

**UNIVERSIDADE DE TAUBATÉ**

**Marcos Rodrigo Gomes Catarina**

**Maria Luiza Vasconcellos Zanin**

**ESTUDO DO PROCESSO DE RECAUCHUTAGEM DE  
PNEUS A FRIO SOB A ÓTICA LEAN**

**Taubaté – SP  
2018**

**UNIVERSIDADE DE TAUBATÉ**

**Marcos Rodrigo Gomes Catarina**

**Maria Luiza Vasconcellos Zanin**

**ESTUDO DO PROCESSO DE RECAUCHUTAGEM DE  
PNEUS A FRIO SOB A ÓTICA LEAN**

Trabalho de Graduação apresentado para obtenção do Título de Bacharel em Engenharia Mecânica do Departamento de Engenharia Mecânica da Universidade de Taubaté.

Orientador: Prof<sup>a</sup> Me. Maria Regina Hidalgo de Oliveira Lindgren

Co-orientador: Prof. Me. Paulo Cesar Corrêa Lindgren

**Taubaté – SP  
2018**

**SIBi – Sistema Integrado de Bibliotecas / UNITAU**

C357e Catarina, Marcos Rodrigo Gomes  
Estudo do processo de recauchutagem de pneus a frio sob a ótica Lean /  
Marcos Rodrigo Gomes Catarina; Maria Luiza Vasconcellos Zanin. -- 2018.  
43 f. : il.

Monografia (graduação) – Universidade de Taubaté, Departamento de  
Engenharia Mecânica e Elétrica, 2018.

Orientação: Profa. Ma. Maria Regina Hidalgo de Oliveira Lindgren,  
Departamento de Engenharia Mecânica.

Coorientação: Prof. Me. Paulo Cesar Corrêa Lindgren, Departamento de  
Engenharia Mecânica.

1. Alternativa. 2. Lean. 3. Pneu. 4. Processo. I. Título. II. Zanin, Maria  
Luiza Vasconcellos. III. Graduação em Engenharia Mecânica.

CDD – 629.2482

Marcos Rodrigo Gomes Catarina  
Maria Luiza Vasconcellos Zanin

**ESTUDO DO PROCESSO DE RECAUCHUTAGEM DE PNEUS A FRIO SOB A  
ÓTICA LEAN.**

ESTE TRABALHO DE GRADUAÇÃO FOI JULGADO APROVADO COMO PARTE DO  
REQUISITO PARA A OBTENÇÃO DO DIPLOMA DE "GRADUADO EM ENGENHARIA,  
MECANICA"

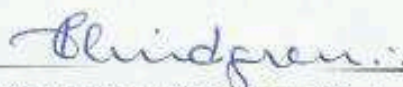
APROVADO EM SUA FORMA FINAL PELO COORDENADOR DE CURSO DE  
GRADUAÇÃO DO DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA MECÂNICA



Prof. Me. Fabio Henrique Sartejani

Coordenador de Trabalho de Graduação

**BANCA EXAMINADORA:**



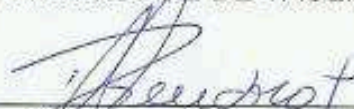
Profa. Me. Maria Regina Hidalgo de Oliveira Lindgren

UNIVERSIDADE DE TAUBATÉ



Prof. Me Paulo Cesar Corrêa Lindgren

UNIVERSIDADE DE TAUBATÉ



Prof. Me Antônio Ricardo Mendrot

UNIVERSIDADE DE TAUBATÉ

06/12/2018

Dedicamos esse trabalho aos nossos pais, grandes incentivadores de toda a nossa vida e aos nossos amigos que foram suporte desse projeto.

## **AGRADECIMENTOS**

Aos familiares e amigos que nos apoiaram nessa trajetória.

À Universidade de Taubaté - UNITAU pela formação.

À nossa orientadora Profa. Regina Hidalgo e ao nosso co-orientador Prof. Paulo pela dedicação e firmeza na orientação do trabalho.

Aos professores do departamento de Engenharia Mecânica da UNITAU que nos proporcionaram a oportunidade de aprender com seus conhecimentos.

Aos nossos colegas de faculdade que dividiram conosco o projeto de nos tornarmos engenheiros.

“Uma ciência que hesita em esquecer os  
seus fundadores está perdida”.

(ALFRED WHITEHEAD)

## RESUMO

Caminhoneiros e empresas de transportes em todo o Brasil buscam cada vez mais reduzir os custos do processo, para aumentar a competitividade dos seus preços e ampliar a margem de lucro do negócio. No caso dos pneus, eles são alvos na redução de custos desse negócio e compra-los a preços mais acessíveis é o ideal. Entretanto, avaliado o nicho de mercado este trabalho de graduação pretende-se apresentar que o processo de recauchutagem de pneus é uma alternativa à troca de pneus. Logo, de acordo com os procedimentos da empresa Alfa, este tem por objetivo apresentar que a recauchutagem de pneus a frio aliado aos conceitos da ótica Lean é uma alternativa viável nos termos econômicos e de segurança, em relação a compra de uma novo pneu. O processo de estudo inclui considerar o impacto ambiental que aumentar o tempo de vida útil do pneu, traz a natureza. A metodologia do trabalho foi baseada em estudo de caso da empresa Alfa associado a estudos publicados, utilizando de três fatores estratégicos, sendo eles exploratório, descritivo e explanatório. Após a análise do processo na empresa e as pesquisas em estudos publicados, concluiu-se que a recauchutagem é um processo que reduz os custos de caminhoneiros e transportadoras, mantêm a segurança do produto e reduz os impactos ambientais, em relação á compra de um pneu novo.

**Palavras chave:** Lean. Pneu. Alternativa. Processo.



## **ABSTRACT**

Truck drivers and transportation companies throughout Brazil are increasingly looking to reduce the costs of the process, to increase the competitiveness of their prices and to increase the profit margin of the business. In the case of tires, they are targets in reducing costs of this business and buying them at more affordable prices is ideal. However, evaluating the niche market this graduation work intends to present that the process of tire retreading is an alternative to the tire exchange. Therefore, according to the procedures of the company Alfa, the objective is to present that the retreading of cold tires combined with the concepts of Lean optics is a viable alternative in terms of safety and security, in relation to the purchase of a new tire. The study process includes considering the environmental impact that increase the useful life of the tire, brings nature. The methodology of the study was based on a case study of Alfa company associated to published studies, using three strategic factors, being they exploratory, descriptive and explanatory. After analyzing the company process and research in published studies, it was concluded that retreading is a process that reduces the costs of truckers and carriers, maintains product safety and reduces environmental impacts, in relation to the purchase of a tire new.

**Keywords:** Lean. Tire. Alternative. Process.

## LISTA DE FIGURAS

<b>Figura 1</b> - Desenho dos dois modelos de pneus de R. W. Thompson.....	15
<b>Figura 2</b> – Desenho do pneu desenvolvido por J. B. Dunlop.....	16
<b>Figura 3</b> – Pneu com estrutura radial.....	17
<b>Figura 4</b> – Banda de rodagem do pneu .....	17
<b>Figura 5</b> – Cintas estabilizadoras do pneu.....	18
<b>Figura 6</b> – Carcaça do pneu. ....	19
<b>Figura 7</b> – Talão do pneu.....	20
<b>Figura 8</b> – Lateral do pneu.....	21
<b>Figura 9</b> – Estanque do pneu .....	22
<b>Figura 10</b> – Ombro do pneu.....	22
<b>Figura 11</b> – Situações relevantes para diferentes estratégias de pesquisas .....	27
<b>Figura 12</b> – Pneus desmontados logo quando chegam à empresa Alfa .....	30
<b>Figura 13</b> – Pneu raspado, com parte ainda por receber a raspa .....	31
<b>Figura 14</b> – Pneu na gancheira depois de raspado e escareado, aguardando o conserto.....	32
<b>Figura 15</b> – Modelo etiqueta do INMETRO.....	33
<b>Figura 16</b> – Roletadeira .....	34
<b>Figura 17</b> - Pneu sendo preparado para vulcanização .....	35
<b>Figura 18</b> - Pneu envelopado, pronto para o processo de vulcanização .....	35
<b>Figura 19</b> - Autoclave.....	36
<b>Figura 20</b> - Pneu ao final do processo na área de estoque .....	37
<b>Figura 21</b> - Aspirador de raspa .....	38
<b>Figura 22</b> - Área de descarte interno da empresa Alfa .....	39

## LISTA DE QUADROS

<b>Quadro 1</b> – Cronograma de recauchutagem por caminhão.....	29
---	----

## LISTA DE GRÁFICOS

<b>Gráfico 1</b> – Comparação de gastos com pneus.....	40
--	----

## SUMÁRIO

<b>1. INTRODUÇÃO</b> .....	<b>13</b>
1.1 OBJETIVOS .....	14
1.1.1 Objetivo Geral .....	14
1.1.2 Objetivos Específicos .....	14
1.2 DELIMITAÇÕES DO ESTUDO .....	14
1.3 RELEVÂNCIA DO ESTUDO .....	14
<b>2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA</b> .....	<b>15</b>
2.1 PNEU .....	15
2.1.1. Partes do pneu .....	16
2.2 RECAUCHUTAGEM .....	23
2.2.2 Recauchutagem a frio e a quente.....	23
2.2.3 Diferenças entre recauchutagem e recapagem.....	23
2.2.4 Vulcanização .....	23
2.3 FILOSOFIA LEAN .....	24
2.4 MEIO AMBIENTE X SUSTENTABILIDADE .....	25
<b>3 METODOLOGIA</b> .....	<b>26</b>
3.1 TIPOS DE PESQUISA .....	26
3.2 ÁREA DE REALIZAÇÃO .....	27
<b>4 ESTUDO DE CASO</b> .....	<b>29</b>
4.1 EMPRESA ALFA.....	29
4.2 PROCESSO .....	29
4.2.1 Chegada do caminhão ou carro de carga .....	30
4.2.2 Limpeza.....	30
4.2.3 Inspeção Visual .....	31
4.2.4 Raspa.....	31
4.2.5 Escareação .....	32

4.2.6	Conserto .....	33
4.2.7	Construção .....	33
4.2.8	Montagem .....	34
4.2.9	Vulcanização .....	36
4.2.10	Inspeção final .....	36
4.2.11	Entrega.....	37
4.3	DESCARTE DO MATERIAL EXCEDENTE E INUTILIZADO .....	38
<b>5</b>	<b>RESULTADOS E DISCUSSÃO .....</b>	<b>40</b>
<b>6</b>	<b>CONCLUSÃO .....</b>	<b>41</b>
	<b>REFERÊNCIAS.....</b>	<b>42</b>



## 1. INTRODUÇÃO

O aumento expressivo de descarte de materiais no último século, no meio ambiente, gerou uma tendência, que podemos chamar de “corrida para salvar o planeta”. É nessa corrida que este, entre outros, o pneu acaba sendo um produto emblemático: o pneu leva em média cerca de 600 anos para se decompor na natureza e, por isso, é considerado por muitos um vilão. Cada vez mais conscientizada da necessidade de gerar menos resíduos e diminuir o impacto dos resíduos descartados, a sociedade busca alternativas para estas demandas do meio ambiente.

O fator determinante para o uso de pneus na indústria, é que ele pode ser utilizado na sua totalidade, inclusive ele faz parte do Programa obrigatório de logística reversa, incluso na Lei 12.305/2010 Art.33 da Política Nacional de Resíduos Sólidos, onde o fabricante é obrigado a criar um sistema de devolução do material e destinar corretamente os resíduos gerados com o seu produto em desuso. Este motivo influenciou muitas empresas a apresentarem opções ao uso do pneu velho, como a utilização em solados para calçados, materiais de construção civil (asfalto ecológico, blocos, pisos e cimentos), descobriu-se assim um “mundo” de alternativas para o pneu. Porém, diminuir impactos ao meio ambiente pode se tornar uma alternativa que não seja viável quando o preço pago por essa ação se torna a alta no valor no produto.

Nesse cenário de diminuir os gastos e, por consequência, o impacto ao meio ambiente, a recauchutagem de pneus aparece como a solução econômica e ecologicamente viável, pois além de mais barata, reduz consideravelmente a quantidade de material descartado, se comparado à compra de um pneu novo.

No cenário brasileiro esse mercado tem muita presença, pois a maioria do escoamento da produção ainda é feita por veículos que rodam nas estradas do país, e podendo diminuir os custos, mantendo o pneu em bom estado, torna a recauchutagem de pneus uma aliada na produtividade no gerenciamento de grandes e pequenas frotas.



## **1.1 OBJETIVOS**

### **1.1.1 Objetivo Geral**

O objetivo desse trabalho é apresentar que um processo de recauchutagem a frio une esses fatores importantes para diminuir os impactos ao meio ambiente.

### **1.1.2 Objetivos Específicos**

Apresentar como diminuir os custos na troca do pneu e por consequência diminuir os impactos ao meio ambiente através do uso de pneus recauchutados a frio sob a ótica *Lean*.

## **1.2 DELIMITAÇÕES DO ESTUDO**

Neste TG será abordado a troca de pneus utilizados por uma média de 60.000km rodados e que precisam ser substituídos por novos, por pneus que foram recauchutados a frio sob a ótica *Lean*. Este trabalho oferece uma visão geral sobre a vantagem de recauchutar os pneus usados, mas tem como principal função apresentar a vantagem desse processo em relação a diminuição no descarte de resíduos ao meio ambiente.

## **1.3 RELEVÂNCIA DO ESTUDO**

A malha rodoviária no Brasil é de grande relevância para a economia, quando se trata dos custos envolvidos na manutenção dos veículos, sejam eles de carga ou passageiros, pessoais ou de posse jurídica, são altos. Em termos de custo, o pneu é considerado um dos itens mais caros e onerosos à manutenção. Estudos mostram as diferentes formas de oferecer um tempo de vida útil maior ao pneu, e é unanime a vantagem financeira e ecológica que esse quesito agrega, e a recauchutagem tem amplo mercado em um País em que a malha rodoviária representa a maior porcentagem em utilização para escoamento de toda produção interna.

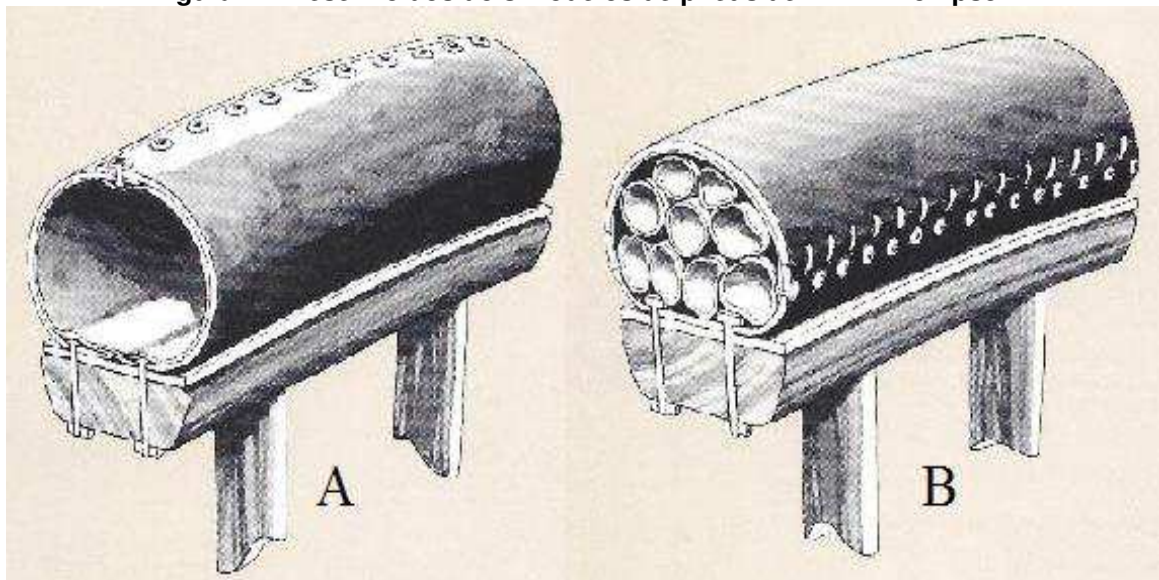
## 2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

### 2.1 PNEU

O pneu é um produto desenvolvido de vários componentes, o que se chama de compósito, uma mistura a base de borracha sintética e natural. Inicialmente o seu primeiro projeto era composto por várias telas recobertas por borracha e por cima uma cobertura de couro, esse pneu foi utilizado na história em carruagens. Thompson aperfeiçoou a sua invenção e posteriormente criou um pneu, onde havia telas ele substituiu por tubos finos de borracha cheios de ar, e permaneceu recoberto com couro. Tanto a primeira invenção, quanto a segunda eram presas aos aros das rodas. (Tompkins, 1981).

A invenção do pneu aconteceu em 1845, por R. W. Thompson, representada na figura 1.

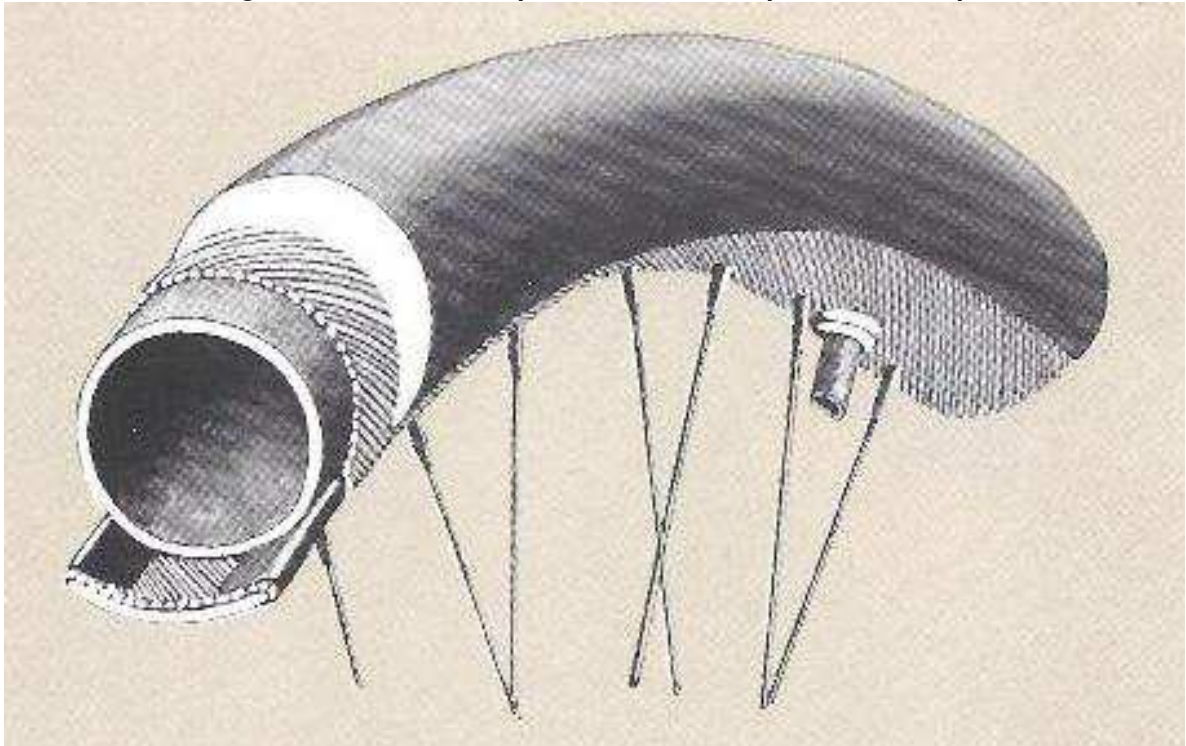
**Figura 1 - Desenho dos dois modelos de pneus de R. W. Thompson**



**Fonte: The History of pneumatic tyre (1981)**

Como afirma Tompkins (1981), o pneu continuou a ser aperfeiçoado e em 1888, J.B. Dunlop desenvolveu o pneu que, ao invés de fixado no aro, passou a ser montado diretamente no aro, como é representado na figura 2, os aros de metal fixados diretamente na borracha do pneu.

**Figura 2 – Desenho do pneu desenvolvido por J. B. Dunlop**



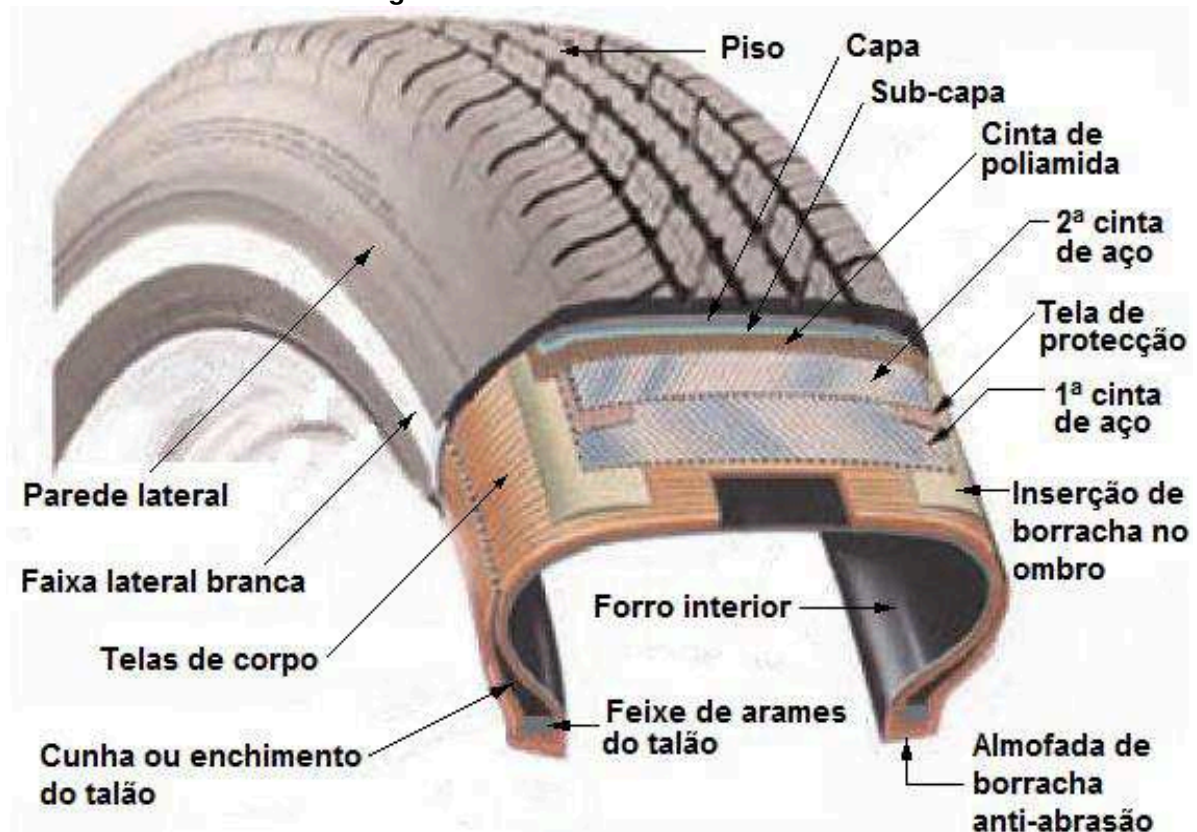
**Fonte: The History of pneumatic tyre (1981)**

O projeto foi desenvolvido em uma bicicleta e compunha uma estrutura tubular de tela revestida por borracha tanto na parte interna, quanto na externa. O fato de a estrutura ser montada no aro proporcionou no pneu a vantagem de possuir uma válvula que permitia seu enchimento com ar diretamente sob o aro da bicicleta. (Tompkins, 1981).

### **2.1.1. Partes do pneu**

Tompkins (1981), ainda acrescenta que na atualidade o pneu lembra, mas não apresenta a mesma estrutura dos pneus mostrados anteriormente. Passados anos de estudos e melhorias, nos dias de hoje o pneu que conhecemos no mercado apresenta muito mais tecnologia, é mais desenvolvido, com novos insertos, telas de proteção, capas de borrachas, cintas de aço para resistência, como podemos ver no exemplo da figura 3. Entretanto ele ainda é composto basicamente por três tipos de materiais: borracha, têxtil e metal. (Tompkins, 1981).

Figura 3 – Pneu com estrutura radial



Fonte: Pelmar Engineering Ltd, 2018.

Essa representação é o que se tem de mais recente em tecnologia de um pneu. Na atualidade os investimentos em melhoria nos projetos dos pneus são voltados à melhoria dos materiais e dos processos de fabricação, e não na estrutura, que por anos tem permanecido a mesma. (Tompkins, 1981).

#### 2.1.1.1 Banda de rodagem

A banda de rodagem é considerada a parte do pneu que fica em contato com o solo, é nela que estão presentes os sulcos, que servem para aumentar a aderência do pneu ao solo e auxiliam na dispersão da água em caso de chuva ou no caso de pista molhada por outros motivos, representada na figura 4. (Michelin, 2018).

Figura 4 – Banda de rodagem do pneu



Fonte: Michelin, adaptado pelos autores, 2018.

Para Tompkins (1981), essa parte é a mais conhecida do pneu, pois ser a parte visível, nela aparecem as marcações que permitem medir se os sulcos ainda têm tamanho suficiente para que os pneus continuem rodando, ou se já é necessário a troca ou o reparo do pneu.

#### 2.1.1.2 Cintas estabilizadoras

As cintas estabilizadoras ficam entre a carcaça e a banca de rodagem no pneu. Elas servem para diminuir os riscos de furos e possíveis impactos sofridos pelo pneu, por isso ela é composta por fios de aço, assim como apresenta a figura 5. (Michelin, 2018).

Figura 5 – Cintas estabilizadoras do pneu



Fonte: Michelin, adaptado pelos autores, 2018.

### 2.1.1.3 Carcaça

A estrutura da carcaça, vista na figura 6, é na maioria das vezes composta de poliéster e nylon ou aços.

Figura 6 – Carcaça do pneu.

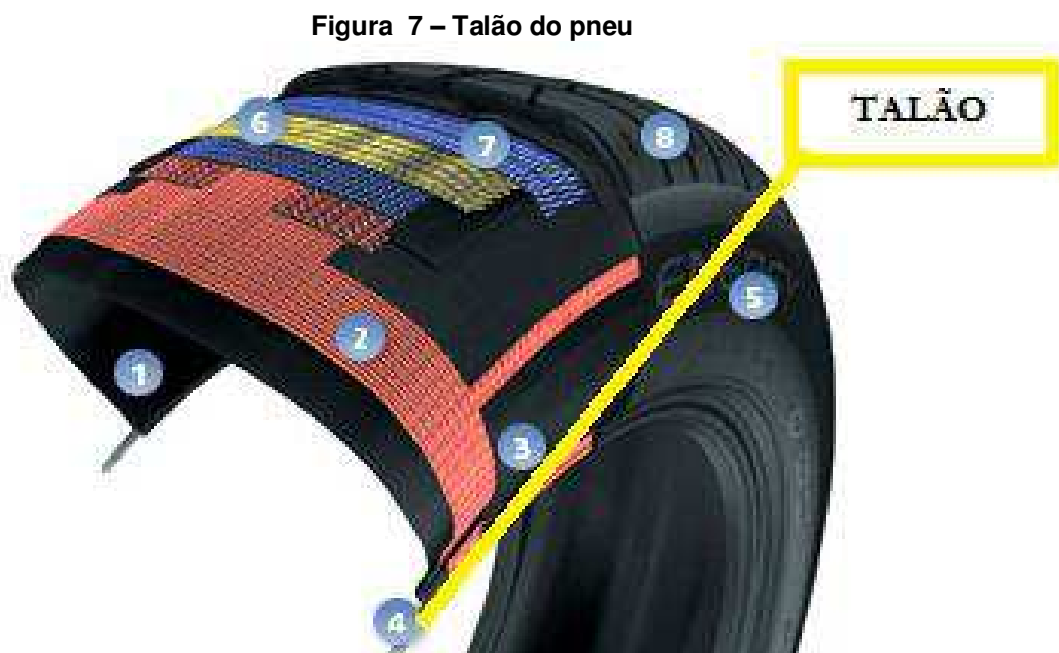


Fonte: Michelin, adaptado pelos autores, 2018.

A borracha sofre com impactos sofridos pelo pneu e se deforma com o tempo, por isso existe a carcaça, que serve para junto à banda de rodagem, suportar os esforços gerados pelo aquecimento do motor, impactos externos. Ela é composta de poliéster e nylon ou aços, como se pode ver na representação da carcaça na figura 6. (Michelin, 2018).

#### 2.1.1.4 Talão

O talão é a parte do pneu cuja estrutura é rígida e quase inflexível e serve para fixar o pneu na roda do carro. Podemos identificar o talão no figura 7. (Michelin, 2018).



Fonte: Michelin, adaptado pelos autores, 2018.

Além disso, o talão evita vazamentos e permite que o pneu mantenha o seu formato e posição enquanto está sendo utilizado. Essa parte é composta por fios de aço, revestidos com cobre e posteriormente com borracha, que evitam a oxidação. (Michelin, 2018).

### 2.1.1.5 Lateral

A lateral representada na figura 8 tem esse nome, pois fica no lado do pneu e possui uma borracha um pouco mais resistente que a da banda de rodagem. (Michelin, 2018).



Fonte: Michelin, adaptado pelos autores, 2018.

Essa camada mais resistente serve para impedir danos no caso de um possível impacto tangencial a lateral da roda, como as encostas no meio fio, assim como vemos no exemplo da figura 8. (Michelin, 2018).

### 2.1.1.6 Estanque

Alguns pneus ainda possuem o estanque, ele é basicamente uma camada extra de borracha dentro do pneu, que serve para aumentar a vedação da superfície do pneu com a roda, como é possível observar na figura 9. (Michelin, 2018).



Figura 9 – Estanque do pneu



Fonte: Michelin, adaptado pelos autores, 2018.

#### 2.1.1.7 Ombros

Os ombros do pneu estão atrelados à banda de rodagem e é onde o pneu sofre maior desgaste, o que ocorre principalmente durante as curvas. É possível ver onde se localiza o ombro do pneu na imagem representada na figura 10. (Bridgestone, 2018).

Figura 10 – Ombro do pneu



Fonte: Michelin, adaptado pelos autores, 2018.

## **2.2 RECAUCHUTAGEM**

“[...] Recauchutar: 1. cobrir (pneu) com nova camada de borracha. 2. Restaurar (o que está gasto pelo uso)[...]”. (Minidicionário contemporâneo da língua portuguesa, Caldas Aulete, 2011, p.740).

O ato de cobrir o pneu com uma nova camada de borracha consiste em, trocar a banda de rodagem e o ombro do pneu por novos, quando os mesmos estão desgastados ou sofreram alguma avaria e não podem oferecer aos passageiros do veículo a segurança adequada, segundo determina as normas estabelecidas. (CAETANO, 1986).

### **2.2.2 Recauchutagem a frio e a quente**

A grande vantagem na recauchutagem a frio em relação a quente é a durabilidade do pneu, por vezes considerado processo que confere melhor estética e se assemelha mais a um pneu novo, a recauchutagem a quente torna a vida útil do pneu recauchutado menor se comparado ao processo a frio. (CAETANO, 2008).

### **2.2.3 Diferenças entre recauchutagem e recapagem**

No processo de recauchutagem o pneu recebe nova banda de rodagem e novo ombro, já no processo de recapagem de pneus é aplicada somente uma nova borracha: no local onde estava a borracha da banda de rodagem desgastada, é trocado somente o superficial. (CAETANO, 2008).

### **2.2.4 Vulcanização**

O processo de transformação do látex em borracha recebe o nome de Vulcanização. O látex obtido da seringueira é precipitado originando uma substância viscosa, a borracha natural. O uso da borracha natural é restrito por ser facilmente alterada segundo a temperatura, nos dias mais frios a borracha fica quebradiça,

enquanto que em dias mais quentes o material apresenta uma característica mais gosmenta. Sendo assim, a massa viscosa obtida do látex é aquecida com enxofre originando a borracha vulcanizada. Esse tipo de borracha é mais resistente porque não recebe influência em relação à temperatura, é também bastante elástica e resistente a atritos. (NUNES, 2014)

### 2.3 FILOSOFIA LEAN

A expressão *Lean Manufacturing* foi tema de uma pesquisa que difundiu ao mundo a filosofia de produção enxuta, em 1980, pelo Instituto de Tecnologia de Massachusetts (*Massachusetts Institute of Technology – MIT*). Essa pesquisa exclusiva sobre a indústria automobilística teve como resultado o livro “A Máquina que Mudou o Mundo” (*The Machine that Changed the World*), de Womack, onde a expressão *Lean Manufacturing* foi citada pela primeira vez na história. (WOMACK, 2007).

A filosofia *Lean Manufacturing*, em português, Manufatura Enxuta, representa um mercado cada vez mais promissor, onde não há espaço para desperdícios. Mais que uma metodologia, uma filosofia de produção que se baseia em eliminar sete desperdícios: Produção em excesso, espera, movimentação desnecessária, transporte em excesso, processamento, retrabalho e estoque. A Lean é a resposta da excelência de um novo modelo de produção, uma estratégia de negócios altamente aplicada no cenário atual das indústrias. Cada vez mais as empresas procuram uma forma de agregar valor ao produto final, eliminando desperdícios, diminuindo os gastos com estoque e acima de tudo colocando a disposição do mercado um produto de qualidade, competitivo e por muitas vezes seletivo. Dentro da filosofia *Lean*, existem várias ferramentas disponíveis para aplicá-la e gerenciá-la, dentre elas está o 5S, a Gestão Visual, o Kaizen e o *Brainstorming*. (KOBAYASHI, 2009).

Para Werkema (2006) o *Lean Manufacturing* é uma iniciativa que busca diminuir ou mesmo eliminar os desperdícios, o que presume, excluir o que não tem valor para o cliente e aumentar a produtividade da empresa. A origem da filosofia de produzir de forma enxuta aconteceu no fim da Segunda Guerra Mundial, exatamente no momento que a indústria japonesa passava por uma crise financeira,

causada pela baixa produtividade e pela falta de recursos. Foi nesse momento que a Toyota, fabricante japonesa de automóveis, desenvolveu por meio do seu CEO, Taiichi Ohno, um método de produção revolucionário para época, o TPS (*Toyota Production System*), com o objetivo de aumentar a eficiência e produtividade da fábrica e eliminar todos os desperdícios, reduzindo os custos dos processos internos e aumentando a qualidade dos produtos e a produtividade da empresa. (WOMACK, 1990).

De acordo com Schlünzen (2003), a tradução do inglês do termo *Lean* quer dizer enxuta, que quer dizer eliminar os desperdícios relacionados ao trabalho, em termos de tempo, energia, dinheiro e materiais, gerando um compromisso em produzir com perfeita qualidade, com redução de custos e com o envolvimento de todas as pessoas em todos os níveis de decisão.

Foi baseado nesse significado *Lean*, que Womack (1998), afirma que manter uma organização produtiva depende da habilidade da diretoria da empresa de flexibilizar e inovar sempre buscando efetuar melhorias contínuas, que sejam capazes de direcioná-la para uma maior competitividade no mercado, de forma a garantir sempre a qualidade do produto e dos processos.

## **2.4 MEIO AMBIENTE X SUSTENTABILIDADE**

Em nenhuma outra época da história até a atualidade, se falou tanto sobre meio ambiente e sustentabilidade, os cientistas e governantes, entidades não governamentais e a população se reúnem em todo o planeta para discutir o tema. E a resposta de todas as perguntas dessas convenções é basicamente a mesma: políticas de conservação do meio ambiente. Entretanto, quando falamos de sustentabilidade é preciso ponderar que a sociedade precisa de políticas ambientais, mas precisam também que elas sejam viáveis economicamente. (ROSA, et al., 2012).

Encontrar soluções sustentáveis é buscar projetos passíveis de serem realizados por todas as camadas sociais da sociedade, por vezes atendendo mais a uma que a outras, mas viáveis financeiramente para que diferentes governos ao redor do mundo possam aplicar. (ROSA et al., 2012).

### **3 METODOLOGIA**

A metodologia foi baseada em um estudo de caso único, embasada em um processo de uma pesquisa bibliográfica, Volpato (2000) orienta que se tenha claro o tema da pesquisa e a partir dessa premissa busque caminhos que podem indicar como chegar a um resultado ou, dar base para o prosseguimento de uma pesquisa, baseada em fatos e estudos antes publicados.

É com base na metodologia que os estudos compõem dados, análises dos tipos de abordagens, cenários, público alvo, propósitos e classificações, todos em função de formular um procedimento coerente e fundamento para apresentação dos resultados.

#### **3.1 TIPOS DE PESQUISA**

Para YIN (2001), existem muitos métodos de realizar uma pesquisa e cada uma delas depreende diferentes estratégias, para que seja possível alcançar um resultado satisfatório e apresentar o estudo como fonte de futuras pesquisas.

\_Essas e outras escolhas representam estratégias de pesquisa diferentes (a discussão seguinte enfoca somente cinco escolhas, mas não tenta catalogar nenhuma delas). Cada uma dessas estratégias representa uma maneira diferente de se coletar e analisar provas empíricas, seguindo sua própria lógica. E cada uma apresenta suas próprias vantagens e desvantagens. Para obter o máximo de uma estratégia de estudo de caso, você precisa conhecer essas diferenças. (Yin, 2001, p. 21).

Yin (2001) descreve que três propósitos para definir devem comparecer em todo levantamento de dados, mas não de forma hierárquica, mesmo que por vezes o estudo trate a exclusão de uma ou mais estratégias, é possível que elas estejam presentes, associadas, num mesmo trabalho. Entretanto ele acredita que é preciso tê-los bem definidos em cada passo, podendo se trabalhar sem hierarquia com as três propósitos estratégicos: exploratório, descritivo e explanatório. Assim sendo, segue-se ao plano de estratégia apresentado na figura 11, a seguir.

**Figura 11 – Situações relevantes para diferentes estratégias de pesquisas**

estratégia	forma da questão de pesquisa	exige controle sobre eventos comportamentais?	focaliza acontecimentos contemporâneos?
experimento	como, por que	sim	sim
levantamento	quem, o que, onde, quantos, quanto	não	sim
análise de arquivos	quem, o que, onde, quantos, quanto	não	sim/não
pesquisa histórica	como, por que	não	não
estudo de caso	como, por que	não	sim

Fonte: Estudo de caso: Planejamento e Métodos (2011)

### 3.2 ÁREA DE REALIZAÇÃO

Com base no quadro de situações relevantes para diferentes estratégias de pesquisas, apresentado na figura 11, associado ao estudo de caso na empresa Alfa, este Trabalho de Graduação será desenvolvido.

O trabalho apresenta um estudo de caso de recauchutagem, antes do processo, durante e o resultado final do pneu recauchutado, baseando-se estes resultados em pesquisas bibliográficas e artigos científicos publicados, para reafirmar a vantagem, considerando o impacto ao meio ambiente em recauchutar pneus usados.

\_a pesquisa bibliográfica busca a resolução de um problema (hipótese) por meio de referenciais teóricos publicados, analisando e discutindo as várias contribuições científicas. Esse tipo de pesquisa trará subsídios para o conhecimento sobre o que foi pesquisado, como e sob que enfoque e/ou perspectivas foi tratado o assunto apresentado na literatura científica. Para tanto, é de suma importância que o pesquisador realize um planejamento sistemático do processo de pesquisa, compreendendo desde a definição temática, passando pela construção lógica do trabalho até a decisão da sua forma de comunicação e divulgação. (Bocato, 2006, p. 266).

A metodologia foi aplicada utilizando-se da Filosofia *Lean*, com base na eliminação dos desperdícios e custos, levando-se em conta a segurança dos funcionários na realização das atividades.

O desenvolvimento do trabalho está fundamentado na busca da empresa Alfa em adquirir clientes sempre com a excelência do resultado final do seu processo e apresentá-los às vantagens econômicas e ecológicas da recauchutagem a frio.

## 4 ESTUDO DE CASO

### 4.1 EMPRESA ALFA

O estudo de caso foi realizado em uma empresa que atua no segmento de recauchutagem de pneus a frio, localizada no Vale do Paraíba e que neste TG será denominada como “Empresa Alfa”.

Nesta fase, foi realizada a coleta de dados, através do acompanhamento do processo por 5 dias úteis, presumindo desde a chegada do cliente que deseja recauchutar os pneus, até a entrega final do produto.

### 4.2 PROCESSO

O processo foi analisado desde a chegada do cliente com o pneu a ser recauchutado até a entrega do pneu recauchutado para o mesmo, de acordo com o cronograma representado na tabela 1.

**Quadro 1 – Cronograma de recauchutagem por caminhão**

<b>ETAPAS</b>	<b>1° DIA</b>	<b>2° DIA</b>	<b>3° DIA</b>	<b>4° DIA</b>	<b>5° DIA</b>
Chegada do Caminhão					
Limpeza do Pneu					
Inspeção Visual					
Raspa					
Escareação					
Conserto					
Construção					
Montagem					
Vulcanização					
Inspeção Final					
Entrega					

Fonte: Empresa Alfa.



O preenchimento dos quadros é feito conforme o serviço ocorre, como no caso da tabela 1, o serviço de vulcanização, por exemplo, teve início no quarto dia útil de trabalho, logo foi preenchido no quarto dia da tabela.

#### 4.2.1 Chegada do caminhão ou carro de carga

O pneu que chega à empresa Alfa é desmontado por funcionários, como na figura 12, ao mesmo tempo é realizado um cadastro do cliente, onde será discriminado o serviço a ser realizado.

**Figura 12 – Pneus desmontados logo quando chegam à empresa Alfa**



**Fonte: Empresa Alfa**

Depois de desmontado do caminhão ou veículo de carga e de realizado o cadastro do cliente, o pneu é direcionado para o setor de limpeza.

#### 4.2.2 Limpeza

Nessa fase o pneu é colocado numa máquina, onde é girado por um pedal manual, enquanto o pneu gira o operador o escova para retirada de poeira e barro, após é passado um pano úmido para retirar os resquícios que permaneceram do processo anterior de limpeza.

### 4.2.3 Inspeção Visual

Nessa etapa, um operador treinado e certificado pelo INMETRO, avalia de forma visual se há cortes ou trincas no pneu, no caso desses cortes ultrapassarem a banda de rodagem, atingindo o arame, o pneu é recusado para recauchutagem.

O INMETRO não chega a especificar quantas vezes o mesmo pneu pode ser recauchutado, mas informa as condições que o pneu deve ter e as dimensões máximas de profundidade para fazer a raspagem. Entretanto a empresa tem por prática interna realizar no máximo duas vezes o processo de recauchutagem no mesmo pneu, oferecendo a garantia.

### 4.2.4 Raspa

Depois de realizada a etapa de limpeza, a carcaça passa por um processo de raspa, nele o pneu é raspado até o limite de diâmetro definido pelo fabricante, a diferença do pneu raspado para o pneu sem raspa é apresentado na figura 13.

**Figura 13 – Pneu raspado, com parte ainda por receber a raspa**



Fonte: Empresa Alfa

O processo ocorre em uma máquina movida a um pedal manual, semelhante a máquina do processo de limpeza, onde enquanto gira o pneu é raspado pelo operador qualificado.

#### 4.2.5 Escareação

Nessa parte do processo, o pneu na mesma máquina, passa por pequenos cortes e arranhões, que servem para aumentar a aderência dele à nova capa de borracha. Nessa mesma etapa é verificado o estado do arame que fica por baixo da banda de rodagem. Com equipamento específico, o operador lixa o arame até que forme um furo na banda até o arame, para que seja possível verificar se existe infiltração na banda de rodagem e possíveis pontos de ferrugem.

Nesse ponto do processo, os operadores conseguem avaliar a extensão do conserto, por isso é nesse momento que o cliente é contatado pela administração da empresa Alfa para informar o orçamento, que o cliente autoriza ou não. No caso de autorizado o serviço segue para parte do conserto, caso não o pneu é descartado. Quando o serviço de recauchutagem é autorizado pelo cliente, o pneu que é colocado na gancheira, como na figura 14, e segue para o conserto.

**Figura 14 – Pneu na gancheira depois de raspado e escareado, aguardando o conserto**



**Fonte: Empresa Alfa**

No caso de ser detectada ferrugem no arame durante a escareação, o pneu é recusado para o processo de recauchutagem e descartado, pois não é possível garantir as características do arame e com isso manter a segurança do pneu se comparado ao pneu novo.

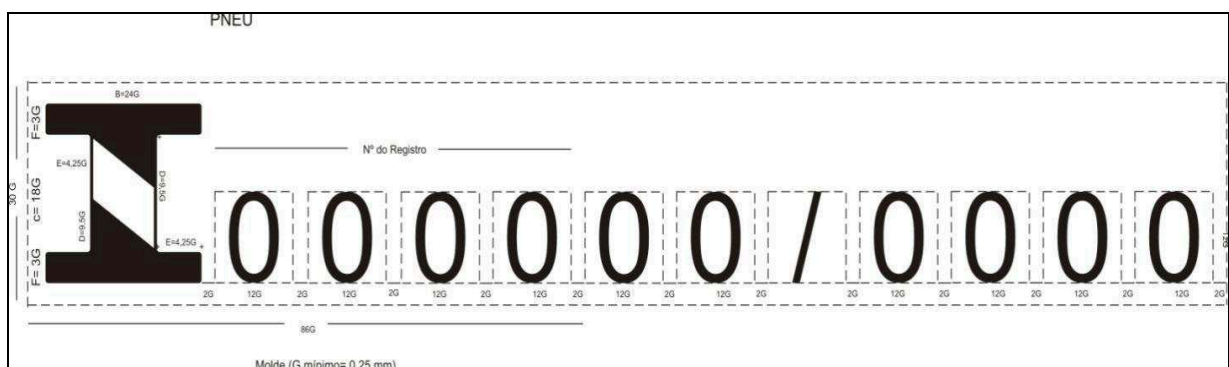
#### 4.2.6 Conserto

É nessa fase do processo que são tiradas as medidas do pneu e cortada a banda de rodagem, passada a cola na banda ela é colocada no pneu e colocada numa prateleira para secar, o tempo que o pneu espera para secagem da nova banda é determinado cura.

#### 4.2.7 Construção

Essa etapa inclui um período de pré-cura: nela a banda de rodagem é aplicada a um coxim de ligação. Após é borrifada uma cola no pneu raspado e escareado, e o pneu permanece numa gancheira por meia hora para secagem da cola, o período de cura. Nessa etapa é aplicada uma etiqueta padrão, visto na figura 15.

**Figura 15 – Modelo etiqueta do INMETRO**



**Fonte: Ministério do desenvolvimento**

A etiqueta segue o padrão definido pela portaria 554, do dia 29 de outubro de 2015, do ministério do desenvolvimento, Indústria e Comércio Exterior, na secretaria do INMETRO.

### 4.2.8 Montagem

Na montagem é aplicada uma camada de borracha entre o pneu e a banda de rodagem, que já passou pelo processo de cura no conserto e já está de acordo com as medidas do pneu. Para aplicação da banda, o pneu é colocado na roletadeira que funciona através de pedais, visualizada na figura 16, e o operador vai esticando a nova banda sob o pneu de forma a ajustá-la da melhor forma possível, evitando a formação de bolhas. Depois de aplicada o operado grampeia as emendas do pneu com uma pistola específica para o processo.

**Figura 16 – Roletadeira**



**Fonte: Empresa Alfa**

Para finalizar o processo de construção, o pneu é colocado numa máquina que ajusta o pneu ao eixo, de forma automática, o ajuste é feito com a câmara de ar já instalada. Para seguir para autoclave o pneu é envelopado por uma borracha termoencolhível, como é possível observar na figura 17.

**Figura 17 - Pneu sendo preparado para vulcanização**



**Fonte: Empresa Alfa**

Após serem envelopados, que auxilia no processo de vácuo na autoclave, o pneu segue para a vulcanização da forma representada na figura 18 abaixo.

**Figura 18 - Pneu envelopado, pronto para o processo de vulcanização**



**Fonte: Empresa Alfa**

#### 4.2.9 Vulcanização

Nessa parte do processo as temperaturas são altamente controladas, pois dentro da autoclave, apresentada na figura 19, o pneu passa pela curagem, após ter sido envelopado na fase construção.

**Figura 19 - Autoclave**



**Fonte: Empresa Alfa**

O processo de vulcanização dura em média 120 minutos, a aproximadamente 100°C, e são realizados em 12 pneus por vez, na mesma autoclave. Na empresa Alfa há duas autoclaves disponíveis, que são alimentadas por uma caldeira, na qual é utilizada madeira, certificada, como combustível.

#### 4.2.10 Inspeção final

Ao fim do processo de 120 minutos na autoclave, o operador retira a borracha termoencolhível, aplicada na fase de montagem e realiza uma nova inspeção visual, que é necessária para verificar se há rachaduras, bolhas ou trincas que não

puderam ser observadas anteriormente à recauchutagem. Nessa etapa, a câmara de ar também é cheia por operadores certificados e assim o pneu é destinado para área de estoque, pois já foi finalizado e está liberado para o cliente, como se pode ver na figura 20.

**Figura 20 - Pneu ao final do processo na área de estoque**



**Fonte: Empresa Alfa**

No caso de ser encontrada alguma imperfeição nessa etapa, o pneu é descartado e um pneu novo é fornecido para o cliente, pois não foi possível identificar antes do serviço o defeito e recusar o pneu.

#### **4.2.11 Entrega**

Ao fim da recauchutagem e com o pneu na área de estoque, o cliente é informado pelo setor administrativo que o pneu está disponível para retirada, nesse momento é lançado um pedido com os dados do cliente e o número da ordem de serviço, e lançado um boleto para pagamento. Se o cliente não fizer a retirada do



pneu em até 90 dias, o pneu é vendido pela empresa Alfa, seguindo as cláusulas contratuais assinadas pelo cliente na solicitação do serviço.

#### **4.3 DESCARTE DO MATERIAL EXCEDENTE E INUTILIZADO**

Durante o processo de raspa, há um aspirador, que podemos observar na figura 21, que recolhe as sobras de borracha da raspa e as direciona para um local onde são armazenados as sobras. Após estar cheio o local, o material de sobressalente é direcionado à Polícia Militar do Estado de São Paulo, onde são utilizados para confecção de tatames.

**Figura 21 - Aspirador de raspa**



**Fonte: Empresa Alfa**

No caso dos pneus que são recusados na inspeção anterior ao processo de recauchutagem a frio, eles permanecem em local de estoque dentro da empresa Alfa, como é possível de ser visto na figura 22, e que, após atingida capacidade do

local são direcionados para o descarte em terreno na cidade de Taubaté, administrado pela Prefeitura Municipal de Taubaté.

**Figura 22 - Área de descarte interno da empresa Alfa**

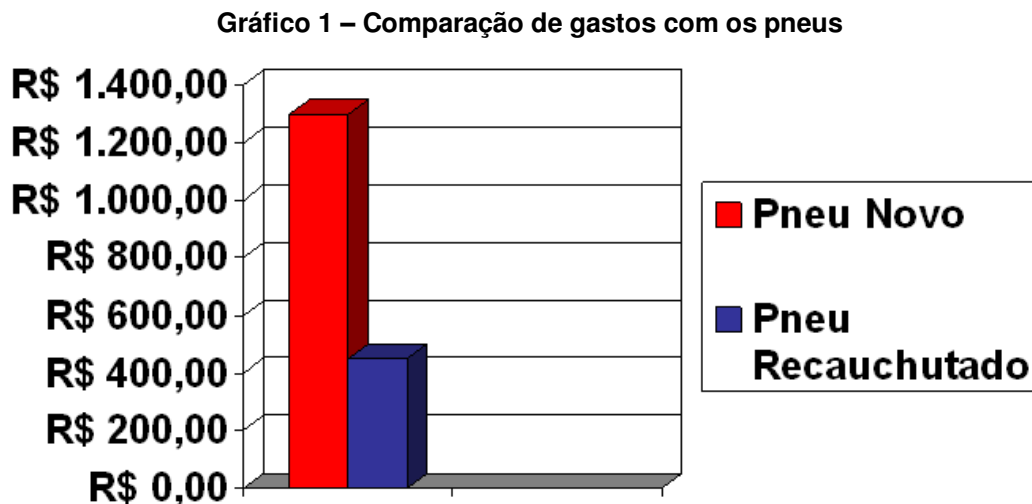


**Fonte: Empresa Alfa**

Especialistas da prefeitura declararam, em entrevista para TV Câmara, que 25% dos pneus podem ser reaproveitados em outros projetos, quando não podem ser recauchutados.

## 5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Em se tratando de comparar os custos em relação a um pneu novo pode se avaliar que o fabricante vende o mesmo pneu recauchutado, novo por um preço aproximadamente três vezes maior que o valor médio do serviço de recauchutagem, que fica em torno de R\$450,00, como representado no gráfico 1.



Fonte: Autor

Na perspectiva da empresa Alfa, praticar um preço acessível é muito importante para a empresa manter-se competitiva no setor. Diante desse cenário a empresa de redução de custos, baseando-se na diminuição de desperdício, o primeiro passo para reduzir os custos do processo foi substituir a alimentação da autoclave de óleo diesel por uma caldeira. Utilizando óleo diesel a empresa Alfa gastava em média R\$300,00 por semana, enquanto que, com o uso da madeira certificada como combustível na caldeira, a empresa passou a gastar em média R\$120,00 por semana. O segundo passo foi operar com trabalhadores treinados e destinar cada área da empresa Alfa para determinada atividade, reduzindo os custos com defeitos e espera.

Tratando-se do aspecto ambiental, em média no Brasil, por ano, são descartadas 450 mil toneladas de pneu, o que equivale a cerca de 90 milhões de unidades, segundo pesquisa realizada pelo Sest Senat de 2008. Com um tempo médio de 600 anos para se decompor, como apresentado neste TG, só a empresa Alfa deixa de aumentar nessa conta 8100 pneus por ano, os quais, ao invés de serem descartados, são recauchutados e podem permanecer rodando.

## 6 CONCLUSÃO

De acordo com o que foi apresentado nesse TG, concluímos que a recauchutagem a frio, analisada sob a ótica *Lean*, buscando reduzir os custos e desperdícios do processo para manter a competitividade da empresa no mercado, é uma solução bastante viável para quem deseja economizar na hora de trocar os pneus usados, visto que a recauchutagem de pneus representa para o cliente uma economia de ao menos 65%, o que representa um lucro significativo sobre o valor agregado.

E é possível agregar valor ambiental ao processo, visto que o impacto ao meio ambiente pode ser reduzido aumentando-se a vida útil do pneu.

Durante o processo de análise do caso, foi possível observar que a maioria dos clientes busca recauchutar os pneus exclusivamente pela economia e, mesmo não sendo o foco do cliente, quando contrata o serviço ele auxilia e contribui para um mercado alternativo de reutilização e preservação do meio ambiente, por meio da ampliação da vida útil do pneu.

## REFERÊNCIAS

ABRANTES, J. **Como o programa dos oito sentidos (8S) pode ajudar na educação e qualificação profissional, reduzindo custos, aumentando a produtividade e combatendo o desemprego.** XVIII Encontro Nacional de Engenharia de Produção, Niterói (1998). Disponível em <[http://www.abepro.org.br/biblioteca/ENEGEP1998\\_ART106.pdf](http://www.abepro.org.br/biblioteca/ENEGEP1998_ART106.pdf)>. Acesso em 17 de Setembro de 2018.

**A história do pneu.** Disponível em: <<https://www.michelin.com.br/home.html>> Acesso em 10 de Outubro de 2018, às 16h.

**Aplicação do lean manufacturing em plantas de recapagem de pneu.** Disponível em: <[http://www.inovarse.org/sites/default/files/T11\\_0383\\_2142.pdf](http://www.inovarse.org/sites/default/files/T11_0383_2142.pdf)> Acesso em 20 de Setembro de 2018, às 17h.

BOCCATO, V. R. C. **Metodologia da pesquisa bibliográfica na área odontológica e o artigo científico como forma de comunicação.** Univ. Cidade São Paulo, São Paulo, 2006.

CAETANO, J. L. M. **O pneu. Comportamento do pneu: Desgaste. Recauchutagem de pneus. Processos de recauchutagem.** Textos preparados para acção de Formação na empresa Rec. S. Mamede, 2008.

CAETANO, J. L. M. **Vulcanização: Métodos e Equipamentos.** Curso Tecnologia da Bor. (LNETI), 1986.

**Cerca de 450 mil toneladas de pneus são descartados por ano no Brasil.** Disponível em: <<http://www.sestsenat.org.br/imprensa/noticia/cerca-de-450-mil-toneladas-de-pneus-sao-descartados-por-ano-no-brasil>>. Acesso em 17 de Setembro de 2018, às 22h.

FEITOSA, Charles. **Explicando Filosofia com a Arte.** Rio de Janeiro, Ediouro, 2004

**Borracha.** Disponível em: <<https://www.ctborracha.com>>. Acesso em 21 de Setembro de 2018, às 8h.

KOBAYASHI, E. KOBAYASHI, E. **The truth about Toyota and TPS.** 2nd. ed. Prodinova: 2009.

YIN, Roberto k. **Estudo de caso: Planejamento e Métodos.** 2. ed. Porto Alegre: Bookman, 2001.

NUNES, E. C.D.N. **Polímeros: Conceitos, Estrutura Molecular, Classificação e Propriedades.** Érica, 2014.

ROSA, A.; FRACETO, L.; MOSCHINI-CARLOS, V. **Meio ambiente e sustentabilidade.** 1.ed. São Paulo: Bookman, 2012. 412 p.

SCHLUNZEN, K.J. **Aprendizagem, Cultura e Tecnologia: Desenvolvendo potencialidades corporativas.** São Paulo: Unesp, 2003

**Taubaté inaugura novo eco ponto.** Disponível em:  
<http://tvctaubate.blogspot.com/2010/08/taubate-inaugura-ecoponto.html>. Acessado em 31 de Outubro de 2018, as 14h.

TOMPKINS, Eric. **The history of the pneumatic.** Lavenham: Suffolk, 1981.

VOLPATO, E. S. N. **Pesquisa bibliográfica em ciências biomédicas.** 2. ed. J. Pneumol., São Paulo, p. 77-80. 2000.

WERKEMA, M.C.C. **Lean Seis Sigma – Introdução às Ferramentas do Lean Manufacturing.** 1. ed. Belo Horizonte: Werkema, 2006

WOMACK, J. P. **The Machine that Changed the World: The Story of Lean Production - Toyota's Secret Weapon in the Global Car Wars That Is Now Revolutionizing World Industry.** 2nd ed. New York: Free Press, 2007.