



UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARÁ
CAMPUS UNIVERSITÁRIO DO BAIXO TOCANTINS
FACULDADE DE ENGENHARIA INDUSTRIAL
CURSO DE BACHARELADO EM ENGENHARIA INDUSTRIAL

JHULYANE DO SOCORRO DOS ANJOS

**FALHAS NA MANUTENÇÃO DE PNEUS EM UMA FROTA DE
CAMINHÕES: UMA ANÁLISE DAS CAUSAS APLICANDO A
FERRAMENTA FMEA**

ABAETETUBA – PA
2018

JHULYANE DO SOCORRO DOS ANJOS

**FALHAS NA MANUTENÇÃO DE PNEUS EM UMA FROTA DE
CAMINHÕES: UMA ANÁLISE DAS CAUSAS APLICANDO A
FERRAMENTA FMEA**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado a Faculdade de Engenharia Industrial da Universidade Federal do Pará, Campus Universitário do Baixo Tocantins, como requisito final para a obtenção do grau de Bacharel em Engenharia Industrial.

Orientador: Prof. Dr. Adalberto da Cruz Lima.

ABAETETUBA – PA
2018

JHULYANE DO SOCORRO DOS ANJOS

**FALHAS NA MANUTENÇÃO DE PNEUS EM UMA FROTA DE
CAMINHÕES: UMA ANÁLISE DAS CAUSAS APLICANDO A
FERRAMENTA FMEA**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado a Faculdade de Engenharia Industrial da Universidade Federal do Pará, Campus Universitário do Baixo Tocantins, como requisito final para a obtenção do grau de Bacharel em Engenharia Industrial.

Aprovado em ____ de _____ de 20__.

Conceito: _____

Banca Examinadora:

Prof. Dr. Adalberto da Cruz Lima
Orientador – UFPA

Prof. Dr. Harley dos Santos Martins
Examinador - UFPA

Prof. MsC Elaine Cristina de Souza Angelim
Examinador - UFPA

À Deus, motivo da minha existência.

A minha vó Maria por ter me dado total apoio no início da minha vida acadêmica.

Ao meu tio Homero por ter me oferecido suporte financeiro e sempre me motivar a conquistar meus sonhos.

A minha mãe por ter investido financeiramente tudo o que tinha para que eu pudesse conseguir o nível superior.

Aos demais membros da família por colaborarem de modo direto e indireto para a minha formação.

Ao meu noivo e amigo Marcos Felipe por estar comigo nos momentos felizes e difíceis, e me incentivar a ser uma boa profissional.

AGRADECIMENTOS

Agradeço, primeiramente, a Deus, pois sem ele não conseguiria chegar até onde estou, pois é Ele que me proporciona a dádiva da vida todos os dias e me protege por onde caminhar. Em tudo sou grata a Deus, o seu amor é sublime e sua misericórdia é para sempre.

Um agradecimento especial a minha mãe Vanha Maria, a minha vó Maria Aida e ao meu tio Homero, estes que em nenhum momento mediram esforços para que eu tivesse uma boa educação e conseguisse ingressar na universidade, me apoiaram desde o início dos estudos tanto emocionalmente quanto financeiramente, proporcionando o melhor que pudessem me dar. Diante das dificuldades financeiras e as demais que acontecem na vida, sempre davam o melhor de si para me ajudar com todo que fosse preciso e para que eu pudesse concluir essa grande etapa da minha vida.

Agradeço aos demais membros da família Anjos, que acompanharam minha caminhada e sempre estiveram juntos comigo e apoiaram-me na medida do possível.

Agradeço o meu noivo e amigo Marcos Felipe Silva por me incentivar a ser uma pessoa e uma profissional melhor, por me incentivar a seguir os meus sonhos e buscar alcançar os objetivos que tracei, apoiando-me em todos os momentos nos quais as dificuldades surgiram.

A todos os meus amigos e colegas do curso da UFPA, em especial à Adriane Sacramento e Wanderlei Ferreira por todos os momentos vividos em sala de aula, pela colaboração e preocupação um com o outro e por contribuírem para a minha formação.

Agradeço em especial a Jacqueline Santos que além de ser uma excelente profissional, me apoio e ajudou a desenvolver o estudo, sempre se mostrando prestativa e preocupada com meu desenvolvimento profissional.

Agradeço ao meu orientador, Adalberto da Cruz Lima, que se comprometeu em me orientar e ajudar nas dúvidas referentes ao estudo, contribuindo para a conclusão deste trabalho.

“Eu digo isso para que, por estarem unidos comigo, vocês tenham paz. No mundo vocês vão sofrer; mas tenham coragem. Eu venci o mundo”

João 16:33

RESUMO

Este trabalho teve como objetivo propor medidas de apoio a gestão da manutenção de pneus na frota de veículos de uma distribuidora de bebidas através da aplicação da ferramenta de Análise dos Modos de Falhas e seus Efeitos (FMEA). Para melhor estruturar o FMEA utilizou-se ferramentas da qualidade, como: *Brainstorming*, Diagrama de Ishikawa, Diagrama de Pareto e plano de ação 5W1H. A técnica *Brainstorming* foi utilizada para a coleta de dados junto aos responsáveis pelo setor que coordena a manutenção de pneus. Para o levantamento das causas e análise utilizou-se a ferramenta Diagrama de Ishikawa. Para a interpretação dos dados e determinação das causas prioritárias fez-se o uso da técnica Diagrama de Pareto, onde foi possível visualizar as causas que mais influenciavam nas falhas em pneus. Com o 5W1H elaborou-se um plano de ação para os problemas identificados como prioritários, estabelecendo a criação de um *check list* para acompanhar e evitar o sobrecarga dos caminhões, plano de controle de pressão, treinamento do responsável pelo procedimento de calibragem, revisão periódica do funcionamento geral dos freios, plano de integração para novos colaboradores e treinamento de direção defensiva e condução econômica para os condutores dos veículos. A aplicação da ferramenta FMEA mostrou-se eficiente para análises de falhas que ocorrem na manutenção de pneus, alcançando benefícios para melhor atuar sobre o controle e eliminação de riscos, garantindo melhores resultados para o setor.

PALAVRAS-CHAVES: Manutenção de pneus, Análise de Falhas, FMEA, Ferramentas da Qualidade.

ABSTRACT

This work aimed to propose measures to support the management of tire maintenance in the vehicle fleet of a beverage distributor through the application of the Failure Modes Analysis and its Effects (FMEA) tool. To better structure the FMEA, we used quality tools such as: Brainstorming, Ishikawa Diagram, Pareto Diagram and 5W1H action plan. The Brainstorming technique was used to collect data from those responsible for the sector that coordinates tire maintenance. The Ishikawa Diagram tool was used to analyze causes and analysis. For the interpretation of the data and determination of the priority causes, the Pareto Diagram technique was used, where it was possible to visualize the causes that most influenced the tire failures. With the 5W1H, a plan of action was developed for the problems identified as priorities, establishing a checklist to monitor and avoid overloading trucks, pressure control plan, training of the person responsible for the calibration procedure, periodic review of the general brake operation, integration plan for new employees and defensive driving training and economical driving for vehicle drivers. The application of the FMEA tool was efficient for analysis of failures that occur in the maintenance of tires, achieving benefits to better act on the control and elimination of risks, guaranteeing better results for the sector.

Keywords: Tire Maintenance, Failure Analysis, FMEA, Quality Tools.

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Etapas para execução do brainstorming _____	27
Quadro 2 - Índice de severidade para FMEA _____	32
Quadro 3 - Índice de ocorrência para FMEA _____	32
Quadro 4 - Índice de detecção para FMEA _____	33
Quadro 5 - Etapas da aplicação do FMEA _____	34
Quadro 6 - Pneus sucateados _____	37
Quadro 7 - Modo de falha e seus efeitos _____	41
Quadro 8 - Causas do modo de falha _____	43
Quadro 9 - Índices de severidade _____	43
Quadro 10 - Probabilidade de Ocorrência _____	44
Quadro 11 - Probabilidade de detecção _____	44
Quadro 12 - Determinação das NPR's _____	45
Quadro 13 - Plano de ação 5W1H _____	47

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Manutenção x Objetivo _____	20
Figura 2 - Partes principais do pneu _____	22
Figura 3 - Construção dos pneus _____	23
Figura 4 - Tipos de pressão _____	25
Figura 5 - Banda de rodagem não padronizada _____	25
Figura 6 - Diagrama de Causa e Efeito _____	28
Figura 7 - Plano de Ação 5W1H _____	29
Figura 8 - Diagrama de Pareto _____	30
Figura 9 - Registro de rodizio de pneus _____	36
Figura 10 - Dano no flanco _____	37
Figura 11 - Ruptura radial _____	38
Figura 12 - Dano no talão _____	38
Figura 13 - Separação no flanco _____	38
Figura 14 - Situações dos pneus _____	39
Figura 15 - Status dos pneus _____	39
Figura 16 – Diagrama de Ishikawa _____	42
Figura 17 - Diagrama de Pareto _____	46
Figura 18 - <i>Check list</i> _____	48

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	13
1.1 CONSIDERAÇÕES INICIAIS	13
1.2 JUSTIFICATIVA	14
1.3 OBJETIVOS	15
1.3.1 Objetivo Geral	15
1.3.2 Objetivos Específicos	15
1.4 METODOLOGIA	15
1.4.1 Classificação da Pesquisa	15
1.4.2 Escopo da Pesquisa	16
2. REFERENCIAL TEÓRICO	17
2.1 GESTÃO DE FROTAS	17
2.2 GESTÃO DA MANUTENÇÃO	18
2.2.1 Definição	18
2.2.2 Objetivos da Manutenção	19
2.2.3 Tipos de Manutenção	19
2.2.3.1 Manutenção Corretiva não Planejada	20
2.2.3.2 Manutenção Corretiva Planejada	21
2.2.3.3 Manutenção Preventiva	21
2.2.3.4 Manutenção Preditiva	21
2.2.3.5 Manutenção Detectiva	21
2.2.3.6 Engenharia da Manutenção	21
2.3 GESTÃO DA MANUTENÇÃO DOS PNEUS	22
2.3.1 Partes e Construção do Pneu	22
2.3.2 Práticas de Manutenção de Pneus	23
2.4 GESTÃO DA QUALIDADE	25
2.4.1 Ferramentas da Gestão da Qualidade	26
2.4.1.1 Brainstorming	27
2.4.1.2 Diagrama de Causa e Efeito (Ishikawa)	28
2.4.1.3 Plano de Ação – 5W1H	29
2.4.1.4 Diagrama de Pareto	29
2.4.1.5 Análise do Modo e Efeito de Falha – FMEA	30
2.4.1.4.1 Tipos de FMEA	31

2.4.1.4.2 Aplicação	31
2.4.1.4.3 Formulário	34
3. ESTUDO DE CASO	34
3.1 A EMPRESA	35
3.1.1 Setor de frotas	35
3.1.2 Manutenção de pneus	35
3.1.3 Origem do problema	36
3.2 ANÁLISE DAS FALHAS NA MANUTENÇÃO DE PNEUS	40
3.2.1 Elaboração do FMEA	40
3.2.1.1 Identificação dos modos de falhas e efeitos	40
3.2.1.2 Identificação das causas do modo de falha	41
3.2.1.3 Determinação dos índices	43
3.2.1.4 Determinação de ações de correção	46
4. CONSIDERAÇÕES FINAIS	50
REFERÊNCIAS	52
ANEXO A – Formulário FMEA	56
APÊNDICE A – FMEA DE PNEUS	57

1. INTRODUÇÃO

1.1 CONSIDERAÇÕES INICIAIS

Com o cenário econômico em constantes mudanças, e o mercado, cada vez mais exigente, é necessário buscar alternativas para melhorar o transporte de cargas. Para as empresas, a eficiência na gestão de frotas tornou-se o fator de maior relevância para a sobrevivência no mercado. O transporte de cargas exerce uma importante função dentro do contexto logístico, onde cerca de 61,10% da matriz de transporte é realizado pelo modal rodoviário, sendo responsável por 36,2% do Produto Interno Bruto (PIB) do setor de transporte (CNT, 2017).

Com isso, os custos com manutenção tornam-se o fator que contribui para uma gestão eficaz de frotas e para a competitividade das empresas (AMBRÓSIO; LEITE, 2008).

Para Dario (2012), os custos operacionais inerentes ao operador logístico envolvem a manutenção de veículos, combustíveis e pneus. Os custos estão diretamente relacionados com o modo de condução e características de operação de cada veículo. Assim, com um modelo de gestão eficaz é possível garantir a otimização das rotas e menor custo operacional.

A gestão eficaz de frotas requer a execução de atividades relacionadas ao planejamento e controle dos veículos. Entre estas atividades a gestão da manutenção de pneus destaca-se por influenciar diretamente na agilidade e qualidade da prestação dos serviços logísticos.

Com a logística de distribuição do Brasil sendo realizada em maior parte pelo modo rodoviário, e por este depender de uma frota de veículos, surgem a necessidade do acompanhamento do uso dos pneus. Assim, é necessário que haja um controle diferenciado, pois apresentam valores consideráveis e são essenciais para um transporte com segurança. A falta de cuidados com os pneus representa 20% dos acidentes em rodovias e para as empresas de transporte representa 12% do total dos custos da frota (ESTADÃO, 2017).

Nesse contexto, o presente trabalho propõe-se a explicar os conceitos de gestão da manutenção com direcionamento para a área pneus e aplicar a ferramenta FMEA (*Failure Mode and Effects Analysis*) para auxiliar no processo de identificação de falhas no processo de manutenção. Portanto, o objetivo deste estudo é propor medidas de apoio a gestão da manutenção de pneus na frota de entrega de bebidas,

e como objetivos específicos coletar dados e analisar o processo atual de gestão da manutenção de pneus; identificar as principais ocorrências de falhas que danificam ou reduzem a vida útil dos pneus; propor medidas de melhorias e estabelecer um plano para manutenção de pneus.

1.2 JUSTIFICATIVA

A escolha do tema justifica-se pela importância da manutenção dos pneus para o transporte de cargas através do modal rodoviário.

O sistema de transporte rodoviário é composto por uma frota de 2.748.700 caminhões. O cenário de distribuição de cargas conta com uma extensão de malha rodoviária de 213.453 km pavimentadas e 1.349.939 km não pavimentadas, sendo que, 19.463 km são administrados por concessionárias privadas e 1.195 km por operadoras estaduais (CNT, 2018).

Com a evolução e inserção de novas tecnologias é necessário um controle maior e mais eficiente das atividades logísticas da distribuição física de produtos. As empresas brasileiras presumem o aumento da sua frota em 32% até 2019, com isso, é essencial realizar a gestão de frotas e suas atividades (EXAME, 2018).

Tomar como estudo o conceito de manutenção em pneus e mostrar como pode influenciar diretamente na qualidade e a agilidade dos serviços prestados, são pertinentes para que se desenvolva o planejamento e rotinas da frota de veículos. Destacar as consequências da manutenção em pneus e sua relação com uma frota eficiente, reflete diretamente no modo de gestão adotado pela organização. Com isso, a adoção da gestão da manutenção de pneus permite ganhos em termos de segurança, qualidade e financeiros.

Com o mercado extremamente competitivo e o aumento do número de operadores logísticos, as empresas necessitam buscar alternativas para destacar-se no segmento de transporte, superando a concorrência e oferecendo melhores preços.

Apresentar deficiência na gestão de frotas pode comprometer significativamente as atividades da organização, já que, a falta de conhecimento necessário sobre os veículos que estão em rota pode gerar atraso de entregas e acidentes que comprometem a integridade do trabalhador e da mercadoria. Pensar na manutenção dos pneus garante a segurança e o bom desempenho do veículo.

Com isso, a produção científica busca analisar a realidade e posteriormente criar ações de transformação. Discutir sobre os impactos gerados pela gestão da

manutenção de pneus dentro da frota de veículos é relevante tanto para o meio empresarial quanto para o meio acadêmico. Assim, os estudos sobre gestão da manutenção de pneus é um agente de transformação, que pode iniciar no meio acadêmico e se estender para o mercado.

1.3 OBJETIVOS

1.3.1 Objetivo Geral

O objetivo geral deste trabalho é propor medidas de apoio a gestão da manutenção de pneus na frota de veículos de uma distribuidora de bebidas.

1.3.2 Objetivos Específicos

- Coletar dados e analisar o processo atual de gestão da manutenção de pneus;
- Identificar as principais ocorrências de falhas que danificam ou reduzem a vida útil dos pneus;
- Propor medidas de melhorias a manutenção de pneus.

1.4 METODOLOGIA

1.4.1 Classificação da Pesquisa

A metodologia científica é um conjunto de técnicas, abordagens e processos utilizados pela ciência para formular e resolver problemas de aquisição objetiva do conhecimento (COLLIS; HUSSEY, 2010).

Quanto à finalidade da pesquisa, para o presente estudo será classificada como aplicada, pois os conhecimentos adquiridos serão aplicados de forma prática, voltados à solução de problemas em uma organização. De acordo com Prodanov (2013), a pesquisa aplicada permite produzir conhecimento por meio de uma aplicação prática a um determinado problema específico afim de solucioná-lo.

Em relação aos procedimentos técnicos, a pesquisa é classificada como estudo de caso. Para Yin (2010), o estudo de caso é uma investigação empírica que analisa um fenômeno com profundidade e em seu contexto real.

Com relação ao objetivo e a forma de abordagem do problema, é classificado como exploratório e quali-quantitativo. Segundo Prodanov (2013) a pesquisa exploratória tem como finalidade proporcionar mais informações sobre o assunto que vamos investigar, possibilitando sua definição e seu delineamento, isto é, facilitar a delimitação do tema da pesquisa. Em relação à pesquisa quali-quantitativa Creswell

(2010) afirma que é uma abordagem de investigação que combina ou associa as formas qualitativa e quantitativa.

1.4.2 Escopo da Pesquisa

O estudo tem como foco uma distribuidora de bebidas do município de Abaetetuba-PA, onde se observou a gestão da manutenção de pneus e sugeriu-se aplicação de medidas de melhorias para a gestão atual, visando à redução de falhas.

A pesquisa baseia-se em 4 (quatro) etapas principais:

1. **Revisão Bibliográfica:** Na primeira etapa realizou-se uma revisão de literatura sistemática, através da consulta de trabalhos acadêmicos e artigos científicos disponíveis em sites da internet, livros, revistas e outros. Os critérios de consulta foram: materiais que ofereciam suporte bibliográfico de modo direto ou indireto a temática, publicados de 2000 a 2018.
2. **Coleta de Dados:** A segunda etapa é constituída pelo levantamento de informações junto aos colaboradores do setor responsável pela gestão de frotas sobre o modelo de gestão de manutenção de pneus atual. Através da ferramenta *brainstorming* e conversa informal foi possível realizar o levantamento das principais falhas que ocorrem nos pneus e como são tratadas. A busca dos dados foi realizada entre o período de agosto a setembro de 2018.
3. **Análise de Dados:** Nesta etapa realizou-se a análise dos dados através da utilização da ferramenta FMEA. Para identificar as principais causas que influenciavam nas falhas em pneus utilizou-se o Diagrama de Ishikawa e posteriormente utilizou-se a ferramenta Diagrama de Pareto para estabelecer as causas com maior potencialidade. Após estabelecer as prioridades de solução foi elaborado o plano de ação através da utilização da ferramenta 5W1H. As ferramentas de apoio foram essenciais para o desenvolvimento do FMEA.
4. **Considerações Finais:** A última etapa é constituída pelas conclusões sobre os resultados obtidos no estudo, bem como enfatizar a importância da pesquisa para o mercado e expectativas de novas análises para esta área.

2. REFERENCIAL TEÓRICO

Este capítulo abordará todas as definições, métodos e demais conhecimentos necessários o embasamento e desenvolvimento do trabalho.

2.1 GESTÃO DE FROTAS

O transporte e a distribuição vêm se desenvolvendo desde as primeiras civilizações como meio para descolar materiais e/ou pessoas. Segundo Bertaglia (2009, p. 33) “a distribuição é um processo que está normalmente associado ao movimento de material de um ponto de produção ou armazenagem até o cliente”.

No contexto atual, o Brasil apresenta como destaque o sistema de transporte de cargas via modal rodoviário, com isso a necessidade de estabelecer uma gestão de frotas eficaz para que haja ganhos significativos em termos de qualidade, prestação de serviços, manutenção e vida útil dos pneus.

Segundo Valente (2007), a gestão de frotas engloba atividades como: a) gerenciar, b) comandar, c) administrar, e d) planejar as atividades de um conjunto de veículos pertencentes a uma mesma empresa. Para o gestor de transportes há exigência de um amplo conhecimento de tarefas e questões abrangentes, como:

- a) saber, sobre a previsão e controle dos custos operacionais,
- b) planejar a manutenção,
- c) controlar as necessidades de renovação da frota,
- d) dimensionar a frota,
- e) especificar e avaliar veículos e equipamentos,
- f) comprometer-se com os colaboradores,
- g) operar a frota,
- h) acomodar as cargas, e
- i) inovações tecnológicas.

Para Hannon (2005), a gestão de frotas permite aos gestores utilizar instrumentos de decisão sobre os ativos e sobre seu desempenho, pois controlam os processos que envolvem os veículos.

De acordo com Bertaglia (2009) gestão de frota representa a atividade de reger, administrar ou gerenciar um conjunto de veículos pertencentes a uma mesma empresa. Esta tarefa envolve diferentes serviços, como dimensionamento,

especificação de equipamentos, custos, roteirização, manutenção e renovação de veículos entre outras.

A gestão de frotas auxilia no controle das operações diárias do veículo e oferece suporte ao profissional no procedimento de tomada de decisões para que o trabalho seja executado com qualidade. Com isso, é possível otimizar os recursos e operações e garantir a eficácia dos processos.

Com as mudanças nas práticas de gestão organizacional nos últimos anos geradas pelas alterações no cenário econômico, político e social, as organizações precisam adaptar suas estruturas organizacionais para garantir espaço e destaque no mercado através de uma análise para entender de que forma os modelos de gestão de frota podem agregar vantagem competitiva ao seu negócio.

Para atingir esses objetivos as organizações estão buscando novas ferramentas de gestão que aumente seu nível de competitividade dentro do mercado através da prestação de serviços com qualidade e bom desempenho. Com isso, a gestão de frotas tornou-se um fator fundamental para o destaque da empresa, já que, permite a redução de custos das operações dos veículos.

2.2 GESTÃO DA MANUTENÇÃO

2.2.1 Definição

Garantir que os produtos ou serviços sejam entregues conforme os prazos determinados tornaram-se um fator de grande relevância para as empresas. Com isso, é necessário que máquinas e equipamentos operem com total eficácia e que as falhas sejam eliminadas ou controladas.

Segundo Souza (2004), a manutenção é “o ato ou efeito de manter as medidas necessárias para a conservação ou a permanência de alguma coisa ou de uma situação”.

Para Costa (2013) a manutenção como função estratégica das organizações é responsável direta pela disponibilidade dos ativos e tem importância direta nos resultados da empresa.

Os equipamentos e máquinas estão sujeitos ao desgaste e de deterioração conforme o seu modo de utilização. Com isso, visando manter níveis adequados de operacionalidade foram desenvolvidas ações técnicas para manutenção dos

equipamentos, tais como: substituições de peças, inspeções programadas, limpezas, entre muitas outras.

Para Almeida (2016) todo equipamento e/ou produto está sujeito a um processo de desgaste que ocorre progressivamente e o impede de desempenhar corretamente a sua função. Nesse sentido é muito importante que as empresas programem eficazmente sistemas de manutenção para mantimento dos equipamentos e máquinas.

A manutenção deve garantir a disponibilidade das funções dos equipamentos e instalações, de modo assegurar que a organização tenha um processo de produção com fiabilidade, segurança e custos adequados (OLIVEIRA, 2009).

2.2.2 Objetivos da Manutenção

Atualmente, a manutenção desempenha um papel importante na conservação dos equipamentos e máquinas pertencentes a uma organização.

De acordo com Brito (2003), o objetivo geral da manutenção é obter níveis produtivos elevados das infraestruturas e equipamentos, nas melhores condições de qualidade, disponibilidade, custo e segurança.

Pitéu (2011) define como objetivos da manutenção:

- a) Manter os equipamentos em estado de funcionamento seguro e eficiente;
- b) Manter os equipamentos com uma disponibilidade adequada;
- c) Manter os equipamentos com uma fiabilidade adequada;
- d) Reduzir ao mínimo os custos totais, em coerência com os objetivos anteriores;
- e) Aumentar a vida útil dos equipamentos e infraestruturas, mantendo a qualidade do serviço dentro dos padrões de qualidade e eficiência definidos;
- f) Diminuir o número de paragens de forma a minimizar os prejuízos para a entidade gestora e para os próprios funcionários.

Com isso, a manutenção busca oferecer melhores condições de operacionalidade, através equipamento e infraestrutura com qualidade.

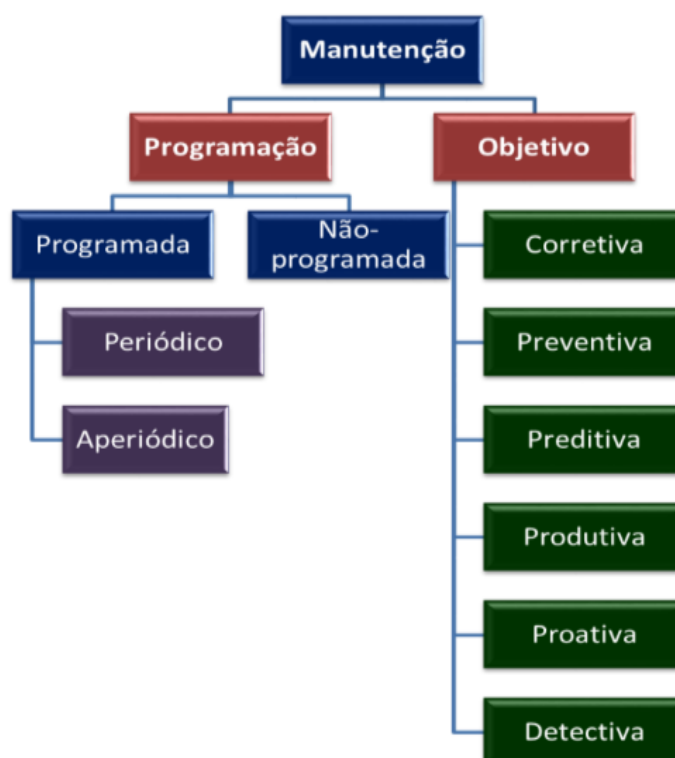
2.2.3 Tipos de Manutenção

Para Viana (2002) os tipos de manutenção são os modos de encaminhamento das intervenções nos instrumentos de produção, ou seja, nos equipamentos que compõem uma determinada organização.

Os tipos de manutenção podem ser considerados como políticas de manutenção, desde que sua aplicação seja o resultado de uma definição de gestão ou política de instalação (OLIVEIRA, 2009).

Segundo Siqueira (2005) afirma que as atividades de manutenção têm sido classificadas de acordo com a forma de programação e o objetivo das tarefas executadas, conforme apresentado na figura 1.

Figura 1 - Manutenção x Objetivo



Fonte: Siqueira (2005).

2.2.3.1 Manutenção Corretiva não Planejada

Segundo Kardec e Nascif (2009) a manutenção corretiva não planejada atua em um fato já ocorrido, não há tempo para preparação do serviço, e infelizmente ainda é mais praticado do que deveria. Gera altos custos pois a quebra inesperada acarreta perdas na produção, perdas de qualidade, custos indiretos de manutenção.

A correção da falha ou do desempenho abaixo do esperado é realizada sempre após a ocorrência do fato, não há acompanhamento ou planejamento anterior. Implica em altos custos e baixa confiabilidade de produção (OTANI; MACHADO, 2008).

2.2.3.2 Manutenção Corretiva Planejada

Otani e Machado (2008, p. 4) afirma que “pelo seu próprio nome planejado, indica que tudo o que é planejado, tende a ficar mais barato, mais seguro e mais rápido”.

A manutenção corretiva planejada é uma correção de uma falha ou de um desempenho menor que o esperado, baseado na modificação dos parâmetros de condição observados pela manutenção preditiva (KARDEC; NASCIF, 2009).

2.2.3.3 Manutenção Preventiva

De acordo com Santos (2010, p. 18) a manutenção preventiva “consiste em exercer um controle sobre o equipamento de modo a reduzir a probabilidade de falhas, baseado em intervalos regulares de manutenção”.

Para Kardec e Nascif (2009) é a manutenção que tem como objetivo reduzir ou evitar a falha do equipamento, através da programação de intervalos definidos de tempo para realizar a manutenção, independente da condição na qual encontra-se o equipamento ou componente.

2.2.3.4 Manutenção Preditiva

Segundo Otani e Machado (2008) é a manutenção que realiza acompanhamento de variáveis de desempenho das máquinas e equipamentos, com objetivo de definir o instante correto da intervenção, com o máximo de aproveitamento do ativo.

2.2.3.5 Manutenção Detectiva

Souza (2008) afirma que objetivo da prática desta política é aumentar a confiabilidade dos equipamentos, já que, é caracterizada pela intervenção em sistemas de proteção para detectar falhas ocultas e não perceptíveis pela operação.

2.2.3.6 Engenharia da Manutenção

Freitas (2016) afirma que “a engenharia de manutenção está ligada a uma mudança cultural, uma quebra de paradigma, muito ligada a implantação de melhorias contínuas e mudanças na rotina das atividades da área de manutenção”.

Segundo Kardec e Nascif (2009) a engenharia de manutenção tem como objetivo a melhoria contínua, visando aumentar a confiabilidade, disponibilidade, segurança, eliminar problemas, melhorar a capacitação pessoal e gerir materiais.

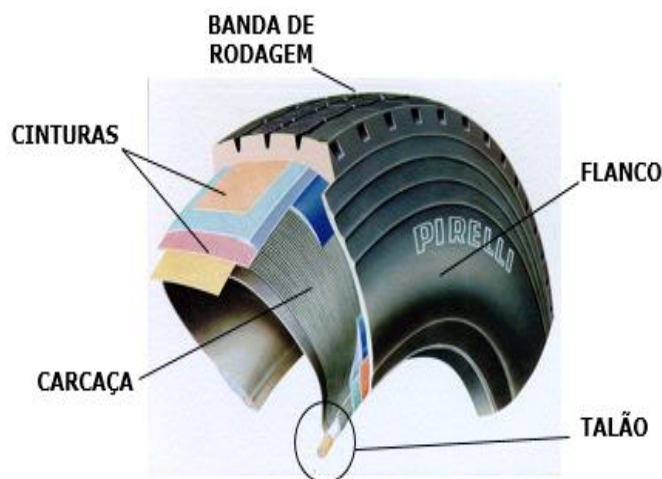
2.3 GESTÃO DA MANUTENÇÃO DOS PNEUS

2.3.1 Partes e Construção do Pneu

O pneu é um componente imprescindível para o funcionamento dos veículos por ser o único ponto de contato com o solo. É uma das partes mais importante de qualquer veículo, já que suporta o peso da estrutura e da carga e transforma a força do motor em tração sendo o responsável pela movimentação, direção, estabilidade e eficiência na frenagem do veículo. Por isso, é muito importante conhecer como um pneu é fabricado, as características de cada modelo e tipo, aplicações e principalmente os cuidados e manutenção (VIPAL BORRACHAS, 2018).

De acordo com a figura 2, todo pneu é formado por quatro partes principais:

Figura 2 - Partes principais do pneu



Fonte: Pirelli (2018).

- a) Carcaça:** Estrutura resistente formada por lonas de nylon ou aço e eventuais cintas de proteção ou de trabalho, retém o ar sob pressão que suporta o peso total do veículo. Nos pneus radiais, as cinturas de aço complementam sua resistência;
- b) Talões:** Partes do pneu que entram em contato com o aro, garantindo a fixação do mesmo, são constituídos internamente de arames de aço de grande resistência;
- c) Banda de Rodagem:** É a parte do pneu que está diretamente em contato com o solo. Formada por um composto especial de borracha que oferece grande resistência ao desgaste. Seus desenhos constituídos por partes cheias (biscoitos) e vazias (sulcos), oferecem desempenho e segurança ao veículo;

- d) Flancos:** Parte do pneu compreendida entre os limites da banda de rodagem e os talões. São dotados de uma mistura especial de borracha que permitem alto grau de flexibilidade.

Com relação a construção do pneu estes estão divididos em:

- a) Diagonal:** O pneu é chamado diagonal ou convencional quando a carcaça é composta de lonas sobrepostas e cruzadas umas em relação às outras. Os cordões que compõem essas lonas são de fibras têxteis;
- b) Radial:** No pneu radial, os fios da carcaça estão dispostos em arcos perpendiculares ao plano de rodagem e orientados em direção ao centro do pneu. A estabilidade no piso é obtida através de uma cinta composta de lonas sobrepostas.

Figura 3 - Construção dos pneus



Fonte: Vipal Borrachas (2018).

2.3.2 Práticas de Manutenção de Pneus

A gestão da manutenção de pneus controla todos os parâmetros relacionados aos pneus, tais como: acompanhamento de sua vida útil, análise de quilometragem, controle de calibragem, rodízio, processos de sucateamento e compra dos pneus, entre outros (GOODYEAR, 2018).

De acordo com a Associação Nacional da Indústria de Pneumáticos – ANIP (2018), a vida útil do pneu depende de vários fatores, sendo eles: a forma de condução dos veículos pelos motoristas, do trânsito, do clima, das estradas, do peso das cargas transportadas, dos tipos de veículos utilizados e da manutenção.

Segundo Pinto e Xavier (2001), para realização do transporte com segurança, a manutenção e os pneus têm que ter uma atividade estruturada da empresa, integrada com todos os setores operacionais, que forneçam soluções para maximizar os resultados esperados.

O pneu também deve oferecer uma durabilidade satisfatória, e proporcionar segurança para o desempenho dos veículos, além da satisfação dos profissionais de transporte, como: a) baixa resistência ao rolamento e economia de combustível, baixo nível de ruído, possibilidade de ressulcagem e consertos, possibilidade de recauchutagens e capacidade de velocidade alta dentro dos padrões técnicos e legais (GOODYEAR, 2018).

De acordo com a Bridgestone (2018), os fatores que reduzem a vida útil dos pneus de forma inadequada estão baseados nos cinco ladrões de quilometragem:

- a) Alinhamento incorreto:** Reduz a quilometragem em até 25%. O alinhamento do eixo dianteiro é uma condição existente pela legislação de trânsito, segundo o Conselho Nacional de Trânsito - CONTRAN (558/80), sob pena de multa e apreensão do veículo, onde determinar o uso exclusivo de pneu novo.
- b) Balanceamento incorreto:** Reduz a quilometragem em até 20%. Os balanceamentos podem ser de três tipos: a) desequilíbrio estático; (b) desequilíbrio dinâmico; e (c) ambos; estáticos e dinâmicos juntos. Os desbalanceamentos, além de ser desconfortável ao volante, causa um desgaste irregular e prematuro dos pneus, dos rolamentos do cubo e dos amortecedores;
- c) Controle de pressão inadequado:** Reduz a quilometragem em até 30%. O controle de pressão de forma inadequada conduz a uma perda média de 50% na sua vida útil dos pneus. Já com excesso de 30% de peso, perde-se 15% da vida útil. Os pneus devem ser calibrados quinzenalmente, sempre frios, utilizando a pressão adequada ao tipo de pneu e peso transportado, estipulado pelos fabricantes. Existe uma tabela de pressão recomendada para os pneus relacionados a cargas, que é a base correta para a calibragem dos pneus.

Figura 4 - Tipos de pressão



Fonte: Pirelli (2018).

- d) Desenho de banda de rodagem inadequado:** Reduz a quilometragem em até 40%. Os diferentes desenhos de bandas de rodagem devem ser respeitados, devido à grande variedade encontrada no mercado. Não se deve misturar em um mesmo eixo pneus com desenhos e marcas diferentes, pois as matrizes originais destes pneus não são iguais, mesmo sendo da mesma medida.

Figura 5 - Banda de rodagem não padronizada



Fonte: Adaptado de Scania (2018).

- e) Emparelhamento inadequado:** Reduz a quilometragem em até 25%. O emparelhamento incorreto ou inadequado dos pneus, os pneus desemparelhados resultam na distribuição desigual da carga, devido à variação de diâmetro dos pneus, pois rodam com a mesma velocidade, como resultado será um desgaste rápido e irregular do desenho e sobrecarga num dos pneus, pois fatores como: diferença de pressão, os abaulamentos das estradas impedem o correto emparelhamento das rodas duplas.

2.4 GESTÃO DA QUALIDADE

Um processo ou produto é considerado de qualidade quando atende de forma perfeita, confiável, e no tempo correto, todas as necessidades dos clientes.

Para Campos (2014) o principal objetivo das empresas é contribuir para satisfação das necessidades das pessoas da qual esta organização afeta, sendo essa a primeira área de atuação da alta administração da empresa.

Segundo Gonçalves (2002) a qualidade é intrínseca ao produto, mas o cliente é quem realiza a aprovação. É, portanto, fundamental conhecer e ouvir as necessidades e desejos do cliente, visando atingir um grau de excelência no desempenho da empresa.

A qualidade visa satisfazer os requisitos de projetos e de clientes. Os requisitos da qualidade estão baseados na adequação do uso, preço competitivo, valor compensador e conformidade com especificações técnicas estabelecidas.

De acordo com Paladini (2011), a gestão da qualidade é envolvida em duas áreas de atuação. O domínio operacional, é responsável por desenvolver, implantar e avaliar programas que buscam a qualidade. Já domínio global, é a área da qualidade voltada para tomar ações em acordo com a alta administração da empresa e definir as políticas de qualidade de toda a organização.

Inúmeros são os fatores que envolvem o bom funcionamento do processo de gestão de qualidade de uma empresa, entre eles destacam-se: os métodos estatísticos, a padronização, o layout, os estoques, a manutenção dos equipamentos, além de fatores humanos como: participação, indicadores de desempenho, domínio de novas tecnologias, sistema de remuneração, entre outros (NICOLOSO, 2010).

Para obtenção de um sistema de gestão da qualidade eficaz é necessário realizar a identificação correta dos requisitos de qualidade do produto ou serviço, visando atender as necessidades dos clientes. Com isso, o uso de ferramentas da qualidade permitiu o planejamento e controle do produto ou serviço segundo as especificações do cliente.

2.4.1 Ferramentas da Gestão da Qualidade

A utilização das ferramentas da gestão da qualidade vem sendo empregada com maior frequência nas organizações, já que apresenta maior facilidade em sua aplicação.

Segundo Almeida (2016) as ferramentas da qualidade ajudam na identificação do que está acontecendo em um processo, estabelecendo as prováveis causas, por permitirem a análises de fatos e dados estruturados para a tomada de decisão com maior probabilidade de adequação à situação analisada.

As ferramentas da qualidade são instrumentos para identificar oportunidades de melhoria, auxiliar na mensuração e apresentação de resultados, gerando apoio à tomada de decisão por parte do gestor (BEHR et al., 2008).

2.4.1.1 *Brainstorming*

Para Marshall Junior *et al* (2006), o *brainstorming* ou tempestade de ideias em português, é um processo em grupo, onde os integrantes discutem ideias de forma livre, sem possibilidade de criticar as diversas opiniões que surgirem. Tem como objetivo esgotar as possibilidades de resolução de possíveis problemas e identificar quais são as mais aplicáveis à resolução. A ferramenta é desenvolvida em três etapas: Apresentação do assunto a ser discutido, esta precisa ser clara e objetiva; geração e documentação das ideias; análise e seleção.

Segundo Lobo (2010) define a realização do *brainstorming* em três etapas, conforme apresentado no quadro 1.

Quadro 1 - Etapas para execução do brainstorming

Etapa	Descrição
1 - Descrição do problema	<ul style="list-style-type: none"> – Apresentar do assunto ou problema a ser abordado. Expressando perguntas como: “o quê?”, “como?”, ou “por quê?”, dependendo do problema escolhido.
2 - Fase criativa	<ul style="list-style-type: none"> – Conceder um tempo para que os integrantes pensem sobre o assunto; – Apresentar suas ideias, expondo de forma verbal ou por escrito. Devendo apresentar o maior número de ideias possíveis; – Registrar ideias.
3 - Fase critica	<ul style="list-style-type: none"> – Analisar as ideias, comparando e eliminando as que são iguais ou que têm o mesmo sentido, as inadequadas e selecionando as melhores; – Analisar as melhores ideias geradas para chegar a uma decisão bem fundamentada para a solução do problema.

Fonte: Lobo (2010).

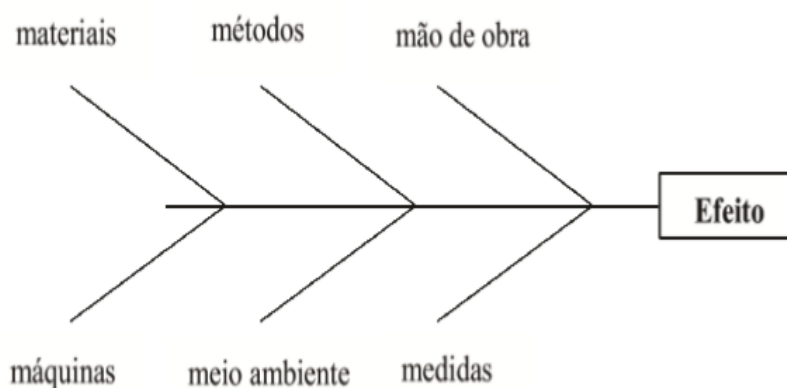
2.4.1.2 Diagrama de Causa e Efeito (Ishikawa)

O Diagrama de Causa e Efeito, também conhecido como Diagrama de Ishikawa, é utilizado para identificar as causas prováveis que contribuem para um efeito.

De acordo com Martins e Laugeni (2015), o diagrama de causa e efeito é uma ferramenta de representação das possíveis causas que levam a um determinado problema. As causas são agrupadas em seis itens, onde cada um será analisado para verificar se existe algum fator que possa gerar o problema. Uma causa geral pode ter mais que um fator influenciador, bem como, uma causa geral pode não apresentar nenhum fator.

O diagrama de Ishikawa pode ser utilizado para investigar um efeito negativo, e posteriormente corrigi-lo, ou bem como o de um efeito positivo, e incorporá-lo ao processo. Ao identificar um problema, procurando a causa que gerou, realiza-se uma análise do processo em estudo. Após o término da análise do processo localiza-se a causa principal que originou o problema, deve-se realizar um novo procedimento, ou seja, uma padronização de execução do processo. Com a padronização estabelecida, devem-se instituir os pontos de controle para se certificar de que os novos procedimentos (padronização) estão sendo cumpridos (BARRETO; LOPES, 2005).

Figura 6 - Diagrama de Causa e Efeito



Fonte: Adaptado de Campos (2004).

Segundo Torres (2010, p. 21), o diagrama de Ishikawa trata-se de “uma ferramenta gráfica utilizada pela administração para o gerenciamento e o controle de qualidade (CQ) em processos diversos”.

2.4.1.3 Plano de Ação – 5W1H

O Plano de Ação 5W1H consiste em um método de simples aplicação e muito eficaz em resultados. É um *checklist* de atividades específicas que precisam ser desenvolvidas com clareza por parte dos envolvidos na resolução da atividade.

Para Peinado e Graeml (2007), o 5W1h é um *check list* usado para reduzir a ocorrência de dúvidas com relação a uma operação que será desenvolvida.

Daychoum (2007) afirma que esta ferramenta consiste basicamente em fazer perguntas com objetivo de obter as informações que servirão de apoio ao planejamento de uma forma geral.

Segundo Marshall Junior *et al.* (2006), é uma ferramenta utilizada para elaboração de planos de ação e padronização de procedimentos associados a indicadores. Nele serão definidas as responsabilidades, prazos, os responsáveis pela ação, métodos e objetivos. O 5W1H é composto por: *why* (por que), *what* (o que), *where* (onde), *when* (quando), *Who* (quem), *how* (como).

Figura 7 - Plano de Ação 5W1H

Método 5W1H			
5W	What	O que?	Que ação será executada?
	Who	Quem?	Quem irá executar?
	Where	Onde?	Onde será executada?
	When	Quando?	Quando será executada?
	Why	Por quê?	Por que a ação será executada?
1H	How	Como?	Como será executada?

Fonte: Adaptado de Daychoum (2007).

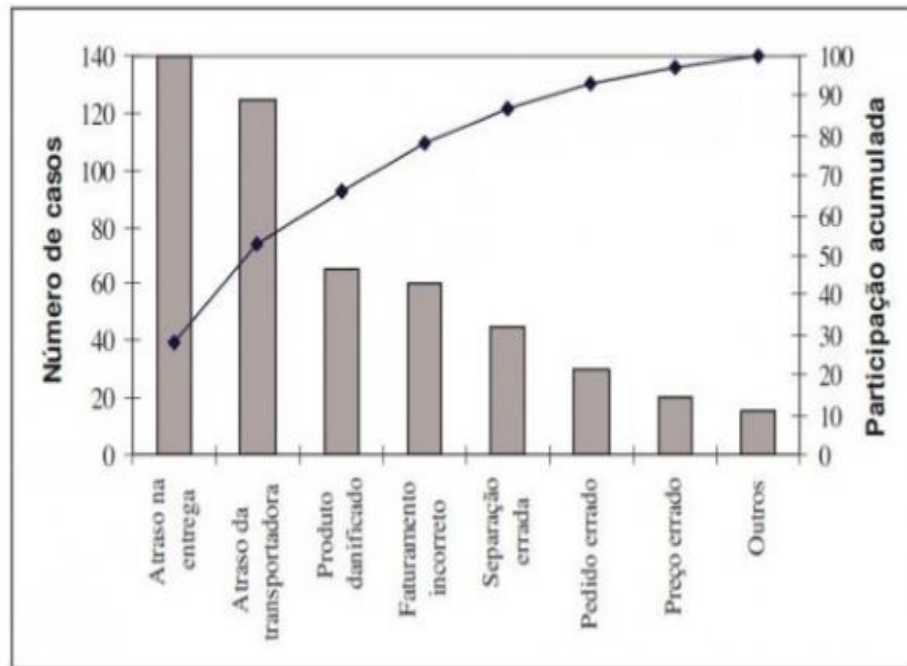
2.4.1.4 Diagrama de Pareto

O Diagrama de Pareto representa graficamente e estratifica os dados coletados, sendo utilizado com a finalidade de priorizar problemas ou causas relativas a um determinado produto ou serviço.

Segundo Avelar (2008), o Diagrama de Pareto é um recurso gráfico utilizado para estabelecer uma ordenação das causas de perdas que devem ser sanadas. Essa ferramenta é formada por barras verticais tendo como objetivo determinar quais problemas priorizar primeiro com base em seu valor de escala.

De acordo com Carpinette (2012), o princípio de Pareto afirma que a maior parte das perdas decorrentes de problemas é proveniente de poucos, porém problemas vitais, estabelecendo uma proporção de 80:20, ou seja, 80% dos problemas advêm de 20% das causas.

Figura 8 - Diagrama de Pareto



Fonte: Carpinette (2012).

2.4.1.5 Análise do Modo e Efeito de Falha – FMEA

Segundo Carlson (2012) o FMEA foi utilizado pela primeira vez nos Estados Unidos em 1949 pelas forças armadas, entretanto se tornou popular em 1960 quando foi utilizado pela NASA (*National Aeronautics and Space Administration*) na missão Apollo. Em 1970, a Ford começou a usá-la na indústria automobilística, como objetivo de aumentar a regulamentação e a segurança dos automóveis. Com os avanços tecnológico, a ferramenta com utilização mais ampla nas diversas indústrias como no setor de aviação, nuclear e de fornecedores da área automotiva.

O FMEA (*Failure Mode and Effects Analysis* ou Análise dos Modos e Efeitos de Falha) trata-se de uma técnica de confiabilidade, a qual tem como objetivos reconhecer, analisar e avaliar potenciais falhas que possam surgir em um processo ou projeto, e posteriormente realizar ações que possam eliminar ou reduzir a ocorrência das falhas (FOGLIATTO; RIBEIRO, 2009).

A Análise de Modos de Falha e Efeitos é uma análise detalhada dos modos de falha individuais que ocorrem em equipamentos ou componentes de um sistema, ou seja, as maneiras pelas quais esses elementos podem falhar, além de propiciar um estudo das causas e os efeitos que podem ser gerados (MATOS, 2009).

2.4.1.4.1 Tipos de FMEA

De acordo com Carlson (2012), o FMEA pode ter vários tipos de aplicações, mas existem três mais comuns:

- a) **FMEA de Sistemas:** É definido como o nível mais alto de análise a ser realizada, avaliando vários subsistemas, no qual o foco principal são as falhas relacionadas à segurança, interface e sua integração, e aquelas que impossibilitem o sistema de operar corretamente. Este tipo de análise avalia as interfaces e a integração de maneira ampla, ao invés de considerar apenas falhas singulares;
- b) **FMEA de Processo:** São consideradas as falhas no planejamento e execução dos processos cadeia produtiva de um produto, como: a fabricação, montagem, o escopo dessa ferramenta, transporte de peças, operações, manufatura e montagem;
- c) **FMEA de Projeto:** É focado no estudo do design do produto, fazendo a análise no projeto de componentes dando uma ênfase maior no uso confiável do produto. O objetivo deste FMEA é analisar as falhas em um produto ou as que possam ser originadas durante a etapa de desenvolvimento do projeto.

2.4.1.4.2 Aplicação

A FMEA é aplicada inicialmente de forma qualitativa, durante o levantamento dos modos de falha, a determinação de seus efeitos e dos componentes cujas falhas têm efeito crítico na operação do sistema. Posteriormente, realiza-se uma análise quantitativa para estabelecer a probabilidade de falha ou confiabilidade do sistema através do cálculo do Número de Prioridade de Risco (NPR), que é resultado da multiplicação dos valores atribuídos para os critérios de severidade, ocorrência e detecção (LOUREIRO, 2013).

Segundo Loureiro (2013) a severidade é considerada como o resultado do efeito potencial das falhas de cada componente em um sistema e pode ser definida com base na utilização do quadro 2.

Quadro 2 - Índice de severidade para FMEA

SEV	Critério de Severidade
10	Falha extremamente grave , que envolve a segurança do cliente (até morte) e o não cumprimento de aspectos legais, sem aviso.
9	Falha muito grave , que envolve a segurança do cliente, aspectos legais, porém é emitido um aviso caso ela ocorra.
8	Falha grave que resulta em cliente muito insatisfeito devido ao não cumprimento da função pelo produto e/ou serviço oferecido.
7	Falha de gravidade mediana que resulta em cliente bastante insatisfeito devido ao desempenho bastante restrito do produto e/ou serviço oferecido.
6	Severidade moderada que faz o cliente insatisfeito e com certeza este não voltará a comprar novamente o produto e/ou serviço.
5	Severidade bem moderada , onde o cliente percebe claramente as limitações naquilo que lhe é oferecido e provavelmente não voltará a comprar o produto e/ou serviço.
4	Severidade baixa , onde o cliente percebe claramente a falha porém o cliente pode voltar a comprar o produto e/ou serviço.
3	Severidade leve , o cliente nota a falha porém percebe que a mesma não prejudica o desempenho do produto e/ou serviço oferecido.
2	Severidade bem leve e o cliente notará muito pouco as limitações do produto e/ou serviço oferecido.
1	Severidade insignificante e é improvável que o cliente perceba a falha. A falha não afeta em nada o desempenho do produto e/ou serviço oferecido.

Fonte: Adaptado de *Sneeling et al. (2009)*.

A ocorrência determina a frequência da falha ocorrer, considerando os controles de prevenção caso existentes na empresa. Para esse critério utiliza-se o conhecimento prévio do operador e dados estatísticos do processo, respectivamente (LOUREIRO, 2013).

Seu índice é estabelecido com base no quadro 3 de critérios para ocorrência.

Quadro 3 - Índice de ocorrência para FMEA

Ocorrência	Probabilidade da falha	Índice
Muito alta: a falha é quase inevitável	1 em 10	10
Alta: muitas falhas	1 em 20	9
	1 em 50	8
	1 em 100	7
Moderada: falhas ocasionais	1 em 500	6
	1 em 2000	5
	1 em 10000	4
Baixa: poucas falhas	1 em 100000	3
	1 em 1.000.000	2
Remota: a falha é improvável de ocorrer	Falhas eliminadas através de controles preventivos.	1

Fonte: AIAG (2008).

A detecção determina a probabilidade de detectar o modo de falha, avaliando a capacidade dos controles existentes em identificar a falha. Seu índice é calculado com base no quadro 4 de critérios para detecção (LOUREIRO, 2013).

Quadro 4 - Índice de detecção para FMEA

Detecção	Critério	Índice
Nula	Absoluta certeza de não detecção.	10
Muito remota	O controle provavelmente não irá detectar.	9
Remota	O controle tem uma chance pequena de detecção.	8
Muito Baixa	O controle tem uma chance pequena de detecção.	7
Baixa	O controle pode ou não detectar.	6
Moderada	O controle pode ou não detectar.	5
Moderada/Alta	O controle tem uma boa chance de detectar.	4
Alta	O controle tem uma boa chance de detectar.	3
Muito alta	É quase certeza que o controle irá detectar.	2
Muito alta O controle irá detectar	Partes discrepantes não podem ser feitas porque o item foi imunizado a erros devido ao projeto ou processo do produto.	1

Fonte: Adaptado de AIAG (2008).

O manual de referência do FMEA cita alguns elementos comuns nas aplicações, tais como: a identificação do time de trabalho; definição do escopo de análise; definição do consumidor do produto; identificação de funções, requerimentos e especificações; identificação de possíveis causas, possíveis efeitos e possíveis causas; identificação dos controles e dos riscos (IQA, 2008).

Quadro 5 - Etapas da aplicação do FMEA

1. Preparação e planejamento	1.1. Definir o tipo de FMEA entre os três já citados 1.2. Definir o grupo de trabalho 1.3. Planejar cronograma. 1.4. Preparar documentos a serem utilizados.
2. Estruturação	2.1. Numeração dos componentes que irão ser analisados e organização deles em diversas tabelas.
3. Análise das funções	3.1. Identificar e entender funções e requerimentos dos itens. De forma que, podem ser utilizadas outras ferramentas para oferecer auxílio, como por exemplo, um diagrama de blocos que no caso de um sistema possibilita a visualização de todos os componentes envolvidos e a função de cada um deles.
4. Análise de falhas	4.1. Identificar os tipos de falhas potenciais 4.2. Apontar falhas que já ocorreram assim como seus efeitos e causas 4.3. Verificar controles já implementados que ajudem a prevenir e/ou detectar as falhas.
5. Avaliação dos riscos	5.1. Definir (S) que é a severidade da falha ou seu impacto ao consumidor. 5.2. Definir (O) que é a probabilidade de ocorrência. 5.3. Definir (D) que é a chance de detecção. 5.4. Calcular o número de prioridade de risco $NPR=S \times O \times D$.
6. Otimização	6.1. Criar hierarquia de prioridade de acordo com o valor do NPR, visualizando quais itens tem uma maior criticidade. 6.2. Definir ações de melhoria, como a otimização de processos para detecção, ou a inclusão de um processo, caso não exista nenhum ou por exemplo, a mudança de um item eliminando o modo de falha.
7. Melhoria contínua	7.1. Realizar revisões contínuas das tabelas adquiridas, sempre que se tem alguma mudança realizada.

Fonte: Adaptado de IQA (2008).

2.4.1.4.3 Formulário

Conforme manual de referência do AIAG, a condução do trabalho deve ser baseada em um formulário de FMEA para a aplicação da metodologia, conforme anexo A. O formulário é aplicado para todos os tipos de FMEA.

Após a definição dos principais conceitos que oferecem embasamento teórico para o estudo, sendo eles, a gestão da manutenção, práticas de manutenção em pneus e FMEA, foi possível prosseguir ao desenvolvimento do estudo de caso.

3. ESTUDO DE CASO

3.1 A EMPRESA

Este estudo foi realizado em uma revendedora de bebidas (cervejas e refrigerantes) localizada na cidade de Abaetetuba-PA (aqui denominada como empresa Z), que atua no mercado desde 1982. No momento atual a empresa é uma das maiores empresas da cidade, contribuindo para desenvolvimento da região e geração de emprego.

A empresa Z é de caráter familiar, possuindo três sócios e irmãos, que tomam as principais decisões de negócios da empresa. Contudo, desde o surgimento da companhia AmBev, que influenciou o mercado de bebidas, a empresa passou a ser uma espécie de franquia da companhia, atendendo mais de vinte municípios na região do Baixo Tocantins, revendendo todos os tipos de produtos autorizados pela AmBev, que possui os direitos das melhores marcas mais aceitas no Brasil e no mundo, caracterizada pela grande qualidade e variedade de bebidas.

3.1.1 Setor de frotas

O Setor de frotas é responsável pelas atividades de controle dos veículos pertencentes a frota da empresa. Entre as atividades destaque estão: planejamento de manutenções corretivas nos veículos; conservação da frota; troca de óleo; controle de abastecimento interno e externo; liberação de ordens de compra de peças; autorização de serviços mecânicos e elétricos. Todas as decisões referentes ao controle e disponibilidade da frota são de responsabilidade do setor.

A empresa dispõe de uma frota de 18 veículos, sendo 15 caminhões do tipo toco (dois eixos) e 3 caminhões do tipo *truck* (três eixos) totalizando 138 pneus ativos.

3.1.2 Manutenção de pneus

A empresa já realiza alguns procedimentos de controle da manutenção de pneus, que norteia as atividades que serão desenvolvidas na oficina. Os controles realizados são voltados para medição de sulco, rodizio e recapagem.

O controle da profundidade dos sulcos é realizado a cada 15 dias com o objetivo de acompanhar o desgaste do pneu e determinar o momento correto de sua troca. A legislação brasileira estabelece que os sulcos dos pneus devem apresentar no mínimo 1,6 mm de profundidade e ao atingir a profundidade mínima o pneu deve ser encaminhado para a recapagem ou descarte.

A medição dos sulcos é o que fornece informação para a realização do plano de rodizio e recapagem, estabelecendo a frequência de troca, data de realização e quilometragem da próxima manutenção.

Para acompanhamento do rodizio de pneus é utilizado o formulário, onde são atualizadas as informações da troca de pneus dos veículos, identificando o número de fogo, fabricante, modelo, eixo no qual foi colocado, quilometragem do veículo, condição do pneu (novo ou recapado) e data da troca. O acompanhamento é realizado pelo analista de frotas e realizado nos veículos presentes na garagem ou oficina.

Após a verificação, os dados são lançados em planilhas eletrônicas para a atualização dos dados, de acordo com a figura 9.

Figura 9 - Registro de rodizio de pneus

PLACA	KM	DATA DE VERIFICAÇÃO	TOTAL	1º EIXO LE	1º EIXO LD	2º EIXO LE IN	2º EIXO LE EX	2º EIXO LD IN	2º EIXO LD EX	3º EIXO LE IN	3º EIXO LE EX	3º EIXO LD IN	3º EIXO LD EX	ESTEPE
XXX	124593	12/07/2018	11	904	903	772	771	354	349	344	339	760	764	363
XXX	207918	13/08/2018	7	418	420	370	106	308	408					15
XXX	225665	20/08/2018	7	388	854	746	742	791	801					763
XXX	206274	13/08/2018	7	811	810	869	364	714	761					59
XXX	195189	20/08/2018	7	873	861	313	379	362	40					56

Fonte: Autor (2018).

Foi observado que apesar da empresa realizar a aplicação dos planos preventivos de controle da profundidade dos sulcos, rodizio de pneus e recapagem, que a sua realização não era suficiente para evitar problemas nos pneus, já que, outros fatores não controlados contribuíam para falhas e perda dos mesmos.

3.1.3 Origem do problema

O controle da manutenção de pneus é uma atividade recente realizada pelo setor de frotas, sendo desenvolvida no início do ano de 2018. Entre os meses de março e setembro de 2018 foram registradas 19 ocorrências de falhas de perda total de pneus, ou seja, destinados para o descarte (sucata).

O descarte do pneu é realizado quando o mesmo apresenta perda total de sua estrutura ou quando atinge o seu tempo de vida útil.

Por determinação do analista de frotas, os pneus sucateados são armazenados até atingir uma quantidade significativa e posteriormente são encaminhados para um

reformador autorizado. O reformador é responsável por gerar um laudo contendo as principais situações que provocaram o sucateamento do pneu.

Nos meses de junho e setembro foram enviados no total 19 pneus para análise, conforme o quadro 6.

Quadro 6 - Pneus sucateados

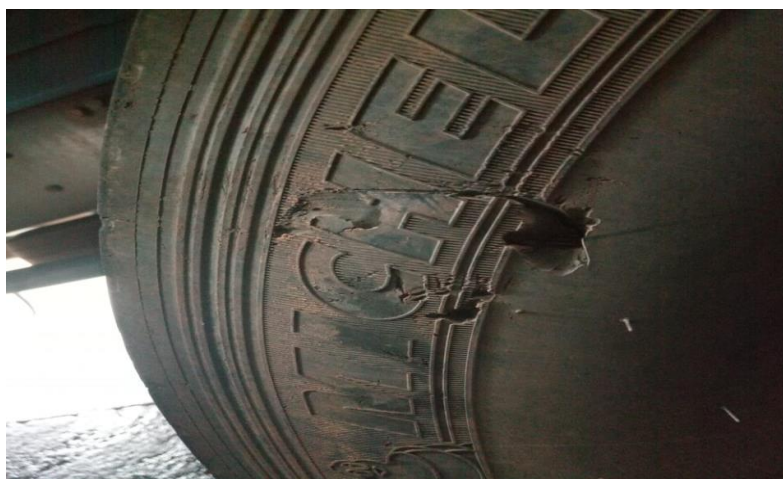
Marca	Modelo	Medida	Status				Quant.
			Novo	1ª Reforma	2ª Reforma	3ª Reforma	
Michelin	XZE2	215/75R17,5	1	1	-	-	2
		275/80R22,5	2	-	-	1	3
	X MULTI Z	275/80R22,5	-	2	-	-	2
		295/80R22,5	-	6	1	1	8
Bridgestone	R297	275/80R22,5	1	-	-	-	1
Pirelli	FR85	275/80R22,5	-	2	-	1	3
TOTAL							19

Fonte: Autor (2018).

Após a análise do reformador é emitido um relatório sobre as principais situações dos pneus constando sua identificação (nº de fogo/série/DOT), profundidade do sulco no momento da perda, status e tipo de dano sofrido.

Com relação ao motivo do sucateamento identificou-se 4 (quatro) principais situações, sendo elas: dano no flanco, ruptura radial, dano no talão e separação no flanco. As figuras 10,11, 12 e 13 demonstram cada tipo de dano sofrido no pneu.

Figura 10 - Dano no flanco



Fonte: Autor (2018).

Figura 11 - Ruptura radial



Fonte: Autor (2018).

Figura 12 - Dano no talão



Fonte: Vipal Borrachas (2018).

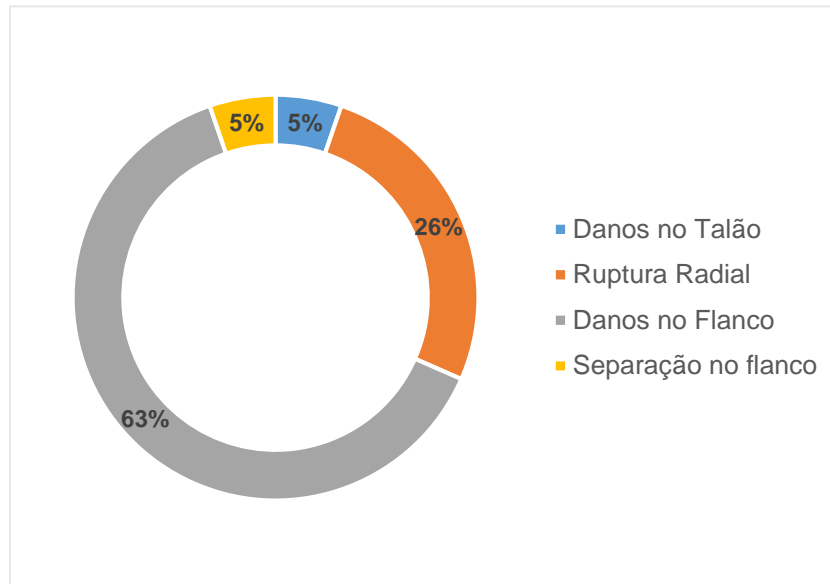
Figura 13 - Separação no flanco



Fonte: Autor (2018).

De acordo com as informações apresentadas no relatório, a principal situação na qual encontravam-se os pneus sucateados era com danos no flanco, com 63% de ocorrências, conforme a figura 14.

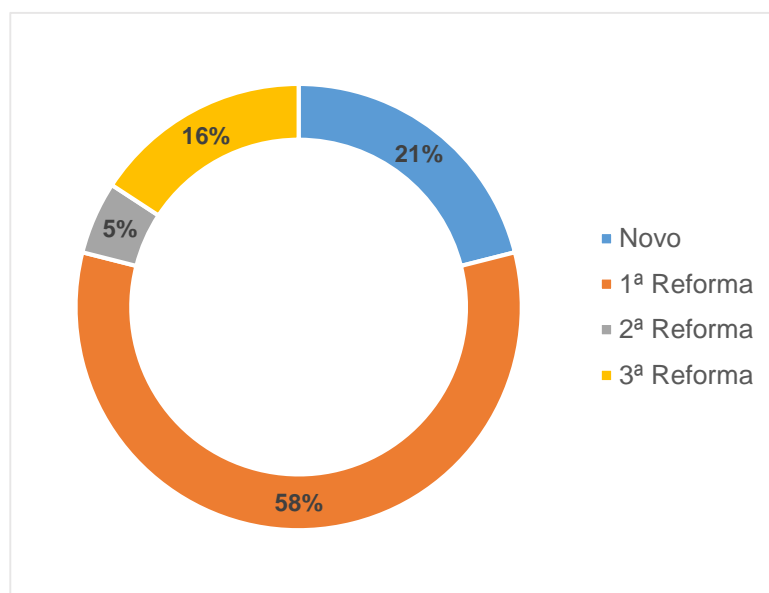
Figura 14 - Situações dos pneus



Fonte: Autor (2018).

Com relação aos status no qual encontravam-se os pneus, os que já haviam recebido a primeira recapagem apresentaram o maior índice de sucateamento, conforme a figura 15.

Figura 15 - Status dos pneus



Fonte: Autor (2018).

Após identificar a principal situação na qual encontravam-se os pneus sucateados e que o status de 1ª recapagem se destacava com 58% dos que mais sofreram danos, iniciou-se o estudo para buscar as causas do sucateamento.

Com o objetivo de identificar as causas que estão ligadas ao sucateamento do pneu e priorizar as ações para a etapa com mais importância, utilizou-se a ferramenta de método de análise de falhas (FMEA), com a finalidade de auxiliar no levantamento das principais causas e no desenvolvimento de medidas de melhorias na manutenção dos pneus.

3.2 ANÁLISE DAS FALHAS NA MANUTENÇÃO DE PNEUS

Com o objetivo de identificar as causas que estão ligadas ao sucateamento do pneu e priorizar as ações para a etapa com mais importância, utilizou-se a ferramenta de método de análise de falhas (FMEA), com a finalidade de auxiliar no levantamento das principais causas e no desenvolvimento de medidas de melhorias na manutenção dos pneus.

3.2.1 Elaboração do FMEA

Com a finalidade de construir o FMEA da manutenção do pneu, foram estabelecidas algumas etapas a serem seguidas:

1. Identificação dos modos de falha que ocorrem nos pneus e seus efeitos;
2. Identificação das causas de cada modo de falha;
3. Determinação dos índices de severidade, ocorrência e detecção para cada falha;
4. Determinação de ações corretivas ou preventivas.

3.2.1.1 Identificação dos modos de falhas e efeitos

As ocorrências de falhas identificadas pelos motoristas eram primeiramente informadas ao borracheiro, que posteriormente encaminhava para o setor de frotas, onde realizava-se os registros e as devidas tratativas. Dentre os modos de falha relacionados ao componente pneu, o sucateamento será o principal.

A partir da determinação do modo de falhas principal, foi possível desenvolver a primeira etapa do FMEA, de acordo com o quadro 7.

Quadro 7 - Modo de falha e seus efeitos

Componente	Modo de Falha	Efeito Potencial da Falha
Pneu	Sucateamento	Acidente; Parada do Veículo; Atraso na entrega; Insatisfação do cliente.

Fonte: Autor (2018).

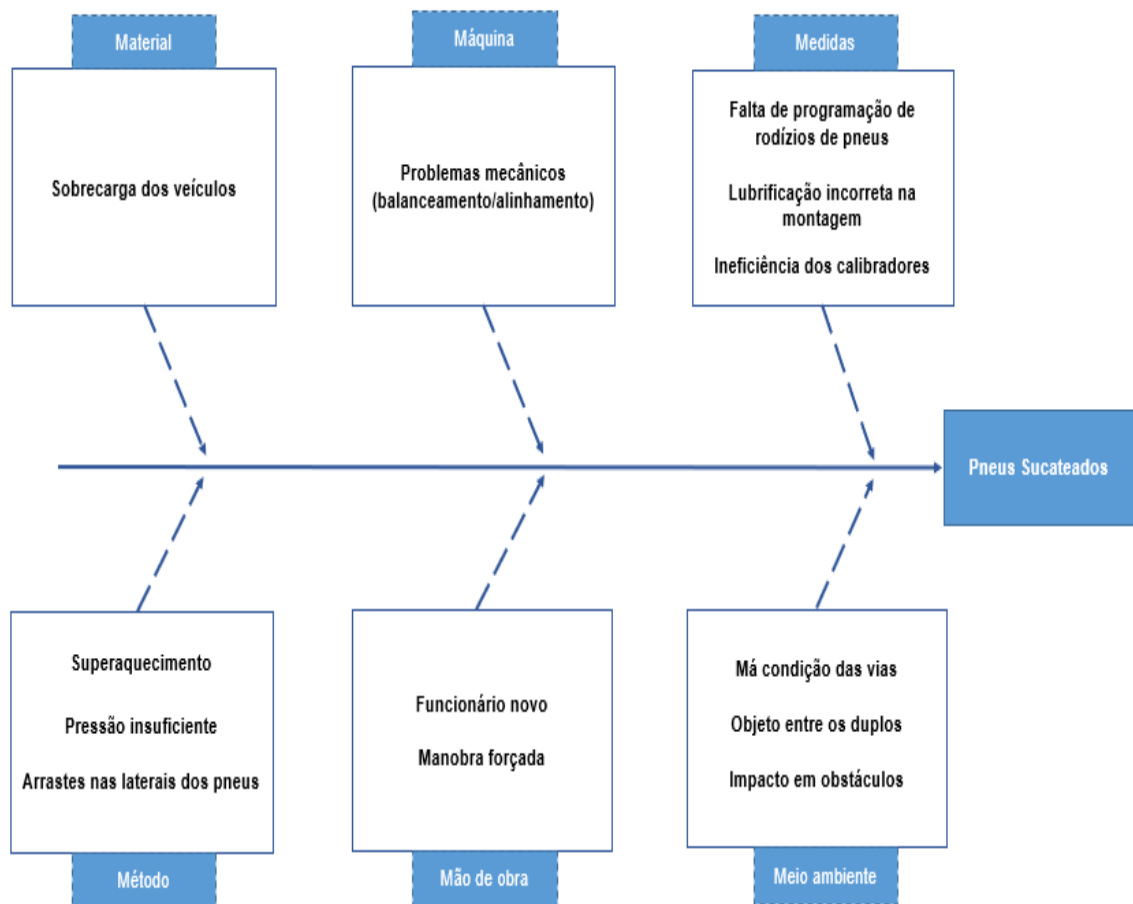
3.2.1.2 Identificação das causas do modo de falha

Com a determinação do modo de falha foi possível dar continuidade as etapas da construção do FMEA, ou seja, identificar as causas da falha e posteriormente determinar seus índices de ocorrência, severidade e detecção.

Para buscar as causas do modo de falha que provoca danos aos pneus foi realizada a reunião de FMEA, onde houve a colaboração de uma equipe composta de quatro pessoas de diferentes áreas. O levantamento das informações contou com o suporte da técnica *brainstorming*, do tipo não estruturado, onde participaram o gerente de operações, analista de frotas, borracheiro e mecânico. A técnica foi desenvolvida com bastante produtividade, onde os integrantes foram ativos e colaboraram com um quantitativo razoável de opiniões.

Após a aplicação *brainstorming* utilizou-se outra ferramenta de auxílio para a identificação das causas, o Diagrama de Ishikawa, que é útil relacionar o resultado de um processo (efeito) e os fatores (causas). As causas foram alocadas utilizando-se a classificação 6M, de acordo com a figura 16.

Figura 16 – Diagrama de Ishikawa



Fonte: Autor (2018).

Com o levantamento das principais causas identificadas nas reuniões, foi possível elaborar o Diagrama de Ishikawa. A ferramenta foi utilizada com o objetivo de demonstrar as relações entre as causas potenciais e o problema deste estudo. Todas as causas identificadas foram alocadas utilizando-se a classificação 6M, onde o agrupamento facilitou a avaliação para posteriormente propor ações de correção.

A aplicação do diagrama de Ishikawa permitiu a finalização da segunda etapa, através identificação do conjunto das causas do modo de falha identificados, conforme o quadro 8.

Quadro 8 - Causas do modo de falha

Componente	Modo de Falha	Efeito Potencial da Falha	Causa da Falha
Pneu	Sucateamento	Acidente; Parada do Veículo; Atraso na entrega; Insatisfação do cliente.	Problemas mecânicos (balanceamento/alinhamento)
			Sobrecarga
			Ineficiência dos calibradores
			Pressão insuficiente
			Superaquecimento
			Rodízio não programado
			Lubrificação incorreta na montagem
			Funcionário novo
			Arrastes nas laterais
			Manobra forçada
			Objeto entre os duplos
			Má condição das vias
Impacto em obstáculos			

Fonte: Autor (2018).

3.2.1.3 Determinação dos índices

Para a determinação dos índices de severidade do modo de falha, foram utilizados os critérios abrangidos no quadro 9.

Quadro 9 - Índices de severidade

SEV	Critério de Severidade
10	Falha extremamente grave , que envolve a segurança do cliente (até morte) e o não cumprimento de aspectos legais, sem aviso.
9	Falha muito grave , que envolve a segurança do cliente, aspectos legais, porém é emitido um aviso caso ela ocorra.
8	Falha grave que resulta em cliente muito insatisfeito devido ao não cumprimento da função pelo produto e/ou serviço oferecido.
7	Falha de gravidade mediana que resulta em cliente bastante insatisfeito devido ao desempenho bastante restrito do produto e/ou serviço oferecido.
6	Severidade moderada que faz o cliente insatisfeito e com certeza este não voltará a comprar novamente o produto e/ou serviço.
5	Severidade bem moderada , onde o cliente percebe claramente as limitações naquilo que lhe é oferecido e provavelmente não voltará a comprar o produto e/ou serviço.
4	Severidade baixa , onde o cliente percebe claramente a falha porém o cliente pode voltar a comprar o produto e/ou serviço.
3	Severidade leve , o cliente nota a falha porém percebe que a mesma não prejudica o desempenho do produto e/ou serviço oferecido.
2	Severidade bem leve e o cliente notará muito pouco as limitações do produto e/ou serviço oferecido.
1	Severidade insignificante e é improvável que o cliente perceba a falha. A falha não afeta em nada o desempenho do produto e/ou serviço oferecido.

Fonte: Adaptado de Sneeling et al. (2009).

Para definição da probabilidade de ocorrência de cada modo de falha, foram utilizados os critérios abrangidos no quadro 10.

Quadro 10 - Probabilidade de Ocorrência

Ocorrência	Probabilidade da falha	Índice
Muito alta: a falha é quase inevitável	1 em 10	10
Alta: muitas falhas	1 em 20	9
	1 em 50	8
	1 em 100	7
Moderada: falhas ocasionais	1 em 500	6
	1 em 2000	5
	1 em 10000	4
Baixa: poucas falhas	1 em 100000	3
	1 em 1.000.000	2
Remota: a falha é improvável de ocorrer	Falhas eliminadas através de controles preventivos.	1

Fonte: AIAG (2008).

Os critérios utilizados para se definir a probabilidade de detecção dos potenciais modos de falha estão contidos no quadro 11.

Quadro 11 - Probabilidade de detecção

Deteção	Critério	Índice
Nula	Absoluta certeza de não deteção.	10
Muito remota	O controle provavelmente não irá detectar.	9
Remota	O controle tem uma chance pequena de deteção.	8
Muito Baixa	O controle tem uma chance pequena de deteção.	7
Baixa	O controle pode ou não detectar.	6
Moderada	O controle pode ou não detectar.	5
Moderada/Alta	O controle tem uma boa chance de detectar.	4
Alta	O controle tem uma boa chance de detectar.	3
Muito alta	É quase certeza que o controle irá detectar.	2
Muito alta: O controle irá detectar	Partes discrepantes não podem ser feitas porque o item foi imunizado a erros devido ao projeto ou processo do produto.	1

Fonte: AIAG (2008).

A partir da utilização dos quadros 9, 10 e 11, foi possível determinar os índices para modo de falha e posteriormente calcular as NPR's (Número de Prioridade de Risco), de acordo com o quadro 12.

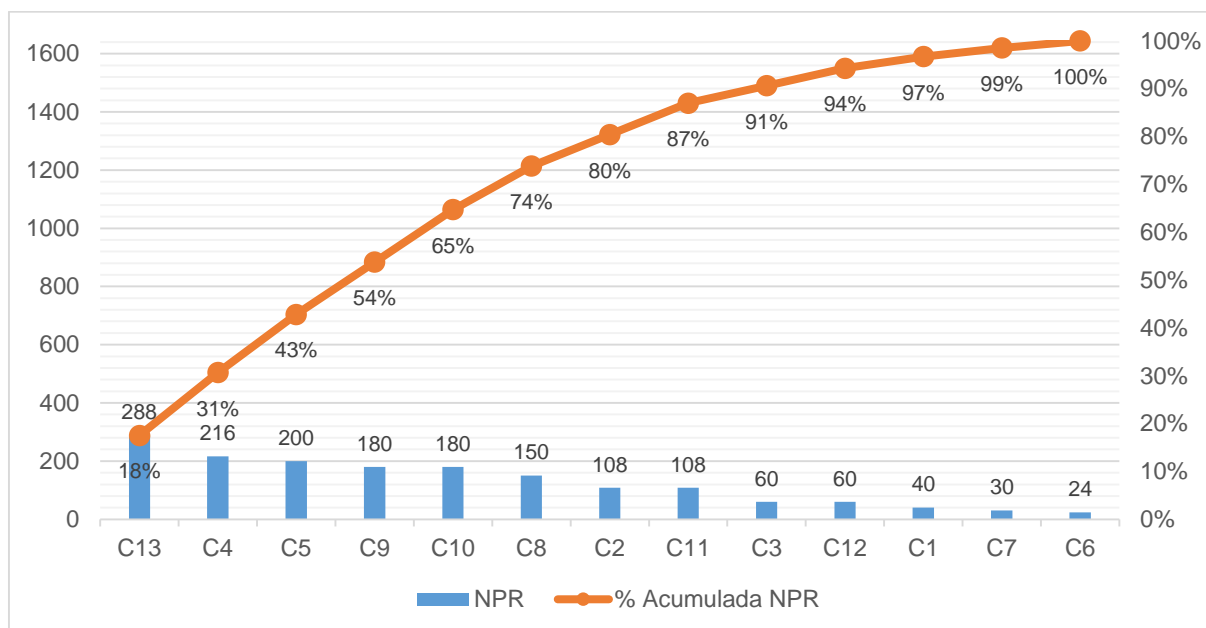
Quadro 12 - Determinação das NPR's

Modo de Falha	Causa da Falha	OCO	SEV	DET	NPR
Sucateamento	C1 Problemas mecânicos (balanceamento/alinhamento)	2	5	4	40
	C2 Sobrecarga	6	6	3	108
	C3 Ineficiência dos calibradores	3	5	4	60
	C4 Pressão insuficiente	6	6	6	216
	C5 Superaquecimento	5	5	8	200
	C6 Rodízio não programado	1	6	4	24
	C7 Lubrificação incorreta na montagem	2	5	3	30
	C8 Funcionário novo	5	6	5	150
	C9 Arrastes nas laterais	6	6	5	180
	C10 Manobra forçada	6	6	5	180
	C11 Objeto entre os duplos	6	6	3	108
	C12 Má condição das vias	2	5	6	60
	C13 Impacto em obstáculos	6	6	8	288

Fonte: Autor (2018).

De forma a identificar e analisar quais as causas mais críticas que contribuem para modo de falha sucateamento do pneu aplicou-se a ferramenta do Diagrama de Pareto, conforme a figura 17.

O objetivo da aplicação do Diagrama de Pareto é identificar quais os 20% das causas que representam 80% do valor total de NPR, e com isso desenvolver o plano de ação.

Figura 17 - Diagrama de Pareto

Fonte: Autor (2018).

Ao analisar os resultados do Diagrama de Pareto, foi possível identificar que C13, C4, C5, C9, C10, C8, C2 são as causas que representam 80% dos problemas, ou seja, são os que mais influenciam nas perdas de pneus.

As causas mencionadas acima são definidas como prioritárias, com isso, é necessário atuar com ações de correção sobre elas.

Com a determinação das causas prioritárias é possível desenvolver a etapa final da construção do FMEA, que se consistiu na recomendação de ações de correção para eliminar ou minimizar o modo de falha.

3.2.1.4 Determinação de ações de correção

Após a aplicação das ferramentas *Brainstorming*, Diagrama de Ishikawa e Diagrama de Pareto, que contribuíram para o desenvolvimento do FMEA, torna-se indispensável sugerir medidas de correção de modo a minimizar e se possível eliminar o modo de falha identificado.

Definir as ações de eliminação ou minimização do modo de falha é a etapa final da construção do FMEA, e para o desenvolvimento utilizou-se a ferramenta 5W1H, conforme demonstrado no quadro 13.

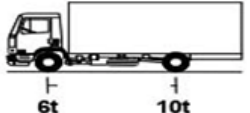
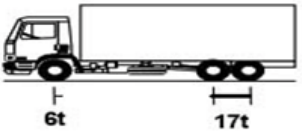
Quadro 13 - Plano de ação 5W1H

Causas	WHAT	WHO	WHERE	WHY	HOW	WHEN
C2	Acompanhar os volumes de carregamento de bebidas.	Analista de frotas	No carregamento	Para evitar o excesso de carga.	Criando um modelo check list para carregamento.	Dez 2018.
C4	Estabelecer um plano de controle de pressão.	Analista de frotas	Na própria empresa	Para garantir que os pneus sejam calibrados com a pressão adequada para cada modelo.	Realizando o acompanhamento e registro das aferições em planilhas eletrônicas ou software.	Dez 2018.
	Treinar o borracheiro.	Analista de frotas	Na oficina	Para garantir que o borracheiro tenha conhecimento sobre as pressões adequadas para cada tipo de pneus.	Realizando treinamentos para demonstrar os procedimentos padrões de calibragem com base nas recomendações do fabricante.	Dez 2019.
C5	Revisar periodicamente o funcionamento dos freios.	Mecânico de auto	Na oficina	Para melhorar o desempenho dos freios e evitar o superaquecimento.	Criando um plano de revisão periódica dos freios.	Jan 2019.
C8	Criar um programa de integração para novos colaboradores.	Técnico de segurança	Na própria empresa	Para o colaborador tomar conhecimentos dos procedimentos e normas internas da organização.	Realizando treinamentos para capacitar os novos colaboradores.	Jan 2019.
C9 C10 C13	Treinar os motoristas.	Gerente de Operações	Na própria empresa	Para conscientizar sobre boas condutas no trânsito.	Realizando treinamentos de direção defensiva e condução econômica.	Dez 2018.

Fonte: Autor (2018).

Para a causa sobrecarga (C2) sugere-se que seja realizado uma verificação inicial quanto ao volume de produtos que será carregado em cada veículo, através da utilização de *check list* (Figura 18). Cada pneu apresenta um índice de carga e este deve ser obedecido, já que o fabricante não oferece garantia para casos de má distribuição e excesso de carga.

Figura 18 - *Check list*

CHECK LIST PARA EMBARQUE					
Placa:			Data:		
Km:			Motorista:		
Descrição	Quantidade	Un.	Peso líquido	Peso bruto	Total de volumes
Modo de embarque	Peso bruto máximo	Observação			
TOCO 	16 ton				
TRUCK 	23 ton				

Fonte: Autor (2018).

No *check list* será verificado todas as informações da carga que será carregada, como: descrição, quantidade, unidade, peso líquido, peso bruto e volume total. Com base nestas informações é possível fazer o direcionamento para qual tipo de veículo é mais adequado para o transporte, considerando a capacidade do mesmo.

Para a causa pressão insuficiente (C4) sugerem-se duas medidas, a primeira é uma medida de controle. Sugere-se a criação de um plano de controle de pressão, onde será possível fazer o acompanhamento das pressões adequadas de acordo com o tipo de pneu, o tipo de carga e o tipo de utilização, bem como estabelecer a periodicidade das verificações, condições dos equipamentos de medição e acompanhar a vida útil do pneu. A segunda medida, é voltada para o treinamento do responsável pelo procedimento de calibragem, para que o mesmo possa obter

conhecimento dos procedimentos padrões para a realização da atividade, com base nas especificações dos fabricantes.

Em relação a causa superaquecimento (C5) para minimizar as agressões térmicas nos talões dos pneus, recomenda-se revisar periodicamente o funcionamento geral dos freios e assegurar a correta utilização do freio-motor do veículo pelo condutor.

Para a causa funcionário novo (C8) é recomendado que a empresa estabeleça um plano de integração para novos colaboradores, para que os mesmos possam tomar conhecimento dos procedimentos internos e das condutas para o transporte de cargas.

Em relação as causas arrastes laterais, manobra forçada e impacto em obstáculos (C9, C10, C13 respectivamente) sugere-se o treinamento de direção defensiva e condução econômica para os condutores dos veículos, para que os mesmos possam adotar procedimentos preventivos no transporte de cargas de modo a evitar acidentes e perdas prematuras dos pneus.

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O estudo de caso alcançou com êxito o objetivo proposto, onde pode-se analisar a gestão da manutenção de pneus na empresa estudada. Através do levantamento de dados em relação à situação do processo de manutenção dos pneus e a utilização das ferramentas da qualidade foi possível identificar os principais problemas no gerenciamento da manutenção e propor melhorias através de um plano de ação.

O desenvolvimento do trabalho foi baseado na aplicação prática do método FMEA empregado no gerenciamento da manutenção de pneus. A aplicação da ferramenta deu-se através do desenvolvimento de cada etapa que a compõem, desde a determinação do modo de falha identificado no processo e até a sugestão de ações corretivas para as causas mais críticas.

O presente trabalho será de grande contribuição para a empresa que foi objeto de estudo. Os levantamentos e análises realizadas oferecerão suporte para o processo de manutenção de pneus e as propostas de melhorias a serem implementadas contribuirão para aprimorar a atual gestão da manutenção de pneus realizada pela empresa.

Para as empresas que apresentam atividades semelhantes às do estudo de caso, o trabalho poderá servir como meio de apoio e direcionador para que possam melhor avaliar os seus processos de manutenção em pneus e se necessário aplicar as ações de correção apresentadas.

O estudo também pode beneficiar proprietários de carros de pequeno porte (passeio), já que os princípios aqui apresentados podem ser aplicados e adequados para diferentes tipos de pneus.

Para o meio acadêmico, o estudo pode ser tomado como fonte de consulta para o desenvolvimento de trabalhos relacionados com o tema.

Para trabalhos futuros recomenda-se fazer um estudo de custos por falhas, quantificando a perda em termos monetários para verificar de que forma as falhas na manutenção influenciam na receita da empresa.

Diante dos destaques apresentados, conclui-se que a utilização da ferramenta FMEA apresenta grande contribuição para a realização de análises de riscos que influenciam na qualidade na manutenção em pneus e que a utilização de ferramentas da qualidade *brainstorming*, Diagrama de Ishikawa, Diagrama de Pareto e Plano de

Ação 5W1H podem ser aplicadas em conjunto para se obter uma análise de dados com maior confiabilidade e precisão.

REFERÊNCIAS

AIAG – *Automotive Industry Action Group*. **Manual de referência FMEA**. 4 ed. Southfield: AIAG, 2008.

ANIP – ASSOCIAÇÃO NACIONAL DA INDÚSTRIA DE PNEUMÁTICOS. **Dicas de manutenção**. Disponível em: <<http://www.anip.org.br/dicas-e-manutencao/>>. Acesso em: 09 out. 2018.

AMBRÓSIO, C. W.; LEITE, M. S. A. Contratação por desempenho em serviços de manutenção: o caso da CTS Arcelor Brasil. **Revista Produção-online**, v.8, n. 3, 2008.

ALMEIDA, André Alves do Carmo Rodrigues de. **Análise e Aperfeiçoamento do Processo de Manutenção em uma Empresa de Óleo e Gás**: Um estudo de caso. 188 p. Monografia – Engenharia de Produção, Universidade Federal Fluminense, Niterói, 2016.

AVELAR, W. **Utilização de ferramentas da qualidade objetivando melhorias no processo produtivo**. Petrópolis: Universidade Católica de Petrópolis, 2008.

BEHR, Ariel; MORO, Eliane L. S.; ESTABEL, Lizandra B. **Gestão da biblioteca escolar**: metodologias, enfoques e aplicação de ferramentas de gestão e serviços de biblioteca. *Revista da Ciência da Informação*. Brasília/DF, v.37, n.2, p. 32-42, mar. 2008.

BERTAGLIA, Paulo Roberto. **Logística e gerenciamento da cadeia de abastecimento**. 2. ed. Editora Saraiva, 2009. p. 33.

BRIDGESTONE. **Como aumentar a vida útil do pneu**. Disponível em: <<https://www.bridgestone.com.br/pt/sobre-nos/noticias/aumentar-vida-util>>. Acesso em: 08 out. 2018.

BRITO, Mário. **Manual Pedagógico PRONACI: Manutenção**. Leça da Palmeira, AEP, 2003.

CAMPOS, Vicente Falconi. **Controle da qualidade total**: No estilo japonês. 9 ed. Nova Lima: Falconi, 2014.

CAMPOS, Vicente Falconi. **TQC – Controle da Qualidade Total (no estilo japonês)**. 8 ed. Nova Lima: INDG Tecnologia e Serviços Ltda, 2004.

CARLSON, C. S. *Effective FMEAs: achieving safe, reliable, and economical products and processes using failure mode and effects analysis*. Danvers, United States of America: Wiley e Sons, Inc, 2012.

CARPINETTI, L. C. R. **Gestão da Qualidade: Conceitos e Técnicas**. 2 ed. São Paulo: Atlas, 2012.

CNT – CONFEDERAÇÃO NACIONAL DO TRANSPORTE. **Transporte rodoviário: desempenho do setor, infraestrutura e investimentos**. Brasília: CNT, 2017.

CNT – CONFEDERAÇÃO NACIONAL DO TRANSPORTE. **Boletim estatístico.**

Disponível em:

<<http://cms.cnt.org.br/Imagens%20CNT/BOLETIM%20ESTATÍSTICO/BOLETIM%20ESTATÍSTICO%202018/Boletim%20Estatístico%20-%2008%20-%202018.pdf>>.

Acesso em: 27 set. 2018.

COLLIS, J; HUSSEY, R. **Um guia prático para alunos de graduação e pós-graduação.** 2ª edição, Porto Alegre: Bookman, 2005.

COSTA, Mariana de Almeida. **Gestão Estratégica da Manutenção: Uma Oportunidade para melhorar o resultado operacional.** 104 p. Monografia – Engenharia De Produção, Universidade Federal De Juiz De Fora, Juiz De Fora, 2013.

CRESWELL, J. W. **Projeto de pesquisa: métodos qualitativo, quantitativo e misto.** 3ª ed. Porto Alegre: Artmed, 2010.

DARIO, M. **Práticas, indicadores e custos na gestão de pneus: estudo em uma empresa de transportes.** 104 p. Mestrado Profissional em Administração, Faculdade de Gestão e Negócios, Universidade Metodista de Piracicaba, Piracicaba, 2012.

DAYCHOUM, M. **40 ferramentas e técnicas de gerenciamento.** Rio de Janeiro: Brasport, 2007.

ESTADÃO. **Controle de pneus ajuda a economizar na manutenção da frota.**

Disponível em: <<https://economia.estadao.com.br/noticias/releases-ae,controle-de-pneus-ajuda-a-economizar-na-manutencao-da-frota,70001669640>>. Acesso em: 04 out. 2018.

EXAME. **Locadoras de frota de veículos resistem à crise econômica brasileira.**

Disponível em: <<https://exame.abril.com.br/negocios/dino/locadoras-de-frota-de-veiculos-resistem-a-crise-economica-brasileira/amp/>>. Acesso em: 03 out. 2018.

FOGLIATTO, Flávio Sanson; RIBEIRO, José Luis Duarte. **Confiabilidade e manutenção industrial.** 1 ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2009.

FREITAS, Laís Fulgêncio. **Elaboração de um plano de manutenção em uma pequena empresa do setor metal mecânico de juiz de fora com base nos conceitos da manutenção preventiva e preditiva.** 2016. 96 p. Trabalho de conclusão de curso (graduação) – Universidade Federal de Juiz de Fora, Juiz de Fora, 2016.

GONÇALVES, E. M. Serviço de atendimento ao cidadão: modelo organizacional para melhoria na prestação de serviço público. In: CONGRESO INTERNACIONAL DEL CLAD SOBRE LA REFORMA DEL ESTADO Y DE LA ADMINISTRACIÓN PÚBLICA, outubro de 2002, Lisboa. **Resumos... Lisboa, Portugal.** Disponível em: <<http://unpan1.un.org/intradoc/groups/public/documents/CLAD/clad0043628.pdf>>. Acesso em: 19 out. 2018.

GOODYEAR. **Guia de cuidados e manutenção de pneus.** Disponível em: <<https://www.goodyear.com.br/pneu-cuidados-guia>>. Acesso em: 08 out. 2018.

HANNON, D. **Sipper lean on 4 PLS to Secure Capacity, Gain Agility Purchasing.** Journal of Business logistics, Vol. 134, n° 7, p. 53, 2005.

IQA – Instituto de Qualidade Automotiva. **Manual de referência:** análise do modo de falha e efeitos de falha potencial (FMEA). São Paulo: IQA, 2008. 75 p.

MARSHALL JUNIOR, Isnard. *et al.* **Gestão da qualidade.** 8 ed. Rio de Janeiro: FGV, 2006.

KARDEC, Alan; NASCIF Júlio. **Manutenção:** função estratégica. 3 ed. Rio de Janeiro: Qualitymark, 2009.

LOBO, Renato Nogueiro. **Gestão da Qualidade.** 1ª Edição. São Paulo: Érica, 2010.

LOUREIRO, R. G. **Aplicação das ferramentas a prova de falha" Poka-Yoke" como ações resultantes de FMEA de processo em unidades produtivas do setor automobilístico.** 2013. 71 p. Monografia (Engenharia de Produção) - Fundação Eurípides Soares da Rocha, Marília, 2013.

MARTINS, Petrônio; LAUGENI, Fernando. **Administração da produção.** 3 ed. São Paulo: Saraiva, 2015.

MATOS, Juliana Schmitz Guarilha Costa. **Aplicação do HazOp Dinâmico na Avaliação de Perigo Operacional em uma Coluna de Destilação de uma Planta de Separação de Ar.** 2009. 96 p. Dissertação (Mestrado em Tecnologia de Processos Químicos e Bioquímicos) – Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2009.

NICOLOSO, T. F. **Proposta de integração entre BPF, APPCC, PAS 220:2008 e a NBR ISO 22000:** 2006 para indústria de alimentos. 2010. 70 p. Dissertação de Mestrado, Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2010.

OLIVEIRA, M. A; Cardoso, I. A. P. Simplificando o gerenciamento da manutenção usando o MMS. **M&Q - Revista Manutenção y Qualidade.** Rio de Janeiro, Ed. 78, p.24-28, 2009.

OTONI, M; MACHADO, W. V. A. **A proposta de desenvolvimento de gestão na manutenção industrial na busca da excelência ou classe mundial.** Revista Gestão Industrial, Vol. 4, n 2, 2008.

PALADINI, E. P. **Avaliação Estratégica da Qualidade.** 2 ed. São Paulo: Editora Atlas, 2011.

PEINADO J.; GRAEML A. R. **Administração da Produção:** operações industriais e de serviços. Curitiba: UnicenP, 2007.

PINTO, A. K.; XAVIER, J. N. **Manutenção: função estratégica.** 2 ed. Rio de Janeiro: Qualitymark, 2001.

PIRELLI. **Conhecendo os pneus.** Disponível em: <<https://www.pirelli.com/tyres/pt-br/car/about-tyre>>. Acesso em: 11 out. 2018.

PITÉU, João T. V. **Manutenção de Edifícios, Manutenção das Instalações Técnicas de um Grande Edifício**. 2011. 229 p. Tese de Mestrado – Instituto Superior de Engenharia de Lisboa, Lisboa, 2011.

PRODANOV, Cleber Cristiano. **Metodologia do trabalho científico: métodos e técnicas da pesquisa e do trabalho acadêmico**. 2 ed. Novo Hamburgo: Feevale, 2013.

SANTOS, Valdir A. **Prontuário Para a Manutenção Mecânica**. São Paulo: Ícone, 1ª ed. 2010.

SIQUEIRA, I. P. **Manutenção Centrada na Confiabilidade: Manual de implementação**. 1 ed. Rio de Janeiro: Qualitymark, 2005.

SNELLING, S; ALAM, S. Root Cause Analysis Techniques Used at The Boeing Co.(Presentation). In: IIE Annual Conference, 2009, Publisher. **Proceedings**. Publisher: Institute of Industrial Engineers, 2009.

SOUZA, J. B. **Alinhamento das estratégias do Planejamento e Controle da Manutenção (PCM) com as finalidades e função do Planejamento e Controle da Produção (PCP): Uma abordagem Analítica**. 2008. 169 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Campus Ponta Grossa, 2008.

TORRES, Sandra Victorio. **A Qualidade Total no Ensino Público Municipal: RJ**. 2010. 2010. 39 p. Monografia (Pós-graduação “Lato Sensu” – Gestão Pública) – Instituto a Vez do Mestre, Universidade Candido Mendes, Rio de Janeiro, 2010.

VALENTE, A.M.; PASSAGLIA, E; NOVAES, A.G. **Gerenciamento de Transportes e Frotas**. São Paulo: Pioneira, 2007.

VIANA, Herbert Ricardo Garcia. **PCM: planejamento e controle da manutenção**. Rio de Janeiro: Quality, 2002.

VIPAL BORRACHAS. **Guia de danos e desgastes: Carga**. Porto Alegre: Vipal, 2018.

YIN, Robert K. **Estudo de caso: planejamento e métodos**. 4 ed. Porto Alegre: Bookman, 2010.

APÊNDICE A – FMEA DE PNEUS

Componente	Modo de Falha	Efeito Potencial da Falha	Causa da Falha	O C O	S E V	D E T	N P R	Classificação do Risco	Responsável	Prazo Programado		
Pneu	Sucateamento	Acidente; Parada do Veículo; Atraso na entrega; Insatisfação do cliente.	C1	Problemas mecânicos (balanceamento/alinhamento)	2	5	4	40				
			C2	Sobrecarga	6	6	3	108	Priorizar	Acompanhar os volumes de carregamento de bebidas.	Analista de frota	dez/18
			C3	Ineficiência dos calibradores	3	5	4	60				
			C4	Pressão insuficiente	6	6	6	216	Priorizar	Estabelecer um plano de controle de pressão. / Treinar o borracheiro.	Analista de frota	dez/18
			C5	Superaquecimento	5	5	8	200	Priorizar	Revisar periodicamente o funcionamento dos freios.	Analista de frota	jan/19
			C6	Rodizio não programado	1	6	4	24				
			C7	Lubrificação incorreta na montagem	2	5	3	30				
			C8	Funcionário novo	5	6	5	150	Priorizar	Criar um programa de integração para novos colaboradores.	Técnico de segurança	jan/19
			C9	Atrastes nas laterais	6	6	5	180	Priorizar	Treinar os motoristas.	Gerente de operações	dez/18
			C10	Manobra forçada	6	6	5	180	Priorizar	Treinar os motoristas.	Gerente de operações	dez/18
			C11	Objeto entre os duplos	6	6	3	108				
			C12	Má condição das vias	2	5	6	60				
			C13	Impacto em obstáculos	6	6	8	288	Priorizar	Treinar os motoristas.	Gerente de operações	dez/18