

UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ  
DIRETORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO  
DEPARTAMENTO ACADÊMICO DE ELETRÔNICA  
CURSO DE ESPECIALIZAÇÃO EM SISTEMAS EMBARCADOS PARA A  
INDÚSTRIA AUTOMOTIVA

HENRIQUE KOZECHEN PEREIRA SOUTO

**ANÁLISE DA UTILIZAÇÃO DE REDES CAN DE ALTA VELOCIDADE  
EM VEÍCULOS PESADOS E LONGOS**

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO DE ESPECIALIZAÇÃO

CURITIBA  
2016

HENRIQUE KOZECHEN PEREIRA SOUTO

**ANÁLISE DE UTILIZAÇÃO DE REDES CAN DE ALTA VELOCIDADE  
EM VEÍCULOS PESADOS LONGOS**

Trabalho de Conclusão de Curso de Especialização, apresentado ao Curso de Especialização em Automação Industrial, do Departamento Acadêmico de Eletrônica, da Universidade Tecnológica Federal do Paraná – UTFPR, como requisito parcial para obtenção do título de Especialista.

Orientador: Prof. Olício Silva Junior

CURITIBA  
2016

## RESUMO

SOUTO, Henrique K. P. **Análise de utilização de redes CAN de alta velocidade em veículos pesados e longos**. 2016. 34f. Monografia (Curso de Especialização em Sistemas Embarcados Para a Indústria Automotiva), Departamento Acadêmico de Eletrônica, Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Curitiba, 2016.

Neste trabalho será apresentado breves conceitos sobre redes e redes automotivas, com o objetivo de analisar a utilização de redes CAN, no protocolo J1939, em veículos comerciais de grande porte, onde o barramento principal da rede pode chegar a 100 metros de comprimento. Logo, estudando a viabilidade da implementação deste protocolo de transmissão de dados sem a adição de nenhum componente físico à rede, como repetidores de sinal.

**Palavras chave:** Redes CAN. J1939. Redes veiculares.

## **ABSTRACT**

SOUTO, Henrique K. P. **High speed CAN network usage analysis in heavy duty and long vehicles**. 2016. 34f. Monografia (Curso de Especialização em Sistemas Embarcados Para a Industria Automotiva), Departamento Acadêmico de Eletrônica, Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Curitiba, 2016.

In this research will be presented, briefly, the automotive network concepts, with the purpose of analyzing the usage of CAN networks, within J1939 protocol, in heavy duty commercial vehicles, whereas the main backbone of the network is up to 100 meters long. Therefore, studying the practicability of the implementation of this protocol of data transmission without adding any hardware at all in the network, such as signal repeaters.

**Keywords:** CAN network. J1939. Vehicle network.

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 – Tendência do número de ECUs em veículos automotores .....	12
Figura 2 – Camadas, interfaces e protocolos .....	17
Figura 3 – Rede veicular J1939 típica .....	20
Figura 4 – Identificação por cor e exemplo de junção da rede J1939 .....	22
Figura 5 – Topologia de rede com ECUs do tipo 1 .....	22
Figura 6 – Topologia de rede com uma ECU do tipo 2 .....	23
Figura 7 – Topologia de rede com duas ECUs do tipo 2 .....	23
Figura 8 – CANcaseXL log, VECTOR .....	24
Figura 9 – Interface do CANalyzer v8.1 .....	25
Figura 10 – Handyscope HS4 DIFF .....	26
Figura 11 – Rede J1939 de 100m para simulação .....	27
Figura 12 – Configuração utilizada para simulação em 250kbps .....	28
Figura 13 – Estatísticas da rede em 250kbps .....	28
Figura 14 – Leitura da simulação em 250kbps feita pelo osciloscópio .....	29
Figura 15 - Leitura da simulação em 250kbps feita pelo osciloscópio .....	29
Figura 15 – Configuração utilizada para simulação em 500kbps .....	30
Figura 16 – Estatísticas da rede em 500kbps .....	31
Figura 17 – Leitura da simulação em 500kbps feita pelo osciloscópio .....	32
Figura 18 – Leitura da simulação em 500kbps feita pelo osciloscópio .....	32

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO</b>	<b>11</b>
1.1	TEMA	11
1.2	DELIMITAÇÃO DO ESTUDO	13
1.3	PROBLEMA	13
1.4	OBJETIVOS	14
1.4.1	Objetivo Geral	14
1.4.2	Objetivos Específicos	14
1.5	JUSTIFICATIVA	14
1.6	PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS	15
1.7	EMBASAMENTO TEÓRICO	15
1.8	ESTRUTURA DO TRABALHO	16
<b>2</b>	<b>FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA</b>	<b>17</b>
2.1	APRESENTAÇÃO DAS CAMADAS DE REDE SEGUNDO O MODELO OSI 17	
2.2	CAMADA FÍSICA SEGUINDO O MODELO OSI	18
2.3	REDES CAN	19
2.4	CARACTERÍSTICAS DA REDE CAN	19
2.5	PROTOCOLO SAE J1939	20
2.6	PADRÃO SAE J1939-15	21
2.6.1	Camada e Meio Físico	21
2.6.2	Características do Meio Físico	21
2.6.3	Topologia de Rede	22
<b>3</b>	<b>APRESENTAÇÃO E ANÁLISE DOS RESULTADOS</b>	<b>24</b>
3.1	EQUIPAMENTOS UTILIZADOS PARA AQUISIÇÃO E ANÁLISE DOS DADOS	24
3.1.1	<i>CANcase XL Log</i>	24
3.1.2	<i>CANalyzer v8.1</i>	25
3.1.3	<i>Handyscope HS4 DIFF</i>	26
3.2	Aquisição e análise dos sinais	27
<b>4</b>	<b>CONSIDERAÇÕES FINAIS</b>	<b>33</b>
	REFERÊNCIAS	34

# 1 INTRODUÇÃO

## 1.1 TEMA

Com a rápida evolução dos sistemas e sub-sistemas veiculares, sejam eles demandas de novas funções de conforto ou segurança, ou pela exigência da redução do nível de emissões de gases nocivos a saúde ou de efeito estufa, faz-se necessária a evolução dos sistemas eletrônicos embarcados para controle e customização desses sistemas.

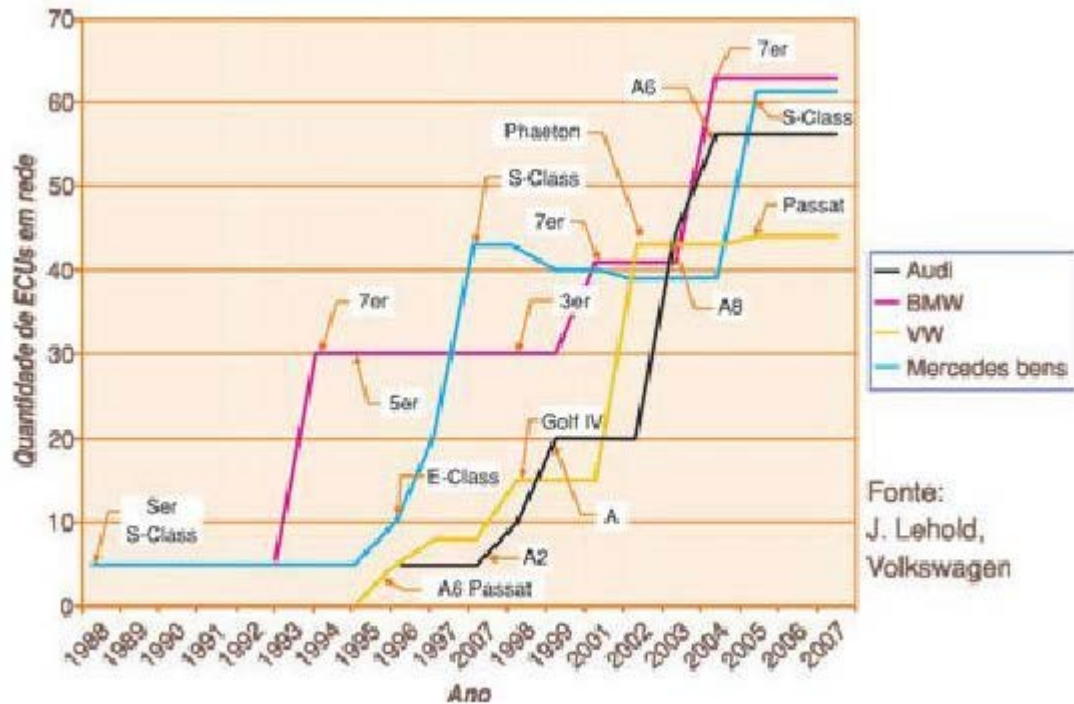
Segundo SANTOS (2010, p. 14), a evolução da tecnologia de microcontroladores, redes de comunicação e computação distribuída, motivou a aplicação de tecnologias de sistemas embarcados em automóveis, visando a otimização em tempo e custo no processo de desenvolvimento e facilidade de criação e distribuição de novas funções no domínio automotivo.

Entre todas as tecnologias de sistemas embarcados, pode-se citar a rede de comunicação, que se faz necessária a implementação, para que seja possível a troca de informação, em tempo real, entre parte ou todas as ECUs (*Electronic Control Unit*) que controlam os sistemas e subsistemas automotivos. As redes de comunicação possuem a capacidade de interconectar sensores, atuadores e computadores embarcados com um baixo custo, pois tem como objetivo reduzir o número de cabeamentos e chicotes em um veículo, facilitar o diagnóstico e manutenção, se comparados a ligação ponto a ponto entre os sistemas. (SANTOS, 2010).

Sendo assim, em função da crescente demanda das funções automotivas, a sua distribuição e características demandam requisitos diferentes, tais quais: quantidade de nós conectados a essa rede, condições do ambiente, capacidade de carga na rede, comprimento físico, etc. (SANTOS, 2010). No caso, existem vários tipos de rede onde um barramento principal é utilizado para conectar diferentes nós de redes, que podem fazer a comunicação de forma direta, qual podemos citar CAN, MOST e *FlexRay*. (SANTOS, 2010).

Os veículos de transporte em massa de passageiros utilizam dessas redes, principalmente quando se fala em CAN. Entretanto, existe um fator crítico na aplicação de redes CAN neste tipo de veículo: comprimento do barramento principal, o qual será objeto de estudo deste trabalho.

Como apresentado anteriormente e também na figura 1, a quantidade de ECUs conectada à essa rede só tende a crescer com o passar do tempo, demandando assim também a maior troca de informação entre os nós de rede.



**Figura 1 – Tendência do número de ECUs em veículos automotores**  
**Fonte: Adaptado de Saber Eletrônica (2015)**

Com essa grande demanda de geração e troca de informação faz-se necessária a maior restrição de variáveis físicas de rede como, numero de voltas do par trançado do barramento principal, distância entre nós e o comprimento total do barramento principal. Hoje existem veículos para transporte de passageiros com até 28 metros de comprimento (MOBILIDADE VOLVO, 2015), os quais possuem fatores críticos na aplicação das redes CAN devido as limitações do tamanho do barramento principal segundo os padrões para veículos pesados.



## 1.2 DELIMITAÇÃO DO ESTUDO

Esse estudo aborda os temas referentes a utilização de redes veiculares em veículos pesados e de grande comprimento, nos quais são utilizados sistemas embarcados multiplexados, ou seja, que trocam uma série de informações através de algum tipo de rede, no objeto de estudo desse trabalho, redes CAN.

A análise tem como propósito enraizar seus estudos em veículos que possuam uma grande distância entre ECUs que necessitam trocar informações entre si, por consequência, necessitam de um tronco principal de grande extensão como meio de transmissão e troca de mensagens.

## 1.3 PROBLEMA

Análise será feita em uma aplicação de redes CAN de alta velocidade em veículos pesados e de grande comprimento. Hipoteticamente, onde o motor e sua ECU ficam na parte traseira do veículo, enquanto as unidades de controle de dinâmica veicular e carroceria, assim como o conector de diagnósticos na parte dianteira.

Com essa condição de aplicação da instalação das unidades de controle, devido ao comprimento do veículo e as rotas pelas quais o chicote deve fazer para contornar diferentes componentes ao longo do veículo, fica evidente a necessidade de utilização de topologias de rede diferentes ao estabelecidos pelas normas utilizadas atualmente, quanto a variável comprimento do tronco principal da rede (*BackBone*).

## 1.4 OBJETIVOS

### 1.4.1 Objetivo Geral

Analisar a viabilidade de utilização de redes CAN de alta velocidade em veículos pesados e longos, onde o tronco principal da rede pode atingir até 100 metros de comprimento.

### 1.4.2 Objetivos Específicos

- Identificar as normas de topologia para redes CAN de alta velocidade existentes
- Fabricar um tronco principal de rede de 100 metros de comprimento seguindo as normas de topologia.
- Simular a comunicação entre os nós de rede (ECUs) com o envio de mensagens coletadas em uma operação veicular real.
- Analisar os dados e nível de comunicação obtidos. Carga na rede, *error frames*.

## 1.5 JUSTIFICATIVA

Com a constante necessidade de aumentar o controle veicular, seja por atender níveis e demandas de emissões, normas de segurança, conforto, eletrificação da propulsão, etc. A eletrônica, no universo como um todo dos veículos automotores, está aumentando de maneira exponencial, e com isso aumenta-se o número de cabos e fios para interligar todo esses sistemas e subsistemas.

As redes de comunicação veicular, dentro delas a rede CAN, tem como finalidade diminuir a quantidade de fios necessários para a fabricação dos chicotes automotivos, pois ao contrário de transmitir cada sinal para cada ECU por variáveis analógicas, utilizando uma grande quantidade de fios, as redes de comunicação transmitem isso por um único meio, de forma digital, geralmente por um par trançado somente. Gerando assim economia e a diminuição do peso em cobre no veículo.

A sua necessidade de utilização fica ainda mais evidente em veículos pesados e longos, onde a quantidade de fios (cobre) é ainda maior, tendo mais

resultados com a utilização das redes CAN. Por esses motivos evidencia-se a necessidade do objeto de estudo deste trabalho.

A análise aqui proposta, também está diretamente conectada ao curso de Especialização em Sistemas Embarcados Automotivos, tendo em vista que as redes de comunicação faz parte indispensável de um sistema embarcado automotivo atual.

## 1.6 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

No âmbito da classificação da pesquisa, pode ser classificada como aplicada, pois tem como finalidade criar conhecimentos para a aplicação prática, visando à solução de problemas específicos, envolvendo fatos e interesses locais. (GERHARDT; SILVEIRA, 2009).

Para utilizar como base para alcançar os objetivos propósitos neste trabalho, utilizou-se a pesquisa descritiva, pois esse tipo tem como objetivo descrever as características de um fenômeno ou experiência. Mostrando uma nova visão sobre um assunto que já é de conhecimento. (DUARTE, 2016)

Para a execução da análise será utilizado o método experimental, pois irá ser trabalhado os diversos fatores e variáveis encontradas para a busca da solução do problema. Logo, podendo manipular e analisar a causa e o efeito de cada variável e chegar a solução final. Para atingir os resultados serão usados aparelhos e ferramentas para tornar perceptível as relações existentes entre as variáveis. (MAZUR, 2016).

## 1.7 EMBASAMENTO TEÓRICO

Como a base deste trabalho é o estudo das redes CAN, será utilizado, com relação à este tema as normas da SAE J1939-15 (Camada física da rede). Porém também será abordado brevemente o tema de camadas de redes de comunicação (camada física) (MICROSOFT, 2016), (PROJETO DE REDES, 2016)

## 1.8 ESTRUTURA DO TRABALHO

O trabalho será apresentado com a seguinte estrutura.

**Capítulo 1 - Introdução:** serão apresentados como o tema vem se desenvolvendo nos últimos anos, assim como suas aplicações e importâncias dentro das delimitações dessa pesquisa.

**Capítulo 2 – Definição das sete camadas do modelo OSI e redes CAN:** será abordada somente a camada física, por estar diretamente conectada a análise proposta neste trabalho. E também o tipo de rede estudada.

**Capítulo 3 – Apresentação e Análise dos Resultados:** neste capítulo serão descritos os resultados obtidos e feitas as devidas análises relacionadas à utilização de redes CAN em veículos pesado e longos.

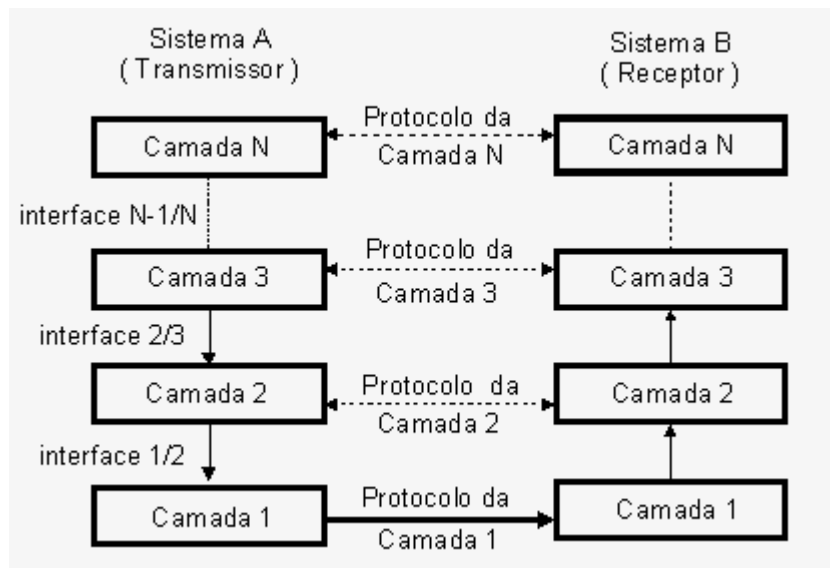
**Capítulo 4 – Considerações finais :** serão apresentadas as respostas e conclusões da análise com base nos resultados obtidos no capítulo anterior.

## 2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Fez-se necessária o estudo e a compreensão dos temas abordados neste capítulo do trabalho, fundamentos de camadas de rede, focando no estudo da camada física, com o intuito de compreender o meio de transmissão desta rede. Também, estudou-se o conceito de redes CAN, para o entendimento de sua topologia e tráfego de dados para possibilitar a correta análise dos dados obtidos.

### 2.1 APRESENTAÇÃO DAS CAMADAS DE REDE SEGUNDO O MODELO OSI

Pode-se afirmar que a arquitetura de uma rede de comunicação é composta por camadas. Logo, as camadas podem ser definidas como processos, que trocam informação com o processo correspondente no outro nó de rede. Entretanto, os dados transferidos não podem ser transmitidos diretamente de uma camada, para àquela de mesmo nível no outro nó, sempre sendo primeiramente transferidos para a camada logo abaixo do nó transmissor até atingir o nível mais baixo da rede, possibilitando assim sua transmissão (PROJETO DE REDES, 2016) A figura 2 mostra como faz-se a interface entre N camadas do modelo OSI.



**Figura 2 – Camadas, interfaces e protocolos**  
 Fonte: adaptado de Projeto de Redes (2016)

No caso do modelo OSI existem sete camadas, que estão dispostas da seguinte forma (MICROSOFT, 2016):

- Aplicação
- Apresentação
- Sessão
- Transporte
- Rede
- Enlace de Dados
- Física

Como objetivo deste trabalho é análise somente da camada física, ela será o foco da teoria neste trabalho.

## 2.2 CAMADA FÍSICA SEGUINDO O MODELO OSI

Segundo a MICROSOFT (2016):

“A camada física, camada inferior do modelo OSI, está encarregada da transmissão e recepção do fluxo de bits brutos não estruturados através de um meio físico. Ela descreve as interfaces elétricas, ópticas, mecânicas e funcionais com o meio físico e transporta os sinais para todas as camadas superiores”.

Nesta camada, existem protocolos que fazem a transformação de símbolos, caracteres ou variáveis em pulsos elétricos que serão transmitidos para outros equipamentos através do meio físico. (PROJETO DE REDES, 2016)

Logo nesta camada deve ser definidos as seguintes características mecânicas e elétricas do meio físico:

- Nível de tensão elétrica para representar os níveis lógicos binários;
- Velocidade de transmissão;
- Tipo de transmissão: *simplex*, *half duplex* ou *full duplex*;
- Número de pinos do conector e a finalidade de cada um.
- Diâmetro e número de condutores.

## 2.3 REDES CAN

O protocolo CAN foi desenvolvido pela Robert Bosch em meados de 1986 para a aplicação de redes de comunicação em veículos automotores, tendo como finalidade diminuir a complexidade dos chicotes em veículos que possuíam sistemas embarcados para gerenciamento de sistemas mecânicos como motor, ABS, transmissão etc. (UNIVERSIDADE DO PORTO, 2016)

A utilização da rede CAN tornou-se muito popular, não somente no mundo automotivo, mas também para uso industrial, devido ao seu baixo custo ligado à robustez às interferências eletromagnéticas, e também a sua capacidade de substituir sistemas complexos de fios por um simples par trançado. (UNIVERSIDADE DO PORTO, 2016).

## 2.4 CARACTERÍSTICAS DA REDE CAN

Segundo a Universidade do Porto (2016) o CAN é:

“...um protocolo de comunicação serial, que permite o controle distribuído em tempo real, com um elevado nível de segurança. É um sistema em barramento com capacidades multi-mestre, isto é, vários nós podem pedir acesso ao meio de transmissão simultaneamente. Este protocolo comporta também o conceito de *multicast*, isto é, permite que uma mensagem seja transmitida a um conjunto de receptores simultaneamente.”

Na parte de taxas de transmissão é possível atingir até 1 Mbit/s na camada física, sendo esse valor limitado pelo comprimento total do barramento. Sendo inversamente proporcional o seu valor. (UNIVERSIDADE DO PORTO, 2016)

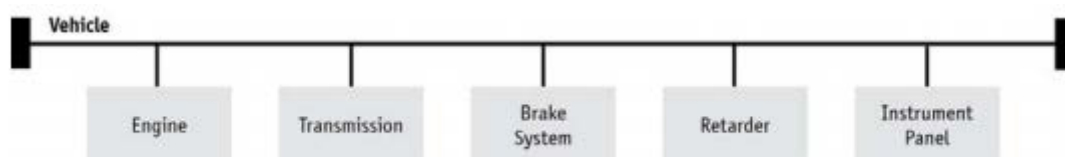
Abaixo, podem ser listados os principais motivos pelos quais o CAN ganhou notoriedade nos últimos anos na sua utilização no meio industrial e, principalmente, automotivo. (UNIVERSIDADE DO PORTO, 2016)

- É um padrão ISO;
- Alta imunidade à ruídos;
- Característica Multi-mestre;
- Capacidade de detecção e sinalização de erros;

- Retransmissão automática de mensagens, quando o barramento está ocupado, logo após sua liberação;
- Baixo tempo de latência;
- Baixo custo de implementação;
- Elevadas taxas de transmissão (1 Mbit/s).

## 2.5 PROTOCOLO SAE J1939

O protocolo SAE J1939 é utilizado nas redes de comunicação dos sistemas embarcados instalados em veículos comerciais. O J1939 é um protocolo que usa o CAN como base para a camada física. Ele define como a comunicação entre todas as unidades de controle que o utilizam deve ser feita e seguida. (VECTOR, 2010) Abaixo, na figura 3, é possível ver a topologia simplificada do J1939.



**Figura 3 – Rede veicular J1939 típica**  
Fonte: Adaptado de VECTOR, 2010

Segundo a Vector (2010), as características principais do J1939 consistem em:

- Identificador CAN do tipo estendido (29bits);
- Taxa de transmissão de 250 kbit/s;
- Protocolos de transporte de até 1785 *bytes* de dados;
- Gerenciamento de rede;
- Funcionalidades de diagnóstico.

Tendo como base os itens anteriores com breve explanações sobre a rede CAN e o protocolo utilizado em veículos comerciais, pode-se, então, serem descritas as características da camada física, tal qual a topologia, do J1939 no próximo item.



## 2.6 PADRÃO SAE J1939-15

Neste ítem serão abordados as características inerentes a camada física do J1939 assim como seu meio físico de transmissão de dados.

### 2.6.1 Camada e Meio Físico

Segundo a SAE (2003, p.3) a camada física é a realização da conexão elétrica entre um certo número de ECUs à uma rede, onde o número de ECUs será limitado pelas cargas elétricas no barramento. Logo, a norma J1939-15 foi projetada para atender uma rede de conexão entre unidades de controle padrão em veículo tais quais: motor, transmissão, ABS, etc. (SAE, 2003).

O meio físico de transmissão de dados nesse tipo de rede dá-se pelo UTP (*un-shielded twisted pair*), nos quais são trançados simetricamente com um padrão de 45 voltas por metro. São identificados como CAN\_H e CAN\_L, os quais também correspondem as terminações de mesmo nome em cada nó. (SAE, 2003)

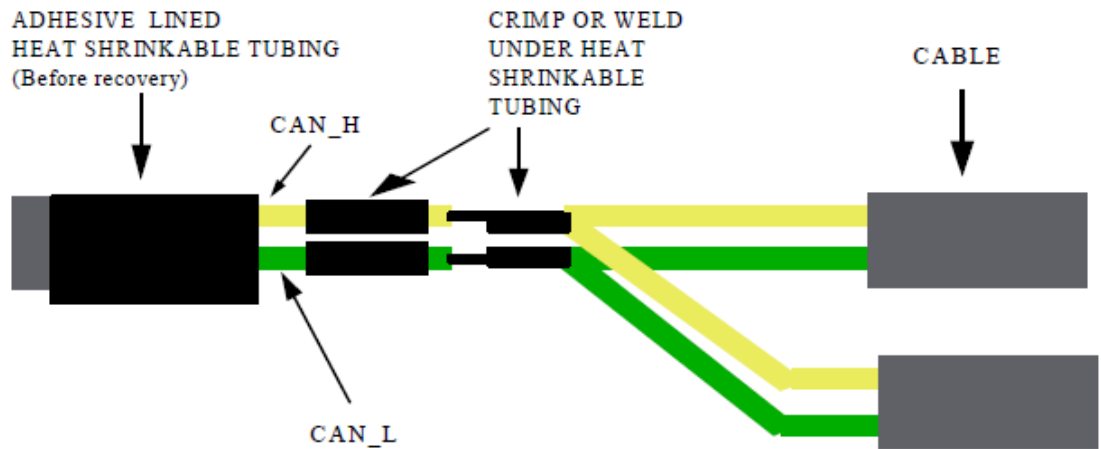
Na camada física do J1939 faz-se necessária a manutenção da correta impedância do barramento, no caso 60 ohms, para manter a confiabilidade da transmissão de dados, para isso são utilizados dois resistores, um em cada ponta do barramento, em paralelo, de 120 ohms, podendo estar ou não embutidos nos nós de fin de linha. (SAE, 2003).

### 2.6.2 Características do Meio Físico

Apesar das inúmeras características do meio físico do J1939, lista-se abaixo as mais importantes para fundamentação teórica da futura análise:

- Impedância: nominal 120 Ohms, min. 108 Ohms e máx. 132 Ohms;
- Resistência específica: nominal 25 mOhms/m, min. 0 e máx. 50
- Temperatura de operação: -40°C à +125°C

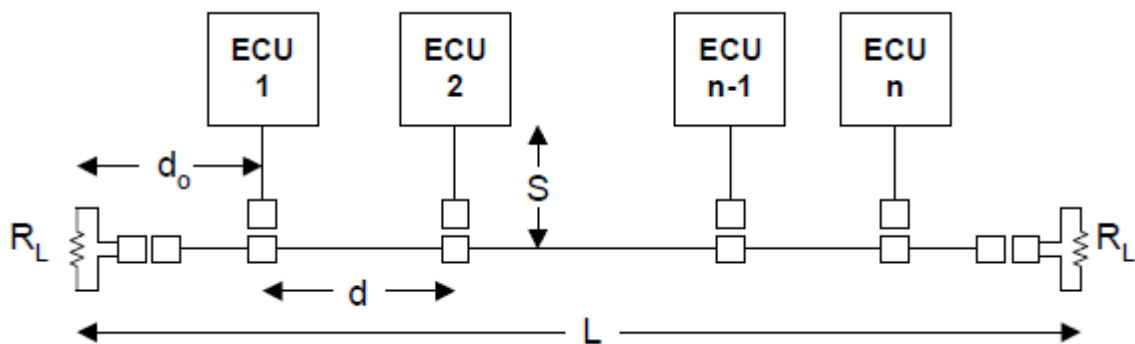
Os cabos são identificados pelas cores verde, para o CAN\_L, e amarela para o CAN\_H, conforme figura 4.



**Figura 4 – Identificação por cor e exemplo de junção da rede J1939**  
 Fonte: Adaptado de SAE (2003)

### 2.6.3 Topologia de Rede

A topologia da rede CAN pode variar de 3 formas diferentes, apresentadas nas figuras 5, 6 e 7, dependendo do tipo de ECUs que são utilizadas na rede, definidas como ECU tipo 1 (sem resistor de fim de linha) e ECU do tipo 2 (com resistor de fim de linha interno à ECU) (SAE, 2003).



**Figura 5 – Topologia de rede com ECUs do tipo 1**  
 Fonte: Adaptado de SAE (2003)

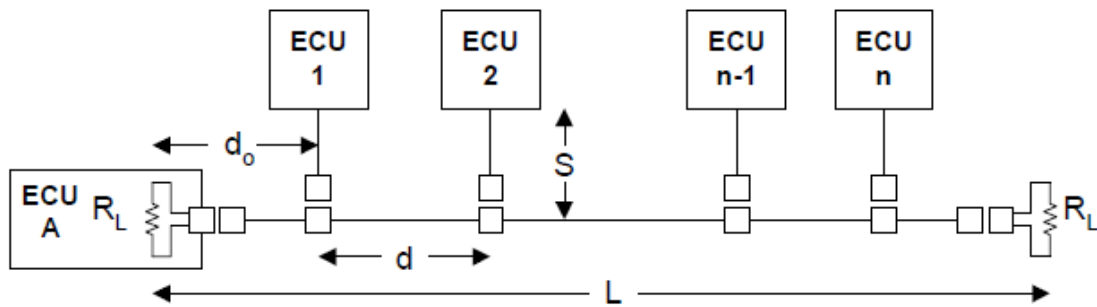


Figura 6 – Topologia de rede com uma ECU do tipo 2  
Fonte: Adaptado de SAE (2003)

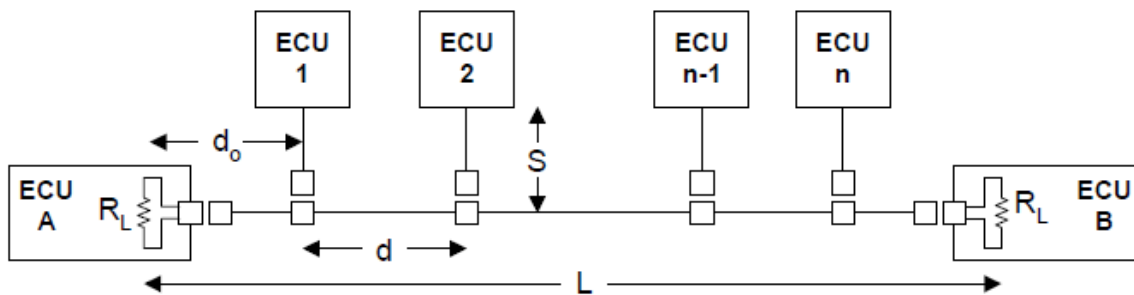


Figura 7 – Topologia de rede com duas ECUs do tipo 2  
Fonte: Adaptado de SAE (2003)

As características da topologia, independente do tipo de ECU utilizada são descritas abaixo (SAE, 2003):

- Comprimento do barramento ( $L$ ) = máx. 40m
- Comprimento das derivações (cada ECU) ( $S$ ) = máx. 3m
- Distância entre nós ( $d$ ) = min. 0,1m e máx. 40m
- Mínima distância entre um nó e  $R_L$  = 0m (pois  $R_L$  pode ser instalado dentro de uma ECU)

A topologia de cabeamento deve ser o mais próximo possível da linearidade, para que seja evitado o efeito de reflexão entre os cabos, conectando os nós ao barramento principal na topologia T. O meio físico da rede deve ser instalado no veículo evitando a proximidade a cabos de alimentação, como cabos de bateria e alternadores, assim como cargas indutivas, como relés de luzes de direção, limpadores de para-brisa, motores em geral etc. (SAE, 2003)

A topologia analisada nesta pesquisa será a apresentada na figura 6, onde somente uma ECU do tipo 2 faz parte da rede.

### 3 APRESENTAÇÃO E ANÁLISE DOS RESULTADOS

Nesta parte da pesquisa, serão apresentadas as análises assim como seus resultados, especificando todo o equipamento utilizado assim como suas configurações para medição.

#### 3.1 EQUIPAMENTOS UTILIZADOS PARA AQUISIÇÃO E ANÁLISE DOS DADOS

Foram utilizados dois equipamentos imprescindíveis para análise de redes CAN, o primeiro que será apresentado, é o *CANalyzer v8.1* utilizado juntamente com a interface *CANcase XL Log* de 2 canais. O segundo é o osciloscópio *Handyscope HS4 DIFF*. O quais serão descritos na sequência.

##### 3.1.1 *CANcase XL Log*

O *CANcase XL Log*, é um analisador de CAN fabricador pela *VECTOR*, o qual possui 2 canais de aquisição de dados bidirecionais. Este equipamento foi utilizado para fazer a simulação da rede J1939 de teste com o comprimento do barramento de 100m, juntamente com o software, também fornecido pela *VECTOR*, *CANalyzer v8.1*. Para simular corretamente a rede dois resistores de 120 Ohms foram acoplados em cada nó (cada canal), onde pode-se observar na figura 8.

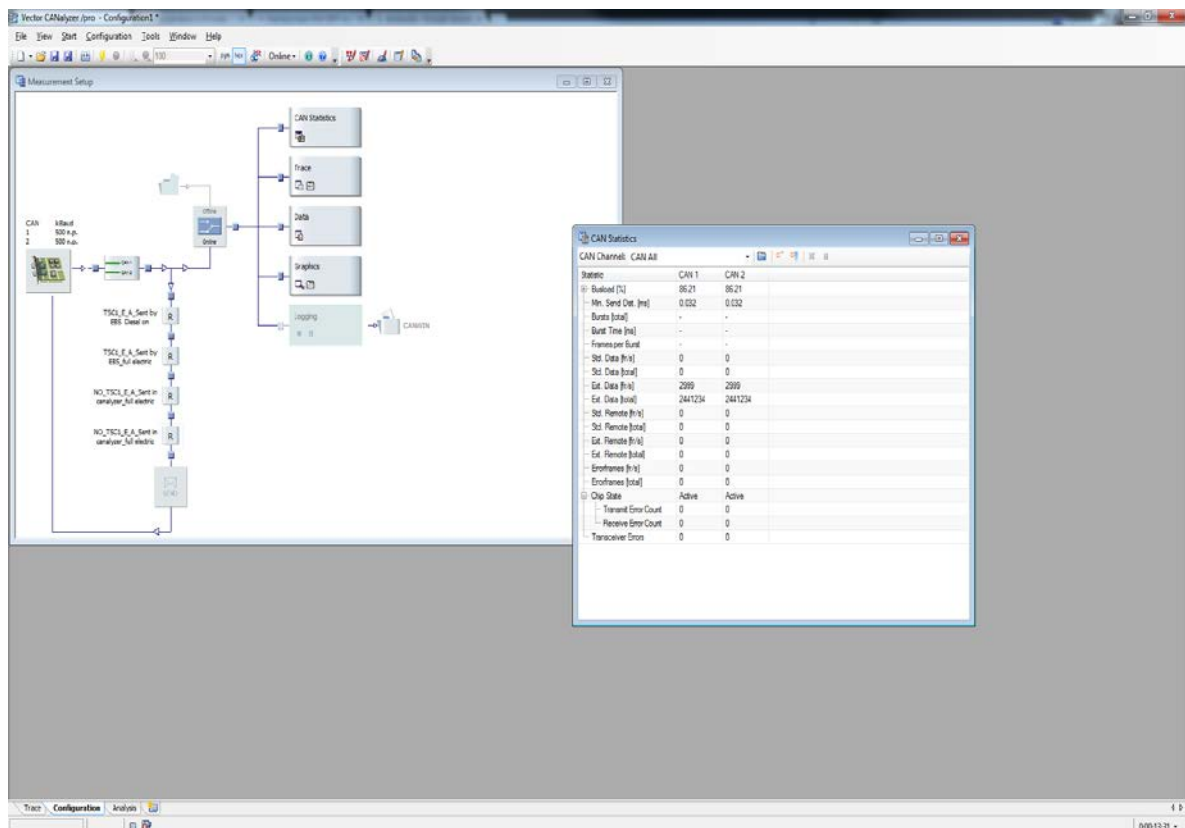


Figura 8 – CANcaseXL log, VECTOR  
Fonte: Autoria própria.

Oberserva-se, também na figura 8 que o canal 1 foi utilizado para a transmissão das mensagens enquanto o canal 2 foi o nó o qual recebia as mensagens.

### 3.1.2 CANalyzer v8.1

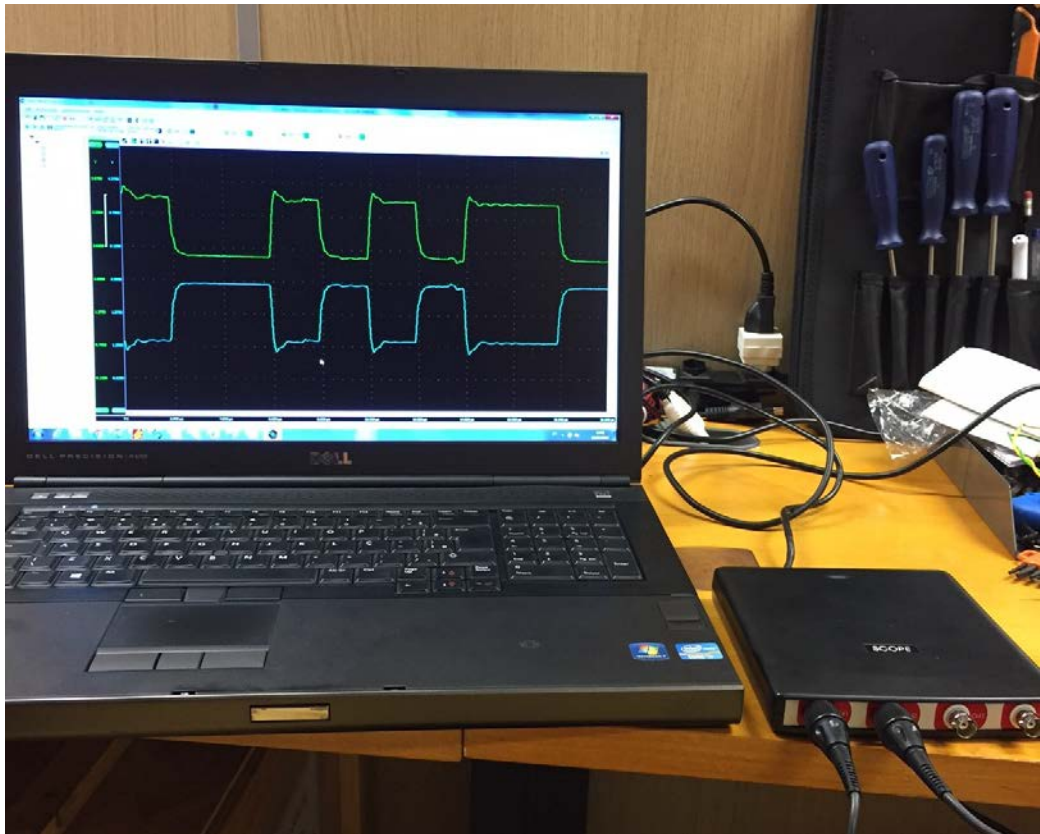
CANalyzer é um software analisador de CAN desenvolvido também pela VECTOR. Nele é possível visualizar mensagens da rede CAN, transmitir mensagens, gravar arquivos de log (em veículos por exemplo), reproduzir arquivos de log para análise offline, transmitir arquivos completos para simulações em bancadas e também verificar as estatísticas da rede CAN que esta sendo analisada, como: carga na rede, número de mensagens transmitidas, número de *error frames* e etc. A interface do programa pode ser visualizada na figura 9.



**Figura 9 – Interface do CANalyzer v8.1**  
**Fonte: Autoria própria**

### 3.1.3 Handyscope HS4 DIFF

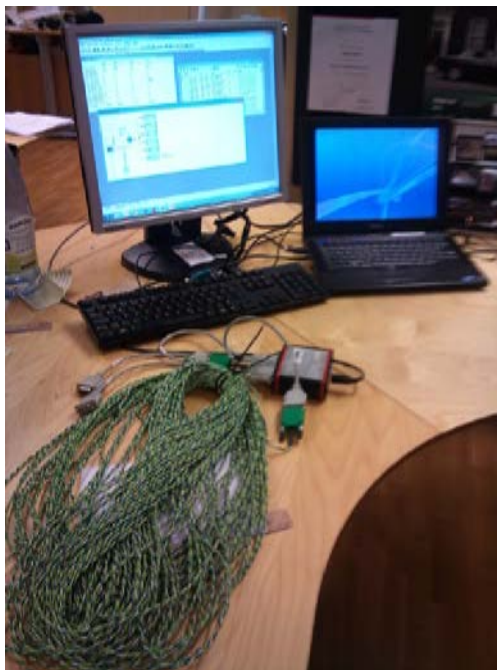
Este osciloscópio foi desenvolvido e fabricado pela *TiePie engineering*. Possui uma interface USB, pois só pode ser utilizado em um computador o qual possua o software *TiePie MultiChannel* instalado. Este equipamento possui 4 canais de aquisição, com uma resolução de 12 bits, 50 MHz e tem uma taxa de amostragem de até 128k amostras por canal. Na figura 10 pode ser observado o osciloscópio na utilização para esta pesquisa (TIEPIE, 2016).



**Figura 10 – Handyscope HS4 DIFF**  
**Fonte: Autoria própria**

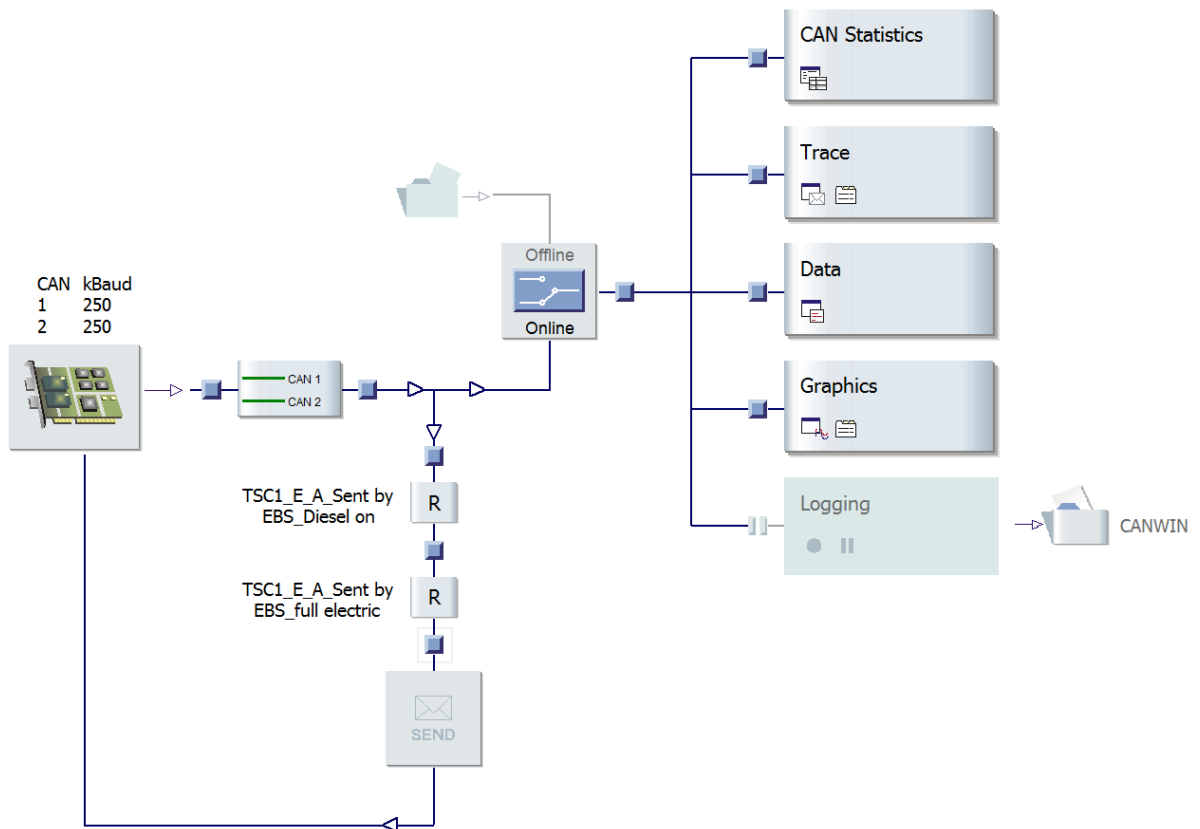
### 3.2 Aquisição e análise dos sinais

Para a aquisição dos sinais foi montada uma rede CAN de bancada com extensão de 100m, conectada aos dois canais do CANcase, conforme figura 11.



**Figura 11 – Rede J1939 de 100m para simulação**  
**Fonte: Autoria própria**

Utilizando o CANalyzer foi reproduzido um arquivo de log obtido em um veículo (ônibus híbrido B215RH, fabricado pela Volvo) em uma operação real, estressando a carga na rede acima do valor recomendado que é de 80%, com o intuito de gerar possíveis *error frames* na rede. Também foram testadas duas velocidades de transmissão, 250kbps e 500kbps, assim pode-se também analisar se com o aumento da velocidade são gerados distúrbios e erros na rede. Na figura 12 tem-se a configuração do CANalyzer para velocidade de 250kbps e na figura 13 são apresentadas as estatísticas da rede.



**Figura 12 – Configuração utilizada para simulação em 250kbps**  
**Fonte: Autoria própria**

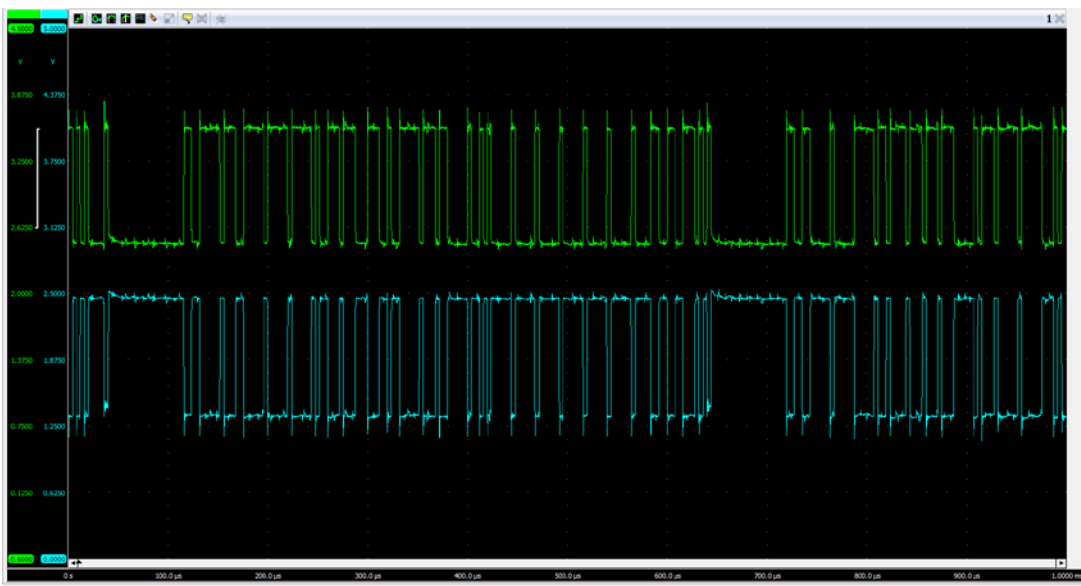
CAN Statistics		
CAN Channel: CAN All		
Statistic	CAN 1	CAN 2
Busload [%]	93.81	94.47
Min. Send Dist. [ms]	0.028	0.028
Bursts [total]	-	-
Burst Time [ms]	-	-
Frames per Burst	-	-
Std. Data [fr/s]	0	0
Std. Data [total]	0	0
Ext. Data [fr/s]	1636	1636
Ext. Data [total]	759360	759360
Std. Remote [fr/s]	0	0
Std. Remote [total]	0	0
Ext. Remote [fr/s]	0	0
Ext. Remote [total]	0	0
Errorframes [fr/s]	0	0
Errorframes [total]	0	0
Chip State	Active	Active
Transmit Error Count	0	0
Receive Error Count	0	0
Transceiver Errors	0	0

**Figura 13 – Estatísticas da rede em 250kbps**  
**Fonte: Autoria própria**

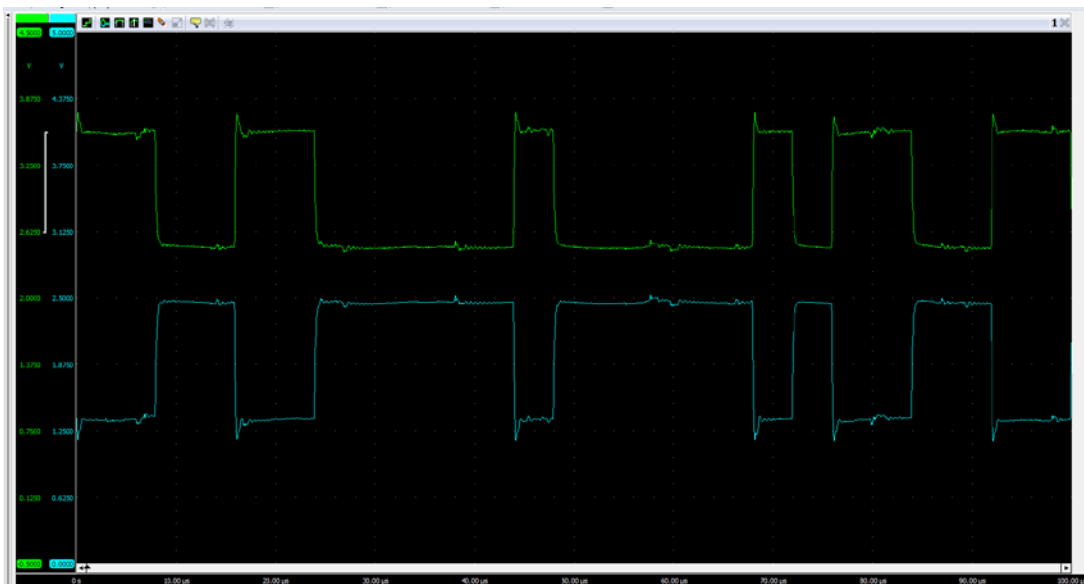


Pode-se ver, na figura 13, que na simulação da rede em 250kbps, a rede foi estressada até aproximadamente 94% da sua carga e, após a transmissão de quase 760 mil frames nenhum erro, ou *error frame*, foi detectado.

Após esta medição, foi feita a aquisição da forma de onda da rede somente para confirmação de sua integridade, a qual podemos ver analisando o CAN\_H e CAN\_L na figura 14 e 15.



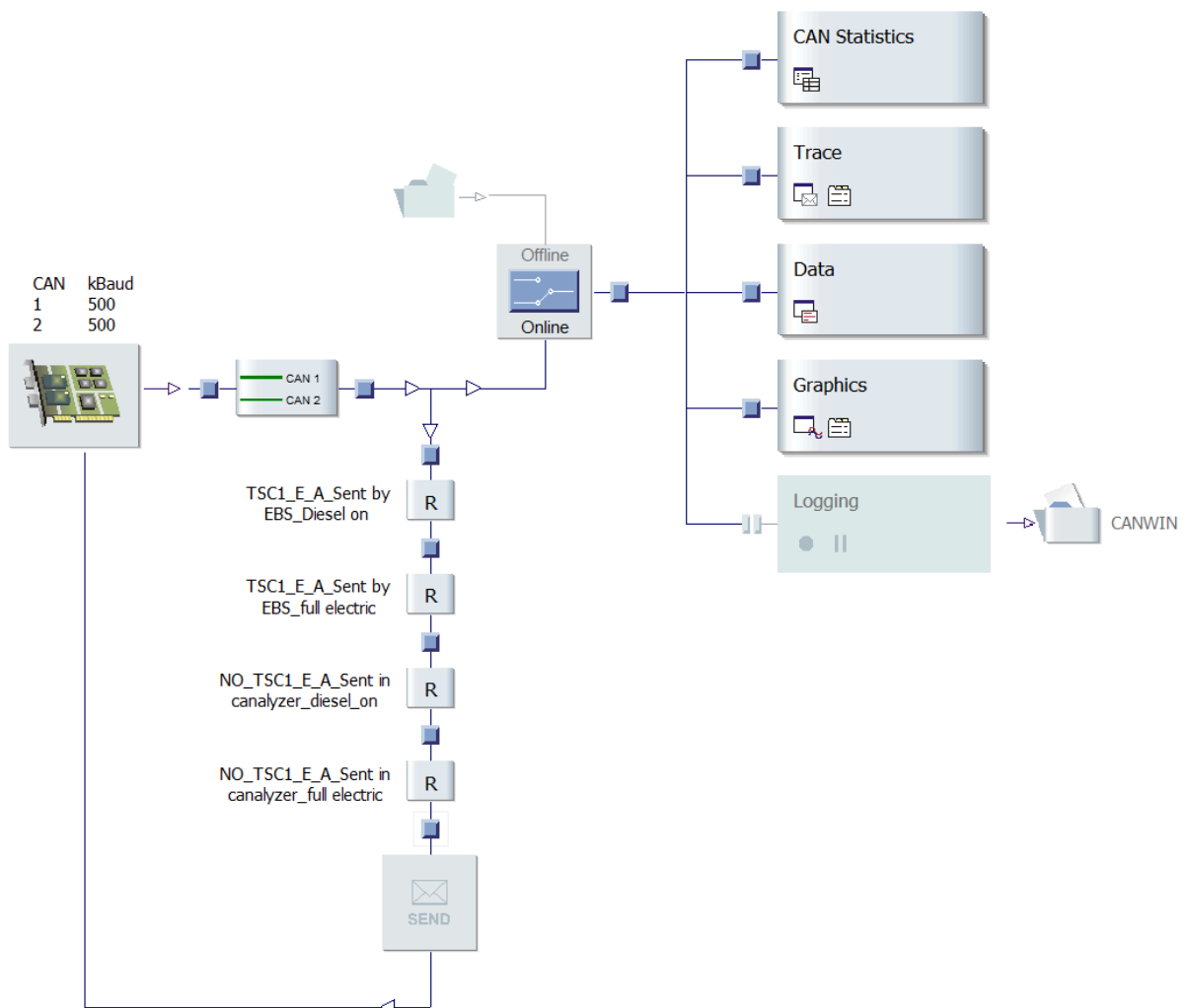
**Figura 14 – Leitura da simulação em 250kbps feita pelo osciloscópio**  
Fonte: Autoria própria



**Figura 15 - Leitura da simulação em 250kbps feita pelo osciloscópio**  
Fonte: Autoria própria

Os valores aceitáveis de tensão para detecção de níveis lógicos no CAN\_H ficam em 2,5V e 3,5V e para o CAN\_L em 1,5V e 2,5V (SAE, 2003). Com isso pode-se concluir que o comportamento de rede está adequado, e nenhum distúrbio foi detectado nessa simulação.

Agora será apresentada a análise, aumentando a velocidade de transmissão para 500kbps, o que, teoricamente, impacta negativamente para a qualidade da transmissão devido ao tamanho do ramo principal. Foi utilizada a mesma lógica de análise mostrada anteriormente. Portanto, nas figuras 16 e 17 serão apresentadas as configurações do *CANalyzer* e as estatística de rede, respectivamente.



**Figura 15 – Configuração utilizada para simulação em 500kbps**  
**Fonte: Autoria própria**

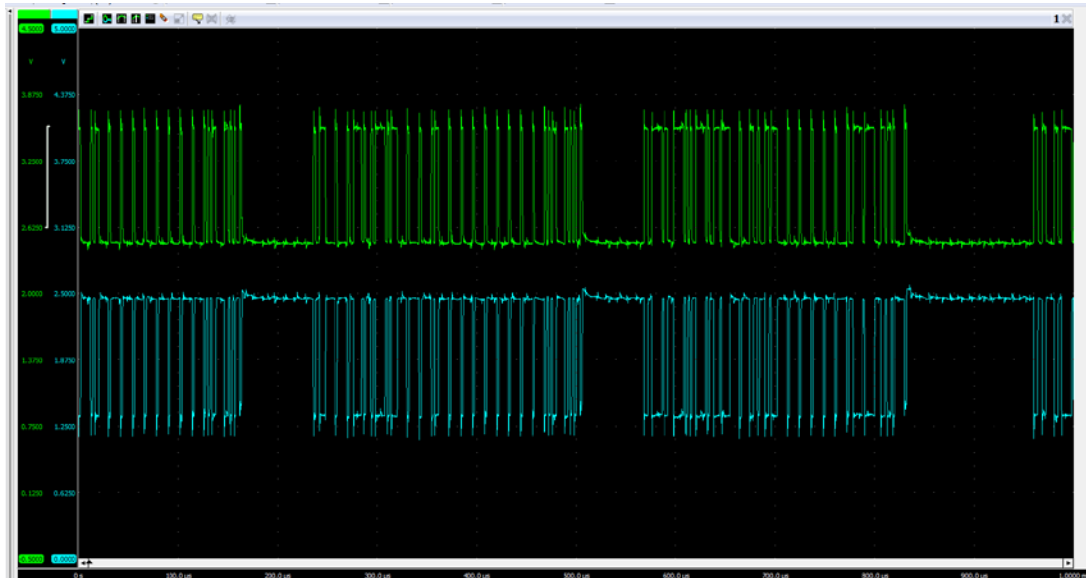
The screenshot shows a window titled 'CAN Statistics' with a dropdown menu set to 'CAN All'. Below the header is a table with columns for 'Statistic', 'CAN 1', and 'CAN 2'. The table lists various performance metrics, including busload, transmission times, data rates, and error counts. The 'Chip State' for both channels is 'Active'.

Statistic	CAN 1	CAN 2
Busload [%]	86.30	86.30
Min. Send Dist. [ms]	0.032	0.032
Bursts [total]	-	-
Burst Time [ms]	-	-
Frames per Burst	-	-
Std. Data [fr/s]	0	0
Std. Data [total]	0	0
Ext. Data [fr/s]	3004	3004
Ext. Data [total]	1155851	1155851
Std. Remote [fr/s]	0	0
Std. Remote [total]	0	0
Ext. Remote [fr/s]	0	0
Ext. Remote [total]	0	0
Errorframes [fr/s]	0	0
Errorframes [total]	0	0
Chip State	Active	Active
Transmit Error Count	0	0
Receive Error Count	0	0
Transceiver Errors	0	0

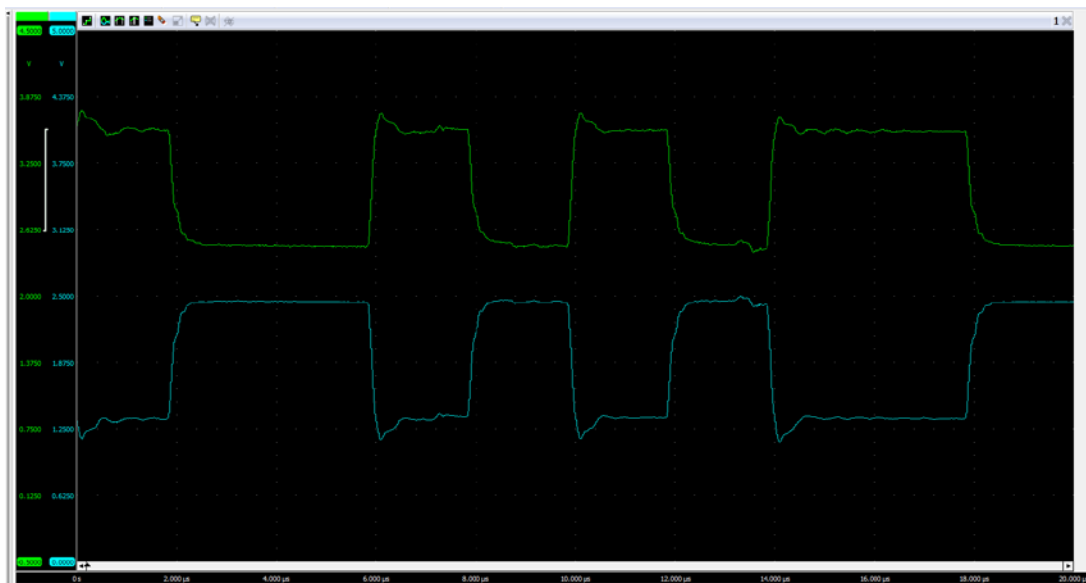
**Figura 16 – Estatísticas da rede em 500kbps**  
**Fonte: Autoria própria**

Na figura 16 nota-se que a carga da rede atingida, como era esperado, foi menor aumentando-se a velocidade. Nesta configuração, mantendo o comprimento da rede, também não foi observado nenhum *error frame* ou algum distúrbio que impedisse a comunicação.

Após esta análise, foi feita a aquisição da forma de onda com o osciloscópio para confirmar que os valores de tensão no CAN\_H e CAN\_L estavam nos valores definidos pela norma. Esta etapa pode ser verificada nas figuras 17 e 18.



**Figura 17 – Leitura da simulação em 500kbps feita pelo osciloscópio**  
Fonte: Autoria própria



**Figura 18 – Leitura da simulação em 500kbps feita pelo osciloscópio**  
Fonte: Autoria própria

Realizando a leitura dos valores de tensão nas figuras 17 e 18, pode-se concluir que estão dentro dos valores definidos pela norma, já citados anteriormente na análise com a velocidade de transmissão reduzida à 250kbps. Logo nenhum distúrbio foi detectado e a rede operou de maneira normal.

#### 4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Com a análise e resultados apresentados nesta pesquisa, é possível concluir que apesar do comprimento do barramento da rede J1939 proposta pela norma seja de 40 metros, pode-se utilizar redes CAN de até 100 metros de comprimento sem nenhuma perda de qualidade na transmissão, visto que nenhum distúrbio ou erro foi detectado na rede com este comprimento. Pode-se garantir a análise e qualidade dos resultados pois a fabricação do chicote para rede foi feita por pessoal e equipamentos qualificados, e também todo o equipamento de análise é próprio e certificado para analisar redes CAN.

Os resultados obtidos são de extrema importância para a indústria automotiva do segmento de veículos comerciais pesados, devido à possibilidade da utilização de CAN em altas velocidades onde as ECUs encontram-se distribuídas à uma grande distância nos veículos, principalmente pela conclusão de que não é necessária a utilização de nenhum tipo de repetidor na rede, logo não adicionando nenhum custo ao produto final, neste caso.

Apesar de ainda não se fazer necessário, mas como visto na introdução, com o aumento do número de ECUs em veículos em geral, pode-se sugerir para futuros trabalhos a análise de redes CAN extrapolando o número de nós da rede proposto pela norma, no mesmo comprimento de barramento proposto por esta pesquisa. Também pode ser explorado o comprimento das ramificações secundárias para cada ECU.

## REFERÊNCIAS

DUARTE, Vânia M. N. **Pesquisas: exploratória, descritiva e explicativa**. [S.L.] Disponível em < <http://monografias.brasilecola.uol.com.br/regras-abnt/pesquisas-exploratoria-descritiva-explicativa.htm>> Acesso em 10 jan. 2016

GERHDAT, Tatiana E. SILVEIRA, Denise T. **Métodos de pesquisa**. Rio Grande do Sul 2009. Disponível em <http://www.ufrgs.br/cursopgdr/downloadsSerie/derad005.pdf> Acesso em 08 jan. 2016

MAZUR, Silvia A. A. **Métodos científicos de pesquisa**. [S.L.] Disponível em <<http://www.coladaweb.com/administracao/metodos-cientificos-de-pesquisa>> Acesso em 10 jan. 2016

MICROSOFT. **Definição das sete camadas do modelo OSI e explicação de suas funções**. [S.L.] v. 11 Nov. 2013. Disponível em <<https://support.microsoft.com/pt-br/kb/103884>> Acesso em 12 jan. 2016

MOBILIDADE VOLVO. **8 razões para utilização dos biarticulados Volvo**. [S.L.] Out. 2014. Disponível em: <<http://www.mobilidadevolvo.com.br/8-razoes-para-a-utilizacao-dos-biarticulados-volvo/>> Acesso em 15 nov. 2015

PROJETO DE REDES. **Artigo: O modelo OSI**. Disponível em: <[http://www.projetederedes.com.br/artigos/artigo\\_modelo\\_osi.php](http://www.projetederedes.com.br/artigos/artigo_modelo_osi.php)> Acesso em 12 jan. 2016

SABER ELETRÔNICA. **Tecnologia de redes de comunicação para sistemas automotivos**. [S.L.]. Jul. 2007. Disponível em: <<http://www.sabereletronica.com.br/artigos/1733-tecnologias-de-redes-de-comunicacao-para-sistemas-automotivo>> Acesso em 14 nov. 2015

SANTOS, Max M. D. **Redes de comunicação automotiva: características, tecnologias e aplicações**. 1ª ed. São Paulo: Editora Érica, 2010

Society of Automotive Engineers. **J1939-11: Reduced physical layer, 250 Kbits/s, Un-Shielded Twisted Pair (UTP)**. Estados Unidos: 2003.

TIEPIE. **Handyscope HS4 DIFF key specifications**. Disponível em <[http://www.tiepie.com/en/products/Oscilloscopes/Handyscope\\_HS4-DIFF](http://www.tiepie.com/en/products/Oscilloscopes/Handyscope_HS4-DIFF)> Acesso em 02 fev. 2016

UNIVERSIDADE DO PORTO. **Protocolo de comunicações CAN**. [S.L.]. Disponível em: <<https://web.fe.up.pt/~ee99058/projecto/pdf/Can.pdf>> Acesso em 17 jan. 2016

VECTOR. **Introduction to J1939**. [S. L.] v. 1.1 Abr. 2010. Disponível em <[http://vector.com/portal/medien/cmc/application\\_notes/AN-ION-1-3100\\_Introduction\\_to\\_J1939.pdf](http://vector.com/portal/medien/cmc/application_notes/AN-ION-1-3100_Introduction_to_J1939.pdf)> Acesso em 15 jan. 2016