

**UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ
DEPARTAMENTO ACADÊMICO DE ELETROTÉCNICA
CURSO DE ENGENHARIA ELÉTRICA**

BRENO MENDES FERREIRA

**UTILIZAÇÃO DE RÁDIO FREQUÊNCIA PARA TELEMETRIA DE
MOTORES AUTOMOTIVOS**

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

CURITIBA

2015

BRENO MENDES FERREIRA

**UTILIZAÇÃO DE RÁDIO FREQUÊNCIA PARA TELEMETRIA DE
MOTORES AUTOMOTIVOS**

Trabalho de Conclusão de Curso de Graduação apresentado como requisito parcial à obtenção do título de Engenheiro Eletricista, do Departamento Acadêmico de Eletrotécnica (DAELT) da Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR),

Orientador: Prof. Me. Guilherme Luiz Moritz
Coorientador: Prof. Dr. Amauri Amorin Assef.

CURITIBA

2015

Breno Mendes Ferreira

UTILIZAÇÃO DE RÁDIO FREQUÊNCIA PARA TELEMETRIA DE MOTORES AUTOMOTIVOS

Este Trabalho de Conclusão de Curso de Graduação foi julgado e aprovado como requisito parcial para a obtenção do Título de Engenheiro Eletricista, do curso de Engenharia Elétrica do Departamento Acadêmico de Eletrotécnica (DAELT) da Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR).

Curitiba, 11 de fevereiro de 2015.

Prof. Emerson Rigoni, Dr.
Coordenador de Curso de Engenharia Elétrica

Prof. Marcelo de Oliveira Rosa, Dr.
Responsável pelos Trabalhos de Conclusão de Curso de Engenharia Elétrica do DAELT

ORIENTAÇÃO

Guilherme Moritz, Me.
Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Orientador

Amauri Amorin Asséf, Dr
Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Co-Orientador

BANCA EXAMINADORA

Glauber Gomes de Oliveira Brante, Dr.
Universidade Tecnológica Federal do Paraná

Ohara Keraususkas Rayel, Me.
Universidade Tecnológica Federal do Paraná

Guilherme Moritz, Me
Universidade Tecnológica Federal do Paraná

Amauri Amorin Asséf, Dr
Universidade Tecnológica Federal do Paraná

A folha de aprovação assinada encontra-se na Coordenação do Curso de Engenharia Elétrica.

Para Isadora, minha parceira na vida e
nas conquistas.

RESUMO

FERREIRA, Breno Mendes. **Utilização de rádio frequência para telemetria de motores automotivos**. 2015. 44 f. Trabalho de Conclusão de Curso - Curso de Engenharia Industrial Elétrica. Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Curitiba, 2015.

O processo de pesquisa, desenvolvimento e aperfeiçoamento em técnicas de comunicação de dados é um dos pontos mais importantes que garantem a confiabilidade e rendimento do motor automotivo, resultados de um controle de automação mais avançado. O avanço da tecnologia trouxe a integração da eletrônica com o motor automotivo os quais atuam de forma a trazer mais eficiência, obedecer aos padrões internacionais de emissão de poluentes e ainda garantir o perfeito funcionamento, levando em consideração dados obtidos de sensores eletrônicos, tanto do motor quanto do ambiente externo. Para melhorar essa integração se faz necessário um sistema de telemetria automotiva para análise, estudo e processamento dos dados de funcionamento do veículo. O presente trabalho teve como objetivo desenvolver um dispositivo protótipo capaz de fazer a leitura e atuar na rede automotiva, remotamente, através de um dispositivo móvel, oferecendo solução de telemetria de curto alcance. A convecção do protótipo é realizada em plataformas de desenvolvimento de microcontroladores TOWER da Freescale, com conversor de comunicação com a rede CAN. A comunicação sem fio é obtida por dispositivo UART *Bluetooth*. E, para validar o trabalho, utiliza-se telemetria para gerar gráficos, em tempo real, no software Matlab e o desenvolvimento de um aplicativo Android com comandos de leitura e atuação na rede CAN. Obteve-se como resultado somente o envio de dados necessários para aplicações específicas, pois assim não sobrecarrega o processamento de dados nos dispositivos móveis que realizam a telemetria.

Palavras-chave: Telemetria. Microcontrolador. CAN.

ABSTRACT

FERREIRA, Breno Mendes. **Use of radio frequency telemetry for automotive engines**. 2015. 44 f. Trabalho de Conclusão de Curso - Curso de Engenharia Industrial Elétrica. Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Curitiba, 2015.

The process of research, development and improvement in data communication techniques are some of the most important points that ensure the reliability and performance of automotive engine, results of a more advanced automation control. The advancement of technology has brought the integration of electronics with the automotive engine which acts in order to bring more efficiency, comply with international standards of emissions and still ensure the perfect operation of the engine, taking into account data from electronic sensors, both in engine as the external environment. To improve this integration is required an automotive telemetry system for analysis, study and processing of vehicle data on operating. This study aimed to develop a prototype device capable of reading and acting in the automotive network remotely by a mobile device, providing short-range telemetry solution. The prototyping is held on development platforms of microcontrollers Tower of Freescale, with communication converter with CAN network. Wireless communication is obtained by Bluetooth UART device. And, to validate this work was used telemetry to generate graphics in real time, in Matlab software and the development of an Android application to read and write commands acting on the CAN network. As a result was obtained only sending data needed for specific applications, for thus does not overload the data processing on mobile devices carrying out the telemetry.

Keywords: Telemetry. Microcontroller. CAN.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1: Modelo ISO/OSI	15
Figura 2: Comparativo OSI x Protocolo CAN	17
Figura 3: Arquitetura de Redes	19
Figura 4: Voltagem CAN_H e CAN_L	19
Figura 5: Diagrama de nós conectados à rede CAN	20
Figura 6: Taxa de Transmissão x Comprimento do chicote	20
Figura 7: Exemplo Leitura do Barramento CAN feitas por <i>softwares</i> específicos	21
Figura 8: Diagrama de Blocos	26
Figura 9: TOWER Freescale	27
Figura 10: TWR-SER	29
Figura 11: Módulo Serial <i>Bluetooth</i>	30
Figura 12: Diagrama proposto de telemetria	31
Figura 13: Fluxograma da rotina no <i>software</i> do modulo CAN Bluetooth.....	33
Figura 14: Áreas de desenvolvimentos do <i>App Inventor</i>	34
Figura 15: Telas 1 e 2 do aplicativo Android	35
Figura 16: Experimento teste comunicação CAN.....	36
Figura 17: foto do experimento plotar gráfico	37
Figura 18: Janela Plot Matlab.....	38
Figura 19: Foto do celular utilizado com aplicativo instalado	39
Figura 20: dispositivo módulo CAN <i>Bluetooth</i>	40

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	9
1.1 TEMA	9
1.1.1 Delimitação do Tema	9
1.2 PROBLEMA E PREMISSE	10
1.3 OBJETIVO	11
1.3.1 Objetivo Geral	11
1.3.2 Objetivos Específicos	11
1.4 JUSTIFICATIVA	12
1.5 PROCEDIMENTO METODOLÓGICO	12
1.6 ESTRUTURA DO TRABALHO	13
2 REVISÃO TEÓRICA	14
2.1 MODELO DE COMUNICAÇÃO – ISO / OSI	14
2.2 REDES AUTOMOTIVAS	16
2.2.1 CAN	16
2.2.2 SAE J1939	21
2.2.3 Conclusão CAN	22
2.3 REDES SEM FIO	22
2.3.1 Bluetooth	23
2.4 APLICATIVO PARA DISPOSITIVOS MÓVEIS	24
2.5 HARDWARES	24
2.6 MOTIVAÇÕES	24
2.7 PRODUTOS SIMILARES	25
3 ESPECIFICAÇÕES DO PROJETO	26
3.1 DIAGRAMA EM BLOCOS DO SISTEMA	26
3.2 TRABALHO DESENVOLVIDO	30
4 DESENVOLVIMENTO DO PROJETO	31
4.1 MODELO PROPOSTO PARA TELEMETRIA AUTOMOTIVA	31
4.2 DESENVOLVIMENTO DO FIRMWARE DO PROTÓTIPO	32
4.3 DESENVOLVIMENTO DO APLICATIVO ANDROID	33
4.3.1 App Inventor	34
4.3.2 Aplicativo para telemetria automotiva	35
4.3.3 Exposição dos dados em formas gráficas	35
5 TESTES E RESULTADOS	36
5.1 TESTE COMUNICAÇÃO CAN	36
5.2 TESTE PARA PLOTAR GRÁFICO EM TEMPO REAL	37
5.3 TESTE DO APLICATIVO ANDROID	38
5.4 PROTÓTIPO	39
5.5 DESCRIÇÃO DOS COMPONENTES E CUSTO DO PROJETO	40

6 CONCLUSÕES	41
6.1 CONCLUSÃO	41
6.2 PROPOSTA PARA PROJETOS FUTUROS.....	42
6.2.1 Painel automotivo com telas gráficas.....	42
6.2.2 Simulações de falhas em bancadas didáticas de motores automotivos.	42
6.2.3 Aplicação de comunicação CAN com dispositivos microcontrolados.	42
6.2.4 <i>Internet of Things</i> e VANET.....	42
6.2.5 Telemetria em automóveis de competição.	43
REFERÊNCIAS.....	44

1 INTRODUÇÃO

1.1 TEMA

Utilização de rádio frequência para telemetria de motores automotivos na aquisição de valores, utilizados para controle, que trafegam em sua rede de dados. Também, através da telemetria, fazer interferência introduzindo novas mensagens na rede.

1.1.1 Delimitação do Tema

Os motores automotivos dispõem de ECUs (*Electronic Control Unit*), essas Unidades de Controle Eletrônico realizam, através de funções, o controle por atuadores e o monitoramento do funcionamento do motor, a partir de dados enviados pelos sensores.

Por questão de segurança, a maioria dos dados somente é manipulada para controle do motor ou estão disponíveis visualmente aos usuários apenas dados pré-definidos pelas montadoras. Por exemplo, o painel automotivo com dados de velocidade instantânea, RPM, temperatura do motor, etc.

Para disponibilizar mais informações no painel automotivo, medidas por outros sensores, seriam gerados custos adicionais na fabricação do automóvel, além de problema com disposição espacial das informações apresentadas. Uma solução de telemetria poderia solucionar esses problemas e reduzir substancialmente os custos uma vez que o usuário teria a liberdade e possibilidade de personalizar um painel em uma tela LCD de um dispositivo.

Telemetria refere-se à transferência e utilização de dados provindos de equipamentos remotos para o monitoramento, medição e controle dos mesmos. São diversas as áreas onde a utilização de telemetria traz benefícios. Dentre elas pode-se citar:

- Criação e customização de um painel digital com informações desejadas do motor, podendo ser visualizados os valores, obtidos por sensores, em um display através de aplicativos desenvolvidos para dispositivos móveis;

- Auxiliar na formação de técnicos em mecânica automotiva, que poderão avaliar mais parâmetros com motor de bancada em pleno funcionamento. Tais parâmetros serão enviados por sensores mais específicos, como temperatura de óleo, temperatura e pressão do ar admitido, torque etc. E, com esses dados entender a importância dos valores obtidos dos sensores para o funcionamento em harmonia do motor;
- Atuar nos dados do motor em funcionamento, tanto para simular falhas, no caso de uma bancada de treinamento
- Criar uma espécie de controlador de bordo, como por exemplo, através de mudança de parâmetros definir a velocidade máxima de um veículo;
- Melhorias em um sistema de alarme automotivo, baseado em tecnologias atuais, para realizar o travamento e/ou localização de um automóvel furtado. Nesse caso, existirá a necessidade de um dispositivo móvel, dedicado ao automóvel, tornando-se, assim, um sistema embarcado automotivo.

Uma rede automotiva deve ser segura, rápida e livre de interferências. A inserção de um novo dispositivo não pode prejudicar o funcionamento do motor, por exemplo, alterar os dados necessários para cálculos de seu controle.

1.2 PROBLEMA E PREMISSA

Quanto mais a tecnologia automotiva avança, maior é o número de sensores integrados à rede dedicada ao controle do motor. Dessa maneira, fica cada vez mais difícil visualizar todas as informações medidas por esses sensores.

Um dispositivo capaz de medir, enviar e salvar informações que estão na rede é de muita importância para o monitoramento da vida útil do motor, assim como utilizar os dados para o aprendizado dos sistemas de controle para o funcionamento do mesmo. Com esses tipos de aplicações citadas pode-se contribuir com a melhoria e desenvolvimentos de novos componentes automotivos.

Além de conseguir filtrar somente a mensagem previamente escolhida, entre vários dados que trafegam na rede é essencial para um processador de um

dispositivo embarcado trabalhar apenas com dados de informação importante para determinada aplicação e, assim, evitar sobrecarregá-lo.

Com a popularização de dispositivos móveis, surgiu a oportunidade de interagir os dispositivos com a rede automotiva. Conseguir trabalhar com esses dados em dispositivos móveis é um passo para o desenvolvimento de novos aplicativos que fazem interação do usuário com seu automóvel, como por exemplo, destravar a porta do automóvel por um celular com Bluetooth.

1.3 OBJETIVO

1.3.1 Objetivo Geral

Criar um sistema modular baseado em rede de sensores para poder monitorar, em tempo real e de maneira remota, o comportamento de um motor automotivo durante seu funcionamento.

1.3.2 Objetivos Específicos

Poder atuar na rede automotiva através de um dispositivo móvel.

- Adquirir dados de sensores previamente selecionados em um motor automotivo em pleno funcionamento e exibi-los organizadamente em uma tela de um dispositivo móvel;
- Conseguir, através de um dispositivo móvel, atuar na transmissão de dados da rede automotiva, alterando os valores enviados pelos sensores;
- Construir interface com a rede automotiva através de microcontroladores além de um controlador central responsável pela leitura dos dados de alguns dos sensores e transmissão desta informação, por rádio frequência Bluetooth.

1.4 JUSTIFICATIVA

Torna-se útil o desenvolvimento de tecnologias alternativas nacionais que viabilizem a telemetria, permitindo atuação, automação e controle dos dados que trafegam nas redes automotivas. Dessa forma, o desenvolvimento de sistemas de telemetria de baixo custo, utilizando como solução um sistema embarcado também é promissor para outros setores produtivos uma vez que a rede de dados que esse trabalho aborda também é recomendada para maquinários do setor industrial.

1.5 PROCEDIMENTO METODOLÓGICO

Para desenvolver o trabalho foram realizadas simulações e desenvolvido um protótipo para validação experimental. Para tanto, foi implementado um sistema modular com características de uma rede de sensores automotivos, onde pôde-se monitorar o comportamento dos dados remotamente em tempo real durante seu funcionamento.

As pesquisas foram focadas nas áreas de:

- Protocolo de comunicações;
- Redes automotivas CAN (Controller Area Network);
- Conversores de nível lógico CAN;
- Tecnologia de microprocessadores para sistemas embarcados;
- Tecnologia de transmissão de sinal Bluetooth;
- Criação de aplicativos para dispositivos móveis.

A metodologia empregada nesse trabalho foi composta, inicialmente, de uma análise de requisitos, ou seja, quais as funcionalidades que esse sistema irá possuir e as tecnologias que serão empregadas para que o objetivo seja alcançado. Essas tecnologias compreendem:

- Microcontroladores;
- Redes Automotivas;
- Transmissão por Rádio Frequência;
- Desenvolvimento de aplicativos para Sistema Operacional de dispositivos móveis.

Os passos para o desenvolvimento do trabalho proposto foram:

1. Implementar uma pequena rede de dados, com características de rede automotiva, para fins de estudos em uma plataforma de desenvolvimento;
2. Transmitir dados da rede, por rádio frequência, para um dispositivo móvel;
3. Dimensionar e escolher o micro processador que suporta a implementação do trabalho;
4. Propor formas mais adequadas de seleção de dados, antes do envio via Bluetooth, levando em consideração a latência e a sobrecarga dos microprocessadores envolvidos.

1.6 ESTRUTURA DO TRABALHO

Capítulo 1 – Introdução: abordagem do tema, justificativa e objetivo do trabalho.

Capítulo 2 – Revisão Teórica: realizar um estudo teórico aprofundado em redes automotivas, protocolo de comunicações, tecnologia de microprocessadores e criação de aplicativos para dispositivos móveis.

Capítulo 3 – Especificação do Projeto: descrição da montagem física do dispositivo na rede automotiva e dos códigos de programação do *firmware*, desenvolvidos para seu funcionamento.

Capítulo 4 – Execução do Projeto: descrição dos procedimentos para realização dos ensaios.

Capítulo 5 – Resultados: análise e comparação dos resultados experimentais com as expectativas teóricas.

Capítulo 6 – Considerações Finais: análise do trabalho de conclusão do curso e sugestões para trabalhos futuros.

2 REVISÃO TEÓRICA

2.1 MODELO DE COMUNICAÇÃO – ISO / OSI

A troca de dados entre um conjunto de módulos processadores interligados caracteriza uma rede, que pode ser rede de computadores, controladores, sensores e atuadores e onde esses módulos são capazes de trocar informações e partilhar recursos.

Para a organização de redes, existe um padrão de conectividade, elaborado pela *International Standards Organization* (ISO), que serve como referência para interligar sistemas de computadores locais e/ou remotos. O modelo *Open Systems Interconnection* (OSI) é um protocolo de sistema aberto que divide os aspectos gerais da rede em sete camadas funcionais, facilitando a compreensão de questões fundamentais (PINHEIRO, 2004).

Antes da existência do protocolo ISO/OSI, uma determinada tecnologia de rede só era suportada por seu fabricante e não se interconectava soluções de fabricantes diferentes. Isso significa que um mesmo fabricante era responsável por construir praticamente tudo na rede (TORRES, 2001). A Figura 1 ilustra as sete camadas do modelo ISO/OSI.

No modelo OSI, cada camada é responsável por um tipo de processamento e se comunica com a camada imediatamente inferior ou superior. Por exemplo, a camada três só se comunica com a camada dois e quatro.

As sete camadas são numeradas com a seguinte ordem:

1. Física;
2. Enlace de dados;
3. Rede;
4. Transporte;
5. Sessão;
6. Apresentação;
7. Aplicação.

Essas camadas são divididas em três grupos:

- Aplicação:

Camadas 1, 2 e 3: camadas de baixo nível que lidam com a transmissão e recepção dos dados da rede.

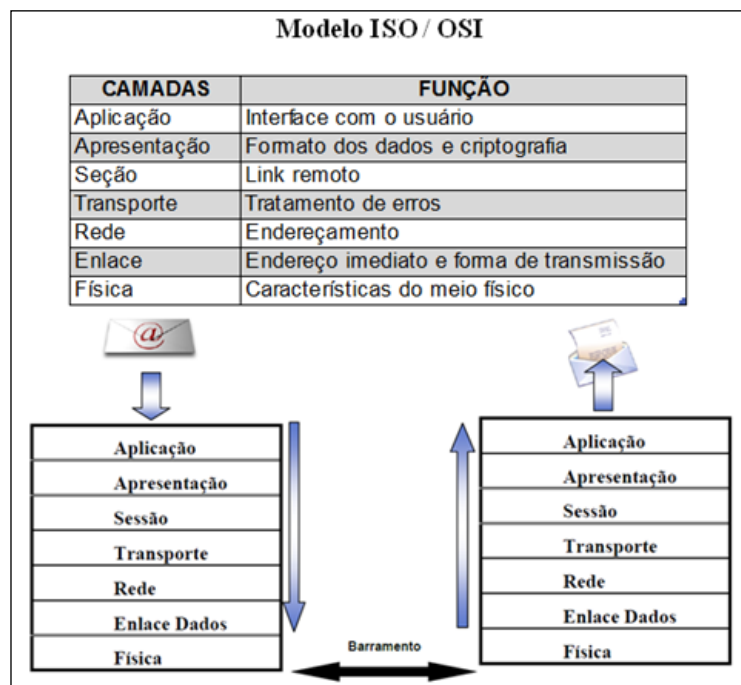


Figura 1: Modelo ISO/OSI
Fonte: Campos (2010)

- Transporte:

Camada 4: camada responsável por transformar os dados em um formato compreensível pelo programa, dividindo-os em vários pacotes para serem transmitidos pela rede ou colocando em ordem os pacotes recebidos.

- Rede:

Camadas 5, 6 e 7: camadas mais altas que colocam os dados no formato usado pelo programa.

A comunicação de dados se faz seguindo a ordem entre as camadas. Quando está sendo enviada uma mensagem, uma camada está recebendo dados de uma camada superior, acrescentando informações de controle pelas quais ela é responsável e passa os dados para a camada inferior, que continua o processo até chegar na última camada. Esse processo é nomeado encapsulamento (TORRES, 2001).

Por sua vez ocorre o processo inverso quando se está recebendo mensagens. Uma dada camada recebe dados da camada inferior, processa os

dados recebidos, remove informações de controle, pelas quais ela é responsável e passa os dados para a camada imediatamente superior (TORRES, 2001).

2.2 REDES AUTOMOTIVAS

O controle dos veículos automotivos é feito através de cálculos para uma tomada de decisão. Recebendo dados de sensoriamento dos parâmetros de funcionamento de um veículo, esses são divididos em vários conjuntos específicos para seus próprios controladores.

Na década de 80, houve um grande avanço tecnológico em produtos automotivos, exigindo assim um melhor desempenho de seus controladores. Sensores e atuadores necessitam de uma comunicação rápida e confiável com seus controladores. Nesse novo modelo de produto suas aplicações devem possuir partes mais independente com possibilidade de compartilhamento de serviços e informações com todos os equipamentos integrantes da rede (TECHNOLOGY, 2004). Anteriormente a essa evolução, as redes existentes não atendiam as exigências de velocidade e por isso propôs-se a Rede CAN.

2.2.1 CAN

CAN (*Controller Area Network*) é um protocolo de rede de comunicação de dados entre sensores, atuadores e controladores desenvolvido pela empresa *Robert Bosch GmbH*. Revolucionou a rede de comunicação e atingiu, principalmente, o mercado automotivo possibilitando a automação de veículos com controle de motores, sensores e atuadores inteligentes (TECHNOLOGY, 2004).

A principal motivação do desenvolvimento do protocolo CAN é atingir a otimização da comunicação entre centrais eletrônicas, com a multiplexação de informações em um barramento único e reduzindo o cabeamento entre os dispositivos interligados.

Algumas características diferenciam a rede CAN e, dentre elas, pode-se citar a comunicação de dados que impõe uma hierarquia de priorização de mensagens garantindo que as mensagens identificadas como mais importantes não vão ter concorrência com mensagens de menor prioridade. Não haverá colisão de dados na

transmissão pelo barramento (CAMPOS, 2010). Por consequência, as mensagens com menor prioridade aguardam sua vez de serem transmitidas. Existe também um controle rígido de erros, para garantir a fidelidade dos dados enviados em uma mensagem.

A comunicação da rede CAN utiliza o conceito de sistemas de tempo real (*real time*), quando certos tipos de aplicações que incluem atividades críticas impõem requisitos de pontualidade e previsibilidade. Em caso de falha, pode resultar em danos, quer em termos patrimoniais, quer em termos de vidas humanas (ALMEIDA, 2007).

Os módulos da rede, os nós, são classificados como *Multicast* / Multimestre. *Multicast* porque todos recebem, ao mesmo tempo, a mesma mensagem enviada ao barramento, sendo assim cada nó que necessitar daquela informação fará a leitura deste sinal. Multimestre é a característica de o nó funcionar tanto como mestre, com uma atitude mais ativa na rede ou como escravo, em uma forma mais passiva na rede (*master/slave*). Além disso por mais complexa que seja a rede CAN, sua programação oferece flexibilidade para inserir novos módulos na rede.

Baseado no modelo de comunicação ISO/OSI, o protocolo CAN utiliza apenas três camadas, entre as sete sugeridas. A Figura 2 detalha como o protocolo está dividido.

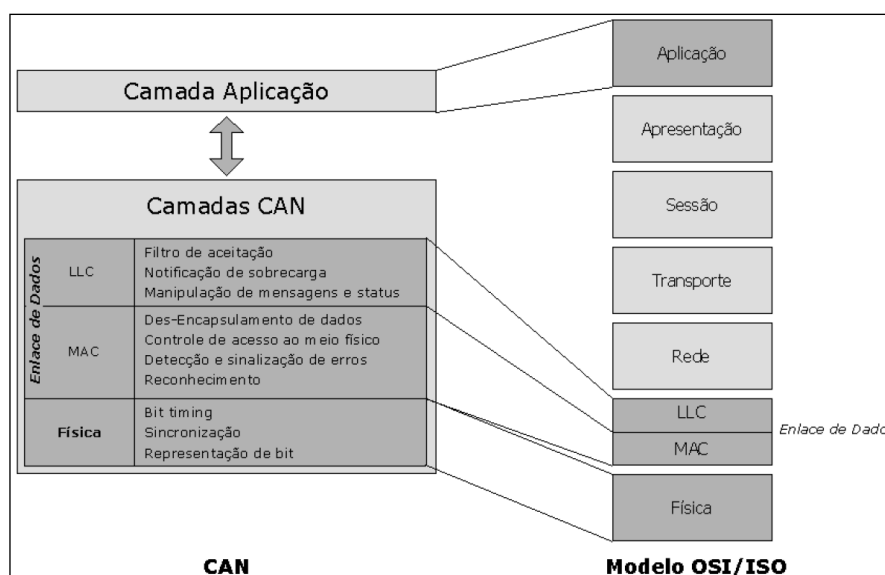


Figura 2: Comparativo OSI x Protocolo CAN

Fonte: Campos (2010).

- Camada – 7: Aplicação. Mensagens contendo informações como dados e identificador.

- Camada – 2: Enlace de dados. A camada dois divide a sua tarefa em duas etapas:

a) LLC - *Logical Link Control*

Inserir bits na mensagem que serve de controle de fluxo na rede e fidelidade nas mensagens.

b) MAC - *Medium Access Control*

Responsável pela identificação e sinalização de erros nas mensagens, interpretação do frame CAN para o envio à camada de aplicação.

- Camada 1 – Física.
 - a) Temporização: responsável pela sincronia da rede, regulando o período de envio e recepção das mensagens.
 - b) Codificação: através de um conversor consegue interpretar/transmitir um sinal recessivo de um dominante por meio da diferença de potencial dos cabos condutores.

A não utilização das outras camadas deve-se à não necessidade de endereçamento, devido a característica *multicast*.

As características físicas de implementação da rede CAN também são diferenciadas.

Existem duas formas de arquiteturas utilizadas na rede CAN:

- Arquitetura Centralizada: onde o módulo tem entradas e saídas suficientes para receber sinais de todos os sensores envolvidos, processá-los e assim enviar ordens aos seus atuadores.
- Arquitetura distribuída: utilizada, principalmente, quando há um grande número de sensores e atuadores na rede. Dessa forma, as atividades de processamento de dados são distribuídas entre outros microcontroladores, as quais constituem características de sistemas embarcados.

Para exemplificar, na Figura 3 é apresentado o diagrama de módulos ECU, que são unidades de controles eletrônicos que gerenciam e processam os dados das mensagens.

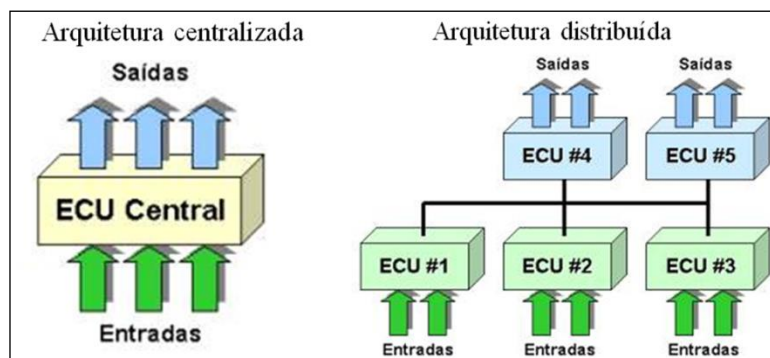


Figura 3: Arquitetura de Redes
Fonte: pcs.usp.br (2004).

O meio físico de transmissão de mensagem CAN é, normalmente, um par trançado diferencial. A camada física tem uma unidade diferencial com tensões entre 3,5 V e 1,5 V (ver Figura 4). Os dois fios são designados CAN_Hi e CAN_Lo.

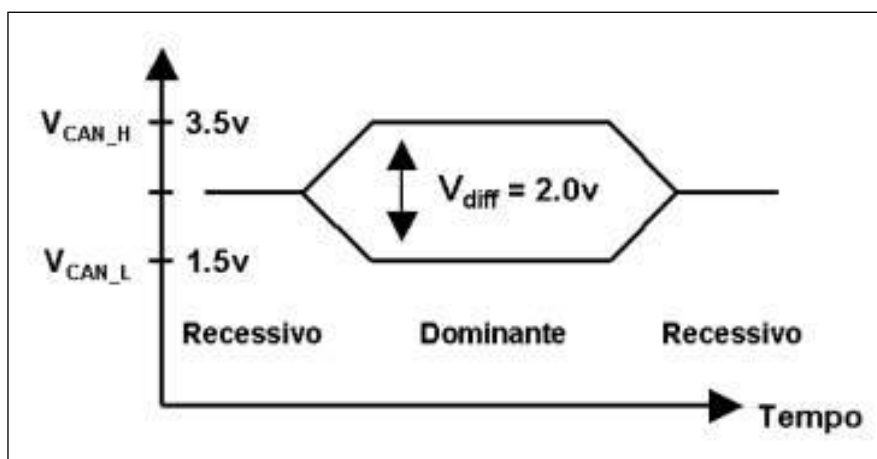


Figura 4: Voltagem CAN_H e CAN_L
Fonte: Guimarães (2004)

- *Bit 0* = Dominante (sobrescreve o recessivo).
- *Bit 1* = Recessivo.

Características de cabeamento do par trançado diferencial:

- Redução das interferências eletromagnéticas, pois a geometria de construção faz com que a influência externa eletromagnética seja causada nos dois fios simultaneamente, pois a interpretação dos dados é realizada através de diferença de potencial, que sempre será 2,0 V;
- Para não haver reflexões de sinais nas extremidades do barramento CAN e garantir os níveis de tensão adequados, são utilizados

resistores de 120 ohms nas extremidades do barramento (GERALDO, 2008).

A Figura 5 ilustra, em forma de diagrama, como os componentes da rede são conectados.

A distância do barramento influencia diretamente e quase em função linear a velocidade de transmissão de dados. A Figura 6 mostra um comparativo entre velocidade de transmissão e comprimento do barramento.

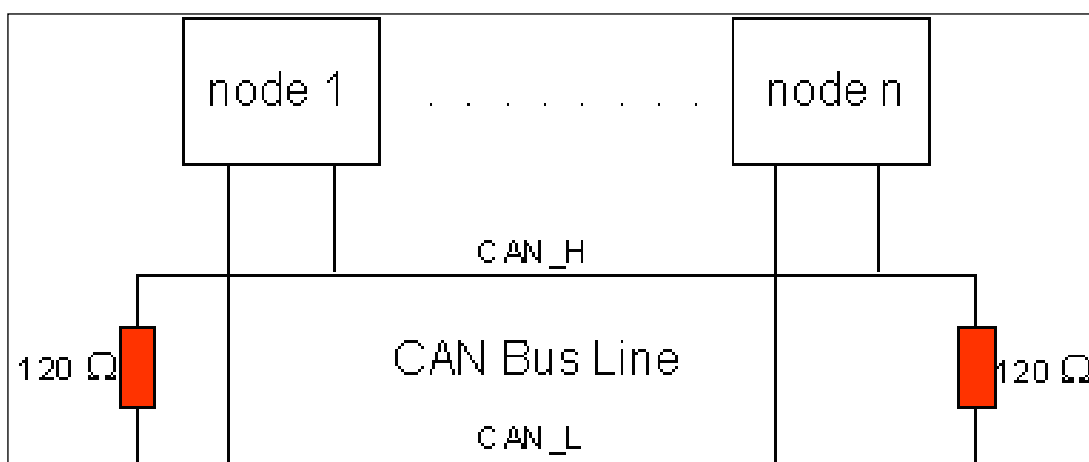


Figura 5: Diagrama de nós conectados à rede CAN
Fonte: Autoria própria.

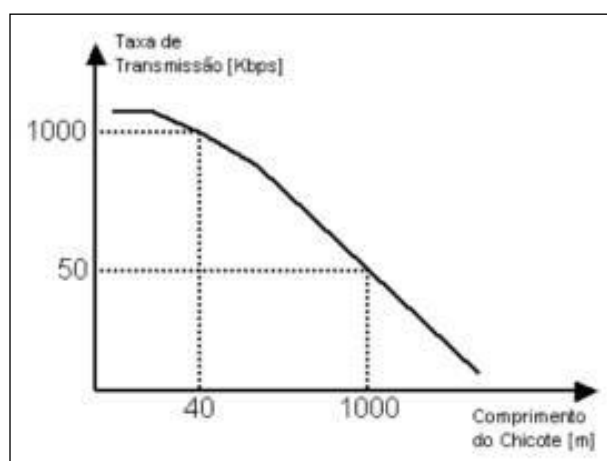


Figura 6: Taxa de Transmissão x Comprimento do chicote
Fonte: Guimarães (2004).

Na rede CAN, como em outra rede de comunicação de dados, um *frame* é uma unidade de transmissão de dados digitais, incluindo sua sincronização. Isto é, uma sequência de *bits* ou símbolos que torna possível, ao receptor, interpretar o início e o fim do pacote no fluxo de *bits*.

O foco deste trabalho é utilizar mensagens do barramento, que contêm dados para o controle do motor.

A identificação (ID) da mensagem CAN pode ser de 11 *bits* ou 29 *bits*. É na identificação que se define quem tem prioridade de envio ao barramento evitando assim colisões. Quanto mais baixo o ID maior a prioridade.

O que geralmente é monitorado nos dados da rede CAN são o ID da mensagem e os *bytes* de mensagem que ela transmite. A Figura 7 mostra como geralmente *softwares* de leitura e interpretação CAN apresentam seus dados. O caso mais comum é representa-los em valores hexadecimais.

A Figura 7 ilustra como geralmente são expostos os dados recebidos em softwares específicos de monitoramento de rede CAN.

Timestamp	ID	CAN Data
<u>000:000</u>	<u>0B2</u>	<u>00 48 00 48 00 00</u>
004:510	2D2	00
008:240	025	00 A2 00 00 00 00 00 CF
010:240	0B0	00 48 00 48 00 00
011:810	2C4	00 00 00 20 00 80 21 8F
<u>012:260</u>	<u>0B2</u>	<u>00 48 00 48 00 00</u>
014:360	223	00 00 00 00 00 00 00 2D
016:420	224	00 00 00 00 00 00 00 00
020:510	025	00 A2 00 00 00 00 00 CF
021:030	2C1	08 05 83 28 06 EC 00 75
022:500	0B0	00 48 00 48 00 00
<u>024:540</u>	<u>0B2</u>	<u>00 48 00 48 00 00</u>
029:220	2D0	00 00 08 00 10 00 00 F2
032:770	025	00 A2 00 00 00 00 00 CF
034:770	0B0	00 48 00 48 00 00
035:370	2C4	00 00 00 20 00 80 21 8F
036:260	2D2	00
<u>036:840</u>	<u>0B2</u>	<u>00 48 00 48 00 00</u>
038:930	223	00 00 00 00 00 00 00 2D
041:000	224	00 00 00 00 00 00 00 00
045:050	025	00 A2 00 00 00 00 00 CF
047:060	0B0	00 48 00 48 00 00
<u>049:110</u>	<u>0B2</u>	<u>00 48 00 48 00 00</u>
052:770	2C1	08 05 83 28 06 EC 00 75
057:350	025	00 A2 00 00 00 00 00 CF
058:920	2C4	00 00 00 20 00 80 21 8F
059:340	0B0	00 48 00 48 00 00
060:980	2D0	00 00 08 00 10 00 00 F2

Figura 7: Exemplo Leitura do Barramento CAN feitas por *softwares* específicos
Fonte: Dearborn Group Technology (2004).

2.2.2 SAE J1939

O Padrão SAE J1939 é um protocolo de alto nível, o qual roda sobre o Protocolo CAN2.0B. Nos dias atuais, é utilizado como barramento de comunicação padrão para veículos em aplicações de diagnóstico e controle. Devido a sua popularidade passou também a ser adotado em aplicações agrícolas, navais e aéreas (SIMMA, 2011).

O conceito central da implementação de software é a PDU (Unidade de Dados do Protocolo), que carrega todas as informações necessárias para a determinação de prioridade e tamanho de uma mensagem. Todos os mecanismos de comunicação definidos na especificação SAE J1939 estão disponíveis para que o desenvolvedor possa se concentrar totalmente na sua aplicação. Permite um desenvolvimento simples, rápido e com facilidade para inserção de dispositivos.

A interface do usuário é concebida como uma interface de função universal e, portanto, não se limita a um perfil de usuário. A pilha de protocolo pode ser usada universalmente e é também a base para novos protocolos.

A estrutura modular do *software* de protocolo, baseado no modelo de camada OSI, permite uma adaptação ideal ao sistema de destino individual. Por exemplo, o acesso ao controlador CAN é implementado por uma interface apropriada, cujas funções estão incluídas em um módulo separado. O *software* pode, assim, ser facilmente adaptado para outros controladores, se necessário.

2.2.3 Conclusão CAN

O CAN mostra ser o protocolo de comunicação mais adequado às aplicações embarcadas em veículos que garante comunicação em tempo real. Outro ponto forte é o fato de que todos os módulos verificam o estado do barramento para certificarem se algum módulo não está enviando mensagens com maior prioridade e, assim, evitar colisão de dados.

A rigorosa detecção de falha é o detalhe mais importante, tornando o sistema mais confiável.

2.3 REDES SEM FIO

A grande vantagem de utilizar a rede sem fio é a sua mobilidade. Existem vários tipos e padrões de redes sem fio, como por exemplo, o *ZigBee*, *Bluetooth*, *Wi-Fi* (*Wireless Fidelity*), Infravermelho (ARTHAS, 2004).

Wi-Fi é um conjunto de especificações para redes locais sem fio (WLAN - Wireless Local Area Network) baseada no padrão IEEE 802.11. Comumente utilizados em computadores e roteadores em rede domésticas e empresariais.

Existem também padrões que têm o foco em transmissão de baixa potência, visando eficiência energética dos componentes envolvidos, como *Bluetooth* e *ZigBee*.

Tomando por base a maioria dos dispositivos móveis como celulares e *tablets*, o padrão mais indicado para interconectar esses dispositivos e outros periféricos, é o padrão *Bluetooth*.

2.3.1 Bluetooth

O *Bluetooth* foi desenvolvido com objetivo de conectar dispositivos sem a utilização de cabos. O projeto inicial, desenvolvido pela *Ericsson* em 1994, era chamado de *MCLink*. Junto com outras quatro empresas (*IBM*, *Intel*, *Nokia* e *Toshiba*), ela formou um SIG (*special interest group*) (TANENBAUM, 2003).

Levando em consideração o alcance das ondas de rádio dos dispositivos *Bluetooth*, estes são classificados em três classes:

- Classe 3 – alcance de no máximo 1 metro;
- Classe 2 – alcance de no máximo 10 metros;
- Classe 1 – alcance de no máximo 100 metros.

Outra característica do *Bluetooth* é sua robustez, capaz de operar em locais com muita interferência. Para minimizar os problemas de interferência, o protocolo *Bluetooth* usa uma técnica denominada salto de frequência, que se baseia em um algoritmo pseudoaleatório, para ordenar 79 frequências, em intervalos de 1 MHz. O padrão de salto de frequência pode ser adaptado para excluir a porção de frequência que está sendo utilizada e interferindo nos dispositivos. Isso auxilia na coexistência de dispositivos *Bluetooth* com outros sistemas que se encontram na mesma localização (PALMEIRA, 2007).

Utilizando-se desse método citado anteriormente, os dispositivos *Bluetooth* necessitam de uma conexão nomeada pareamento entre dispositivos, onde o nó mestre estabelece os parâmetros físicos e como serão os saltos de frequências e os escravos sincronizam seus *clocks* com o mestre para que esses saltos de frequência sejam efetuados ao mesmo tempo.

2.4 APLICATIVO PARA DISPOSITIVOS MÓVEIS

Com o avanço da tecnologia, os celulares e *tablets* passaram a propiciar diversas funcionalidades, tais como: acesso móvel a *internet*, GPS, TV analógica e digital, entre outras. Para acompanhar a evolução desses dispositivos móveis e atender as necessidades dos desenvolvedores, que buscam uma alternativa moderna e ágil, surge a plataforma de *software* de dispositivos móveis Android.

2.5 HARDWARES

Ao se criar *hardwares* com tarefas limitadas utiliza-se o conceito de sistemas embarcados, que são equipamentos desenvolvidos para funções específicas com seus microcontroladores dedicados. Muitos testes e alterações são feitos no *firmware* até sua versão final. Por isso, o desenvolvimento do projeto de um sistema embarcado é facilitado através de microcontroladores em plataformas de desenvolvimento. Tais plataformas facilitam muito o processo de criação de um sistema embarcado, que necessita do desenvolvimento com microcontroladores. Exemplificando, o conjunto TOWER, desenvolvido pela empresa Freescale®, possibilita a avaliação de processadores de alto desempenho e com módulos que permitem prototipagem durante o desenvolvimento de um produto.

2.6 MOTIVAÇÕES

O protocolo CAN é uma tecnologia de comunicação bem estabelecida e amplamente aceita em rede para funcionamento de um veículo. No entanto, o aumento do número de sensores implantados em carros traz complexidade e custos para a indústria automotiva.

Assim, as tecnologias de comunicação sem fio, de curto alcance são vistas como alternativa potencial para comunicar-se com a rede CAN. É necessário um dispositivo conversor de mensagem CAN para mensagem de *Bluetooth*, a fim de uma comunicação em rádio frequência com confiabilidade.

O resultado deste trabalho pode ajudar no desenvolvimento de trabalhos futuros, envolvidos em criações de equipamentos, que necessitem da confiabilidade

de conversão de sinais para redes sem fio, em veículos. Como exemplo o conceito de comunicação IOT (*Internet Of Things*). É um conceito de rede que combina processos de informação e de energia para controlar grande quantidades de objetos diferentes (BARI, MANI, & BERKOVICH, 2013).

2.7 PRODUTOS SIMILARES

Produtos comercialmente similares têm propósitos geralmente limitados em sua atuação na rede veicular, como por exemplo, ter a liberdade de escolher qual variável espera-se ler do barramento CAN ou fazer inserção de mensagens no barramento.

Portanto, o protótipo desenvolvido neste trabalho tem por diferencial um dispositivo, que faz a leitura do barramento CAN e transmite, por *Bluetooth*, os valores dos parâmetros desejados, para serem lidos e interpretados por dispositivos móveis, além de ser um novo nó transmissor de mensagens CAN no barramento.

3 ESPECIFICAÇÕES DO PROJETO

Este projeto tem o objetivo de realizar conexão de um dispositivo móvel com a rede automotiva CAN. O aplicativo no dispositivo móvel poderá selecionar previamente, pelo identificador da mensagem, quais informações serão relevantes para serem lidas e armazenadas em uma tabela, contendo o tempo de envio (HH:MM:SS), identificador (ID) e a mensagem em valores hexadecimais. Além disso, enviar mensagens CAN para a rede e, com essas mensagens, atuar em parâmetros utilizados para o funcionamento do motor.

3.1 DIAGRAMA EM BLOCOS DO SISTEMA

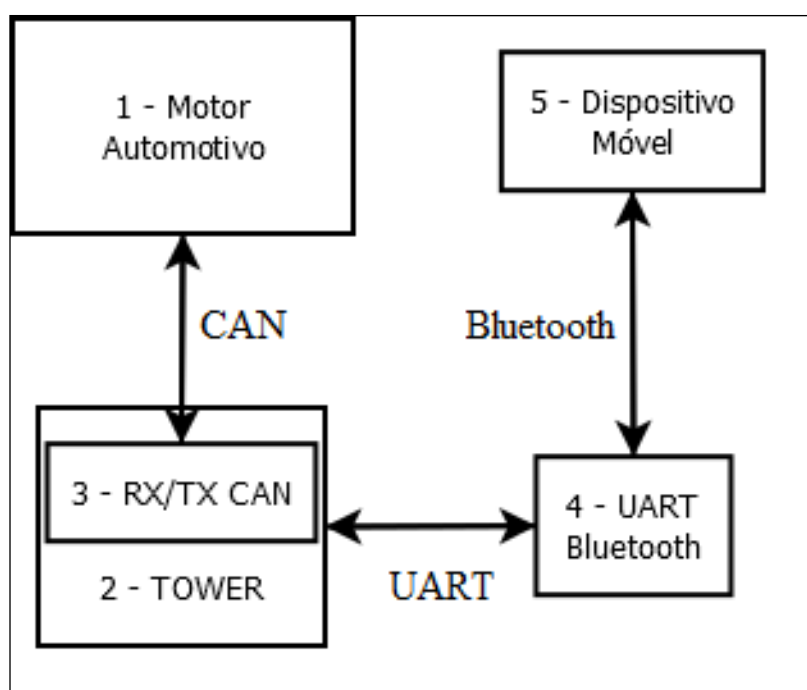


Figura 8: Diagrama de Blocos
Fonte: Autoria própria

Segue a descrição dos componentes conforme a numeração do diagrama da Figura 8.

1 - Motor automotivo

O protótipo será desenvolvido para ser utilizado em um motor automotivo com uma ECU. Porém, para validação da comunicação será simulado uma rede

CAN, com IDs e mensagens programadas em um microcontrolador, de forma a simular uma rede CAN automotiva, com uma velocidade de transmissão próxima a realidade da rede automotiva, porém com poucos IDs para facilitar a visualização dos testes realizados.

O microcontrolador utilizado para a simulação da rede é da mesma marca e modelo do *kit* para o desenvolvimento do protótipo.

2 - TOWER Freescale

O sistema TOWER desenvolvido pela Freescale Semiconductor Inc ®. (www.freescale.com) é apresentado na Figura 9.

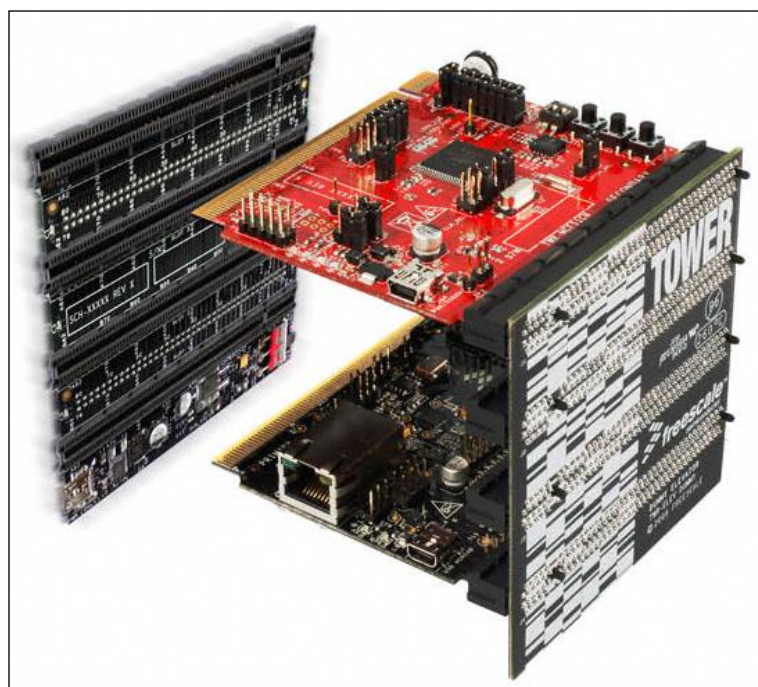


Figura 9: TOWER Freescale
Fonte: Freescale Semiconductor, Inc ® (2014).

A TOWER System é uma plataforma de desenvolvimento modular compatível com diversas arquiteturas de 8, 16 e 32 *bits* da Freescale. O *kit* de plataforma de desenvolvimento de microcontroladores possibilita uma prototipagem rápida do projeto. Permite trocas de *hardware* com flexibilidade, pois são módulos que fornecem uma plataforma expansível, possibilitando realizar novos produtos com rapidez. Ela é composta por dois elevadores ou *elevators* que possibilitam a conexão de até 6 placas ou módulos de expansão. Um dos módulos deve ser o do

microprocessador ou microcontrolador, e os outros podem ser usados para adicionar funcionalidades como:

- Display LCD;
- Ethernet, CAN, RS232/485;
- Wi-Fi;
- Controle de motor, memória, câmeras, áudio ou muitos outros componentes;

O módulo com o processador/microcontrolador pode também ser usado de forma isolada. Normalmente possui uma interface de *debug* integrada à porta USB, possibilitando a gravação sem a necessidade de *hardware* adicional.

Na Figura 12 é apresentada a vista frontal da placa TWR-K60. O módulo MCU contém:

- Microcontrolador com processador 100 MHz ARM® *Cortex™* família M4 *core*;
- 512 KB memória *flash*;
- Comunicação *Ethernet*, USB.

Permite adicionar seu próprio circuito em uma espécie de protoboard

3 - TWR-SER

Possui os barramentos CAN, *Ethernet*, USB e RS232/485, onde se encontra o circuito integrado de conversores de nível lógico para barramento CAN (Figura 10).

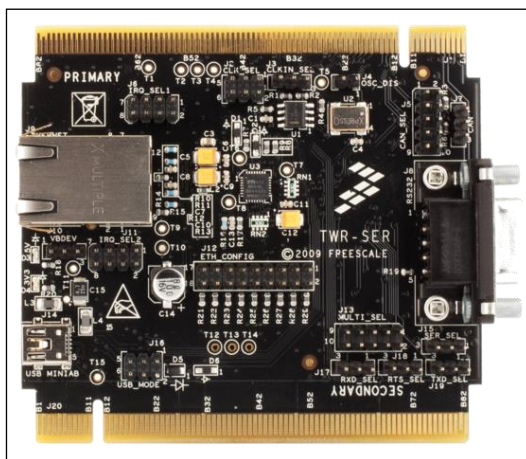


Figura 10: TWR-SER
Fonte: Freescale Semiconductor, Inc ® (2014).

A escolha da plataforma de desenvolvimento TOWER, desenvolvida pela empresa Freescale Semiconductor, Inc ®, foi com base no poder de processamento e na facilidade de prototipagem, que é um diferencial nesse tipo de plataforma.

4 – Adaptador serial *Bluetooth*

O projeto envolve a troca de informações entre dispositivos móveis e uma rede automotiva. Para isso, utiliza-se o módulo *Bluetooth* que contém interfaces de comunicação *Bluetooth* e Serial. Dessa forma, esse dispositivo trabalha como intermediário na troca de informações entre o microcontrolador, na rede automotiva e o dispositivo móvel.

Utiliza-se, também, um módulo *Bluetooth* de baixo custo para ser usado como saídas digitais sem fio. Nesse projeto usa-se o módulo JY-MCU, que pode ser comprado por cerca de US\$ 8,00, com taxa de transferência de 460.800 bps (*bit* por segundo). Depois de pareado, esse módulo sem fio emula uma porta serial COM, em um computador. Na Figura 11 é apresentada a imagem do dispositivo *UART Bridge Bluetooth* utilizado no protótipo.

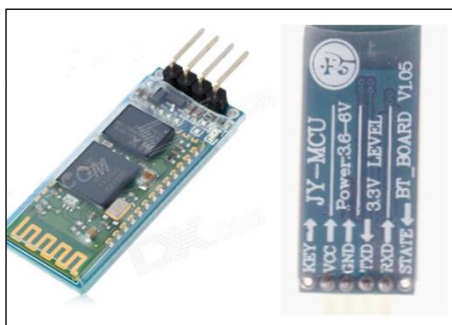


Figura 11: Módulo Serial *Bluetooth*
Fonte: <https://core-electronics.com.au>.

5 - Dispositivo Móvel

Utiliza-se para validação os testes em aparelhos com dispositivo *Bluetooth* integrado tais como *notebook*, *Tablet* e Celular com Sistema Operacional Android, necessitando de dispositivo *Bluetooth* integrado.

3.2 TRABALHO DESENVOLVIDO

Inicialmente, realizaram-se pesquisas na área de modelo de comunicação, explorando assuntos como rede automotiva e transmissão em rádio frequência. Concluiu-se que a rede de mais relevância para estudos atuais é a CAN, utilizando o protocolo J1939.

Como a telemetria nesse trabalho é de curto alcance e com o foco de transmitir e receber mensagens de dispositivos móveis, o *Bluetooth* atende as necessidades, levando em consideração que a maioria dos dispositivos móveis, como *tablets* e celulares, já utilizam essa tecnologia.

4 DESENVOLVIMENTO DO PROJETO

O desenvolvimento do projeto refere-se à aplicação dos conceitos teóricos tratados no capítulo 2, envolvidos na composição do projeto. Exibe a descrição da construção dos materiais utilizados e ferramentas do Ambiente de Desenvolvimento Integrado (IDE).

4.1 MODELO PROPOSTO PARA TELEMETRIA AUTOMOTIVA

O modelo proposto é indicado para ser integrado a uma rede CAN, com foco principal em redes automotivas.

Para o desenvolvimento e validação do trabalho conectou-se a plataforma de desenvolvimento em outro módulo da Freescale, constituindo a ligação física à rede CAN, onde é simulado o tráfego de dados no barramento.

Na Figura 12 é mostrada a visão geral da telemetria proposta.

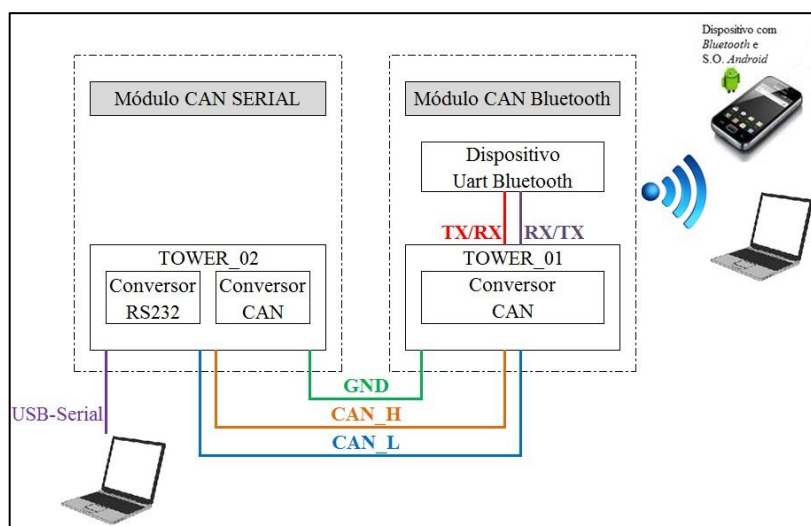


Figura 12: Diagrama proposto de telemetria
Fonte: Autoria própria.

Vale ressaltar que, para a realização desse trabalho, o módulo CAN SERIAL está enviando dados ao barramento CAN, simulando uma rede automotiva porém, com um fluxo de mensagem reduzido para facilitar o desenvolvimento do trabalho.

- **Módulo CAN SERIAL:** Responsável por receber/transmitir mensagens no barramento CAN e enviá-las pela porta serial RS232;

- Modulo CAN *Bluetooth*: Responsável pela seleção e transmissão dos dados trafegados no barramento CAN para dispositivos moveis, através de conexão *Bluetooth*;
- Dispositivos *Bluetooth* individualmente pareados;
- Computador com uma tela terminal serial, com finalidade de ler todos os dados do barramento CAN.

Conforme mostrado na Figura 12, o dispositivo móvel é responsável pelo envio de comandos e exposição em *display* dos dados trafegados na rede CAN.

Cada módulo conectado ao barramento CAN possui o seu próprio microcontrolador, conversor RS-232 e decodificador CAN.

O dispositivo conversor UART *Bluetooth* está fixado a uma placa de prototipagem que compõe o protótipo desenvolvido nesse trabalho, com finalidade de realizar a codificação/decodificação dos caracteres ASCII, enviados pelo *Bluetooth* do dispositivo móvel.

O protótipo realiza comunicação *Bluetooth* com dispositivos pareados que se utilizam de tela terminal para a visualização dos dados recebidos e envio de mensagens específicas para controle do protótipo. A comunicação e controle também são realizados por aplicativo específico desenvolvido para apresentação e validação do projeto e esse aplicativo é instalado em dispositivos com sistema operacional Android.

4.2 DESENVOLVIMENTO DO FIRMWARE DO PROTÓTIPO

Para o desenvolvimento do *firmware* do controlador do protótipo utiliza-se da plataforma de desenvolvimento *CodeWarrior Development Studio*, baseado no ambiente *Eclipse*, que fornece as ferramentas necessárias para o desenvolvimento, depuração e compilador do *firmware* para o microcontrolador.

A rotina do *firmware* segue o fluxograma apresentado na Figura 17.

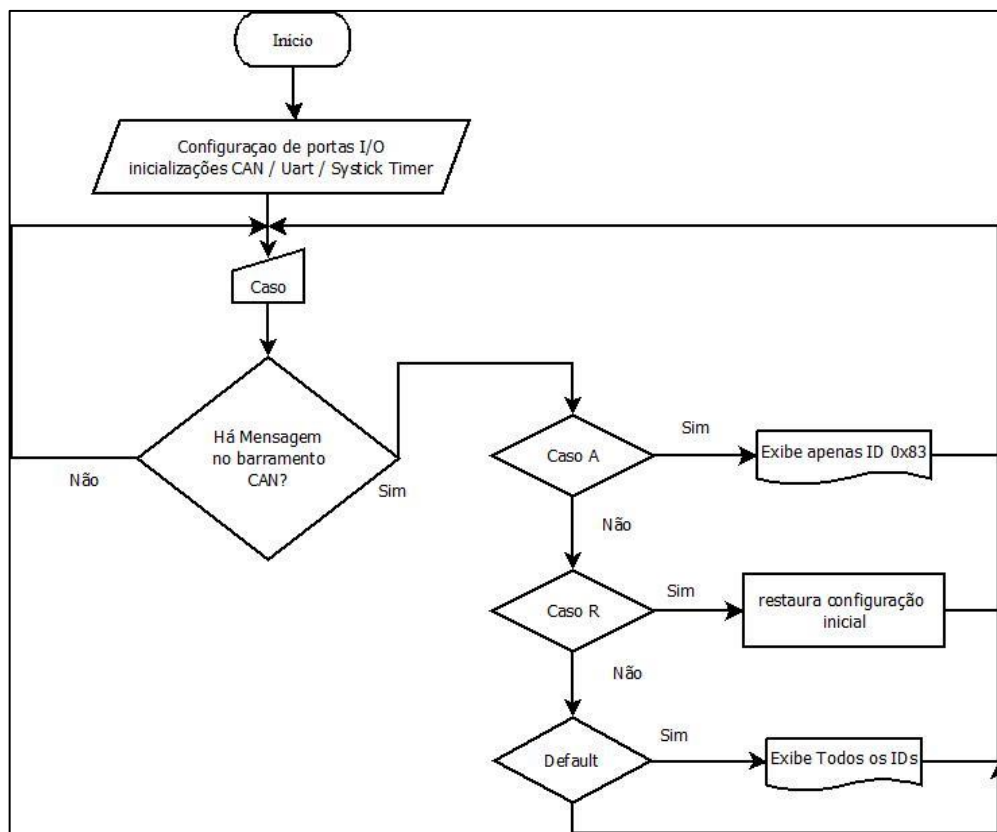


Figura 13: Fluxograma da rotina no *software* do módulo CAN Bluetooth
Fonte: Autoria própria.

4.3 DESENVOLVIMENTO DO APLICATIVO ANDROID

Esse tópico mostra a descrição do desenvolvimento do aplicativo Android para enviar comandos ao módulo *CAN Bluetooth* e visualizar dados no *display* do dispositivo móvel. A plataforma de desenvolvimento do aplicativo é a *MIT App Inventor*.

4.3.1 App Inventor

É uma ferramenta gratuita de programação, baseada em blocos, que permite criar aplicativos totalmente funcionais para dispositivos Android. A Figura 14 representa como é feito o desenvolvimento de aplicativos com a ferramenta *App Inventor*.

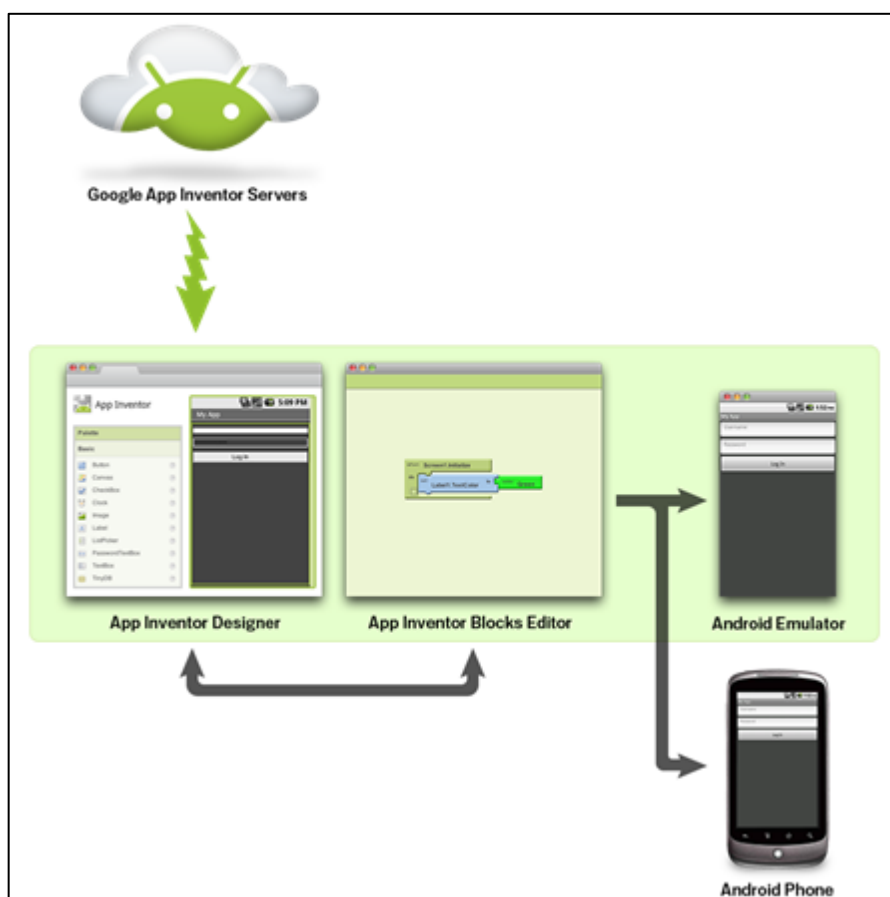


Figura 14: Áreas de desenvolvimentos do *App Inventor*
Fonte: *App Inventor* MIT (2015).

4.3.2 Aplicativo para telemetria automotiva

A interface do aplicativo desenvolvido está baseada em duas telas, conforme Figura 15.

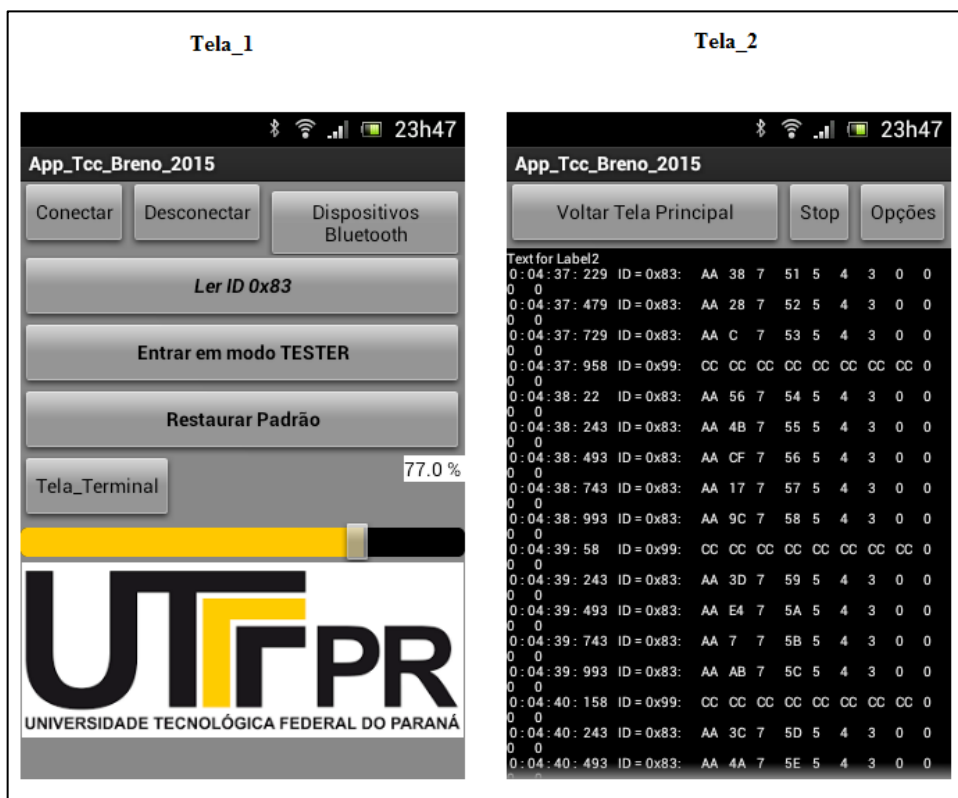


Figura 15: Telas 1 e 2 do aplicativo Android
Fonte: Autoria própria.

- Tela_1: contém botões de conexão *Bluetooth*, botões de comandos, botão que abre a Tela 2 e um *slider* que simula um potenciômetro virtual;
- Tela_2: contém a visualização de mensagens do barramento CAN e botões de controle do aplicativo.

4.3.3 Exposição dos dados em formas gráficas

Utiliza-se o *software* Matlab para gerar gráficos em tempo real de um *byte* da mensagem do barramento. Utilizando o dispositivo UART *Bluetooth* como uma porta COM no computador.

5 TESTES E RESULTADOS

Esse capítulo apresenta uma descrição dos testes realizados durante a integração do aplicativo Android com o protótipo e também o teste realizado para plotar gráficos em tempo real utilizando o Matlab.

5.1 TESTE COMUNICAÇÃO CAN

Cada módulo é ligado a uma tela terminal, transmitindo a leitura do barramento CAN, conforme a Figura 16.



Figura 16: Experimento teste comunicação CAN
Fonte: Autoria própria.

- Passo 1: Liga-se o módulo CAN serial, sendo possível visualizar no terminal tudo que é enviado para o barramento CAN;
- Passo 2: Liga-se o módulo CAN *Bluetooth* e a tela do terminal preenche-se, rapidamente, com os dados armazenados no *buffer* do início do experimento e, em seguida, atualiza a tela com dados em tempo real. Esta é uma característica do protocolo CAN, onde as mensagens são gerenciadas de forma a não perdê-las por atraso nos controladores da rede;
- Passo 3: Desconecta-se o cabo de ligação CAN e percebe-se, pelas telas terminais, que o módulo serial continua transmitindo dados, e o módulo CAN *Bluetooth* está sem receber dados;

- Passo 4: Desliga-se o modulo CAN serial e percebe-se que o módulo CAN *Bluetooth* está ligado e aguardando dados no barramento;
- Passo 5: Alterações feitas no potenciômetro do *kit* TOWER do módulo CAN serial, modificam o valor do *byte* 8 do ID 0x83, que pode ser visualizado nas duas telas terminais em tempo real.

5.2 TESTE PARA PLOTAR GRÁFICO EM TEMPO REAL

Esse teste consiste em plotar um gráfico, com valor em tempo real através do *software* Matlab. Conforme descrito anteriormente, o microcontrolador converte um sinal analógico digital, da tensão medida no potenciômetro do kit TOWER, em valores decimais entre [0 e 255]. No experimento, esse valor transmitido encontra-se no ID 0x83 no oitavo *byte* que compõe sua mensagem. Desta forma pode-se simular um pedal de acelerador eletrônico de um veículo.

Parear o dispositivo UART *Bluetooth* com o computador faz com que o computador reconheça-o como uma porta serial COM possibilitando criar uma rotina no Matlab que realiza a leitura da mensagem de oito *bytes* do ID 0x83 e considera apenas o valor em hexadecimal contido no oitavo *byte* da mensagem. Com esse valor faz-se a conversão de hexadecimal para decimal e o gráfico é traçado em tempo real para a validação desse teste, utilizando-se um *notebook* com receptor *Bluetooth* para plotar os gráficos, conforme a Figura 17.

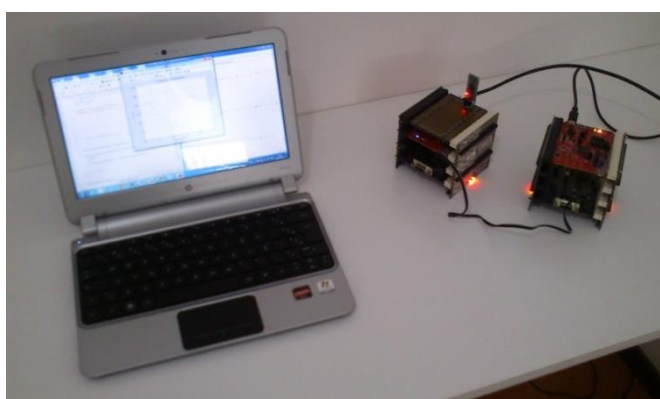


Figura 17: foto do experimento plotar gráfico
Fonte: Autoria própria.

Alterando o potenciômetro do módulo CAN Serial percebe-se a variação do gráfico, conforme a Figura 18 obtida com a captura da janela do Matlab.

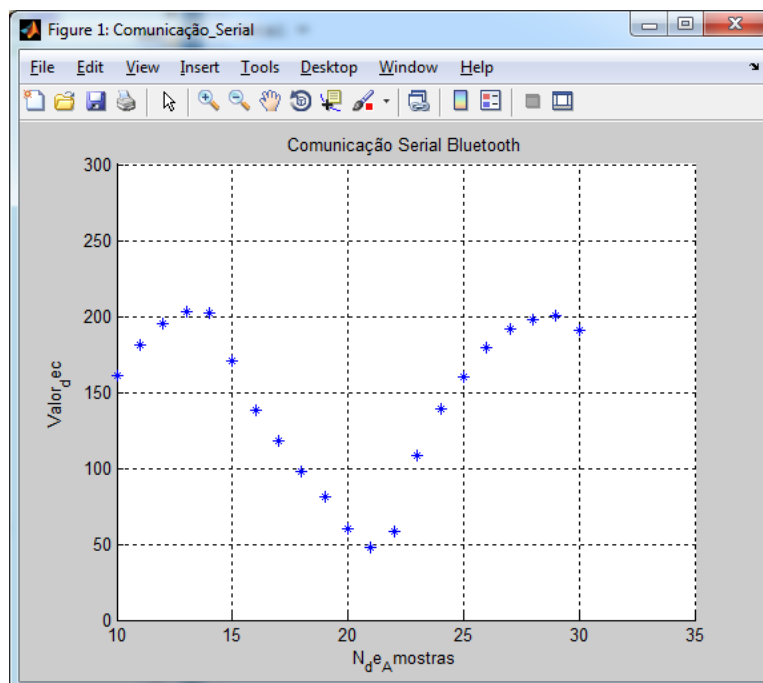


Figura 18: Janela Plot Matlab
Fonte: Autoria própria.

5.3 TESTE DO APLICATIVO ANDROID.

O aplicativo é instalado em um celular *smartphone*, marca *Sony Ericsson*, modelo *Xperia Mini Pro*, com versão do sistema operacional *Android 4.0.4* e realiza-se o pareamento entre o módulo *Bluetooth* do celular e o dispositivo.

A Figura 19 demonstra o celular com o aplicativo instalado. A Tela_1, que é a principal, contém o botão de conectar, que realiza a conexão entre o dispositivo pareado com a identificação: 00:13:01:10:03:73 linvor.

Após a conexão, tem-se o acesso para a Tela_2 onde se encontra um local reservado para a visualização dos dados lidos da rede, semelhante à tela encontrada no *software* *Tera Term*, na qual são disponibilizados se os botões *start* (início do programa) para iniciar a leitura dos dados do barramento; *stop* (pausar a leitura) e um botão de opções que abre um menu com algumas funções a mais, tais como: limpar a tela (onde os dados serão apagados) e a opção de salvar os dados lidos, em um arquivo de texto com extensão *.txt*.

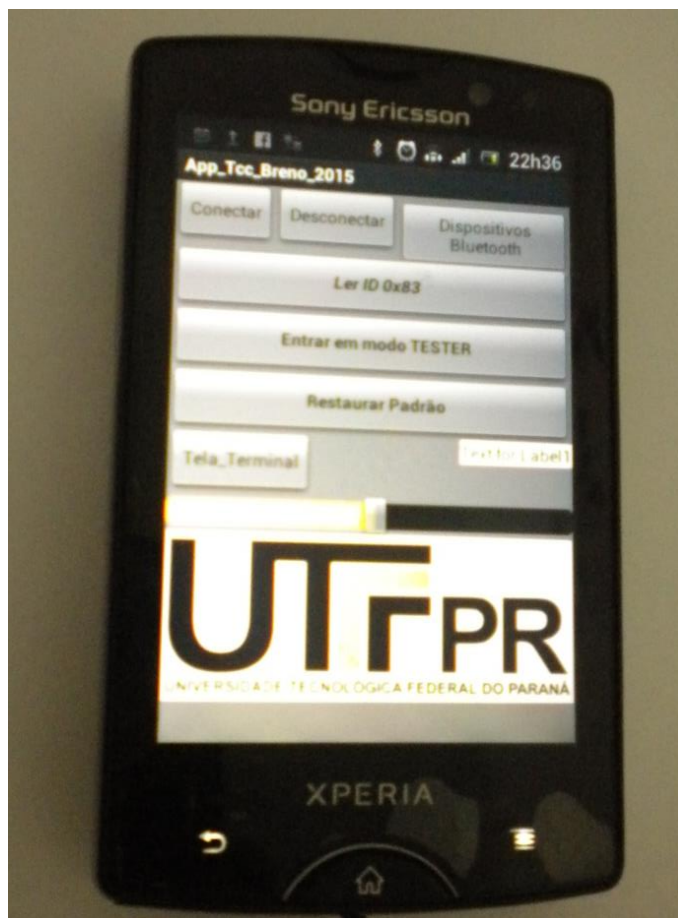


Figura 19: Foto do celular utilizado com aplicativo instalado
Fonte: Autoria própria.

O aplicativo Android disponibiliza a opção de salvar em texto (arquivo .txt) as leituras realizadas das mensagens do barramento CAN. Este arquivo pode ser enviado para computadores e com *softwares* editores de planilhas eletrônicas gerar gráficos com os valores da mensagem e realizar estudos comparativos desses valores durante o experimento.

5.4 PROTÓTIPO

Este trabalho proporciona um protótipo de telemetria automotiva utilizando *Bluetooth* para a comunicação entre dispositivos móveis, e a rede automotiva de dados. Na Figura 20 é apresentada a foto do sistema desenvolvido



Figura 20: dispositivo módulo CAN Bluetooth
Fonte: Autoria própria.

5.5 DESCRIÇÃO DOS COMPONENTES E CUSTO DO PROJETO

A descrição dos componentes com respectivos valores são apresentados na Tabela 1.

COMPONENTE	VALOR	
TWR-K60D100M	99,00	U\$
TWR-ELEV	39,00	U\$
TWR-SER	49,00	U\$
TWR-PROTO	14,99	U\$
UART BLUETOOTH	8,00	U\$
TOTAL	209,99	U\$

Tabela 1: Descrição dos componentes e custo do projeto
Fonte: Autoria própria.

A realização deste trabalho não utilizou recursos financeiros para aquisição dos kits TOWERs utilizados no projeto. Tais kits foram doados à universidade pelo próprio fabricante, a Freescale.

6 CONCLUSÕES

6.1 CONCLUSÃO

Deparar-se com a falta de recursos em dispositivos que atualmente fazem telemetria em motores automotivos foi a inspiração para a realização deste trabalho.

Por uma rede automotiva trafega um grande volume de dados, dificultando o desenvolvimento de aplicativos Android para leitura dos dados da rede. Por exemplo, celulares, *smartphones* que, geralmente, não têm capacidade de processamento que garanta leitura de todos os dados da rede automotiva, sem que os sobrecarreguem.

Ao fim do projeto foi possível realizar a aplicação de telemetria ao desenvolver o protótipo de um dispositivo embarcado com seu processamento dedicado a selecionar apenas qual mensagem necessita ser transmitida por *Bluetooth*, para a aplicação em dispositivos Android. Por consequência da leitura dos dados reduzida, não sobrecarrega o processamento e memória do dispositivo móvel que recebe apenas dados importantes e necessários pra sua aplicação específica.

Quanto ao *kit* TOWER, pode-se dizer que é uma ferramenta com um poder de processamento superdimensionado para os testes realizados neste trabalho. Porém, o estudo da utilização de um processador ARM M4 é interessante para o desenvolvimento de produtos de alto desempenho, que suportam a implementação para interagir com uma rede automotiva real. Outro destaque é sua estrutura de fácil acoplamento de módulos específicos, que ajuda na confecção de prototipagem rápida.

Foi possível avaliar a capacidade de aprender assuntos novos, pois durante a graduação não foi oferecida nenhuma disciplina que tratasse de desenvolvimento de aplicativos e de redes automotivas. Porém, com conhecimentos adquiridos em outras disciplinas como Computação, Eletrônica, Eletrônica Digital, Sistemas Microcontrolados, Tópicos Especiais Em Eletrônica Industrial.

Finalizando, o Trabalho de Conclusão de Curso propiciou oportunidades para reunir os conhecimentos adquiridos e a desenvolver novos conceitos.

6.2 PROPOSTA PARA PROJETOS FUTUROS

Continuidade do trabalho apresentado, com indicação de alguns temas a serem investigados em estudos futuros.

6.2.1 Painel automotivo com telas gráficas.

Desenvolvimento de aplicativo Android que expõe graficamente os valores pré-escolhidos, simulando formas mais tradicionais no meio automotivo. Como exemplo, ponteiros de RPM sendo exibidos digitalmente.

6.2.2 Simulações de falhas em bancadas didáticas de motores automotivos.

Enviar sinais de comando para simular falhas de funcionamento em bancada didática de motores automotivos, pois essa interação remota com o motor gera mais segurança para usuários da bancada. Pois não realizou-se esses testes neste trabalho por não ter um motor de teste em uma bancada.

6.2.3 Aplicação de comunicação CAN com dispositivos microcontrolados.

Utilizar a rede CAN quando necessário uma comunicação com prioridades em mensagens, principalmente para cálculos de controle para automação, pois combinado com as funções de interrupção dos microcontroladores pode-se obter atuações mais precisas.

6.2.4 *Internet of Things* e VANET.

Utilizar o conceito de transmissão de dados que são necessários, não sobrecarregando dispositivos com envios ou leituras de dados desnecessários para atividade que realiza.

6.2.5 Telemetria em automóveis de competição.

Aprimorar a recepção de dados obtidos nos sensores de um veículo de competição, em prova que resulte em melhor calibração de parâmetros do *software* dos controladores destes automóveis, trazendo melhorias em um tempo mais rápido, pois a gravação de um *software* é mais rápida do que mudanças físicas no automóvel, podendo ser primordial para trazer vantagens em uma competição.

REFERÊNCIAS

- ALMEIDA, L. (2007). Suporte de Hardware Para escalonamento Com Prioridades Dinâmicas em Barramento CAN.
- ARTHAS, K. (2004). Tutorial Wireless.
- BARI, N., MANI, G., & BERKOVICH, S. (2013). *Internet Of Things As A Methodological Concept*.
- CAMPOS, M. F. (Maio de 2010). Utilização de Algoritmos Genéticos na Otimização do Escalonamento de Mensagens Proprietárias do Protocolo SAE J1939 sobre CAN bus. Itajubá, Brasil.
- DEARBORN GROUP TECHNOLOGY. (setembro de 2004). Controller Area Network.
- ENGST, A., & FLEISHMAN, G. (2005). Kit do Iniciante em redes Sem fio: O Guia.
- GUIMARÃES, A. A. (s.d.). *pcs.usp.br*. Acesso em 20 de 08 de 2014, disponível em http://www.pcs.usp.br/~laa/Grupos/EEM/CAN_Bus_Parte_2.html
- IMASTER. (s.d.). *Imasters.com.br*. Acesso em 27 de 08 de 2014, disponível em <http://imasters.com.br/tecnologia/redes-e-servidores/falando-de-redes-de-baixa-latencia-parte-01>
- MENEGUETT, R., & VILLAS, L. (2014). *An Autonomic Algorithm for Data*.
- PALMEIRA, A. (2007). *SNU: um framework para o desenvolvimento de aplicações voltadas às redes ad-hoc esontâneas*. São Luís.
- pcs.usp.br*. (s.d.). Acesso em 20 de 08 de 2014, disponível em http://www.pcs.usp.br/~laa/Grupos/EEM/CAN_Bus_Parte_1.html
- PINHEIRO, J. M. (22 de 11 de 2004). http://www.projetoderedes.com.br/artigos/artigo_modelo_osi.php. Acesso em 12 de 01 de 2015, disponível em [projeteredes.com.br](http://www.projetoderedes.com.br): http://www.projetoderedes.com.br/artigos/artigo_modelo_osi.php
- SIMMA, J. (16 de 03 de 2011). *www.barrgroup.com*. Acesso em 2 de 11 de 2014, disponível em [barrgroup](http://www.barrgroup.com): <http://www.barrgroup.com/Embedded-Systems/How-To/Introduction-SAE-J1939>
- SOARES, A., VIEIRA, I., & VASCONCELOS, W. (s.d.). *ESTUDO E DESENVOLVIMENTO DE UMA REDE SEM FIO BASEADA EM BLUETOOTH*.
- TANENBAUM, A. (2003). *Redes de Computadores*. Rio de Janeiro: Elsevier.
- TORRES, G. (2001). *Redes de computadores: curso completo*. Rio de Janeiro: Axcel Books.