****

**CURSO SUPERIOR DE ENGENHARIA ELÉTRICA**

**FABRICIO BALBINOT**

**SISTEMA SEM FIO PARA MONITORAMENTO DE PRESSÃO DE PNEUS EM VEÍCULOS PESADOS COMO ÔNIBUS, CAMINHÕES E MÁQUINAS AGRÍCOLAS**

**Caxias do Sul**

**2022 FABRICIO BALBINOT**

**SISTEMA SEM FIO PARA MONITORAMENTO DE PRESSÃO DE PNEUS EM VEÍCULOS PESADOS COMO ÔNIBUS, CAMINHÕES E MÁQUINAS AGRÍCOLAS**

**Trabalho apresentado para o Curso de Engenharia Elétrica, do Centro Universitário Uniftec como parte dos requisitos para avaliação da unidade curricular de TCC.**

**Orientador: Prof. Geison Luis Rasia**

**Caxias do Sul**

**2022**

**FABRICIO BALBINOT**

**SISTEMA SEM FIO PARA MONITORAMENTO DE PRESSÃO DE PNEUS EM VEÍCULOS PESADOS COMO ÔNIBUS, CAMINHÕES E MÁQUINAS AGRÍCOLAS**

**Trabalho apresentado para o Curso de Engenharia Elétrica, do Centro Universitário Uniftec como parte dos requisitos para avaliação da unidade curricular de TCC.**

**Aprovado em \_\_\_/\_\_\_\_/\_\_\_\_**

**BANCA EXAMINADORA**

**\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_**

**Professor Orientador: Esp. ou Me ou Dr. Xxxx XXI**

**\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_**

**Professor Avaliador: Esp. ou Me ou Dr. Xxxx XXI**

**\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_**

**Professor Avaliador: Esp. ou Me ou Dr. Xxxx XXI**

**Caxias do Sul**

**2022**

**SISTEMA SEM FIO PARA MONITORAMENTO DE PRESSÃO DE PNEUS EM VEÍCULOS PESADOS COMO ÔNIBUS, CAMINHÕES E MÁQUINAS AGRÍCOLAS**

**Fabricio Balbinot**

Autor

fabricio94.balbinot2@gmail.com

**Prof. Geison Luis Rasia**

Orientador

geisonrasia@acad.ftec.com.br

**Resumo:**

**Palavras-chave:**.

**WIRELESS SYSTEM FOR MONITORING TIRE PRESSURE IN HEAVY VEHICLES SUCH AS BUSES, TRUCKS AND AGRICULTURAL MACHINES**

**Fabricio Balbinot**

Author

fabricio94.balbinot2@gmail.com

**Geison Luis Rasia**

Teacher Advisor

geisonrasia@acad.ftec.com.br

***Abstract:***

***Keywords:***

**LISTA DE FIGURAS**

[Figura 1: Topologia básica de fonte linear. 15](#_Toc89111444)

[Figura 2: Topologia básica de um conversor Buck. 16](#_Toc89111445)

[Figura 3: Formas de onda de diferentes pulsos de tensão e sua amplitude. 16](#_Toc89111446)

[Figura 4: Exemplo de ligação de um sistema eletrônico. 17](#_Toc89111447)

[Figura 5: Filtro com capacitor especial. 18](#_Toc89111448)

[Figura 6: Exemplo de filtro tipo T em um circuito de teste. 18](#_Toc89111449)

[Figura 7: Topologia do hardware do relé. 25](#_Toc89111450)

[Figura 8: Simulação 3D frente e verso. 27](#_Toc89111451)

[Figura 9: Fluxograma inicial. 30](#_Toc89111452)

[Figura 10: Rotina de calibração. 31](#_Toc89111453)

[Figura 11: Fluxo de configuração. 32](#_Toc89111454)

[Figura 12: Rotina operacional. 34](#_Toc89111455)

**LISTA DE GRÁFICOS**

Gráfico 1: Curva de carga de um trio de lanternas. 12

Gráfico 2: Atenuação de acordo com a capacitância e frequências. 19

Gráfico 3: Curva de carga lanternas 24Vdc. 24

Gráfico 4: Curva de carga lanternas 12Vdc. 24

Gráfico 5: Curva de carga de lanternas real de um veículo. 28

Gráfico 6: Limite de análise fixo. 29

Gráfico 7: Limite de análise variável conforme curva de carga. 29

**LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS**

ANATEL Agência Nacional de Telecomunicações

CO2 Dióxido de Carbono

TPMS Tire Pressure Monitoring System

ECU Electronic Control Unit

HDVs Heavy-Duty Vehicles

ISSO International Organization for Standardization

LCVs Light-Commercial Vehicles

SUMÁRIO

[1 INTRODUÇÃO 10](#_Toc101728279)

[2 OBJETIVOS E JUSTIFICATIVA 10](#_Toc101728280)

[2.1 OBJETIVOS GERAIS 10](#_Toc101728281)

[2.2 JUSTIFICATIVA 10](#_Toc101728282)

[3 LEGISLAÇÃO 10](#_Toc101728283)

[3.1 CONTRAN 10](#_Toc101728284)

[4 TECNOLOGIA DE MEDIÇÃO DE PRESSÃO PARA PNEUS 11](#_Toc101728285)

[4.1 MEDIÇÃO INDIRETA 11](#_Toc101728286)

[4.2 MEDIÇÃO DIRETA 13](#_Toc101728287)

[4.2.1 Leitor de pressão 13](#_Toc101728288)

[4.2.2 Central de monitoramento 14](#_Toc101728289)

[4.2.3 Processamento 15](#_Toc101728290)

[4.2.4 Entradas e Saídas 15](#_Toc101728291)

[4.2.6 FMEA de projeto 15](#_Toc101728292)

[5 METODOLOGIA 15](#_Toc101728293)

[5.1 SOLICITAÇÃO DE DESENVOLVIMENTO 15](#_Toc101728294)

[5.2 PROPOSTA EXECUTIVA 15](#_Toc101728295)

[5.3 DESENVOLVIMENTO DO PROTÓTIPO 15](#_Toc101728296)

[5.4 DESENVOLVIMENTO DA PCI 16](#_Toc101728297)

[5.5 DESENVOLVIMENTO DE FIRMWARE 16](#_Toc101728298)

[5.6 MONTAGEM DE PROTÓTIPOS 16](#_Toc101728299)

[5.7 TESTES DE HOMOLAGAÇÃO EM LABORATÓRIO 16](#_Toc101728300)

[5.8 ENVIO DE PROTÓTIPOS AO CLIENTE 16](#_Toc101728301)

[5.9 MONTAGEM EM LINHA DE PRODUÇÃO 16](#_Toc101728302)

[6 DESENVOLVIMENTO DO PROEJTO 16](#_Toc101728303)

[6.1 ESTUDO DAS LANTERNAS 16](#_Toc101728304)

[6.2 PROJETO DO HARDWARE 16](#_Toc101728305)

[6.3 REVISÃO DO CIRCUITO E REUNIÃO DE DFEMA 16](#_Toc101728306)

[6.4 DESENVOLVIMENTO E MONTAGEM DA PCI 16](#_Toc101728307)

[6.4 DESENVOLVIMENTO DO FIRMWARE 17](#_Toc101728308)

[6.4.1 Análise inicial de lógica de controle e configuração 17](#_Toc101728309)

[6.4.2 Visão geral das lógicas 17](#_Toc101728310)

[6.4.3 Lógica de calibração 17](#_Toc101728311)

[6.4.4 Lógica de configuração 17](#_Toc101728312)

[6.4.5 Lógica operacional 17](#_Toc101728313)

[6.5 TESTES DE LABORATÓRIO 17](#_Toc101728314)

[6.6 APROVAÇÂO 17](#_Toc101728315)

[6 CONCLUSÃO 17](#_Toc101728316)

[REFERÊNCIAS 18](#_Toc101728317)

# 

# 1 INTRODUÇÃO

# **2 OBJETIVOS E JUSTIFICATIVA**

## 2.1 OBJETIVOS GERAIS

O objetivo do trabalho é projetar a parte eletrônica de um sistema de TPMS para monitoramento da pressão dos pneus em veículos da linha pesada como ônibus, caminhões e máquinas agrícolas para pneus que utilizam ar como fluido.

## 2.2 Objetivos específicos

Os objetivos específicos podem ser divididos em cinco principais partes, citas nos tópicos a seguir.

1. Projetar o *hardware* do *display* de monitoramento.
2. Desenvolver o software de controle do *display*.
3. Projetar o *hardware* dos sensores sem fio.
4. Desenvolver o *software* de controle do *display*.
5. Avaliar o funcionamento do sistema em uma aplicação real.

## 2.3 JUSTIFICATIVA

O número de caros tem crescido rapidamente em todos os países, este crescimento se deve ao desenvolvimento da economia e poder de aquisição das pessoas, juntos a estes avanços as exigências de segurança em automóveis aumentou, estas dentre as exigências estão sistemas de monitoramento e pressão para pneus, visando aumentar a vida útil e reduzir as emissões de CO2. Em países como Estados Unidos, Correia e na União Europeia a utilização de TPMS de série em veículos é uma exigência. (Quan Xin *et al* 2019)

3 LEGISLAÇÃO

## 3.1 CONTRAN

4 TECNOLOGIA DE MEDIÇÃO DE PRESSÃO PARA PNEUS

Um sistema TPMS tem a finalidade de alertar o motorista quando um ou mais pneus estão com a pressão interna abaixo do limite pré-definido de pressão para o modelo de pneu e podem ser classificados em dois principais grupos, o grupo de medição direta e o grupo de medição indireta, cada sistema possui vantagens e desvantagens. (VELUPILLAI, 2007 e GÜVENÇ, 2007).

## 4.1 MEDIÇÃO INDIRETA

A medição indireta utiliza dados de velocidade medidos pelo sistema de ABS, o algoritmo, para detecção de baixa pressão o algoritmo realiza os cálculos utilizando o modelo mecânico do pneu. (Xin *et al,* 2019)

Se um pneu estiver com pressão abaixo da nominal o raio efetivo será menor do que o dos outros pneus do veículo fazendo com que ele tenha uma velocidade angular maior do que um pneus que está com a pressão normalizada, a Figura 1 ilustra a relação entre o raio efetivo e o raio nominal. (VELUPILLAI, 2007; GÜVENÇ, 2007)

Figura 1: Exemplo de pneu com pressão baixa,

Uma imagem contendo frente, homem, grande, estacionado

Descrição gerada automaticamente

Fonte: (VELUPILLAI, 2007; GÜVENÇ, 2007)

Veículos com sistema de ABS por exemplo tem a capacidade de aferir a velocidade individual de cada roda, neste caso basta um o algoritmo que relacione as velocidades para determinar se há um pneu com pressão abaixo da nominal. Este modelo de aferição não requer hardware resumindo-se ao algoritmo de controle. (VELUPILLAI, 2007; GÜVENÇ, 2007)

O sistema de medição indireta se aproveita de sistemas já existentes no veículo podendo detectar pressão baixa em dos pneus.

Segundo VELUPILLAI et al. (2007) existe uma série de desvantagens na medição indireta, como não ocorrer aviso de pressão baixa se dois pneus do mesmo eixo ou do mesmo lado estiver com a pressão abaixo da nominal, ocorrer falso positivo em situações em que o veículo esteja em estradas com neve e ocorra o deslizamento dos pneus.

O autor XING et al. também concorda que o sistema de medição indireta pela velocidade não é preciso e possui desvantagens como não indicar o nível de pressão real dos pneus, mas só um alerta sonoro e/ou visual, falha no alerta quando pneus do mesmo lado estiverem com pressão baixa, além da confiabilidade ser baixa.

A vantagem de um sistema TPMS de medição indireta é que ele não utiliza hardware adicional e toda parte principal está concentrada no algoritmo, outra vantagem é que este modelo de sistema não requer programação de sensores no sistema quando a troca de rodas e pneus for efetuado, após a calibração basta resetar o sistema, desta forma ele considerará que aquela calibração é a padrão. (VELUPILLAI, 2007; GÜVENÇ, 2007)

## 4.2 MEDIÇÃO DIRETA

Sistemas TPMS de medição direta necessitam de um sensor de pressão para cada pneu do veículo e é instalado no interior do pneu, transmitindo as informações através de tecnologias sem fio possuindo maior precisão na medição de pressão em comparação com o sistema de medição indireta. Estes sensores costumam utilizar baterias de lítio como fonte de alimentação, motivo este que enfrenta restrições ambientais. (Xin *et al,* 2019).

Pode-se observar que de acordo com os autores sistemas de medição direta possuem algumas desvantagens frente o sistema de medição indireta, pois são necessário componentes específicos para esta aplicação, mas também apresentam grande vantagem na precisão podendo indicar a pressão real de cada pneu em tempo real.

### 4.2.1 Leitor de pressão

O módulo leitor de pressão necessita de dimensões reduzidas, além de precisar ser leve frente o peso de um pneu, para reduzir as forças centrífugas, geralmente é instalado junto a válvula conforme mostra Figura 1 e são projetados para atender temperaturas de -40°C a 120°C. (VELUPILLAI, 2007; GÜVENÇ, 2007)

Figura 2: Exemplo de Sensor de pressão e instalação na roda.

Uma imagem contendo objeto, luz, mesa, monitor

Descrição gerada automaticamente

Fonte: (VELUPILLAI, 2007; GÜVENÇ, 2007)

A válvula além de possibilitar inflar o pneu quando necessário exerce a função de antena do transmissor sem fio, a tecnologia aplicada nos sensores geralmente é CMOS reduzindo ao máximo o consumo da bateria, pois espera-se um longa vida útil do sensor. Além da tecnologia construtiva o uso ideal da energia disponível é parte muito importante e técnicas de gerenciamento de energia precisam ser aplicadas para reduzir o consumo da bateria. Existem modelos que enviam a informação de hora em hora quando o veículo está parado e outros que possuem sensores de velocidade desligando a transmissão quando não há movimento. Sensores mais elaborados também podem possuir um receptor de baixa frequência integrado, assim podem receber comandos de uma central equipada com transmissor, portanto o sensor somente realizará a leitura da pressão sob a solicitação da central. (VELUPILLAI, 2007; GÜVENÇ, 2007)

### 4.2.2 Central de monitoramento

A central de monitoramento recebe a informação dos sensores sem fio através de uma antena, podendo emitir alertas e em modelos mais avançados exibir no display qual pneu está com pressão baixa e qual é a pressão exatamente. Para a central fazer a distinção entre pneus é necessário programar cada sensor na central de forma a identificar que sensor está em cada roda, quando pneus ou sensores são substituídos uma nova programação necessita ser realizada. A central de monitoramento pode ser alimentada diretamente pela bateria do veículo, ou até mesmo por uma bateria portátil. A Figura 3 mostra um exemplo de TPMS com medição direta, sistema este composto por 4 sensores e uma central de monitoramento. (VELUPILLAI, 2007; GÜVENÇ, 2007)

Figura 3: Exemplo de sistema TPMS com medição direta.



Fonte: (VELUPILLAI, 2007; GÜVENÇ, 2007)

# 5 PRESSÃO DE PNEUS

A pressão do pneus necess

## 5.1 SOLICITAÇÃO DE DESENVOLVIMENTO

## 5.2 PROPOSTA EXECUTIVA

## 5.3 DESENVOLVIMENTO DO PROTÓTIPO

## 5.4 DESENVOLVIMENTO DA PCI

## 5.5 DESENVOLVIMENTO DE FIRMWARE

## 5.6 MONTAGEM DE PROTÓTIPOS

## 5.7 TESTES DE HOMOLAGAÇÃO EM LABORATÓRIO

## 5.8 ENVIO DE PROTÓTIPOS AO CLIENTE

## 5.9 MONTAGEM EM LINHA DE PRODUÇÃO

# 6 DESENVOLVIMENTO DO PROEJTO

## 6.1 ESTUDO DAS LANTERNAS

## 6.2 PROJETO DO HARDWARE

## 6.3 REVISÃO DO CIRCUITO E REUNIÃO DE DFEMA

## 6.4 DESENVOLVIMENTO E MONTAGEM DA PCI

## 6.4 DESENVOLVIMENTO DO FIRMWARE

### 6.4.1 Análise inicial de lógica de controle e configuração

### 6.4.2 Visão geral das lógicas

### 6.4.3 Lógica de calibração

### 6.4.4 Lógica de configuração

### 6.4.5 Lógica operacional

## 6.5 TESTES DE LABORATÓRIO

## 6.6 APROVAÇÂO

# 6 CONCLUSÃO

# REFERÊNCIAS

VELUPILLAI, Sankaranarayanan; GÜVENÇ Levent. **Tire Pressure Monitoring.** IEEE CONTROL SYSTEMS MAGAZINE. 25 ed. dez. 2007.

Quan Xin *et al* 2019 *J. Phys.: Conf. Ser.* **1314** 012100

**PAPER • OPEN ACCESS**

Automobile tire pressure monitoring technology

and development trend

To cite this article: Quan Xin *et al* 2019 *J. Phys.: Conf. Ser.* **1314** 012100

Quan Xin *et al* 2019 *J. Phys.: Conf. Ser.* **1314** 012100. **Automobile tire pressure monitoring technology and development trend**

**ANEXOS**

.