, se estes sofrerem algum dano, esta continuará operando em modo de segurança. São conhecidas três condições de falha para os casos de linhas de comunicação sendo: curto do CAN\_L ou CAN\_H com o GND; curto entre CAN\_H e CAN\_L e rompimento do CAN\_H ou CAN\_L. (Davis,2015)

Em cada ECU há um controle de comunicação CAN, este monitora a transmissão das mensagens entre cada central. Por meio de um recurso de arbitragem, existe também um controle do acesso ao barramento, o que faz com que colisões de transmissões sejam evitadas, pois se estas ocorrem podem causar erros de comunicação.

Se irromperem erros no decorrer da comunicação, existe um meio de gerenciamento de erros no controlador, cuja finalidade é detectar, manipular e fazer a limitação dos erros. Posteriormente é transmitido um quadro de erros de forma a notificar a ECU da existência destes e fazendo com que ela ignore a mensagem do barramento.

## 2.1.2 Caracterização do Diagnóstico

Juntamente com o desenvolvimento de um novo barramento para transmissão de sinais, surgiram os novos métodos de diagnóstico, visto que a utilização dos instrumentos convencionais que faziam simples aferições de sinais elétricos caiu em desuso. O OBD (Diagnóstico de Bordo), que inicialmente possuía a função de controlar emissões, tornou-se capaz de fornecer códigos de falhas (DTC – *Diagnostic Trouble Code*) abordando dados além do que era proposto inicialmente.

O diagnóstico está presente nas indicações de erro no veículo, como por exemplo, as luzes no painel, figura 7, ou quando há falhas nos dispositivos de controle do veículo, como centrais eletrônicas ou computador de bordo com defeito. (Bäker,2014)

**Figura 7 - Luzes Indicadoras de Erro no Painel do Veículo**



Fonte: Damiano et al. (2013)

A principal finalidade do diagnóstico está em determinar as causas dos erros e as falhas dos componentes que concebem a troca de uma ECU, além do cálculo da gravidade e da geração de informação. No processo de diagnóstico estão inclusos: identificação dos sintomas, sintomas de processamento, procedimento de diagnóstico, diagnóstico computadorizado, visualização de dados e resultados.

## 2.1.3 Monitoramento, Segurança, Confiabilidade e Diagnóstico

Para melhor entendimento do tema em questão, é necessária a compreensão de algumas definições e fundamentos. Como o sistema veicular apresenta uma série de sistemas de controle, no momento em que ocorre uma falha em uma função do sistema, no caso de uma situação de trânsito pode ocasionar um

acidente de nível grave. Como exemplo, se a função do sistema de freios ou de direção vir a falhar.

Portanto, por razões de segurança existem grandes exigências que perpetuam sobre a confiabilidade e a segurança das funções veiculares. Permitindo uma assistência melhor ao condutor do veículo, um exemplo simples dessa assistência é o nível de combustível, ou a temperatura exterior. Ambas as situações oferecem uma ótima assistência ao motorista.

Conforme as razões citadas anteriormente e outras mais, a confiabilidade, segurança e diagnóstico das funções veiculares ganham cada vez mais importância. Conseqüentemente, durante o projeto dos sistemas eletrônicos devem ser considerados os comportamentos veiculares em tempo real, por meio de uma investigação precisa das falhas e das características que levam ao mau funcionamento dos sistemas e dos componentes. Desenvolvendo uma capacidade maior e mais veloz da detecção de falhas que ocorre nos sistemas. (SCHAUFFELE,2005)

#### 2.1.3.1 Definições iniciais

Como esta sessão está abordando conceitos sobre a investigação da qualidade da demanda dos veículos, ressaltam-se as definições sobre segurança, confiabilidade e disponibilidade.

Segurança é definida pela norma alemã DIN 31000 (Princípios Gerais para a concepção segura de produtos) como a descrição de uma condição em que o risco não é maior do que o risco limite. O risco limite é considerado igual ao maior risco justificável.

Confiabilidade é a propriedade parcial da qualidade de um produto, como as médias de um conjunto, informações de probabilidade, previsões de probabilidade. Muitas vezes é obtida através de medidas quantitativas.

Disponibilidade definida pela norma DIN 40042 indica o grau de probabilidade de encontrar um sistema com uma condição útil em um determinado tempo.

Além dos conceitos apresentados, deve-se atentar para as seguintes definições:

- Defeito: Desvio indesejável de um sistema, considerado um estado. Pode ser ocasionado por erro de projeto, falha de hardware ou software, o que causa o erro;
- Falha: Razão pela qual o erro é ocasionado;
- Erro: Descrição dos efeitos manifestados, indicando o estado entre as diferentes características do sistema, a partir dos valores desejados. Pode ser classificado em erro aleatório, o qual ocorre ao acaso (curto circuito, mudança no conteúdo da memória); ou erro sistemático, tem uma ou mais causas originais e ocorre de forma determinística, pode ser evitado (erro de *software*, dimensionamento incorreto de componentes, erros de projeto, montagem incorreta de módulos).

Exemplificando, se a porta de um carro quebra, ele está apresentando um defeito. Quando o sistema detecta esse defeito altera para um estado de erro, conseqüentemente caracterizando a falha, pois o sistema passou a apresentar um estado não especificado, o estado da porta quebrada.

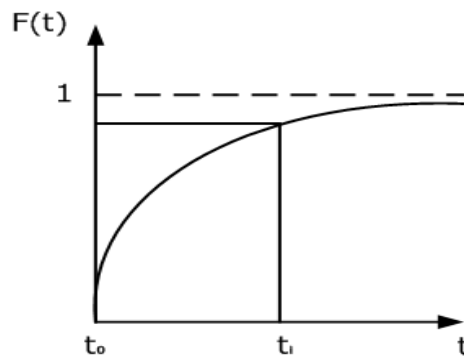
### 2.1.3.2 Confiabilidade e disponibilidade do sistema

Um sistema confiável apresenta a capacidade de execução das funções desejadas ao longo de um período característico de tempo. Observações estatísticas são usadas e, consideradas bem sucedidas durante as investigações das tarefas relacionadas. Desta forma, as variáveis envolvidas são:

- Tempo (T- tempo de falha), descreve o intervalo entre o início de uma operação ( $t_0$ ) até o seu fracasso ( $t_a$ );
- Probabilidade de falha  $F(t_i)$ , é a probabilidade de que dispositivo avaliado pode falhar no intervalo de tempo  $t(0 = t_0 \ t > t_0)$ . A figura 8 apresenta a curva da frequência de falha cumulativa relativa,  $F(t_i) = P(T \leq t)$  com P sendo a probabilidade de:

$$F(t_i) = \int_{t=0}^{t_i} f(t) dt \quad (1)$$

**Figura 8 - Curva de Probabilidade de Falha**



Fonte: Bäker (2014)

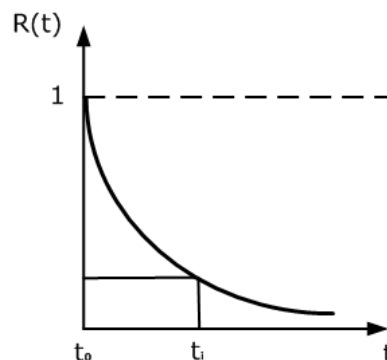
Para obtenção da frequência citada acima, observando um número grande de amostras sob as mesmas condições, é aplicada a equação 2.

$$F(t_i) \approx \frac{na(t_i)}{n_0} \quad (2)$$

Em que  $na(t_i)$  é o número de unidades que apresentaram falha no tempo  $t_i$  e  $n_0$  é o número de unidades que falharam no tempo  $t = t_0 = 0$ .

- Complementando a probabilidade de falha nasce a função de confiabilidade  $R(t)$ . A qual aponta o quão provável uma unidade de observação é funcional dentro de um intervalo de 0 a  $t$ , como expresso na figura 9.

**Figura 9 - Curva de Confiabilidade**



Fonte: Bäker (2014)

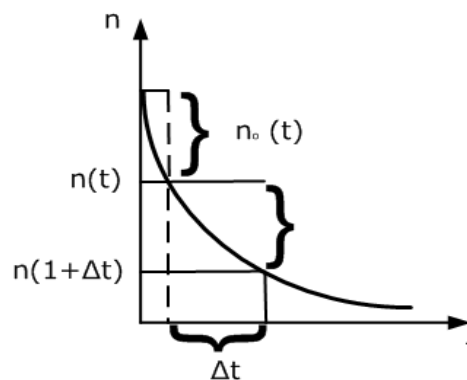
A função de confiabilidade empírica é definida como:

$$R(t) = \frac{n_0 - na(t)}{n_0} = 1 - F(t) \quad (3)$$

Sendo assim,  $R(t)$  expressa a probabilidade em que uma unidade de observação pode ser esperada para ser funcional no intervalo de  $t = 0$  à  $t_i$  (às vezes a taxa de falha é usada no lugar dessa taxa).

- Taxa de falha  $\lambda(t)$ , possui uma função importante em análises que envolvem segurança e confiabilidade. É obtida pela razão entre o número de falhas no intervalo  $(T, t + \Delta t)$  e o número de unidades que se encontram em observação e que não apresentaram falhas no instante  $t$ , figura 10.

**Figura 10 - Caracterização da Taxa de Falha**



Fonte: Bäker (2014)

O equacionamento para obtenção da relação de taxa de falhas é:

$$\lambda(t) = \frac{f(t)}{R(t)} = \frac{F'(t)}{R(t)} \quad (4)$$

$$\lambda(t) = \frac{\Delta na}{\Delta t} \cdot \frac{1}{n(t)} \quad (5)$$

$$n(t) = n_0 - na(t) \quad (6)$$

$$\lim_{n_0 \rightarrow \infty} \frac{\Delta na}{n_0} = F(t) \quad (7)$$

Em quem  $\Delta na$  (equação 5) representa o número de falhas no intervalo de tempo  $\Delta t$ ,  $n(t)$  número de unidades em função do tempo  $t$  e,  $\Delta t$  é o intervalo considerado para avaliação.

Com isso, estima-se o valor para taxa de falhas:



$$\lambda(t) \approx \frac{\Delta na}{n(t) \cdot \Delta t} \quad (8)$$

- Tempo médio de falha (MTTF), utilizado quando há um número (N) grande de unidades em observação, aplica-se:

$$MTTF = \lim_{N \rightarrow \infty} = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N T_i \quad (9)$$

Adotando uma taxa de falha constante, torna-se:

$$MTTF = \frac{1}{\lambda} \quad (10)$$

- Tempo médio de reparação (MTTR), está presente nos sistemas que possuem a opção de reparo. A função possui dependência de  $T_{Ai}$ , o que indica tempo de indisponibilidade.

$$MTTR = \lim_{N \rightarrow \infty} = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N T_{Ai} \quad (11)$$

- Disponibilidade média (V) nivela o grau em que um produto com reparo encontra-se disponível e utilizável.

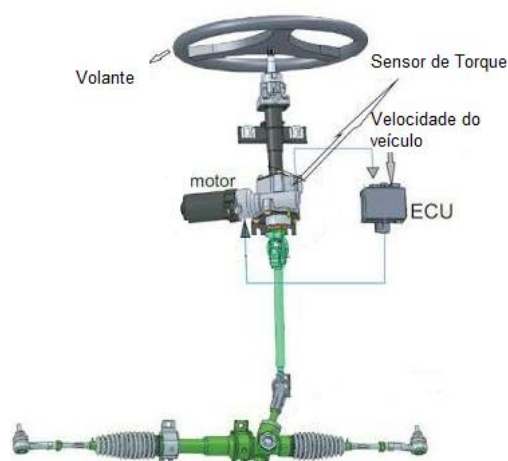
$$V = \frac{MTTF}{MTTF + MTTR} = \frac{1}{1 + \frac{MTTR}{MTTF}} \quad (12)$$

Quando um sistema atinge um valor com alta disponibilidade, o tempo médio de falha é alto se comparado com o tempo médio de reparação. O estabelecimento de componentes redundantes no sistema pode gerar falhas toleráveis, se o sistema apresentar uma arquitetura que suporte essas falhas e com componentes confiáveis, o tempo de funcionamento livre de falhas pode apresentar um valor classificado como nível de perfeição.

Um exemplo de abordagem das funções apresentadas nessa seção são os requisitos de confiabilidade impostos por legislação, um deles é muito conhecido e envolve componentes relacionados com emissão de gases, chamado requisitos de diagnóstico de bordo (OBD).

O segundo exemplo que pode ser mostrado a respeito da confiabilidade do sistema do veículo envolve uma situação com a direção elétrica (*Electrical Power Steering*), figura 11. O veículo encontra-se em uma estrada com muito movimento e com velocidade elevada. Uma falha que pode ocorrer é o sensor da direção não apresentar uma resposta positiva à ação do condutor, visto que a direção elétrica em condições de alta velocidade tende a ficar mais firme para melhor sensibilidade do motorista. Caso ocorra uma falha, o resultado pode gerar colisões e perda de controle do veículo nas curvas.

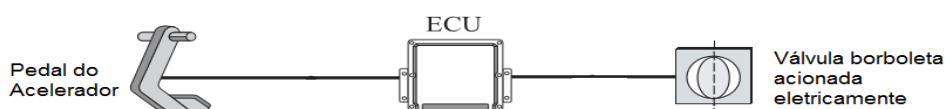
**Figura 11 - Sistema de Direção Elétrica**



Fonte: Patra (2015)

Nas mesmas condições do exemplo acima, pode ocorrer uma falha no sistema eletrônico do acelerador (ETC- *Electronic Throttle Control*) ou sistema eletrônico de gerenciamento do motor, figura 12. O veículo se encontra na mesma situação, estrada com muitos carros e alta velocidade. A falha dessa vez pode ser uma aceleração total, porém sem aviso, o carro atinge uma velocidade acima dos demais veículos que circundam na mesma via. Então o motorista perde o controle, podendo causar colisões frontais e traseiras, e falta de estabilidade caso existam curvas.

**Figura 12 - Sistema ETC para Motor a Gasolina**



Fonte: Schauffele, Zurawka (2005)

### 2.1.4 Atuação e Comunicação do Diagnóstico

Com a ocorrência de falhas e erros entra em ação a detecção destes elementos e o diagnóstico. A requisição dos dados para atuação do diagnóstico ocorre através de dois elementos, o primeiro deles é o elemento *on-board*, ou seja, a comunicação que ocorre normalmente entre as ECUs em um veículo, e o segundo elemento é o equipamento de *scanner* genérico, chamado de elemento *off-board*, essa comunicação é regida pelas normas SAE J1979 e ISO 15031-5. (Blank,2016)

O sistema de diagnóstico de bordo (OBD – *On-board Diagnostic*) de um automóvel refere-se à eficiência em que o mesmo tem de fazer um auto-diagnóstico e a elaboração de relatório. Das primeiras versões que surgiram nos anos 80 para cá, apenas crescem o número de funções e de informação de diagnóstico presente por meio do OBD, visto que no início quando um problema era identificado, o motorista era alertado pela “luz indicadora de mau funcionamento” (MIL – *Malfunction Indicator*), figura 13.(Manavella, 2009)

**Figura 13 - Lâmpada Indicadora de Mau Funcionamento (MIL)**



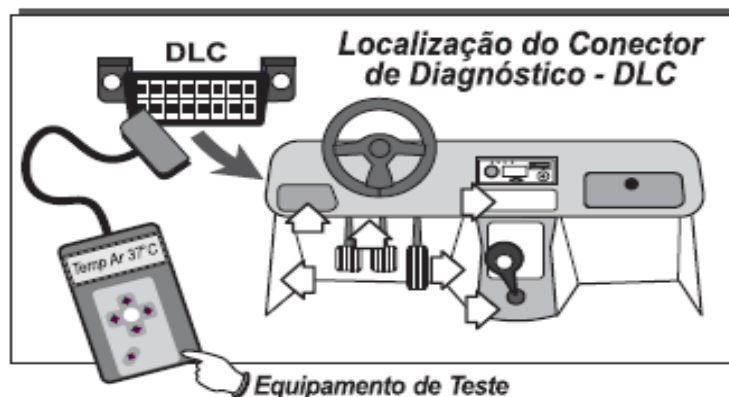
Fonte: Allan Not (2014)

Diferente das funções oferecidas atualmente, essa lâmpada não fornecia qualquer informação a respeito da natureza do problema detectado. Hoje, uma porta de comunicação digital padronizada é usada para fornecer dados em tempo real, além de códigos de diagnóstico.

A figura 14 mostra como pode ser feita a comunicação nos dias hoje com a evolução da padronização OBD. É utilizado um conector de diagnóstico, chamado DLC (*Connector Link Data*), o qual possui uma localização padrão em seus terminais, além disso deve proporcionar ao operador do equipamento de diagnóstico fácil acessibilidade, visto que durante o teste o operador encontrará sentado no

banco do motorista. As setas brancas da figura indicam a localização mais comumente encontrada do conector nos veículos.

**Figura 14 - Diagnóstico *On-board* com Uso de Equipamento de Diagnóstico**



Fonte: Manavella (2009)

A padronização dos terminais do conector DLC pode ser visualizada e entendida na figura 15.

**Figura 15 - Pinagem Conector**



Pinos	Descrição
1 — 5	SAE J1850 Bus +
2 — 4	Chassis
3 — 6	Sinal Terra
4 — 7	CAN High
5 — 14	ISO9141 K Line
6 — 10	SAE J1850 Bus -
7 — 2	CAN Low
8 — 15	ISO9141 L-Line
9 — 16	Positivo da bateria do veículo

Fonte: Autora (2017)

O processo de diagnóstico pode ser dividido em cinco partes, sendo:

- Monitoramento das variáveis do processo, entre elas estão os dados dos sensores, as variáveis de controle, mensagens de comunicação;

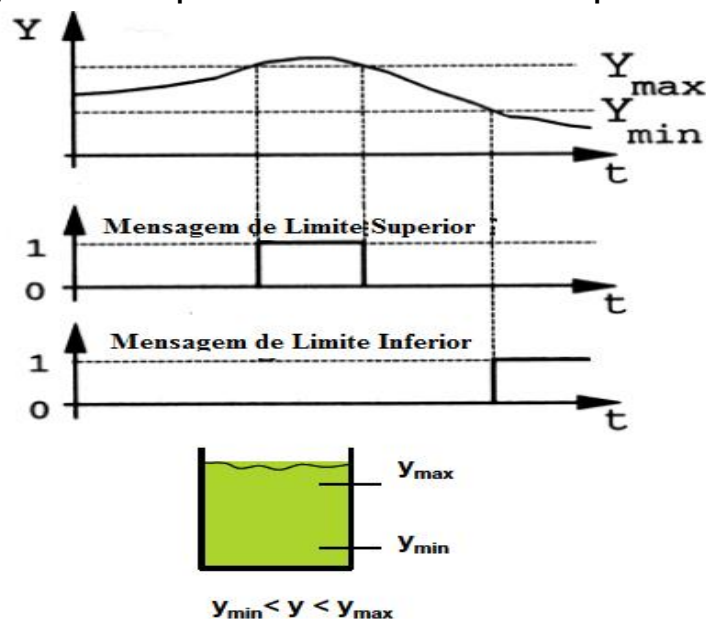
- Detecção de erro, em que são constatados desvio dos valores normais, como temperatura, nível de gases, entre outros;
- Geração dos sintomas, em que são feitas as descrições dos erros através de parâmetros do sistema ou modelos de processos;
- Avaliação no contexto do sistema e o impacto que essa falha está causando no sistema;
- Diagnóstico, momento em que é detecta a causa raiz do problema.

### 2.1.5 Classificação de Métodos de Diagnóstico

Bäker (2014) apresenta uma classificação dos métodos de diagnóstico existentes:

- O método baseado no sinal faz um monitoramento limite, isto é, faz uma comparação do valor medido com um valor máximo, possui como aplicação o controle de nível de fluidos líquidos, temperatura, entre outros. A vantagem nesse método é a simplicidade da implementação.

**Figura 16 - Exemplo de Método Baseado no Sinal para Nível de Fluidos**

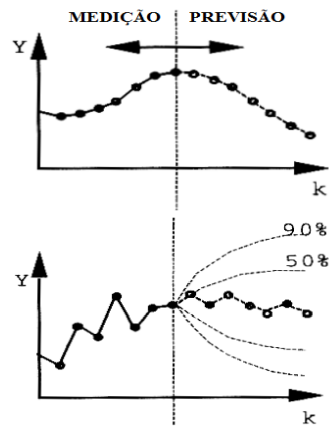


Fonte: Bäker (2014)

Através desse método é possível também fazer a previsão de um sinal, figura 17, por meio de um sinal estimado de parâmetros faz-se uma progressão

limite, com isso consegue-se evitar falsos alarmes durante o monitoramento de sinais críticos.

**Figura 17 - Curvas de Previsão de Valores**



Fonte: Bäker (2014)

- O método baseado em modelos promete uma melhora durante o processo de análise ou nos modelos do sistema, pois o uso de variáveis atuais do processo pode ser relacionado com um meio físico. Com esse método, um modelo de comportamento segue uma especificação e é comparado com o comportamento observado do sistema.

### 3 MEDIÇÃO, CALIBRAÇÃO E DIAGNÓSTICO

Para a garantia dos pontos apresentados no capítulo anterior, que envolvem confiabilidade e segurança do veículo são necessárias ações durante a fase de produção dos equipamentos. O que significa ações de medição, dos agentes externos, otimização da calibração das funções e com isso o diagnóstico dos defeitos que ocorreram.

Seria positivo se existissem modelos para o exercício das atividades de medição, calibração e diagnóstico, dessa maneira os processos poderiam ser otimizados através de ferramentas universais.

Os conceitos de calibração, atuação, medição e diagnóstico no meio automotivo devem ser apresentados para melhor entendimento de suas aplicabilidades. Deste modo, dispõe-se:

- **Medição:** é a ação de medir uma quantidade de uma grandeza física ou química. Para o assunto em questão, é a leitura ou escrita em variáveis com acesso a sensores e atuadores;
- **Atuação:** atividade de atuar em uma grandeza física ou química;
- **Calibração:** conjunto de tarefas que determina a partir de condições especificadas, a regulação ou a otimização do sistema. Sintoniza as estratégias de controle;
- **Diagnóstico:** detecção, investigação e comunicação aplicada nos pontos anormais dos sistemas que são monitorados por dispositivos elétricos ou eletrônicos. Avalia os sintomas de mal estar ou mal funcionamento do sistema, proporcionando uma ação de reparo.

Seguindo o exemplo apresentado na seção anterior, que envolve a direção elétrica, esse sistema em questão possui um pequeno motor que capta os sinais dos sensores os quais leem os movimentos do volante. Ou melhor, os sensores medem o comportamento do veículo e o posicionamento da direção com relação à velocidade em tempo real.

A ECU executa ação de controle e atualizações nos atuadores, quando a velocidade do veículo aumenta, o motor elétrico que capta os sinais provenientes dos sensores diminui sua influência na direção, conseqüentemente quanto maior é a velocidade do veículo, mais firme a direção fica.

Para entendimento numérico de calibração e medição, considerando a função do sistema EPS (*Electrical Power Steering*), sendo  $x$  o valor lido pelo sensor, a função é dada por:

$$y = 10 * x + 2 \quad (13)$$

A ECU vai executar a ação de controle, inicializando os valores de sensor, as atividades de cálculo e realizar as atualizações nos atuadores, no *software* ações de escrita calculam as ações de controle no atuador. Ao observar a equação 13 poderia surgir a questão do porque da utilização dos valores 10 para o coeficiente e 2 para *offset*.

Sabe-se que os valores são dependentes de características físicas do veículo, portanto o desenvolvedor descreve a função genérica no formato da equação 14, para o caso de incertezas ou diferença nas dependências das características do veículo.

$$y = a * x + b \quad (14)$$

No processo de calibração o engenheiro de aplicação define os parâmetros para os valores corretos, não altera as funções previamente desenvolvidas mas sim os valores dos parâmetros, esse processo pode ser executado de duas maneiras:

- *Online*, as modificações são feitas diretamente na memória da ECU. Este método proporciona uma avaliação do comportamento das mensagens no barramento e sinais de sensores e atuadores, além da possibilidade de análise das variáveis internas da ECU, sendo valores de entrada e saída de um algoritmo de controle ou, valores de entrada de sensores e de saída dos atuadores;
- *Offline*, em um arquivo binário são feitas modificações, o qual é embarcado em uma memória *flash* da ECU. Quando os valores dos parâmetros são mudados no arquivo a ECU pode apresentar uma mudança em seu comportamento, pois as alterações não são feitas diretamente em sua memória.

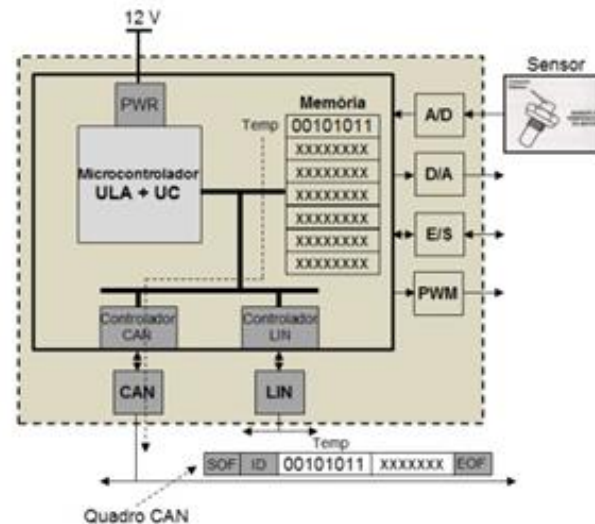
Durante a medição, os dados fornecidos ao engenheiro de testes são apresentados no formato bruto, pois o fluxo de dados segue uma ordem. Primeiramente o sensor externo a ECU realiza a transdução de uma grandeza física



medida para um valor elétrico, então através de um conversor A/D a grandeza física é apresentada na forma binária e é armazenada na memória.

Por exemplo, um sensor de temperatura, após todo o fluxo de dados percorrer a ordem necessária, com uma função interna será possível a leitura do respectivo sinal, figura 18.

**Figura 18 – Leitura do Sinal de Temperatura na Região de Memória**



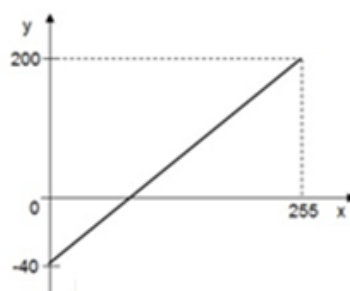
**Fonte: Autora (2017)**

Sabendo-se que o conteúdo apresentado seja 00101011, então esse encapsulamento de quadro CAN (*Controller Area Network*) é transmitido por meio do controlador de rede e no barramento de comunicação então uma ECU receptora captura esse quadro de mensagem, desencapsula o sinal e armazena em outra região de memória para uma segunda aplicação ou atuação.

O valor binário apresentado na ECU pode ser convertido para um valor físico, decimal. Utilizando a equação genérica (equação 14), com os dados de fator de escala, *offset* e uma unidade, é possível obter o valor de temperatura medido.

Dessa maneira, como o valor em binário 00101011 (8 bits, 256 combinações) representa o número 43 em decimal, o *offset* para essa função é -40 e o fator de escala é 0,9412, monta-se graficamente uma reta contendo esses valores.

**Figura 19 - Reta do Sensor de Temperatura**



Fonte: Autora (2017)

Substituindo os valores na equação da reta, tem-se:

$$y = 0,9412 * 43 - 40 \quad (15)$$

Com isso, resultado obtido para a temperatura :

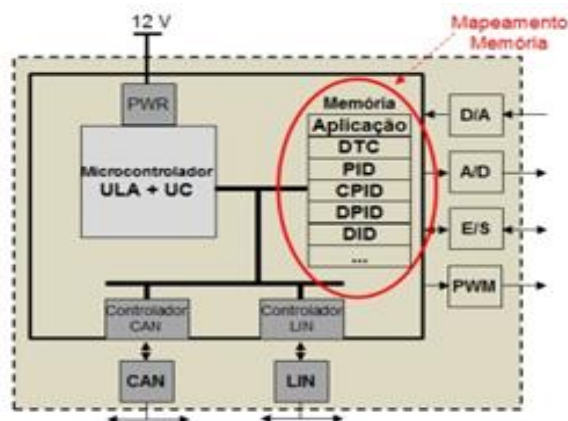
$$y = 0,47 \text{ } ^\circ\text{C} \quad (16)$$

O entendimento dessa conversão de valores brutos em físicos é de extrema importância para os processos de medição, calibração e diagnóstico, assim como a configuração interna da memória da ECU.

### 3.1 REGIÕES DE MEMÓRIA VEICULARES

Um veículo é dividido em regiões de memória (figura 20), para que possam ser feitas leituras e alterações o usuário, ou engenheiro de teste deve possuir autorização de acesso.

**Figura 20 - Regiões de Memória em uma ECU**



Fonte: Autora (2017)

As regiões de memória são classificadas em:

- DID (*Data Identifier*): Contém as informações estáticas do veículo, tais como suas configurações, estas não precisam ser atualizadas em tempo real. Através da comunicação de diagnóstico um DID pode ser lido ou escrito;
- PID (*Parameter Identifier*): Contém informações de status em uma ECU. Precisam ser atualizadas em tempo real, como por exemplo a velocidade das rodas e o ângulo da direção. Através do serviço de diagnóstico essa região pode ser apenas lida;
- DPID (*Data Packet Identifier*): Conjunto de múltiplos PIDs. Em um serviço de diagnóstico ele pode ser apenas lido e pode ser solicitado de maneira única ou periódica;
- CPID (*Control Packet Identifier*): Contém bits e bytes que são usados na manipulação das saídas, ou para controle de funções na ECU, como por exemplo válvula solenoide ou motor elétrico;
- DTC (*Diagnostic Trouble Code*): é um número identificador que é armazenado em uma memória de defeitos (*Fault Memory*) de uma ECU quando detecta um defeito ou anormalidade. Os códigos de erro que possuem relação com emissão de gases na atmosfera são prescritos pela ISO 15031-6 e são iguais para todas as montadoras de veículos, os DTCs mais específicos possuem dependência do fabricante do veículo.

Sua estrutura é composta de dois *bytes*, consiste em cinco partes dentro de um par de *byte* de dados. O primeiro caractere indica onde está a falha do sistema, podendo ser *Powertrain* – Trem de força, representado pela letra P. Chassis, representado pela letra C; *Body* – Carroceria, representado pela letra B e rede de dados ou transmissão de dados, representado pela letra U.

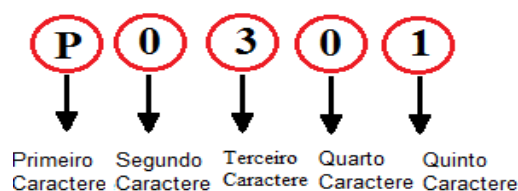
O segundo caractere (primeiro número) da estrutura indica se o código é genérico, isto é, comum a todos os fabricantes, ou é de um fabricante específico. Quando o número é 0 ou 2 indica um código genérico, quando 1 indica um fabricante específico. O terceiro caractere, indica o subsistema em que a falha pertence, o intervalo de valores desta estrutura vai de 1 a 9, sendo:

- 1- Medição de ar/ combustível e controles auxiliares de emissão;
- 2- Medições de ar/ combustível;

- 3- Sistemas de ignição ou falha de combustão;
- 4- Controles auxiliares de emissões;
- 5- Controles e entradas auxiliares de velocidade do veículo e sistema de controle da marcha lenta;
- 6- Saídas do computador;
- 7- Transmissão;
- 8- Transmissão;
- 9- Módulo de controle (Entradas e saídas de sinais).

Os dois últimos caracteres indicam o componente ou a seção do sistema no qual a falha está localizada. Sendo assim, a exemplo, se temos um DTC no formato P0301, sabe-se que P é um problema no *Powertrain*, 0 indica um código universal, 3 significa que a falha está ou no sistema de ignição ou é falha de combustão, 1 indica uma condição de falha de ignição no cilindro.

**Figura 21 - Exemplo de Código DTC**



**Fonte: Autora (2017)**

Além das regiões de memória definidas nesse mesmo contexto estão inseridos os tipos de memória que são utilizadas, tais como *flash* e RAM. Para os casos de calibração e diagnóstico, ou quando são necessárias ações de armazenagem de operações ou alterações na configuração do veículo é utilizada a memória *flash*, a qual foi desenvolvida fundamentada na memória EEPROM (*Electrically-Erasable Programmable Read-Only Memory*) e permite alterações nos dados armazenados.

Já para situações de leitura de sensores e escrita nos atuadores são utilizadas as memórias RAM – Memória de Acesso Aleatório (*Random Access Memory*), pois esse tipo de memória não armazena conteúdos permanentemente, faz a leitura dos conteúdos solicitados de maneira não sequencial.

### 3.2 ASAM-MCD

O padrão ASAM (*Association for Standardisation of Automation and Measuring Systems*) é um dos principais atuantes no esforço para desenvolvimento de padrões de descrição de ECU. Um conjunto de padrões é proporcionado para modelos de dados, interfaces e especificações de escrita para uma vasta quantidade de aplicações, avaliações e simulações.

O ASAM-MCD (MCD - *Measuring, Calibration and Diagnostic*) especifica os formatos de interfaces e troca de dados no processo MCD, permitindo o acesso a ECUs em rede e podem ser instalados no formato de aplicativos por exemplo. Esses formatos servem para medir, atuar ou ajustar valores, curvas e mapas característicos de dados veiculares e, se necessário diagnosticar falhas aplicando-as uma correção.

Os três processos medição, calibração e diagnóstico são combinados de acordo com demandas de aplicativos por meio do padrão de interfaces. Durante os processos abordados nesse trabalho que envolve a produção de um veículo (desenvolvimento, produção e serviços) os sistemas MCD utilizados devem apresentar uma compatibilidade e permutação entre si para que apoiem o desenvolvimento do processo.

A especificação ODX (*Open Diagnostic Data Exchange*) também chamado de MCD-2D, descreve utilitários de diagnóstico e de dados, funcionalidade e interfaces de comunicação da ECU dentro de um veículo. A razão que levou o desenvolvimento desse padrão está justamente para facilitar os desenvolvimentos de testes de diagnóstico com equipamentos, pois assim os equipamentos podem ser desenvolvidos para suportar o mesmo formato de dados, facilitando sua leitura e se necessária alteração dos dados. (ASAM,2007)

O ODX tem como seu principal objetivo ser uma fonte central para dados de diagnóstico em todos os departamentos, como engenharia, manufatura e serviços. Alguns dos dados que podem conter nessa especificação são: códigos de diagnóstico, dados de identificação, parâmetros de comunicação.

Um exemplo da aplicabilidade e da facilidade que o padrão ODX pode oferecer está para os desenvolvedores terceirizados de *testers*, pois se seus equipamentos possuem compatibilidade com ODX não precisam sofrer uma reprogramação para cada ECU ou cada veículo. Os dados presentes nesse arquivo

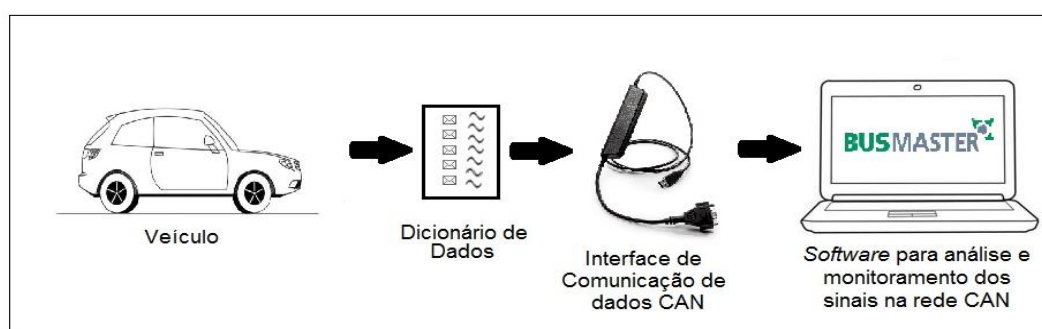
descrevem a comunicação entre as ECUs e os dispositivos que se encontram externamente delas, permitindo a tradução dos dados de diagnóstico que estão nas mensagens.

## 4 PROCEDIMENTO

A partir do embasamento teórico e com as etapas que foram apresentadas inicia-se a parte prática do trabalho, em que a proposta é executar medição de sinais através da rede CAN do veículo, visto que análise e obtenção do diagnóstico são baseadas em *frames* CAN.

Para tal procedimento, foi necessário, um veículo com seu respectivo dicionário de dados, um ambiente virtual o qual possibilita a leitura e conversão das mensagens e uma interface CAN a qual permite a comunicação entre o veículo e o ambiente virtual.

**Figura 22 - Lógica do Procedimento**



**Fonte: Autora (2017)**

Como os arquivos de dados (dicionário de dados) dos veículos são protegidos por suas desenvolvedoras, a análise dos dados em *frames* CAN foi feita através de uma bancada de laboratório de um veículo pesado Volvo.

**Figura 23 - Bancada de Laboratório Utilizada para Comunicação de Dados**



**Fonte: Autora (2017)**

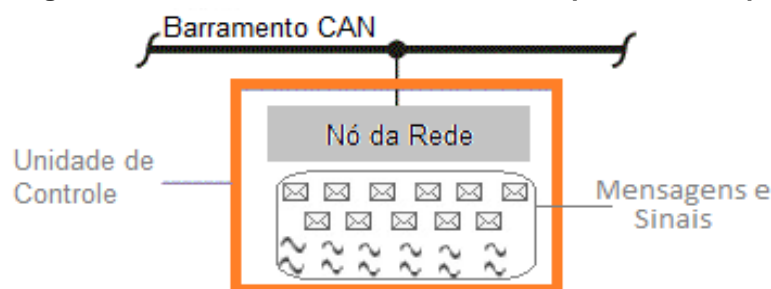
A bancada em questão dentre seus componentes possui uma ECU, um painel, um tacógrafo e um pedal de acelerador. A análise de sinais a partir dos *frames* CAN, foi realizada a partir dos componentes destacados na figura 23.

#### 4.1 DICIONÁRIO DE DADOS

As informações que circulam no barramento veicular, e as relações entre as unidades de informação, são gerenciadas a partir de um banco de dados, ou dicionário de dados.

Reforçando o conceito as ECUs, são unidades de controle de processamento de sinais distribuídas na rede, informações são comutadas no barramento com outras unidades através de nós de rede, as quais são representadas pela unidade de controle no barramento CAN. Estas unidades contém várias funções, as quais são detalhadas no dicionário de dados bem como as chamadas variáveis de ambiente, figura 24.

**Figura 24 - Unidade de Controle e Seus Respectivos Componentes**



Fonte: Autora (2017)

O desenvolvimento de um dicionário de dados pode ser entendido como uma lógica hierárquica, dentro de cada nó há mensagens e variáveis de ambiente, essas mensagens são compostas por sinais específicos do veículo.

Então, primeiramente é definida a mensagem com seus respectivos dados, sendo eles: nome; identificador (CAN ID); número de bytes de dados (DLC- *Data Length Code*); tipo de transmissão; tempo de ciclo caso a mensagem precise ser transmitida ciclicamente e, o nó de rede o qual recebe ou envia a mensagem os quais são chamados de *Receivers* e *Transmitters* respectivamente.



Cada mensagem conterá um determinado número de sinais, esse número é definido dentro da montadora, assim como os nomes das mensagens e dos respectivos sinais, logo cada veículo possui um dicionário de dados específico. Esses sinais, assim como as mensagens possuem parâmetros de sistema, sendo:

- Comprimento do sinal (definido em bits);
- Formato do sinal (Intel ou Motorola), nos bancos de dados CAN os sinais podem ser caracterizados em uma ordem de *bytes* para processadores Motorola ou Intel;
- Tipo do sinal podendo ser inteiro, ou não inteiro;
- Fator, *offset* e unidade física, os quais estão diretamente ligados com a conversão do sinal de valor bruto para valor físico. Quando o sinal é transmitido na rede é apresentado na forma bruta, o valor físico é o valor da quantidade física. Como velocidade, temperatura, entre outros. O *offset* como citado em capítulos anteriores é um dos variantes utilizados para a respectiva conversão;
- Valor inicial, este é definido como um valor físico mapeado na mensagem;
- Valores de máximo e mínimo definem o intervalo de atuação da variável;
- Unidade representativa do sinal.

Exemplo de um sinal pode ser observado na tabela 1, o qual representa o sinal da velocidade do motor (*Engine Speed*), esse sinal está incluso na mensagem Estado Geral do Motor, definida pela montadora, com seus respectivos valores de conversão de sinal.

**Tabela 1 - Exemplo da Estrutura de um Sinal**

<b>Mensagem - Estado Geral do Motor</b>	
Sinal	Velocidade do Motor
Comprimento (bit)	16
Tipo	Não inteiro
Fator	0,30
<i>Offset</i>	0
Valor Mínimo	0
Valor Máximo	16370,5
Unidade	RPM

**Fonte: Autora (2017)**

Portanto, com o conjunto definido de sinais e de mensagens bem como os nós da rede que farão transmissão e recepção das respectivas mensagens tem-se pronto o dicionário de dados do veículo. No trabalho em questão foi desenvolvido um pequeno dicionário de dados baseado na norma J1939.

#### 4.1.1 SAE J1939

O padrão J1939 é utilizado para CAN 2.0B, uma abordagem feita mais em veículos comerciais (ônibus e caminhões) e utilizada em aplicações de controle e diagnóstico. A partir desse protocolo é possível saber como a informação é trocada entre as unidades de controle do veículo, ou seja, os dados sobre a mensagem (escala, *offset*, tamanho e prioridade) são definidos nesse protocolo.

O protocolo é dividido em doze especificações, entre elas encontram-se a camada física J1939/11 em que descreve uma interface elétrica no barramento. A camada de aplicação J1939/71 e J1939/73 que define os dados específicos contidos dentro de cada mensagem que é enviada na rede e a camada de enlace de dados J1939/21, a qual é responsável pela especificação e descrição das regras para construção das mensagens, e como estas devem circular no barramento juntamente com a detecção dos erros de transmissão. (SAE J1939)

Um exemplo dessa especificação é que o sinal da velocidade máxima do veículo (*Maximum Vehicle Speed Limit*) possui o tamanho de 1 *byte*, resolução de 1km/h por bit e *offset* 0, além do range de 0 a 250 km/h. A figura 25 mostra o trecho da norma que especifica a mensagem desse sinal.

**Figura 25 - Trecho da SAE J1939-71 com Especificações de Mensagens**

PGN 65261		Cruise Control/Vehicle Speed Setup		CCSS
Transmission Repetition Rate:		On request		
Data Length:		8		
Extended Data Page:		0		
Data Page:		0		
PDU Format:		254		
PDU Specific:		237		
Default Priority:		6		
Parameter Group Number:		65261 (0x00FEED)		
		PGN Supporting Information:		
Start Position	Length	Parameter Name	SPN	
1	1 byte	Maximum Vehicle Speed Limit	74	
2	1 byte	Cruise Control High Set Limit Speed	87	
3	1 byte	Cruise Control Low Set Limit Speed	88	

Fonte: SAE J1939-71

Os sinais nesse protocolo são especificados com a sigla SPN (*Suspect Parameter Number*) e com seu respectivo número, já as mensagens são especificadas como PGN (*Parameter Group Number*). Em cada PGN há seus SPNs específicos, para o exemplo apresentado sobre a velocidade do veículo, suas especificações são SPN 74 e PGN 65261. (SAE J1939-71)

#### 4.1.2 Mensagens do banco de dados

Com o conhecimento das especificações previstas pela SAE J1939 para abordagem desse trabalho, foi desenvolvido um banco de dados contendo duas mensagens com seus respectivos sinais, os quais proporcionaram a autora uma avaliação perante o instrumento prático disponível.

As mensagens desenvolvidas com embasamento na norma podem ser visualizadas nas tabelas a seguir. A explicação de cada dado adotado para as respectivas mensagens provém dos dados presentes na norma, o PGN permite uma localização mais fácil quando o usuário precisa consultar as especificações.

Após a conexão da interface com a bancada de testes foram visualizados os sinais que trafegavam na rede e que apresentavam alterações no decorrer do tempo, com base nos *frames* que apresentavam alguma resposta ao estímulo provocado durante o experimento foram criados os sinais e as mensagens para apresentação de resultados nesse documento.

A primeira mensagem integrante do banco de dados avaliativo contém sinais representando dados do tacógrafo, esse aparelho salva dados a respeito do percurso que o veículo fez, como velocidades médias, tempos de trajetos e é conhecido como a “caixa preta” dos veículos pesados.

No caso da mensagem de dados de tempo e data do tacógrafo (*Time/Date*) presente na tabela 2, especifica-se pela norma a presença de 8 sinais, como a bancada apresenta um tacógrafo com dados de data e hora, possibilitou a autora a criação dos oito respectivos sinais para análise mais tarde.

**Tabela 2 - Estrutura da Primeira Mensagem Desenvolvida no Trabalho**

<b>Mensagem 1 – Dados de tempo e data tacógrafo</b>	
PGN	65254
Nome	TD_TACHO
ID	0X18FEE6EE
Formato do frame	Extendido
Número de sinais	8
Tamanho da Mensagem ( <i>Bytes</i> )	8

**Fonte: SAE J1939-71 (Adaptado)**

A mensagem apresentada na tabela 3, Controle Eletrônico do Motor (*Electronic Engine Controller 2*) faz uma identificação dos parâmetros relacionados com o motor, seguindo a norma nessa mensagem estão presentes onze sinais, para abordagem desse documento foi avaliada a influência de um deles. A posição do pedal do acelerador, pois este encontra-se na bancada de teste e pode ter sua posição variada para análise de sinais recebidos e enviados.

**Tabela 3 - Estrutura da Segunda Mensagem Desenvolvida no Trabalho**

<b>Mensagem 2 – Controle Eletrônico do Motor 2</b>	
PGN	61443
Nome	VP_2
ID	0xCFF0211
Formato do frame	Extendido
Número de sinais	1
Tamanho da Mensagem ( <i>Bytes</i> )	8

**Fonte: SAE J1939-71 (Adaptado)**

A terceira mensagem criada diz respeito a velocidade do veículo, a estrutura da mensagem criada é apresentada na tabela 4, e um sinal foi criado dentro dessa mensagem, a norma especifica vinte sinais nesse PGN.

**Tabela 4 - Estrutura da Terceira Mensagem Desenvolvida no Trabalho**

<b>Mensagem 3 – Velocidade do Veículo</b>	
PGN	65265
Nome	CCVS_V
ID	0x 18FEF111
Formato do frame	Extendido
Número de sinais	1
Tamanho da Mensagem ( <i>Bytes</i> )	8

**Fonte: SAE J1939-71 (Adaptado)**

#### 4.1.1 Sinais do banco de dados

Os sinais disponíveis na bancada para avaliação foram inclusos em suas respectivas mensagens, na primeira mensagem, foram criados oito sinais que relacionam tempo e data no tacógrafo, a estrutura desses sinais pode ser visualizada nas tabelas 4 e 5.

**Tabela 5 - Estrutura dos Sinais Inclusos na Primeira Mensagem (1)**

Sinais da primeira mensagem – Tempo e data no tacógrafo				
SPN	964	963	962	961
Nome	TacógrafoAnos	TacógrafoMeses	TacógrafoDias	TacógrafoHoras
Fator	1 (ano/bit)	1 (mês/bit)	0,25 (dia/bit)	1 (hora/bit)
Offset	1985 (anos)	0	0	0
Range dos dados	1985 a 2235 (anos)	0 a 250 (meses)	0 a 62,5 (dias)	0 a 250 (horas)
Tamanho do sinal	1 <i>byte</i>	1 <i>byte</i>	1 <i>byte</i>	1 <i>byte</i>
Unidade	ano	mês	Dia	hora

Fonte: SAE J1939-71 (Adaptado)

Os sinais “TacoOffsetMinLoc” e “TacógrafoOffsetHrsLoc” , são sinais que avaliam se a componente é do calendário local, ou seja, faz as correções específicas para a localização em que o veículo encontra-se, como por exemplo regiões em que o fuso horário é diferente.

**Tabela 6 - Estrutura dos Sinais Inclusos na Primeira Mensagem (2)**

Sinais da primeira mensagem – Tempo e data no tacógrafo				
SPN	960	959	1601	1602
Nome	TacógrafoMin	TacógrafoSeg	TacoOffsetMinLoc	TacógrafoOffsetHrsLoc
Fator	1 (min/bit)	1 (s/bit)	1 (min/bit)	1 (hora/bit)
Offset	0	0	-125	-125
Range dos dados	0 a 250 (min)	0 a 62,5 (s)	0 a 250 (minutos)	0 a 250 (horas)
Tamanho do sinal	1 <i>byte</i>	1 <i>byte</i>	1 <i>byte</i>	1 <i>byte</i>
Unidade	minutos	Segundos	Minutos	hora

Fonte: SAE J1939-71 (Adaptado)

O sinal criado na terceira mensagem destina-se ao controle da posição do pedal do acelerador (*Accelerator Pedal Position 1*), para o caso de aplicações em que há apenas um controle de aceleração, como o abordado no trabalho.

**Tabela 7 - Estrutura do Sinal Incluso na Segunda Mensagem**

Sinais da segunda mensagem – Posição do Pedal do Acelerador	
SPN	91
Nome	Posição do Pedal do Acelerador 1
Fator (% /bit)	0,4
Offset	0
Range dos dados (%)	0 a 100
Tamanho do sinal ( <i>Bytes</i> )	1
Unidade	%

**Fonte: SAE J1939-71 (Adaptado)**

A terceira mensagem criada possui como componente o sinal que faz o controle da velocidade do veículo, sua estrutura pode ser observada na tabela 8.

**Tabela 8 - Estrutura do Sinal Incluso na Terceira Mensagem**

Sinal da terceira mensagem – Velocidade de ajuste do veículo	
SPN	86
Nome	CCSetVelocidade
Fator (km/h por bit)	1
Offset	0
Range dos dados (km/h)	0 a 250
Tamanho do sinal ( <i>Bytes</i> )	1
Unidade	Km/h

**Fonte: SAE J1939-71 (Adaptado)**

## 4.2 INTERFACE CAN E CONEXÃO

Para que a análise das mensagens juntamente com seus respectivos sinais seja executada faz-se necessário o uso de uma interface a qual faz a leitura dos *frames* CAN no barramento e apresenta na tela do *software* utilizado.

A interface utilizada para tal no respectivo trabalho é Kvaser *Leaf Pro HS v2*, representada na figura 26, esta interface retrata um dos meios de maior facilidade e de menor custo para conexão entre um computador e um barramento CAN. É composta por um conector D-SUB com nove pinos e um conector compatível com USB 2.0.

**Figura 26 - Interface CAN**

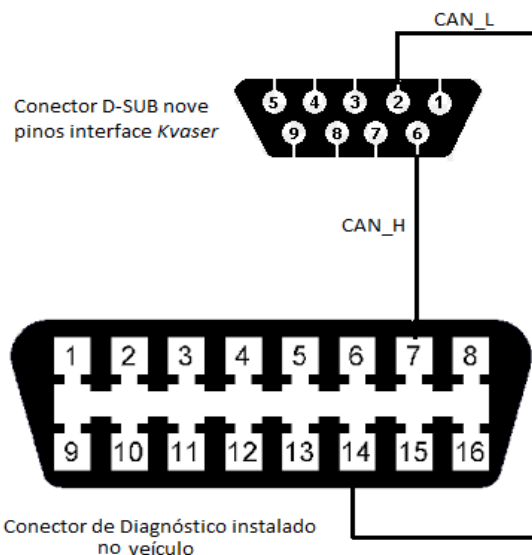


**Fonte: Kvaser**

Suporta identificadores de 11 bits e 29 bits, ou seja, CAN 2.0A e CAN 2.0B respectivamente, alimentação é feita a partir da conexão USB, proporciona facilidade na programação e otimização no tratamento de protocolos.

A conexão direta da rede CAN da bancada foi feita a partir dos pinos 2 e 7 da interface para os pinos 14 e 6 do conector OBD existente no veículo, figura 27, a qual garante que os sinais CAN\_H e CAN\_L sejam transmitidos para a leitura e diagnóstico.

**Figura 27 - Conexão Entre Interface e Veículo para Obtenção de Sinais CAN**



**Fonte: Autora (2017)**

### 4.3 SOFTWARE BUSMASTER

Fez-se a utilização de uma ferramenta virtual gratuita para abordagem e aferição dos resultados durante os testes no respectivo trabalho, chamada

BUSMASTER, esse *software* ajuda no monitoramento, análise e simulação de sinais e mensagens presentes no barramento CAN.

**Figura 28 - Sinal Criado na Plataforma Virtual**

The image shows a 'Signal Details' dialog box with the following fields and values:

Name:	TachografoHoras		
Type:	unsigned int	Byte Index:	2
		Start Bit:	0
Length:	8 Bits	Min Val:	0
		Max Val:	255
Offset:	0.00	Factor:	1.000000
		Unit:	H

**Fonte: Autora (2017)**

A autora desse documento criou o banco de dados com mensagens e sinais utilizando essa plataforma, a figura 28 representa um dos sinais criados, contendo os valores previstos pela norma J1939 e apresentados nas tabelas da seção anterior.

Os arquivos com dados de sinais e mensagens são chamados de *database* e sua extensão é *.dbf*, para casos em que arquivos de dados que são salvos com extensão *.dbc* em outros programas podem ter sua extensão modificada, ou seja, os arquivos *.dbc* podem ser alterados para formato *.dbf* para que possam ser tratados e avaliados na respectiva plataforma.

#### 4.3.1 Logs de sinais

*Logs* são chamados os registros de atividades gerados através de programas ou serviços de um computador. Esses registros são considerados uma fonte de informação para detecção de problemas e consequentemente resolução dos mesmos. (Müller, 2014)

A ferramenta em questão permitiu a execução de um *log* para análise de resultados, em que o dicionário de dados criado foi associado ao programa e durante um período de tempo os dados que trafegavam na rede foram salvos.

O arquivo de *log* tratado no BUSMASTER pode ser detalhado conforme as configurações escolhidas pelo usuário, como:

- Duração, ou seja, registro das mensagens pode ser feito de três modos de tempo diferentes: tempo do sistema, em que o tempo da mensagem é gravado utilizando o relógio de tempo real do sistema. Tempo relativo



à marcação do tempo, esse método é realizado através da mensagem recebida anteriormente (*trigger*), e por fim no tempo absoluto, em que é utilizada a marcação a partir de um temporizador indicado durante a ligação;

- Formato numérico dos dados (hexadecimal ou decimal);
- Ativação do *log*, esse registro pode ser iniciado de duas maneiras, em que a primeira consiste em ativar a gravação a partir do momento em que a ferramenta é conectada ao veículo e a segunda é feita de maneira manual, através do botão presente na plataforma.

Posterior a execução do *log* os dados salvos no programa, podem ser executados mais tarde, na forma de *replay*, método utilizado durante o procedimento desse trabalho para análise e visualização de sinais.

## 5 ANÁLISE E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

A partir do banco de dados gerado no capítulo anterior contendo mensagens, da comunicação feita via interface e bancada e, das definições de testes inicia-se a fase de verificação e validação da comunicação utilizando a ferramenta.

O primeiro passo foi associar o banco de dados criado na ferramenta BUSMASTER, para que exista comunicação e leitura dos sinais criados. Então selecionar o *driver* Kvaser juntamente com o canal utilizado para leitura do programa, ao escolher o canal faz-se necessária a escolha da taxa de transmissão utilizada no momento da comunicação, para o caso do trabalho a comunicação é de 250Kbps.

Com todas as configurações iniciais corretas inicia-se a conexão da plataforma virtual com a bancada, os dados são apresentados em *Message Window*, a figura 29 demonstra a apresentação das mensagens em dois momentos diferentes. O banco de dados criados apresentou um bom funcionamento, ao alterar a posição do pedal do acelerador e a medida que o tacógrafo sofria a mudança de seus valores em segundos e minutos, os *frames* de mensagem apresentavam também uma mudança em sua estrutura.

**Figura 29 – Apresentação *Message Window* com Variação dos Sinais**

Time	Tx/Rx	Channe...	Msg Type	ID	Message	DLC...	Data Byte(s)
18:48:15:7799	Tx	1	x	0xCFF0211	VP_2	8	FF 40 2C FA 00 00 00 FF
18:48:15:5364	Tx	1	x	0x18FEE6EE	TD_TACHO	8	84 19 0A 06 06 20 8C 8D
18:48:15:6953	Tx	1	x	0x18FEF111	CCVS_V	8	F3 00 00 50 00 FF 00 FF

Time	Tx/Rx	Channe...	Msg Type	ID	Message	DLC...	Data Byte(s)
18:58:53:6745	Tx	1	x	0xCFF0211	VP_2	8	FF 40 2C 28 00 00 00 FF
18:58:53:6653	Tx	1	x	0x18FEE6EE	TD_TACHO	8	A4 20 0A 06 06 20 8C 8D
18:58:53:6473	Tx	1	x	0x18FEF111	CCVS_V	8	F3 00 00 50 00 FF 00 FF

**Fonte: Autora (2017)**

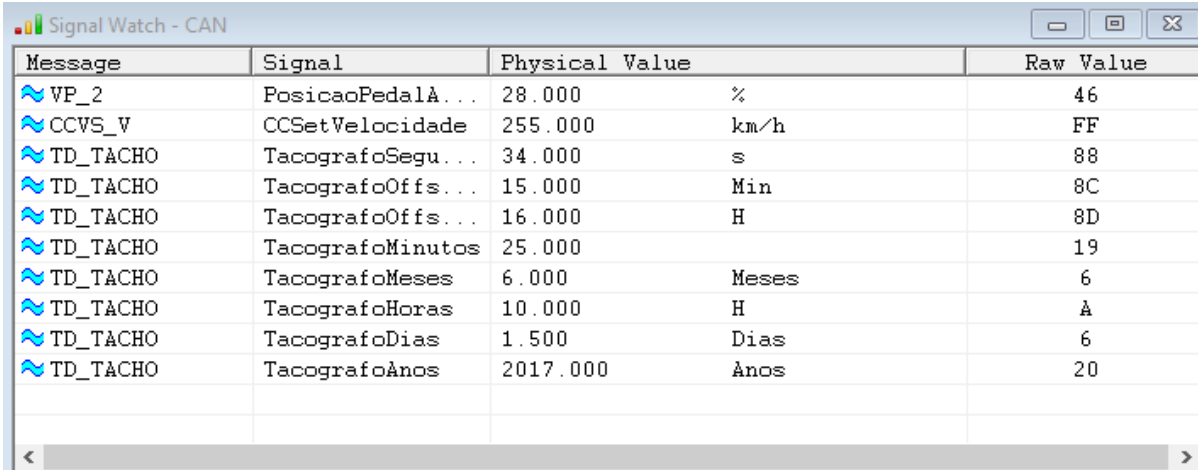
A alteração da mensagem é apresentada na coluna *Data Byte*, os dados podem ser apresentados em formato hexadecimal ou decimal, dependendo da escolha do usuário. A coluna *Time* está apresentando o horário em que o teste está sendo feito, da mesma forma ocorre para o *replay* dos *logs*.

Na coluna DLC os valores presentes representam o número de *bytes* de dados de dados presentes no corpo da mensagem, a mudança dos sinais durante a

simulação e o fato das mensagens apresentarem alterações aos estímulos executados na bancada validam as mensagens e os sinais criados no banco de dados pelo autor.

A janela *Signal Watch* permite a visualização dos sinais específicos a serem avaliados, bem como sua respectiva mensagem e a variação dos sinais em valores brutos e físicos, diferente da janela de mensagens em que a variação ocorre nos *bytes*. Para bancos de dados em que possuem um número maior de mensagens e sinais, esse recurso torna-se muito conveniente quando a análise desejada é voltada apenas para sinais específicos do banco de dados, ressaltando que bancos de dados podem apresentar mais de trezentas mensagens.

**Figura 30 - Visualização dos Sinais Específicos**

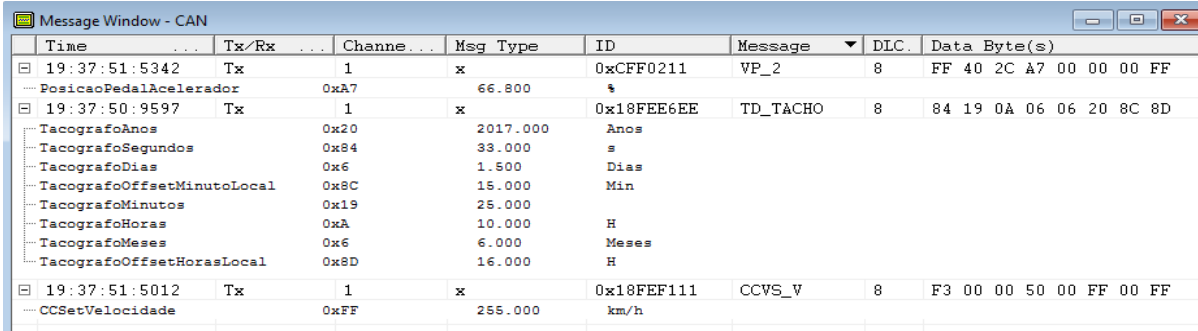


Message	Signal	Physical Value	Raw Value
VP_2	PosicaoPedala...	28.000 %	46
CCVS_V	CCSetVelocidade	255.000 km/h	FF
TD_TACHO	TacografoSegu...	34.000 s	88
TD_TACHO	TacografoOffs...	15.000 Min	8C
TD_TACHO	TacografoOffs...	16.000 H	8D
TD_TACHO	TacografoMinutos	25.000	19
TD_TACHO	TacografoMeses	6.000 Meses	6
TD_TACHO	TacografoHoras	10.000 H	A
TD_TACHO	TacografoDias	1.500 Dias	6
TD_TACHO	TacografoAnos	2017.000 Anos	20

Fonte: Autora (2017)

Outra maneira que pode ser explorada é aferição dos sinais com as suas respectivas mensagens na janela inicial do *software*, o que facilita ao usuário o entendimento da variação dos *bytes* da mensagem resultando nos valores dos sinais.

**Figura 31 - Visualização da Variação dos Sinais e Respectivas Mensagens**



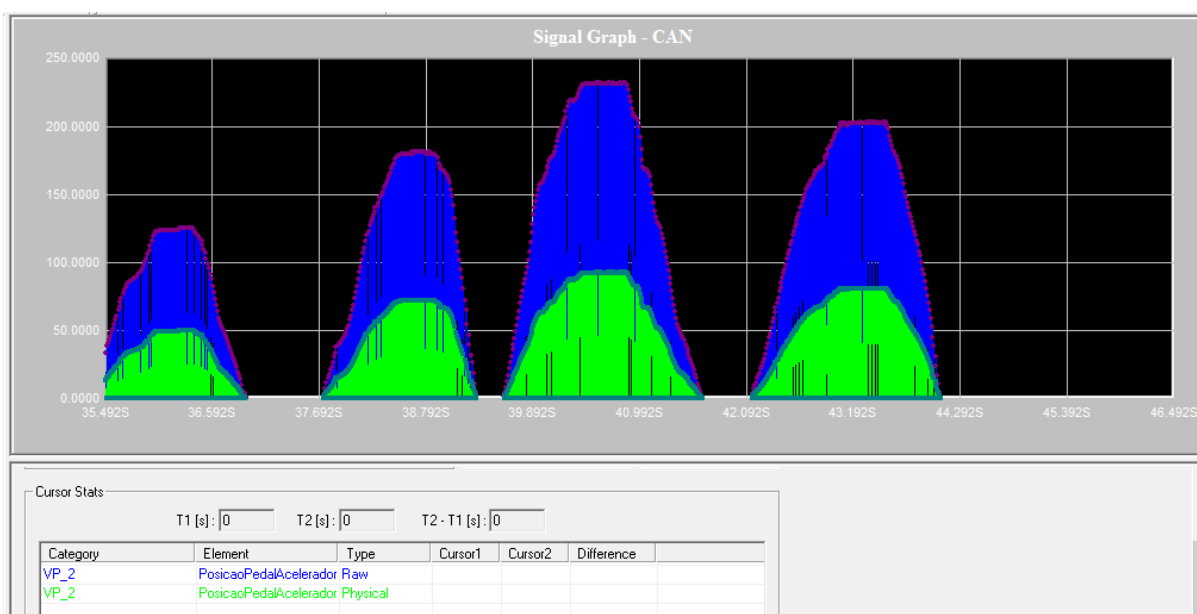
Time	Tx/Rx	Channe...	Msg Type	ID	Message	DLC	Data Byte(s)
19:37:51:5342	Tx	1	x	0xCFF0211	VP_2	8	FF 40 2C A7 00 00 00 FF
PosicaoPedalAcelerador 0xA7 66.800 %							
19:37:50:9597	Tx	1	x	0x18FEE6EE	TD_TACHO	8	84 19 0A 06 06 20 8C 8D
TacografoAnos 0x20 2017.000 Anos							
TacografoSegundos 0x84 33.000 s							
TacografoDias 0x6 1.500 Dias							
TacografoOffsetMinutoLocal 0x8C 15.000 Min							
TacografoMinutos 0x19 25.000							
TacografoHoras 0xA 10.000 H							
TacografoMeses 0x6 6.000 Meses							
TacografoOffsetHorasLocal 0x8D 16.000 H							
19:37:51:5012	Tx	1	x	0x18FEF111	CCVS_V	8	F3 00 00 50 00 FF 00 FF
CCSetVelocidade 0xFF 255.000 km/h							

Fonte: Autora (2017)

A janela gráfica possibilita a visualização de sinais na forma física e na forma bruta, ou seja, para o pedal do acelerador, no momento em que apresenta uma alteração da posição o programa registra a mudança de *frame* e em um gráfico duas ondas podem ser criadas conforme a escolha do usuário para verificar a diferença de seus valores.

No gráfico apresentado na figura 32, o sinal em azul representa o valor bruto

**Figura 32 – Gráfico Apresentando Variação de Valores Físicos e Brutos do Pedal do Acelerador**



**Fonte: Autora (2017)**

O mesmo mecanismo pode ser adotado para sinais diferentes, se for o caso do usuário necessitar avaliar o comportamento do veículo em determinadas situações, para diferentes sinais. Por exemplo, quanto o veículo está gastando em uma subida com um determinado peso e depois sem um determinado peso, para que essa avaliação possa ser feita, o usuário deve possuir os sinais referentes a gastos em Km/L e de deslocamento.

Comprovou-se a utilização do banco de dados desenvolvido no momento em que a comunicação com a bancada apresentou a leitura dos sinais da maneira esperada. A plataforma virtual proporcionou a autora gravar os sinais com determinados estímulos e em diferentes tempos possibilitando análises fora do laboratório, sem a bancada e a interface de comunicação Kvaser.

## 6 CONCLUSÃO FINAL

Os sistemas automotivos estão em constante crescimento e evolução, em conjunto com essas características nasce uma preocupação maior em assegurar que o sistema funcione de maneira correta e apresente cada vez menos falhas.

Esse trabalho apresentou como principais objetivos o estudo de métodos presentes na engenharia de testes automotiva, mostrar a importância dos processos de medição, calibração e diagnóstico e a execução da medição de sinais em uma rede veicular.

O embasamento teórico apontado nos primeiros capítulos foi essencial para o entendimento da complexidade dos sistemas elétricos e eletrônicos que formam uma rede veicular. Esclarecendo a importância dos cuidados que devem ser tomados no decorrer do projeto e execução de um veículo. Quesitos como segurança, confiabilidade e monitoramento por mais simples que pareçam apresentam-se como primordiais.

Do estudo realizado na terceira seção pôde-se concluir que os processos de calibrar, medir e diagnosticar são complexos e podem evitar erros futuros nos sistemas veiculares. Entendeu-se como as unidades de controle executam suas ações e mandam sinais para o barramento, e a inicialização dos valores apresentados pelos sensores. Destacou-se a importância da aplicabilidade do processo ASAM-MCD para padronização de processos nas indústrias, permitindo o melhor desenvolvimento de equipamentos de empresas terceirizadas.

A partir do procedimento experimental, foi possível avaliar como são montados os dados que trafegam na rede e fazem a comunicação entre as ECUs. Viabilizou-se o entendimento da lógica hierárquica dentro de um banco de dados e como o processo de calibração é feito na prática, executando a montagem dos sinais com seus respectivos valores.

O fato do procedimento apresentar uma limitação quanto o número de sinais e mensagens criadas trouxe uma reflexão a respeito da complexidade do desenvolvimento de um veículo, devido ao número de sensores e atuadores que envolvem a produção do mesmo. Avaliar alguns sinais de apenas dois componentes exigiu tempo e cuidado para que a comunicação acontecesse da maneira correta.

O uso da ferramenta BUSMASTER®, permitiu o desenvolvimento do banco de dados a partir das especificações previstas pela norma J1939 para veículos pesados, e a verificação dos sinais na bancada de laboratório. Sendo um dispositivo gratuito e com tantos recursos, leva a noção do poder das ferramentas de alto custo que possuem no mercado e da importância do uso destas durante o processo de desenvolvimento e diagnóstico de um veículo.

## REFERÊNCIAS

ALLAN NOTT. **Know Your Lights! Honda Civic Warning Light Guide**. Ohio: 2014. Disponível em: <<http://www.allannott.com/blog/warning-lights-on-a-honda-civic>>. Acesso em: 20 de abril de 2017

ASSOCIATION FOR STANDARDISATION OF AUTOMATION AND MEASURING SYSTEMS. **About ASAM**: Introduction. Disponível em: <<https://www.asam.net/home/about-asam/about-us.html>> Acesso em: 13 de maio de 2017

ASSOCIATION FOR STANDARDISATION OF AUTOMATION AND MEASURING SYSTEMS. **ASAM MCD-2 D**. Disponível em: <<https://wiki.asam.net/display/STANDARDS/ASAM+MCD-2+D>> Acesso em: 13 de maio de 2017

BÄKER, B. **Diagnose in mechatronischen Fahrzeugstemen**: Einleitung und Motivation Schewerpunkte der Veranstaltung. Technische Unisität Dresden. 2014

BASTOS, Eduardo. **Estudo das diferenças dos requerimentos das principais legislações de *on board diagnostics* para padronização de testes de desenvolvimento e validação de transmissão automática de automóveis**. 2012. 59 f. Monografia (Pós-Graduação) – Curso de Pós-Graduação em Engenharia Automotiva, Centro Universitário do Instituto Mauá de Tecnologia. São Caetano do Sul, 2012.

BLANK, M.; KINNAERT, M.; LUNZE, J.; STAROSWIECKI. **Diagnosis and Fault-Tolerant Control**. 3.ed. Springer-Verlag Berlin Heidelberg, 2016

DAMIANNO; ISTOCK; THINKSTOCK. **What Do Dashboard Warning Lights Mean** . British Columbia: Kaltire, 2013. Disponível em: <<https://www.kaltire.com/what-do-dashboard-warning-lights-mean/>>.

DAVIS, Robert. **Real-Time Scheduling and Automotive Networks**, 2015

**DIN 31000**: General principles for the safe design of products. 2017

**DIN 40042:** Realiability of electrical equipment, devices and systems; definition of terms. 2006

ETAS. **BUSMASTER.** Disponível em: <[https://www.etas.com/en/products/applications\\_busmaster.php](https://www.etas.com/en/products/applications_busmaster.php)>. Acesso em: 19 de maio de 2017

FRANK, H.; SHMIDTS, U. **Vehicle Diagnostics – The whole Story.** 2007. Disponível em: <[https://vector.com/portal/medien/cmc/press/PDG/Diagnostics\\_Congress\\_Elektronik\\_Automotive\\_200703\\_PressArticle\\_EN.pdf](https://vector.com/portal/medien/cmc/press/PDG/Diagnostics_Congress_Elektronik_Automotive_200703_PressArticle_EN.pdf)>. Acesso em: 12 de março de 2017

GUIMARÃES, A. A. **Eletrônica embarcada automotiva.** 1. ed. São Paulo, 2007.

KVASER. **Kvaser Leaf Light HS v2- A4.** Disponível em: <[http://www.kvaser.com/external-link/?url=http://canlandbucket.s3-website-eu-west-1.amazonaws.com/productionResourcesFiles/962ed508-c72e-4055-b6c8-ef9e218b47c8/Kvaser%20Leaf%20Light%20HS%20v2%20-%20A4%20-%20Web.pdf&back\\_url=https://www.kvaser.com/product/kvaser-leaf-light-hs-v2/](http://www.kvaser.com/external-link/?url=http://canlandbucket.s3-website-eu-west-1.amazonaws.com/productionResourcesFiles/962ed508-c72e-4055-b6c8-ef9e218b47c8/Kvaser%20Leaf%20Light%20HS%20v2%20-%20A4%20-%20Web.pdf&back_url=https://www.kvaser.com/product/kvaser-leaf-light-hs-v2/)>. Acesso em: 18 de maio de 2017

MANAVELLA, H. J. **Diagnóstico automotivo avançado:** injeção/ignição eletrônica – sistemas OBD II. Ed 1, 2009. Disponível em: <[http://www.hmautotron.eng.br/html/livro\\_diag.html](http://www.hmautotron.eng.br/html/livro_diag.html)>. Acesso em: 23 de março de 2017

MÜLLER, E. J. **A importância e de gerar e manter logs.** Disponível em: <<http://www.ezequieljuliano.com.br/?p=76>>. Acesso em: 20 de maio de 2017

NASSIM, Bessadd. **Controller Area Network (CAN bus) in the Automotive Industry:** An efficient way to establish in-system communication, 2016.

PATRA, Arka. **Electric Power Steering Column Noise.** Kolkata: Stack Exchange, 2015. Disponível em: <<https://mechanics.stackexchange.com/questions/21995/electric-power-steering-column-noise>>. Acesso em 11 de maio de 2017.

SCHAUFFELE, J.; ZURAWKA, T. **Automotive Software Engineering – Principles, Processes, Methods and Tools.** Published by SAE International, 2005. Disponível



em :< <https://pt.scribd.com/document/276056254/Jorg-Schauffele-Automotive-Software-Engineering-BookFi-org-pdf>>. Acesso em: 19 de maio de 2017

SIMMA SOFTWARE. **Introduction to SAE J1939**. Disponível em: <<http://www.simmasoftware.com/j1939-introduction.pdf>>. Acesso em: 15 de abril de 2017.

SOCIETY OF AUTOMOTIVE ENGINEERS. **SAE J1939**: Recommended Practice of a serial control and communications vehicle network. 2005.

SOCIETY OF AUTOMOTIVE ENGINEERS. **SAE J1939-71**: SURFACE VEHICLE RECOMMENDED PRACTICE — Vehicle application layer. 2008.

SUWATTHIKUL, Jittiwut. **Fault detection and diagnosis for in-vehicle networks**. 2010 Disponível em: <https://www.intechopen.com/books/fault-detection/fault-detection-and-diagnosis-for-in-vehicle-networks>

TEXAS INSTRUMENTS. **Introduction to the Controller Area Network (CAN)**, 2016. Application Report. Disponível em: < <http://www.ti.com/lit/an/sloa101b/sloa101b.pdf>>. Acesso em: 24 de maio de 2017

VECTOR INFORMATIK GmbH. **User Manual: CANoe**. Disponível em: < [https://vector.com/portal/medien/cmc/manuals/CANoe75\\_Manual\\_EN.pdf](https://vector.com/portal/medien/cmc/manuals/CANoe75_Manual_EN.pdf)>. Acesso em: 3 de maio de 2017