



Universidade Federal de Ouro Preto  
Instituto de Ciências Exatas e Aplicadas  
Departamento de Engenharia de Produção



## **Trabalho de Conclusão de Curso**

**Aplicação de ferramentas da qualidade em um processo de recapagem de pneus em uma organização do Médio Piracicaba de Minas Gerais**

**Ana Luiza Lopes dos Santos**

**João Monlevade, MG  
2020**

**Ana Luiza Lopes dos Santos**

**Aplicação de ferramentas da qualidade em um  
processo de recapagem de pneus em uma  
organização do Médio Piracicaba de Minas Gerais**

Trabalho de Conclusão de curso apresentado à Universidade Federal de Ouro Preto como parte dos requisitos para obtenção do Título de Engenheiro de Produção pelo Instituto de Ciências Exatas e Aplicadas da Universidade Federal de Ouro Preto.

Orientador: Prof. Diego Fernandes Pantuza Moura

**Universidade Federal de Ouro Preto  
João Monlevade  
2020**

## SISBIN - SISTEMA DE BIBLIOTECAS E INFORMAÇÃO

S237a Santos, Ana Luiza Lopes dos .  
Aplicação de ferramentas da qualidade em um processo de  
recapagem de pneus em uma organização do Médio Piracicaba de Minas  
Gerais. [manuscrito] / Ana Luiza Lopes dos Santos. - 2020.  
51 f.: il.: color., gráf., tab..

Orientador: Prof. Me. Diego Fernandes Pantuza Moura.  
Monografia (Bacharelado). Universidade Federal de Ouro Preto.  
Instituto de Ciências Exatas e Aplicadas. Graduação em Engenharia de  
Produção .

1. Gestão da qualidade total. 2. Ferramentas - Controle de qualidade.  
3. Qualidade dos produtos - Pneumáticos. I. Moura, Diego Fernandes  
Pantuza. II. Universidade Federal de Ouro Preto. III. Título.

CDU 658.56

Bibliotecário(a) Responsável: Flavia Reis - CRB6-2431



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO  
UNIVERSIDADE FEDERAL DE OURO PRETO  
REITORIA  
INSTITUTO DE CIÊNCIAS EXATAS E APLICADAS  
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO - ICEA



**FOLHA DE APROVAÇÃO**

**Ana Luiza Lopes dos Santos**

**Aplicação de ferramentas da qualidade em um processo de recapagem de pneus em uma organização do médio Piracicaba de Minas Gerais**

Monografia apresentada ao Curso de Engenharia de Produção da Universidade Federal de Ouro Preto como requisito parcial para obtenção do título de Graduação em Engenharia de produção

Aprovada em 12 de novembro de 2020

Membros da banca

[Me.] - Diego Fernandes Pantuza Moura - Orientador(a) (Universidade Federal de Ouro Preto)

[Dr.] - Jean Carlos Machado Alves - (Universidade Federal de Ouro Preto)

[Dra.] - Luciana Paula Reis - (Universidade Federal de Ouro Preto)

Diego Fernandes Pantuza Moura , orientador do trabalho, aprovou a versão final e autorizou seu depósito na Biblioteca Digital de Trabalhos de Conclusão de Curso da UFOP em 15/12/2020



Documento assinado eletronicamente por **Diego Fernandes Pantuza Moura, PROFESSOR DE MAGISTERIO SUPERIOR**, em 15/12/2020, às 11:14, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



A autenticidade deste documento pode ser conferida no site [http://sei.ufop.br/sei/controlador\\_externo.php?acao=documento\\_conferir&id\\_orgao\\_acesso\\_externo=0](http://sei.ufop.br/sei/controlador_externo.php?acao=documento_conferir&id_orgao_acesso_externo=0), informando o código verificador **0115649** e o código CRC **28C1D87B**.

Referência: Caso responda este documento, indicar expressamente o Processo nº 23109.009771/2020-10

SEI nº 0115649

R. Diogo de Vasconcelos, 122, - Bairro Pilar Ouro Preto/MG, CEP 35400-000  
Telefone: - www.ufop.br

# Agradecimentos

Agradeço primeiramente a Deus, à Ele toda honra e toda glória.

Minha eterna gratidão à minha família pelo apoio e amor incondicional e pelas suas orações que me ajudaram a prosseguir. Por sempre acreditaram em mim e me ensinaram que tudo que eu quero eu posso conquistar.

A todos meus amigos que me incentivaram, proporcionaram histórias inesquecíveis e momentos de alegria, pela força e companheirismo.

À República TPM, por ter sido minha casa, meu refúgio e minha segunda família durante os 5 anos da faculdade.

À UFOP, principalmente ao Instituto de Ciências Exatas e Aplicadas, seus docentes e colaboradores, por todas as experiências proporcionadas, por contribuírem tanto para o meu aprendizado e desenvolvimento, e por ser um ambiente de transformação para as pessoas.

Ao meu orientador, Diego Pantuza, pelos ensinamentos, dicas e total disponibilidade na orientação deste trabalho.

*"A persistência é o menor caminho do êxito".  
(Charles Chaplin)*

# Resumo

A qualidade é fator essencial para a sobrevivência das empresas, que necessitam estar em constante busca por melhorias nos processos, produtos e serviços. Neste contexto, este trabalho teve como objetivo geral aplicar algumas ferramentas da qualidade no processo de recapagem de pneus, em uma reformadora localizada na região do Médio Piracicaba de Minas Gerais, com a finalidade de analisar o processo quanto à sua qualidade. Para o desenvolvimento do trabalho, o autor acompanhou o processo de recapagem para entender suas etapas e seu funcionamento. Posteriormente, verificou 322 pneus oriundos de 20 amostras, para coletar os dados necessários. Depois, utilizou algumas ferramentas da qualidade a fim de analisar a qualidade do serviço e interpretar todos os resultados gerados. Os resultados indicaram as não conformidades mais frequentes, e mostraram que embora o processo esteja sob controle estatístico da qualidade, o número de pneus defeituosos que chegam ao final do processo ainda é muito grande. Por fim, o autor sugeriu algumas adaptações e melhorias no processo, nas etapas relacionadas às não conformidades mais frequentes, a fim de diminuir a ocorrência de defeitos e, conseqüentemente, de pneus defeituosos e de retrabalho.

**Palavras-chave:** Gestão da qualidade, Recapagem de pneus, Ferramentas da qualidade.

# Abstract

Quality is an essential factor for the survival of companies, which need to be in constant search for improvements in processes, products and services. In this context, this study had as general objective to apply some quality tools in the tire retreading process, in a reformer located in Minas Gerais, Brazil, with the purpose of analyzing the process as to its quality. For the development of this study, the author followed the reform process to understand its stages and how it works. Subsequently, she verified 322 tires from 20 samples, to collect the necessary data. Then, she used some quality tools in order to analyze the quality of the service and interpret all the results generated. The results indicated the most frequent non-conformities, and showed that although the process is under statistical quality control, the number of defective tires that reach the end of the process is still very large. Finally, the author suggested some adaptations and improvements in the process, in the steps related to the most frequent non-conformities, in order to reduce the occurrence of defects and, consequently, defective tires and rework.

**Keywords:** Quality management, Tire retreading, Quality tools.

# Lista de ilustrações

Figura 1 – As Eras da Qualidade . . . . .	18
Figura 2 – Relação entre qualidade, Gestão da Qualidade e os elementos que a compõem. . . . .	19
Figura 3 – Simbologia utilizada em fluxogramas. . . . .	21
Figura 4 – Estrutura de um pneu radial. . . . .	26
Figura 5 – Fluxograma do processo de recapagem de pneus . . . . .	33
Figura 6 – Folha de verificação. . . . .	35
Figura 7 – Gráfico de controle P com tamanho médio das amostras. . . . .	36
Figura 8 – Gráfico de controle P com limites variáveis. . . . .	37
Figura 9 – Gráfico de controle P padronizado. . . . .	38
Figura 10 – Gráfico de controle P, com tamanho médio das amostras, recalculado. . . . .	39
Figura 11 – Gráfico de controle P, com limites variáveis, recalculado. . . . .	39
Figura 12 – Gráfico P padronizado recalculado. . . . .	40
Figura 13 – Gráfico de controle U com tamanho médio das amostras. . . . .	41
Figura 14 – Gráfico de controle para atributos U com limites variáveis. . . . .	41
Figura 15 – Gráfico de controle U padronizado. . . . .	42
Figura 16 – Gráfico de Pareto com as não conformidades. . . . .	43
Figura 17 – Diagrama de Ishikawa para Avarias. . . . .	44
Figura 18 – Diagrama de Ishikawa para Falhas no acabamento. . . . .	45
Figura 19 – Diagrama de Ishikawa para Falta ou Excesso de etiquetas. . . . .	46

# Lista de tabelas

Tabela 1 – Abordagens da Qualidade . . . . .	17
Tabela 2 – Não conformidades das amostras . . . . .	34

# Lista de abreviaturas e siglas

ABEPRO	Associação Brasileira de Engenharia de Produção
ABR	Associação Brasileira do Segmento de Reforma de Pneus
CNT	Confederação Nacional do Transporte
INMETRO	Instituto Nacional de Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial
LC	Linha Central
LIC	Limite Inferior de Controle
LIE	Limite Inferior de Especificação
LSC	Limite Superior de Controle
LSE	Limite Superior de Especificação

# Sumário

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO</b>	<b>14</b>
<b>1.1</b>	<b>Objetivos</b>	<b>15</b>
1.1.1	Objetivos gerais	15
1.1.2	Objetivos específicos	15
<b>1.2</b>	<b>Justificativa</b>	<b>16</b>
<b>2</b>	<b>REFERENCIAL TEÓRICO</b>	<b>17</b>
<b>2.1</b>	<b>Gestão da qualidade</b>	<b>17</b>
<b>2.2</b>	<b>Ferramentas da qualidade</b>	<b>20</b>
2.2.1	Fluxograma	20
2.2.2	Folhas de verificação	21
2.2.3	Gráfico de Pareto	22
2.2.4	Diagrama de Ishikawa	22
2.2.5	Gráfico de controle	23
2.2.5.1	Gráfico de controle para proporções (P)	24
2.2.5.2	Gráfico de controle para número de defeitos por unidade (U)	25
<b>2.3</b>	<b>Reforma de pneus</b>	<b>25</b>
<b>3</b>	<b>METODOLOGIA</b>	<b>29</b>
<b>4</b>	<b>APRESENTAÇÃO E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS</b>	<b>32</b>
<b>4.1</b>	<b>Caracterização da empresa</b>	<b>32</b>
<b>4.2</b>	<b>Aplicação das ferramentas da qualidade</b>	<b>33</b>
4.2.1	Folha de verificação	34
4.2.2	Gráficos de controle	35
4.2.3	Gráfico de Pareto	42
4.2.4	Diagrama de Ishikawa	44
4.2.5	Sugestões de melhorias	46
<b>5</b>	<b>CONSIDERAÇÕES FINAIS</b>	<b>49</b>
	<b>REFERÊNCIAS</b>	<b>50</b>

# 1 Introdução

No Brasil, até o ano de 2020, as estradas são os principais meio de escoamento da produção. Apenas a frota de caminhões cresceu 34% entre 2009 a 2017, como apontam a Confederação Nacional do Transporte (CNT, 2018) e, neste contexto, as empresas reformadoras de pneus podem se tornar grandes aliadas na gestão das frotas, como uma alternativa de redução de custos, tornando o transporte e a logística mais econômicos. De acordo com dados da Associação Brasileira do Segmento de Reforma de Pneus (ABR, 2019), ao optar pela reforma, o proprietário do pneu economiza até 75% do valor que usaria para adquirir um novo pneu, e a reforma gera no setor de transporte uma redução de até 57% do custo total por quilômetro rodado, proporcionando uma economia ao setor de transportes no Brasil em média de 7 bilhões de reais ao ano.

Segundo os dados da ABR (2019), o Brasil é o segundo país no mundo que mais reforma pneus, ficando atrás apenas dos Estados Unidos. Os dados ainda mostram que cerca de dois terços dos pneus de caminhões ou ônibus que circulam pelo país são reformados. Junto com a popularização da reforma, surgiram mais empresas prestadoras do serviço e clientes mais conscientes e exigentes. E como toda organização, a prestação de um serviço de qualidade é fundamental para que a empresa possa garantir sua sobrevivência no mercado competitivo.

Com o mercado cada vez mais competitivo, a preocupação com a qualidade tornou-se fator essencial para a sobrevivência das empresas, que necessitam estar em constante busca de melhorias nos processos, produtos e serviços, e por isso buscam técnicas de gestão para obter um melhor gerenciamento dos recursos, visando maior lucratividade juntamente com a fidelização e confiança dos clientes. Além disso, Paladini (2006) afirma que a necessidade pela qualidade dos produtos e serviços, decorrente geralmente do aumento de concorrências de variadas naturezas, motivou uma transformação radical no cenário produtivo.

Além da importância da qualidade do serviço pelos motivos econômicos já citados, também existe a questão da segurança. Um pneu em bom estado de conservação é peça fundamental para a segurança nas estradas, e neste sentido é fundamental que o pneu reformado esteja dentro de todas as especificações de conformidades para que volte a ser utilizado com total segurança e com o mesmo desempenho de um produto novo. O registro do processo de reforma pelo Instituto Nacional de Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial (INMETRO), teve papel importante na qualificação e na credibilidade da reforma (PNEWS, 2017). O setor é regulamentado no INMETRO pela Portaria nº 554 de 29 de outubro de 2015, onde está contido o Regulamento Técnico da Qualidade que estabelece os requisitos obrigatórios para o serviço de reforma de pneus para automóveis, camionetas, caminhonetes, veículos comerciais, comerciais leves e seus rebocados.

Por fim, a reforma de pneus além de ser uma opção econômica e segura, também é ecologicamente correta. A ABR (2019) afirma que o processo de reforma utiliza 80% menos CO<sub>2</sub> (dióxido de carbono) que seria necessário para a produção de um novo pneu. O pneu

reformado utiliza somente 25% de material usado na fabricação de um novo, economizando aproximadamente 57 litros de petróleo por pneu reformado, que representa uma economia de aproximadamente 798 milhões de litros de óleo diesel anualmente no Brasil. Além disso, os pneus de carga são reformados em média duas vezes, gerando três vidas para cada pneu, o que conseqüentemente posterga sua destinação final, reduzindo com isso os impactos negativos ao ambiente (LAGARINHOS; TENÓRIO, 2008).

No presente trabalho, será analisado o processo de recapagem de uma empresa reformadora de pneus, situada no Médio Piracicaba de Minas Gerais, que vinha recebendo uma significativa quantidade de reclamações de seus clientes sobre o acabamento final dos pneus reformados. Para essa análise, pretende-se utilizar algumas ferramentas da qualidade para identificação de possíveis pontos críticos do processo, que podem ser os responsáveis por não conformidades no pneu reformado e conseqüentes reclamações dos clientes.

A empresa estudada está situada em uma cidade cerca de 110 km da capital mineira Belo Horizonte, em uma rodovia federal que liga várias outras cidades e o estado do Espírito Santo à capital mineira. Sua posição geográfica é estratégica, pois a região possui uma importante malha ferroviária e rodoviária, responsável por ligar a cidade aos principais mercados e pontos de escoamento de produção no país atualmente, por isso há um grande fluxo de veículos na rodovia e, conseqüentemente, muita utilização e desgaste de pneus.

## 1.1 Objetivos

### 1.1.1 Objetivos gerais

O presente trabalho tem como objetivo analisar o processo produtivo de recapagem de pneus, a partir da aplicação de algumas ferramentas da qualidade, em uma organização da região do Médio Piracicaba de Minas Gerais.

### 1.1.2 Objetivos específicos

- Compreender o processo de recapagem de pneus utilizado pela organização;
- Verificar se as amostras que chegam no setor de exame final, última etapa do processo de recapagem, atendem aos padrões de conformidade, segundo normas e parâmetros do setor;
- Realizar a análise dos dados coletados utilizando cartas de controle, gráfico de Pareto e diagrama de Ishikawa;
- Propor ações para melhorias no processo.

## 1.2 Justificativa

O interesse do tema proposto surgiu pela relevância da gestão da qualidade no processo de reforma de pneus, por diversas razões. Uma melhora nesse processo, além de possibilitar um bom posicionamento da empresa no mercado de reforma de pneus, também reflete em melhorias para a sociedade.

Uma delas, já citada na introdução, é garantir a qualidade e segurança do pneu reformado, por se tratar de um item de extrema importância para a segurança nas estradas. Um pneu reformado deve ser tão seguro quanto um pneu novo, e a forma de garantir isso é cuidando da qualidade do processo de reforma.

A reforma de pneus também é importante para a economia de famílias que se sustentam através do transporte rodoviário (sejam caminhoneiros autônomos ou empresas de transporte), por ser consideravelmente mais barato que a aquisição de um pneu novo.

Outro benefício da reforma para a sociedade está relacionado com o meio ambiente. Como já comentado, a reforma de pneus utiliza uma quantidade significativamente menor de material em seu processo, comparado ao que seria utilizado na fabricação de um pneu novo. E também, de evitar que o pneu seja descartado no meio ambiente logo após sua primeira vida útil, o que, conseqüentemente, reduz a quantidade de pneus descartados e o impacto ambiental desse descarte.

Esses são motivos a mais para que a reforma de pneus seja incentivada, e uma ótima forma de incentivar é mostrando que se trata de uma opção segura, econômica e cologicamente correta.

Ademais, a pesquisa proposta aborda uma das áreas da Engenharia de Produção, a Engenharia da Qualidade, mais especificamente a subárea de Planejamento e Controle da Qualidade, conforme consta na divisão proposta pela Associação Brasileira de Engenharia de Produção (ABEPRO). E, no contexto do presente trabalho, possui uma relação direta com questões de segurança, ambientais e econômicas, que são essenciais na formação de um estudante da área. Assim, poderá contribuir para geração de conhecimento nesta área, além de possibilitar a aplicação prática de algumas ferramentas da qualidade em um contexto organizacional.

## 2 Referencial teórico

O referencial teórico abordará as principais teorias de embasamento deste trabalho, possibilitando uma revisão dos conceitos mais importantes a serem utilizados na execução da pesquisa.

### 2.1 Gestão da qualidade

Segundo Lakhali, Pasin e Limam (2006) apud Oliveira et al. (2011), o conceito de qualidade se aplica tanto a produtos quanto a serviços e abrange temas como a satisfação dos clientes, melhoria contínua, controle de processos e padronização. Campos (1992), define qualidade como um produto ou serviço que atende perfeitamente, de forma confiável, acessível, segura e no tempo certo às necessidades do cliente.

De acordo com Garvin (1987) apud Carvalho e Paladini (2012), há cinco abordagens distintas da qualidade, sendo elas: transcendental, baseada no produto, baseada no usuário, baseada na produção e baseada no valor. A Tabela 1 sintetiza a definição da qualidade, sob o prisma de cada uma dessas abordagens.

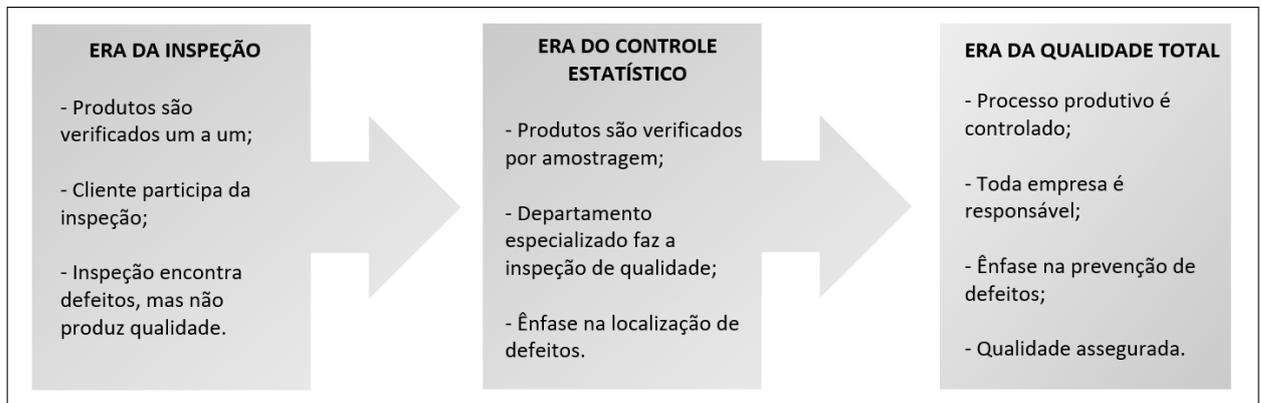
Tabela 1 – Abordagens da Qualidade

Abordagem	Definição	Frase
Transcendental	Qualidade é sinônimo de excelência inata. É absoluta e universalmente reconhecível. Dificuldade: pouca orientação prática.	"A qualidade não é nem pensamento nem matéria, mas uma terceira entidade independente das duas... Ainda que qualidade não possa ser definida, sabe-se que ela existe"(PIRSIG, 1974)
Baseada no Produto	Qualidade é uma variável precisa e mensurável, oriunda dos atributos do produto. Melhor qualidade só com maior custo. Dificuldade: Nem sempre existe uma correspondência nítida entre os atributos do produto e a qualidade.	"Diferenças na qualidade equivalem a diferenças na quantidade de alguns elementos ou atributos desejados."(ABBOTT, 1955)
Baseada no Usuário	Qualidade é uma variável subjetiva. Produtos de melhor qualidade atendem melhor aos desejos do consumidor. Dificuldade: Agregar preferências e distinguir atributos que maximizam a satisfação.	"Qualidade é a satisfação das necessidades do consumidor."(JURAN, 1974)
Baseada na Produção	Qualidade é uma variável precisa e mensurável, oriunda dos grau de conformidade do planejado com o executado. Esta abordagem dá ênfase a ferramentas estatísticas (controle do processo). Ponto Fraco: Foco na eficiência, não na eficácia.	"Qualidade é a conformidade às especificações." "Prevenir não conformidades é mais barato que corrigir ou refazer o trabalho."(CROSBY, 1979)
Baseada no Valor	Abordagem de difícil aplicação, pois mistura dois conceitos distintos: excelência e valor, destacando os trade-off qualidade x preço.	"Qualidade é o grau de excelência a um preço aceitável."(BROH, 1974)

Fonte: Adaptado de Carvalho e Paladini (2012, p. 9).

Além das diferentes abordagens da qualidade, é comum os autores fazerem marcações temporais entre as suas principais tendências. Para Oliveira et al. (2004) a evolução da qualidade passou por três períodos. A Figura 1 mostra as principais características dessas fases.

Figura 1 – As Eras da Qualidade

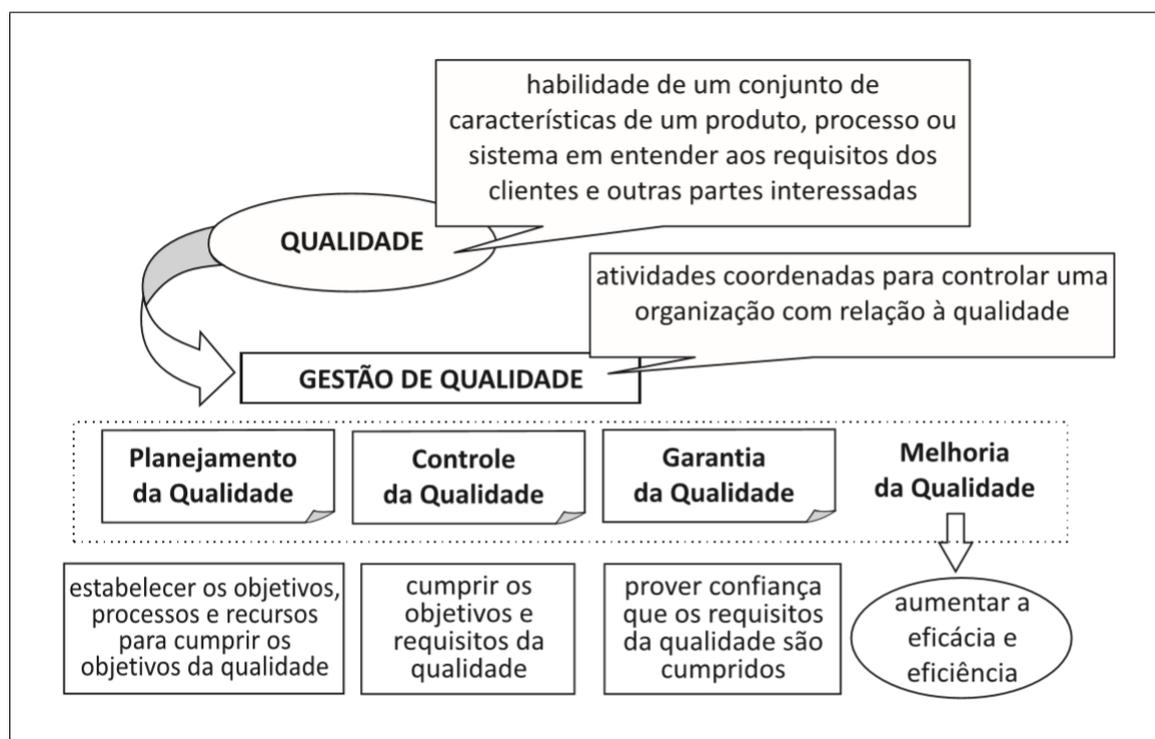


Fonte: Adaptado de Oliveira et al. (2004, p. 4).

Quanto ao modo como a qualidade será viabilizada nas atividades desenvolvidas pela empresa ao longo de sua cadeia produtiva, trata-se da gestão da qualidade. Em outras palavras, para Carvalho e Paladini (2012) a Gestão da Qualidade se trata do "conjunto de atividades coordenadas para dirigir e controlar uma organização com relação à qualidade, englobando o planejamento, o controle, a garantia e a melhoria da qualidade".

Neste contexto, a Figura 2 mostra a relação entre qualidade, Gestão da Qualidade e suas divisões, evidenciando que as atividades de melhoria da qualidade podem estar presentes nas outras três, ou seja, pode-se ter melhoria da qualidade no planejamento, no controle e na garantia da qualidade.

Figura 2 – Relação entre qualidade, Gestão da Qualidade e os elementos que a compõem.



Fonte: Carvalho e Paladini (2012, p. 91).

Em uma definição geral, é possível dizer que a gestão da qualidade tem como objetivo a garantia da qualidade por meio de padronização de processos, planejamento, controle e aprimoramento, melhorando o desempenho organizacional e proporcionando vantagem competitiva às organizações que a utilizam (OLIVEIRA et al., 2011).

A gestão da qualidade como estratégia competitiva parte do princípio que a conquista e manutenção de mercados depende de foco no cliente, para identificar os requisitos e expectativas destes e conseguir oferecer valor ao mercado. E também, que o ciclo do produto, incluindo a pesquisa de mercado com foco no cliente, leva a uma contínua identificação de novos requisitos e necessidades. Simultaneamente, as empresas concorrentes também estarão se esforçando para melhor atender às expectativas do mercado. Neste contexto, surge o princípio de melhoria contínua de produtos e processos, de forma a poder oferecer maior valor ao mercado (CARPINETTI, 2012).

De acordo com Carpinetti (2012), o processo de melhoria contínua de produtos ou processos envolve as seguintes etapas: identificação dos principais problemas; observação, coleta e análise dos dados; planejamento e implementação de ações necessárias e, por fim, verificação dos resultados. E foi com o propósito de auxiliar no desenvolvimento dessas etapas que surgiram as ferramentas da qualidade.

## 2.2 Ferramentas da qualidade

As ferramentas da qualidade tratam-se de métodos estruturados para viabilizar a implantação de melhorias no processo produtivo, podendo ser em forma de: dispositivos, procedimentos gráficos, numéricos ou analíticos, formulações práticas, esquemas de funcionamento, mecanismos de operação. Cada ferramenta costuma ter características próprias, em função das pessoas que a utilizarão ou da finalidade a que se destina (PALADINI, 2006).

Segundo Carvalho e Paladini (2012), Kaoru Ishikawa foi o responsável pela difusão do conjunto de ferramentas conhecido como As Sete Ferramentas da Qualidade, sendo elas: Fluxograma, Análise de Pareto, Diagrama de Ishikawa, Diagrama de Dispersão ou Correlação, Histograma, Gráfico de Controle e Folha de Verificação. Ishikawa (1976) apud Marshall et al. (2006) defendem que 95% dos problemas relacionados à qualidade podem ser resolvidos com o uso das sete ferramentas quantitativas básicas.

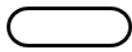
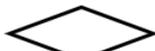
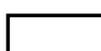
Corrêa e Corrêa (2008) afirmam que as ferramentas da qualidade não resolvem problemas nem melhoram situações, quem faz isso são as pessoas; as ferramentas apoiam e auxiliam as pessoas na tomada das decisões que resolverão ou melhorarão essas deficiências.

A seguir, estão apresentadas as ferramentas da qualidade utilizadas no presente estudo.

### 2.2.1 Fluxograma

O fluxograma é um diagrama utilizado para representar, por meio de símbolos gráficos, a sequência de todos os passos seguidos em um processo, facilitando sua visualização e o entendimento de seu funcionamento (PEINADO; GRAEML, 2007). Para desenhar um fluxograma, utilizam-se vários símbolos padronizados, sendo mais utilizados os que estão representados na Figura 3.

Figura 3 – Simbologia utilizada em fluxogramas.

	Indica o início ou fim do processo.
	Indica cada atividade que precisa ser executada.
	Indica um ponto de tomada de decisão (Trata-se de uma afirmação. Se verdadeira, o processo segue por um caminho, se falsa, por outro).
	Indica a direção do fluxo de um ponto ou atividade para outro.
	Indica os documentos utilizados no processo.
	Indica espera. No interior do símbolo é representado o tempo aproximado de espera.
	Indica que o fluxograma continua a partir deste ponto em outro círculo com a mesma letra ou número, que aparece em seu interior.

Fonte: Adaptado de Peinado e Graeml (2007, p. 539).

Para Alvarez (2001) o fluxograma é uma fonte de oportunidades de melhorias para o processo, pois ao fornecer o detalhamento das atividades concede um entendimento maior e mais claro do fluxo produtivo.

### 2.2.2 Folhas de verificação

A folha de verificação é uma ferramenta utilizada para observar e quantificar a frequência com que certos eventos ocorrem, em um certo período de tempo. O uso dessa ferramenta permite uma coleta de dados de forma simplificada e organizada, fazendo que não seja necessária uma organização posterior desses dados (MARTINELLI, 2009; CARPINETTI, 2012).

Segundo Vieira (2007), as etapas para elaboração de uma folha de verificação são:

- Estabelecer exatamente o que será verificado;
- Período em que os dados serão coletados;
- Formulário claro e de fácil manuseio;
- Os dados apurados deverão ser consistentes e confiáveis;
- O responsável por colher os dados deve ser conhecedor do assunto.

Apesar da existência na literatura de etapas a serem seguidas na elaboração das folhas de verificação, Alvarez (2001) defende que não é necessário seguir um padrão preestabelecido, o importante é que cada empresa desenvolva seu formulário de registro de modo que os dados obtidos correspondam às suas necessidades, por meio de um objetivo bem definido, confiabilidade

nas medições e registro dos dados de forma clara e organizada.

Geralmente, a folha de verificação é utilizada na coleta dos dados que serão base para o uso de outras ferramentas como, por exemplo, gráfico de Pareto, Diagrama de Ishikawa, gráficos de controle, entre outras. Por isso é importante ter certeza de que ela está adequada para esse propósito. Em alguns casos, um teste para validar o layout e design da folha, antes de realmente iniciar as coletas de dados, pode ser útil (MONTGOMERY, 2009).

### 2.2.3 Gráfico de Pareto

O Gráfico (ou diagrama) de Pareto é um gráfico de barras que classifica e ordena os dados de acordo com a frequência de ocorrência. As barras de frequência das ocorrências são dispostas em ordem decrescente, juntamente de uma curva da frequência acumulada (ARAÚJO, 2019).

O gráfico é um método simples para separar as principais causas de um problema, ajudando a identificar, priorizar e concentrar os recursos onde são mais necessários (MARTINELLI, 2009). Para Vieira (2007), é uma ferramenta importante na medida em que indica quais ações devem ser priorizadas, evitando gasto de energia com as coisas pequenas e deixando as mais importantes em primeiro plano.

Segundo Campos (1992), o método de Análise de Pareto permite:

- Dividir um problema grande em um grande número de problemas menores e que são mais fáceis de serem resolvidos com o envolvimento das pessoas da empresa;
- Priorizar projetos;
- Estabelecer metas concretas e atingíveis.

A análise do diagrama deve levar em consideração o Princípio de Pareto, que afirma que 80% dos defeitos resultam de 20% das possíveis causas (ARAÚJO, 2019). Em outras palavras, o princípio diz que entre todas as causas de um problema, poucas são as grandes responsáveis pelos efeitos indesejáveis do problema, e por isso, quando identificadas essas poucas causas vitais dos poucos problemas vitais enfrentados pela empresa, é possível eliminar quase todas as perdas através de poucas ações (CARPINETTI, 2012).

### 2.2.4 Diagrama de Ishikawa

Também conhecido como Diagrama de Causa e Efeito, Diagrama Espinha-de-peixe ou Diagrama 6M, trata-se de uma ferramenta gráfica, desenvolvida para representar as relações existentes entre um problema, ou efeito, e todas as possíveis causas que contribuem para a sua ocorrência (CARPINETTI, 2012).

De acordo com Carpinetti (2012), as causas de um determinado efeito podem ser classificadas em quatro categorias: método, máquina, material e mão de obra. Mas alguns autores ainda

incluem outras duas categorias: medidas e meio ambiente, originando o nome Diagrama 6M.

Martinelli (2009) ressalta que a ferramenta é uma maneira prática de analisar os inputs que afetam a qualidade e identificar as principais causas de problemas, auxiliando na determinação das ações de devem ser adotadas para atuar nos problemas identificados, porém não possibilita identificar e priorizar quais as causas que devem ser corrigidas primeiro. De acordo com Corrêa e Corrêa (2008), ele geralmente é utilizado posteriormente a análise de Pareto.

### 2.2.5 Gráfico de controle

O gráfico (ou carta) de controle é a principal ferramenta no controle estatístico de qualidade. São elementos visuais para o monitoramento da conformidade de características dos produtos e processos. Através de gráficos de controle corretamente utilizados é possível identificar rapidamente alterações inusitadas no processo, que acontecem quando o processo possui uma alta variabilidade (SAMOHYL, 2009).

Em qualquer processo de produção sempre haverá uma certa quantidade de variabilidade inerente ou natural, que é o efeito cumulativo de causas pequenas e inevitáveis. Enquanto essa variedade natural for relativamente pequena, é considerado um nível aceitável de desempenho do processo, e pode-se dizer que o processo está sob controle estatístico. Já quando as variabilidades identificadas são maiores, e não são parte do padrão de causas casuais, geralmente representam um nível inaceitável de desempenho de processo, e pode-se dizer que o processo está fora de controle (MONTGOMERY, 2009).

Os gráficos de controles determinam estatisticamente uma faixa denominada limites de controle, que é limitada por uma linha superior (LSC) e uma linha inferior (LIC), além de uma linha central (LC), também chamada de média ou alvo do processo.

Em alguns casos, devido a alguns fatores, as amostras podem possuir tamanhos diferentes. De acordo com Carpinetti (2003), para a construção de gráficos a partir de amostras de tamanho variável, pode-se adotar três procedimentos diferentes:

- Determinar os limites para cada amostra, baseado no tamanho da amostra;
- Calcular os limites baseados no tamanho médio das amostras;
- Calcular os limites em unidades de desvio padrão (padronizar). Nesse caso, o gráfico tem a linha central igual a zero e os limites em  $\pm 3$ .

Ao gerar o gráfico, se todos os pontos estiverem plotados dentro dos limites de controle, e possuírem padrão de comportamento essencialmente aleatório, presume-se que o processo esteja sob controle e nenhuma ação é necessária. Mas se um ou mais pontos estiverem fora das faixas de controle, pode significar que o processo está “fora de controle”, e então se faz necessário uma investigação e ações corretivas para detectar e eliminar as chamadas “causas especiais” do processo (OLIVEIRA et al., 2011; MONTGOMERY, 2009). Montgomery e Runger (2009)

afirmam ainda que, mesmo que todos os pontos estejam dentro dos limites, mas se comportarem de maneira sistemática ou não aleatória, pode significar que o processo está fora de controle.

Werkema (1995) destaca que o gráfico de controle não permite a identificação de quais são as causas especiais em um processo fora de controle estatístico, mas processa e evidencia informações que podem ser utilizadas na identificação destas causas.

Existem duas grandes categorias de gráficos de controle: para variáveis ou para atributos. Se a característica de qualidade pode ser medida e expressa como número em alguma escala contínua de medição, é denominada variável. Nesses casos, a característica de qualidade convenientemente é descrita com uma medida de tendência central e uma medida de variabilidade, e os gráficos de controle para monitorar a centralidade e a dispersão da variável são coletivamente chamados de gráficos de controle de variáveis (MONTGOMERY; RUNGER, 2009).

O gráfico de controle de variáveis para média ( $\bar{X}$ ) é o gráfico mais utilizado para controlar a tendência central, enquanto os gráficos baseados na amplitude da amostra ( $R$ ) ou no desvio padrão da amostra ( $s$ ) são usados para controlar a variabilidade do processo.

Mas nem sempre é possível medir a característica da qualidade em uma escala contínua ou quantitativa. Nesses casos, deve-se julgar cada unidade de produto como conforme ou não conforme com base em se possui ou não determinados atributos, ou então, pode-se contar o número de não conformidades (defeitos) que aparecem em uma unidade de produto. E para essas características de qualidade, os gráficos de controle são chamados de gráficos de controle de atributos (MONTGOMERY; RUNGER, 2009).

Os quatro gráficos de controle por atributos são: gráfico de controle para proporções ou fração de defeituosos ( $P$ ), gráfico de controle para número de defeituosos ( $NP$ ), gráfico de controle para número de defeitos por amostra ( $C$ ) e gráfico de controle para defeitos por unidade ( $U$ ).

No presente trabalho, o processo estudado possui variáveis que considera atributos e, por esse motivo, serão utilizados os gráficos para atributos  $P$  e  $U$ , explicados a seguir.

#### 2.2.5.1 Gráfico de controle para proporções ( $P$ )

Geralmente, a probabilidade  $p$  de um processo produzir uma peça defeituosa não é conhecida e, por isso, precisa ser estimada a partir dos dados disponíveis (CARPINETTI, 2003).

A fração não conforme é definida como a razão entre o número de itens não conforme em uma população e o número total de itens nessa população. Em uma amostra aleatória de tamanho  $n$ , a proporção ou porcentagem de itens defeituosos é facilmente calculada através da equação 2.1 (MONTGOMERY, 2009):

$$p = \frac{D}{n} \quad (2.1)$$

onde  $D$  é número de defeitos da amostra de tamanho  $n$ .

De acordo com Montgomery (2009), o gráfico de controle para a fração defeituosa possui

como linha central a média de  $p$  ( $LC = \bar{p}$ ) e os limites de controle são determinados pelas equações 2.2 e 2.3, apresentadas abaixo.

$$LSC = \bar{p} + 3\sqrt{\frac{\bar{p}(1-\bar{p})}{n}} \quad (2.2)$$

$$LIC = \bar{p} - 3\sqrt{\frac{\bar{p}(1-\bar{p})}{n}} \quad (2.3)$$

Se o valor do limite de controle inferior for negativo, deve-se considerá-lo igual a zero. Isso pode ocorrer quando  $p$  é um valor pequeno (WERKEMA, 1995).

### 2.2.5.2 Gráfico de controle para número de defeitos por unidade (U)

Um item defeituoso é aquele que apresenta uma ou mais não conformidades. Entretanto, dependendo da natureza e severidade do defeito, é possível uma unidade conter alguns defeitos e não ser rejeitada, mas mesmo assim ser de interesse o monitoramento dos defeitos resultantes do processo. Nesses casos, é preferível trabalhar com o número de defeitos ao invés da fração defeituosa. (CARPINETTI, 2003; MONTGOMERY, 2009).

O gráfico de controle U monitora o número de defeitos por unidade produzida, e geralmente é utilizado em casos em que o tamanho da amostra é variável, inviabilizando o uso do gráfico C. Segundo Montgomery (2009), se são encontrados  $x$  não conformidades totais em uma amostra de  $n$  unidades de inspeção, então o número médio de defeitos por unidades de inspeção será determinado pela equação 2.4.

$$u = \frac{x}{n} \quad (2.4)$$

De acordo com Montgomery (2009), a linha central (LC) é dada por  $\bar{u}$ , sendo  $\bar{u}$  o número médio amostral de defeitos por unidade. E os limites de controle são dados pelas equações 2.5 e 2.6, apresentadas abaixo.

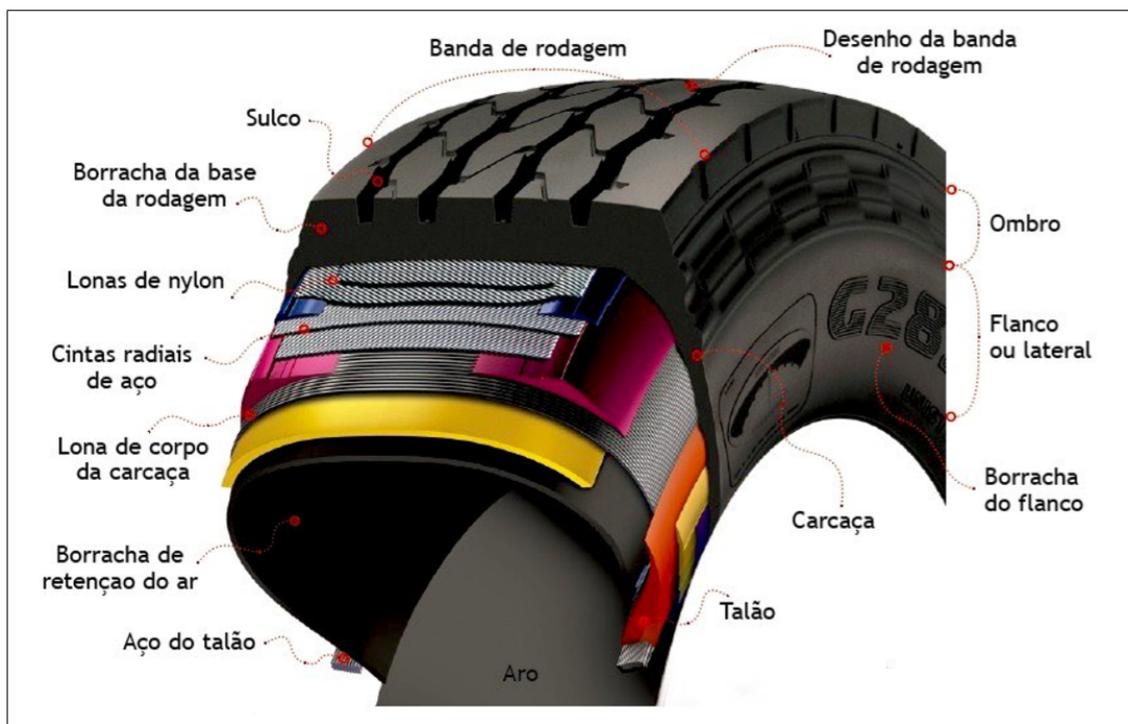
$$LSC = \bar{u} + 3\sqrt{\frac{\bar{u}}{n}} \quad (2.5)$$

$$LIC = \bar{u} - 3\sqrt{\frac{\bar{u}}{n}} \quad (2.6)$$

## 2.3 Reforma de pneus

Lagarinhos e Tenório (2008) explicam que a reforma de pneus consiste na reconstrução do pneu usado, onde é colocada uma nova banda de rodagem, podendo incluir também a renovação da superfície externa lateral do pneu. A Figura 4 ilustra a estrutura de um pneu radial, para uma melhor interpretação.

Figura 4 – Estrutura de um pneu radial.



Fonte: Pnews (2012, p. 8).

A reforma pode ser feita de 3 formas, que são citadas abaixo conforme consta no anexo I da Portaria nº 554 de 29 de outubro de 2015, do INMETRO:

**Recapagem:** Processo pelo qual um pneu é reformado pela substituição de sua banda de rodagem;

**Recauchutagem:** Processo pelo qual um pneu é reformado pela substituição de sua banda de rodagem e dos seus ombros;

**Remoldagem:** Processo pelo qual um pneu é reformado pela substituição de sua banda de rodagem, dos seus ombros e de toda superfície de seus flancos. Este processo também é conhecido como recauchutagem de talão a talão.

A recapagem é o processo de reforma utilizado na RePneus, que consiste na remoção da banda de rodagem, no reparo estrutural da carcaça com cordões de borracha e, por fim, na colagem de uma banda de rodagem nova na carcaça (LAGARINHOS; TENÓRIO, 2008), devolvendo ao pneu, antes desgastado, até 100% de sua vida útil novamente.

De acordo com informações retiradas do site da empresa estudada, processo de recapagem de um pneu contempla 12 etapas, descritas a seguir:

**Limpeza:** O processo de reforma do pneu começa com a limpeza do pneu recebido. Uma máquina própria para essa função faz a limpeza da lateral do pneu, retirando todos os resíduos que poderiam esconder possíveis danos e comprometer sua reforma;

**Exame inicial:** Após a limpeza, o pneu passa por uma verificação inicial. Neste processo visual, o operário avalia as reais condições do pneu a ser recuperado. Cinco partes fundamentais do pneu são analisadas: a parte interna, o flanco ou lateral, o ombro, a banda de rodagem e o talão. Esta etapa do processo é muito importante, pois este exame define se o pneu poderá ou não ser reconstruído. Se o operário verificar que os danos encontrados não podem ser reparados, então o pneu é descartado, caso contrário, passa para a próxima etapa;

**Raspagem:** Após o exame inicial, o pneu passa à máquina de raspagem, onde a banda de rodagem será desgastada. Neste processo, identifica-se o raio do pneu em que está sendo realizada a raspagem, bem como o perímetro da banda que será aplicada. De posse destas indicações, o operário encaminha uma ficha com os dados do pneu para a área de seleção da banda, para que a mesma já seja preparada, enquanto o pneu passa pelas fases seguintes;

**Escareação:** Nesta etapa tratam-se os pequenos cortes encontrados no piso da carcaça. É necessário que cada ponto danificado seja corrigido individualmente. Caso os cortes tenham atingido o pacote de cintas, o pneu receberá um conserto especial, capaz de restituir a resistência da carcaça;

**Aplicação de conserto:** Para que a integridade da carcaça seja garantida, é preciso reconstituir a estrutura de cada ponto danificado. Depois de escariado, se o pneu demandar consertos irá seguir para esta etapa. A carcaça é preparada internamente para a aplicação do reparo, que varia de acordo com o tamanho do dano e segue as determinações técnicas;

**Aplicação de cola:** Depois de todo o preparo inicial, começa a fase de remontagem do pneu. Nesta operação, uma máquina aplica cola sobre a carcaça tratada e depois retira seu excesso;

**Enchimento:** Nesta etapa, é aplicado borracha de extrusão para preencher todos os orifícios escariados do pneu. Para complementar esta operação, aplica-se uma etiqueta de identificação na lateral do pneu. A etiqueta informa o número e a data das reconstruções já aplicadas nele. Depois disso, o pneu está pronto para a aplicação da nova banda de rodagem;

**Aplicação da banda de rodagem:** Nesta etapa a banda é cortada, depois recebe uma borracha de ligação, responsável pela adesão da banda à carcaça durante o processo de vulcanização. Quando o pneu chega à máquina de aplicação, a banda já está pronta para a montagem, pois foi preparada previamente. A seguir é a vez do processo de roletamento, que irá retirar o ar que pode ter restado entre a banda e o piso da carcaça;

**Envelopamento:** Aqui o pneu recebe um envelope de borracha na parte externa, que vai ser succionada durante o processo de vulcanização, causando uma pressão de fora para dentro sobre o pneu;

**Montagem:** O processo de montagem é diferente para pneus sem câmara e pneus com câmara. Os pneus sem câmara utilizam um envelope interno e externo. Já os pneus com câmara, utilizam-se roda, saco de ar e protetor;

**Vulcanização:** O pneu é então colocado na autoclave, equipamento que utiliza temperatura, pressão e tempo para vulcanizar a nova banda sobre a carcaça. Durante este processo, é fundamental utilizar recursos eletrônicos para controlar o tempo, a temperatura e os níveis de pressão que serão aplicados ao pneu. Só assim é possível garantir a segurança e qualidade da operação;

**Inspeção final:** Após a vulcanização, o pneu é desmontado e encaminhado para a inspeção final. Nesta fase, verifica-se a parte interna, a parte externa, a nova banda e a integridade da carcaça.

Ao passar pela inspeção final, se for constatado que o pneu está conforme, ele é encaminhado para a área de expedição e já estará disponível para ser entregue ao cliente. Caso contrário, se for constatado alguma não-conformidade que possa ser reparada, o pneu deve voltar para alguma das etapas anteriores do processo para ser reparado, e se não puder ser reparado, é encaminhado para o descarte.

### 3 Metodologia

O presente trabalho tem como intuito realizar uma análise de um problema real existente em uma empresa no ano de 2018. E para que seus objetivos sejam alcançados é importante ter uma metodologia para se basear. Além de tratar os conceitos referentes às abordagens, natureza, objetivo, método e forma de coleta dos dados, também será abordado como a pesquisa foi conduzida.

De acordo com Gerhardt e Silveira (2009), a pesquisa científica é o resultado de uma investigação ou de um exame minucioso, executado com o objetivo de resolver um problema, utilizando procedimentos científicos. Segundo Turrioni e Mello (2012), uma das formas clássicas de classificar uma pesquisa é quanto a sua natureza, os objetivos do trabalho, a forma de abordagem e, por fim, o método utilizado.

Turrioni e Mello (2012) descrevem a pesquisa de natureza básica como sendo aquela que busca a ampliação de conhecimentos teóricos, sem a preocupação de utilizá-los na prática, enquanto a pesquisa aplicada possui um interesse prático, dirigido à solução de problemas específicos. Assim, este trabalho pode ser classificado como uma pesquisa de natureza aplicada, pois irá utilizar conhecimentos teóricos da área da gestão da qualidade aplicados em uma situação real, buscando o aprimoramento do processo produtivo.

Quanto aos objetivos, de acordo com a descrição de Turrioni e Mello (2012), se trata de uma pesquisa descritiva, pois através de uma observação sistemática do processo produtivo busca identificar uma relação entre variáveis, sendo elas os procedimentos de trabalho e possíveis falhas do produto acabado.

Em relação ao método de abordagem, Turrioni e Mello (2012) afirmam que ele pode ser quantitativo, qualitativo ou combinado. Segundo Fonseca (2002), a pesquisa quantitativa recorre à linguagem matemática para descrever as causas de um fenômeno, as relações entre variáveis, entre outras coisas, utiliza recursos e técnicas estatísticas, e seus resultados podem ser quantificados. Já a pesquisa qualitativa, de acordo com Gerhardt e Silveira (2009), não se preocupa com representatividade numérica, e sim na compreensão e explicação da dinâmica das relações sociais.

Levando em consideração os objetivos a serem alcançados, no presente trabalho será feita uma combinação das abordagens quantitativas e qualitativas, predominando a quantitativa. Na parte qualitativa, utilizaremos o fluxograma e o Diagrama de Ishikawa, enquanto as demais ferramentas citadas no referencial teórico serão trabalhadas na parte quantitativa da pesquisa.

Após a identificação da natureza, abordagem e objetivos, é possível definir a estratégia de pesquisa deste trabalho como pesquisa de campo, que, segundo Fonseca (2002), se trata das investigações que além da pesquisa bibliográfica ou documental, também utilizam-se outros tipos de pesquisas na coleta de dados.

No caso do presente trabalho, utilizou-se a pesquisa bibliográfica, que é feita a partir do

levantamento de referências teóricas já analisadas, e serve como base para o início de qualquer trabalho científico, permitindo ao pesquisador conhecer o que já se estudou sobre o assunto (FONSECA, 2002), e a pesquisa *ex-post-facto*, ou em sua tradução literal "a partir do fato passado", que pode ser definida como:

A *ex-post-facto* tem por objetivo investigar possíveis relações de causa e efeito entre um determinado fato identificado pelo pesquisador e um fenômeno que ocorre posteriormente. A principal característica da Pesquisa *ex-post-facto* é o fato de os dados serem coletados após a ocorrência dos eventos. (FONSECA, 2002, p. 32)

Os dados utilizados no desenvolvimento do trabalho foram coletados por meio da observação sistemática. Turrioni e Mello (2012) caracterizam a observação como uma técnica para conseguir informações usando os sentidos na obtenção de determinados aspectos da realidade, e que não consiste apenas no ver e no ouvir, mas também em examinar o fenômeno que se deseja estudar. Sobre a observação sistemática, os autores afirmam que o observador deve ser objetivo, reconhecendo possíveis erros, e deve eliminar sua influência sobre o que vê. Na observação sistemática pode-se utilizar instrumentos como quadros, anotações, dispositivos mecânicos, entre outros, durante a coleta e registro dos dados.

A coleta dos dados utilizados no trabalho foi realizada de forma aleatória, nos meses de novembro e dezembro de 2018.

Primeiramente foi realizado o mapeamento do processo estudado, com a ajuda de um fluxograma, para se entender melhor o funcionamento do mesmo. E então, foi feito o acompanhamento de cada uma das etapas do processo, durante a passagem de 10 pneus por cada etapa, na intenção de verificar se os operadores realizavam corretamente todos os procedimentos que constavam nas instruções de trabalho, disponibilizadas pela empresa. A intenção deste acompanhamento foi ter toda essa informação registrada, para posteriormente ser possível relacionar uma possível causa de alguma não conformidade do produto com algum procedimento mal realizado ao longo do processo, caso necessário.

Em um segundo momento, buscou-se na literatura ferramentas da qualidade que pudessem auxiliar na análise das informações que seriam coletadas.

Iniciando a coleta dos dados, com o auxílio de uma folha de verificação elaborada para este fim, foram verificados os pneus que chegaram ao setor de exame final, ao final de 20 processos completos, totalizando 322 pneus. Nessa verificação, buscou-se identificar todas as não conformidades presentes nos pneus, que foram devidamente registradas na folha de verificação.

Depois de coletados os dados, primeiramente foram gerados os Gráficos de Controle para atributos P e U, para verificar se o processo estudado encontrava-se sob controle estatístico.

Posteriormente, foi utilizado o Diagrama de Pareto, que permitiu identificar as principais e mais recorrentes não conformidades encontradas, e que conseqüentemente deveriam ser priorizadas. Com os problemas mais recorrentes apontados pelo Diagrama de Pareto, foi então utilizado o Diagrama de Ishikawa, onde foram apontadas as possíveis causas de cada uma dessas não conformidades, possibilitando pensar em ações para mitigar essas causas para diminuir ou

cessar a ocorrência dos defeitos.

Tanto as cartas de controle P e U, com tamanho de amostra variável e médio, quanto os gráficos de Pareto e de Ishikawa, foram feitos utilizando o *software* estatístico *Minitab 17*. Já as cartas de controle P e U padronizadas foram feitas utilizando o *software Microsoft Excel 2016*.

## 4 Apresentação e discussão dos resultados

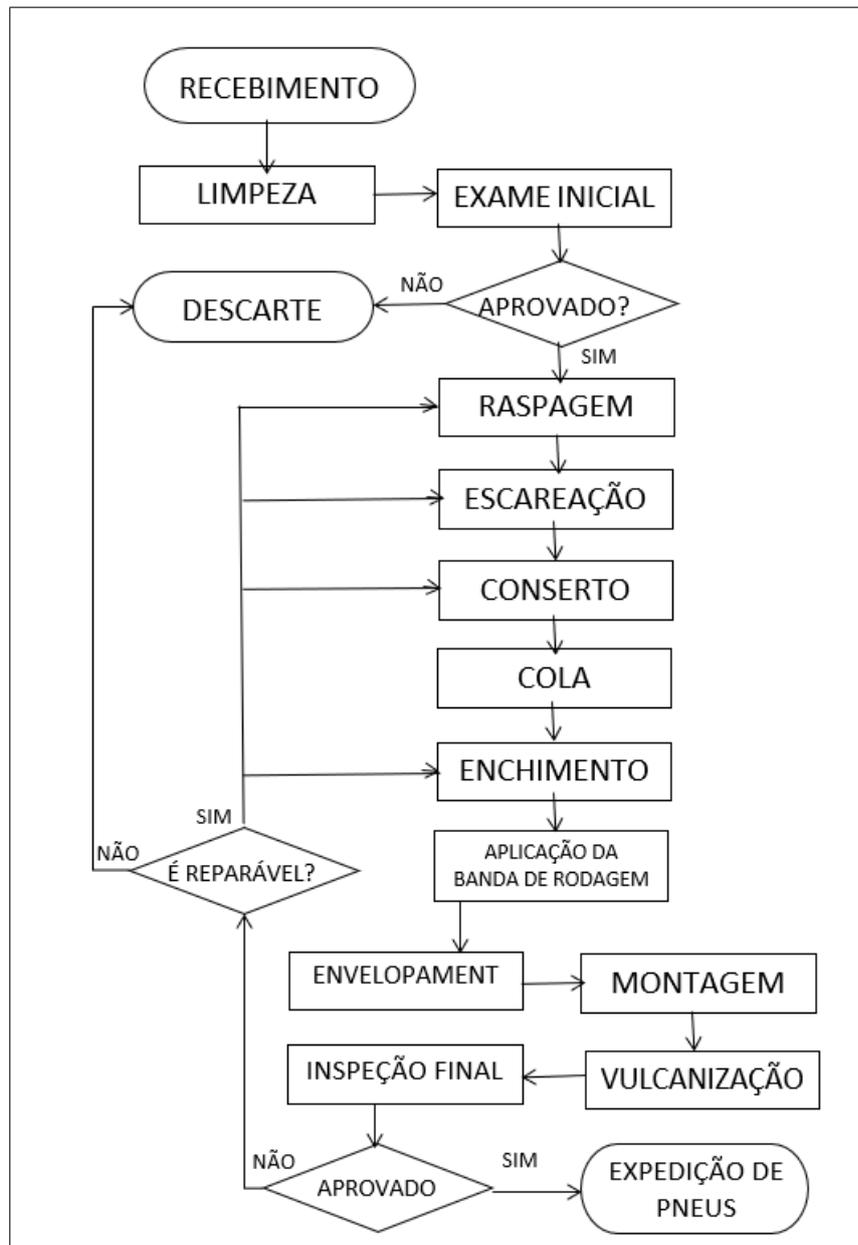
### 4.1 Caracterização da empresa

O presente estudo foi realizado em uma empresa reformadora de pneus que atua na região do Médio Piracicaba de Minas Gerais e possui gestão familiar. Por questões de confidencialidade, optou-se pela utilização de um nome fictício para designar a empresa: Pneus XX Ltda. A empresa atua no ramo de reforma de pneus há aproximadamente 10 anos.

Quando inaugurada, a reformadora possuía uma demanda inicial de aproximadamente 250 reformas mensais. Já no período em que os dados foram coletados, no final de 2018, eram reformados em média 1500 pneus mensalmente, recebendo os pneus de diversas cidades da região.

O processo de reforma utilizado pela empresa é a recapagem, que já foi descrito no referencial teórico, e está visualmente representado pela Figura 5, a seguir.

Figura 5 – Fluxograma do processo de recapagem de pneus



Fonte: Elaborado pelo autor.

O quadro de funcionários da reformadora na época era composto por vinte e três funcionários, sendo eles: quatro vendedores, que também são os encarregados da logística dos pneus reformados, um coordenador de produção, dez auxiliares de produção, um responsável pela administração e financeiro, um auxiliar administrativo, um gerente e um diretor. Além disso, a reformadora possuía um estagiário e três menores aprendizes.

## 4.2 Aplicação das ferramentas da qualidade

A primeira ferramenta utilizada foi o fluxograma mostrado na seção anterior, usado na representação do processo de recapagem da empresa. Nesta seção, serão apresentadas as análises

das demais ferramentas.

#### 4.2.1 Folha de verificação

A folha de verificação foi utilizada para coletar e armazenar os dados das amostras. Foram considerados como não conformidades os defeitos ou falta de itens necessários, que estão dispostos e descritos na Tabela 2.

É importante ressaltar que nem todas as não conformidades encontradas fazem o pneu ser considerado não conforme, e cada caso deve ser analisado individualmente. Há casos em que o defeito é considerado leve e não compromete a integridade do pneu, como é o caso de excesso de etiquetas ou excesso de enchimento, então o pneu é aprovado. Há casos em que a não conformidade é grave, onde geralmente não é possível reparação do pneu, e este é encaminhado para o descarte. No caso do presente estudo, os defeitos graves são: sobreposição de manchões e o aparecimento, durante a vulcanização, de grandes bolhas no interior da carcaça. E quando ocorrem os demais defeitos citados nesse estudo, geralmente o pneu é considerado não conforme mas reparável, e então volta para a linha de produção para que o defeito encontrado seja reparado.

Tabela 2 – Não conformidades das amostras

<b>Não conformidades</b>	<b>Descrição</b>
Falhas no acabamento	São falhas como: escareação não preenchida, excesso de enchimento, outras falhas estéticas.
Avarias	São trincos, rachaduras ou furos, no talão, na carcaça, no flanco ou no ombro do pneu.
Deformação durante vulcanização	Podem ser bolhas na carcaça, deslocamento de banda, banda não vulcanizada, entre outros.
Sobreposição de manchões	Manchões são uma espécie de remendo/curativo aplicado na parte interna da carcaça em alguns casos. É preciso respeitar uma distância mínima entre manchões, nos casos em que se aplicam mais de um, para estar em conformidade com a norma regulamentadora do processo.
Selo INMETRO sem raspar	É obrigatório raspar o selo do INMETRO que consta no pneu, quando esse é reformado, para estar em conformidade com a norma regulamentadora do processo.
Falta/excesso de etiquetas	São obrigatórios a aplicação de 2 etiquetas no pneu, quando este passa por uma reforma, indicando quando e onde (por qual empresa) foi feita a reforma, para estar em conformidade com a norma regulamentadora do processo.
Sem marcação de reforma	É obrigatório marcar com um risco no pneu, a cada reforma a que é submetido. Isso permite verificar quantas vezes o pneu já foi reformado, sendo 3 o máximo de reformas permitidas, conforme a norma regulamentadora do processo.

Fonte: Elaborado pelo autor.

Para o desenvolvimento deste trabalho, não foram levados em consideração a gravidade dos defeitos no momento da coleta dos dados. Foram verificados e registrados todas as não conformidades encontradas, sendo elas leves, médias ou graves.

No total foram verificados 322 pneus oriundos de 20 amostras, coletadas em diferentes datas. As amostras possuem tamanhos diferentes, variando de 14 a 18 pneus. E cada traço na folha de verificação, representada na Figura 6, corresponde a uma não conformidade encontrada na amostra.

Figura 6 – Folha de verificação.

Folha de verificação																						
Responsável: Ana Luiza Lopes																						
Produto: Pneus reformados											Setor: Exame final											
Período: 15/11/2018 a 07/12/2018											Número de amostras: 20											
Amostra:	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	TOTAL	
Data:	15/11	20/11	21/11	22/11	22/11	23/11	27/11	27/11	28/11	29/11	29/11	30/11	3/12	3/12	4/12	4/12	5/12	5/12	6/12	7/12		
Tamanho da amostra:	17	17	17	18	14	17	14	16	16	16	16	16	16	16	17	16	15	16	16	16	322	
Falha no acabamento	II	I	I	III		III	II	III		I		II	I	II	III	I	II		I	I	29	
Avarias no talão, carcaça, flanco ou ombro		II	II	III	III		III	III	IIII	IIII	II	III	III	II	III	III	I	IIIIIIII	IIII	II	58	
Deformação durante vulcanização	I		I	I		I		II											I	I	8	
Sobreposição de manchões					I	I		II	II				I						I		I	7
Selo INMETRO sem raspar		I	I	I							III	I								I	I	9
Falta/ Excesso de etiquetas obrigatórias	II	I	I	II	I	II		I	IIII	I	I	I	III								IIIIIIII	27
Sem marcação de reforma		I	III							I		I				I				II		9
Nº pneus defeituosos	5	5	9	7	2	6	4	7	8	7	5	5	7	4	6	4	3	7	9	12	122	
Nº defeitos por amostra	5	6	9	10	5	7	5	11	11	9	6	8	8	4	6	5	3	10	9	13	150	

Fonte: Elaborado pelo autor.

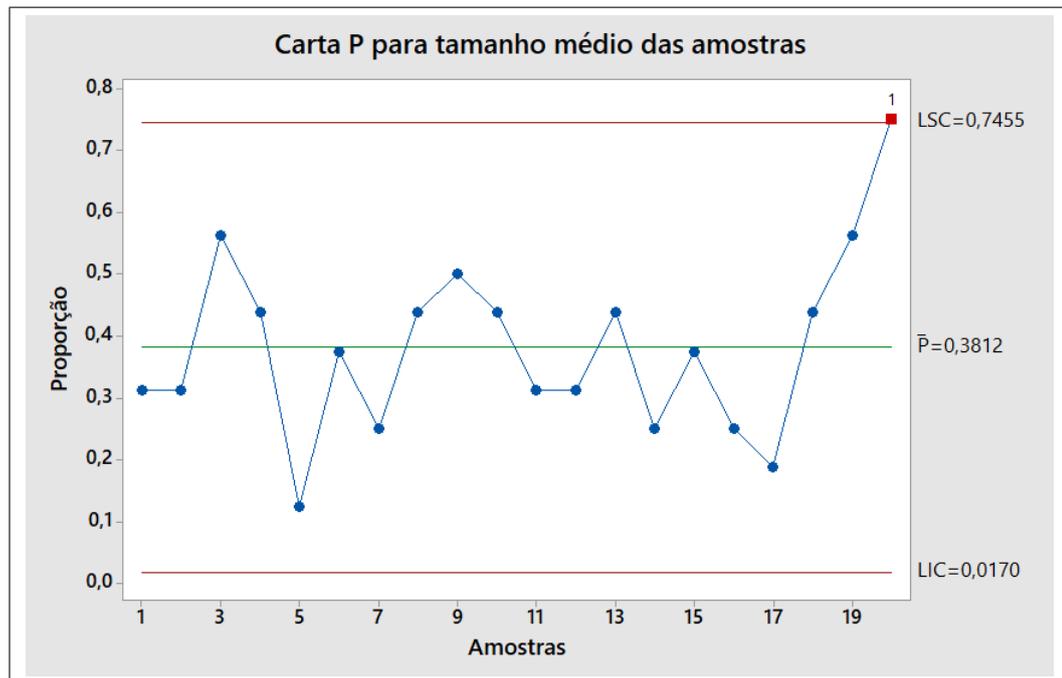
Na folha de verificação também foram especificados a quantidade de pneus defeituosos encontrados em cada amostra, e a quantidade de defeitos por amostra (levando em consideração que cada pneu da amostra podia apresentar mais de um defeito). Os dados coletados foram posteriormente utilizados na aplicação da ferramenta de gráficos de controle, com o objetivo de analisar o desempenho do processo produtivo.

#### 4.2.2 Gráficos de controle

Para saber se o processo estudado está sob controle estatístico, foram gerados alguns gráficos de controle. Começamos com as cartas P, para frações não conformes. O gráfico P é binário, considera apenas as amostras julgadas conforme ou não conforme, desconsiderando o tipo e a quantidade de defeitos.

O primeiro gráfico gerado foi com os limites calculados com base no tamanho médio das amostras, como pode-se observar na Figura 7.

Figura 7 – Gráfico de controle P com tamanho médio das amostras.

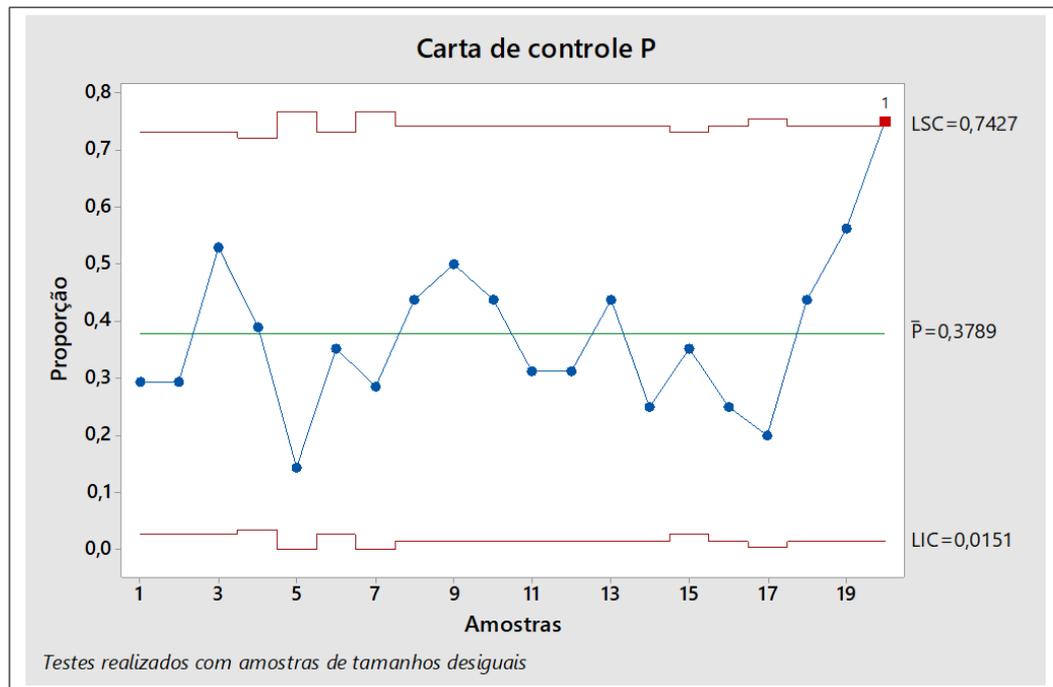


Fonte: Elaborado pelo autor.

Percebe-se que o último ponto, referente à vigésima amostra, ficou um pouco acima do limite superior, indicando que o processo poderia estar fora de controle.

A amostra de número 20 ficou muito próxima do limite superior gerado pela carta P de tamanho médio de amostras, o que exigiu que fossem calculados os limites individuais de cada amostra, para verificar se, de fato, o processo possui uma amostra fora de controle. O gráfico de controle P com limites variáveis é apresentado na Figura 8.

Figura 8 – Gráfico de controle P com limites variáveis.

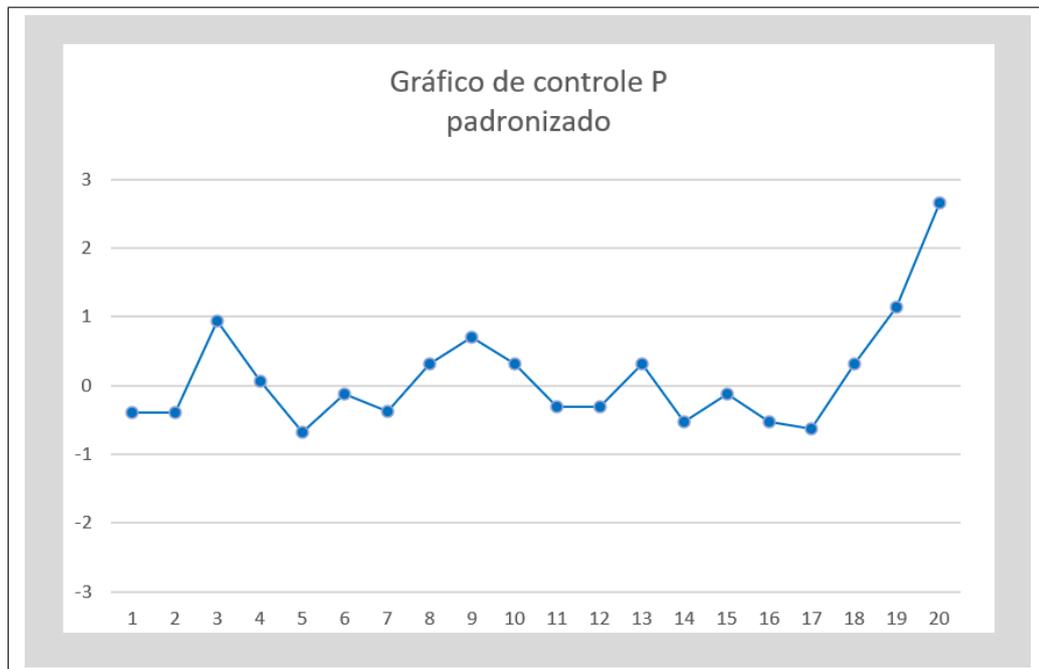


Fonte: Elaborado pelo autor.

Após gerar o novo gráfico, dessa vez com os limites calculados respeitando o tamanho individual de cada amostra, ainda assim foi apontado que o processo se encontra fora de controle estatístico, com a amostra 20 ultrapassando o limite superior.

Para complementar a análise, foi gerado um novo gráfico, dessa vez calculando os limites em unidades de desvio padrão, para comparar os três métodos existentes na literatura para tratar casos de amostras de tamanhos variados. O gráfico padronizado está representado pela Figura 9.

Figura 9 – Gráfico de controle P padronizado.



Fonte: Elaborado pelo autor.

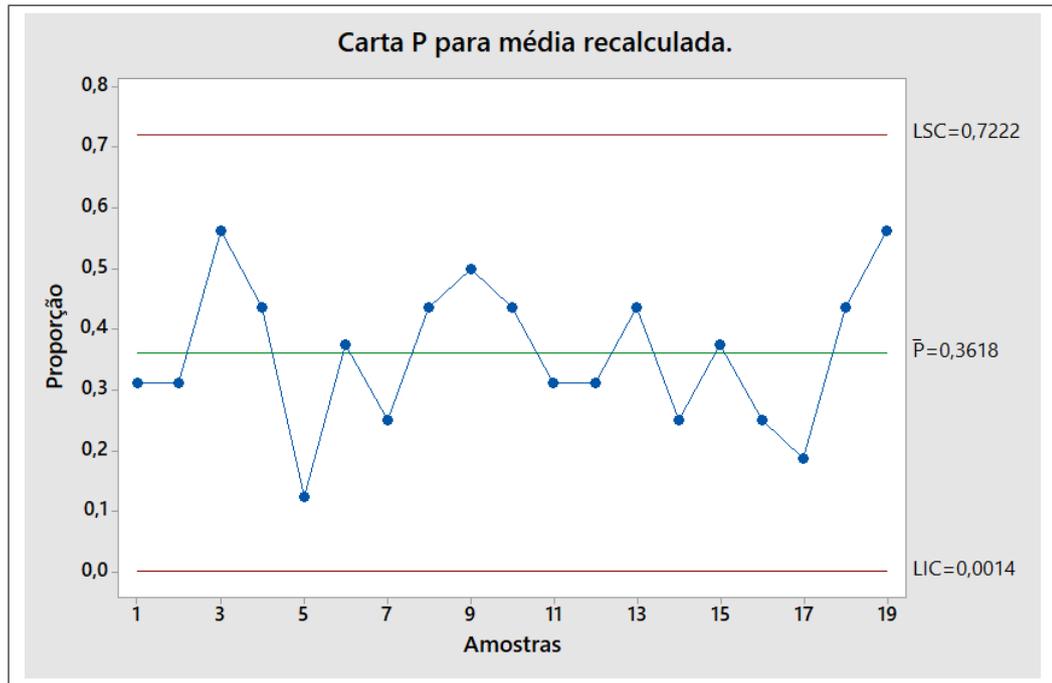
O gráfico padronizado (Figura 9) mostra um processo sob controle estatístico da qualidade, mas com o comportamento semelhante ao dos gráficos anteriores, com uma tendência crescente nas últimas amostras.

Como comentado anteriormente, tanto o gráfico P calculado com o tamanho médio de amostras (Figura 7), quanto o gráfico P com os limites variáveis (Figura 8), mostraram que o ponto 20, referente à última amostra coletada, ultrapassou o limite superior. Isso indica que o processo está fora de controle e, neste caso, é necessária uma investigação em busca de uma causa atribuível.

Voltando na folha de verificação, podemos observar que na última amostra verificada, teve um número considerável de pneus com falta de etiquetas obrigatórias, que foram os principais responsáveis pelo ponto fora dos limites.

Simulando que a causa já foi identificada e devidamente tratada, a amostra 20 foi retirada e os limites foram recalculados, gerando novos gráficos. O novo gráfico para a média amostral está representado na Figura 10.

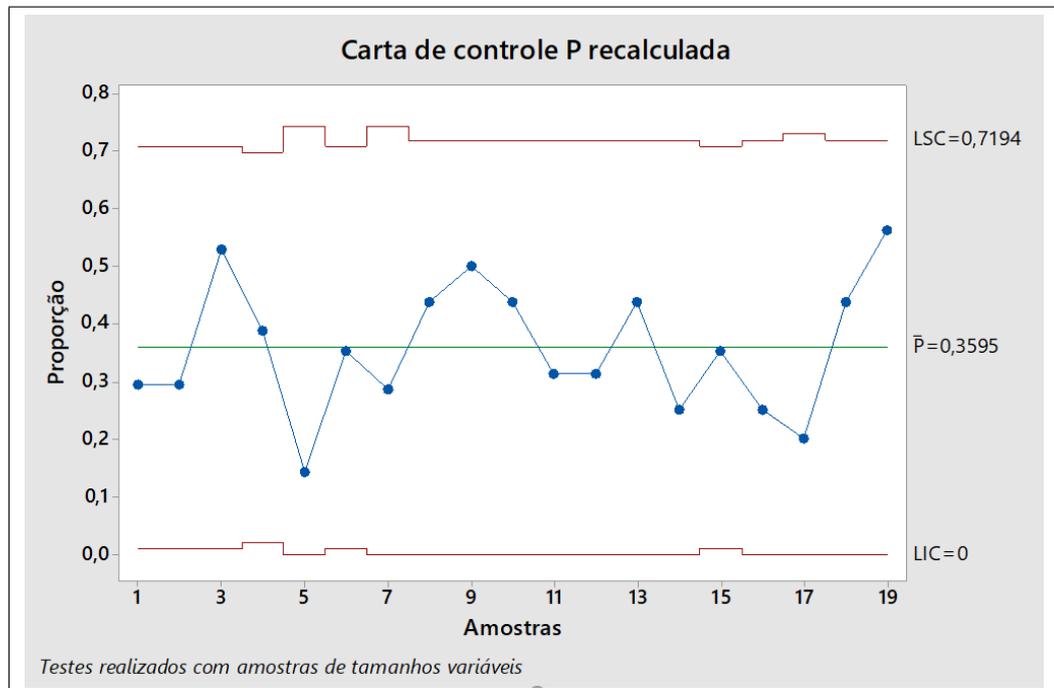
Figura 10 – Gráfico de controle P, com tamanho médio das amostras, recalculado.



Fonte: Elaborado pelo autor.

E o novo gráfico para proporções com limites calculados para tamanhos individuais das amostras, está representado pelo gráfico da Figura 11.

Figura 11 – Gráfico de controle P, com limites variáveis, recalculado.

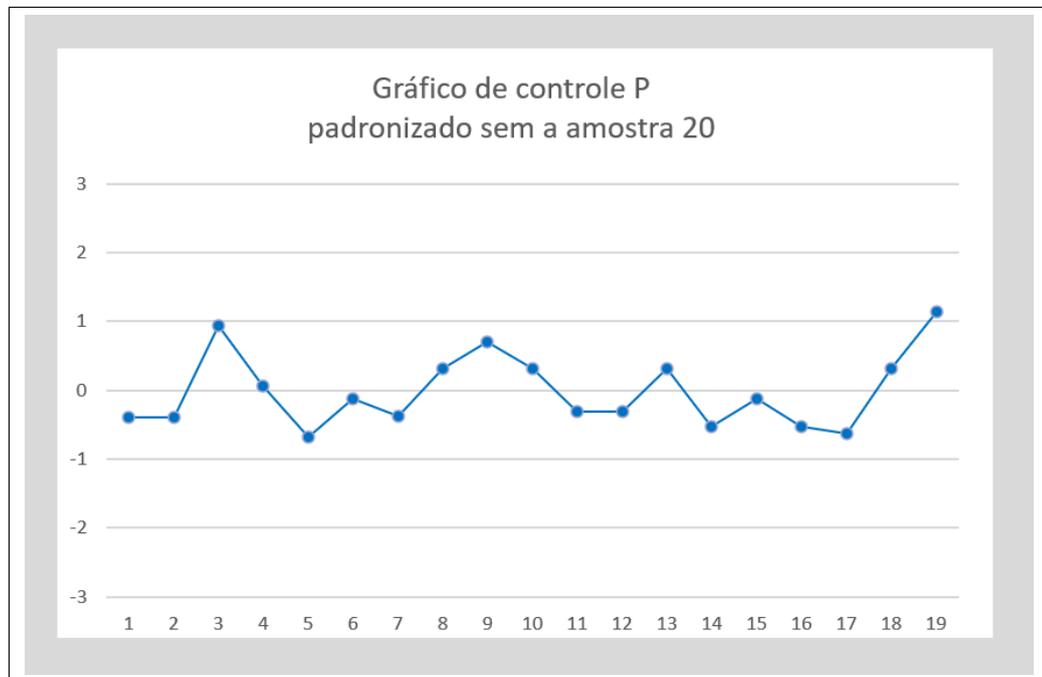


Fonte: Elaborado pelo autor.

Após eliminar a amostra 20 e gerar os novos gráficos, pode-se concluir que o processo agora está sob controle estatístico da qualidade.

E, para fim de comparação, foi gerado um novo gráfico padronizado, também eliminando a amostra 20, representado pela Figura 12. É possível perceber que, ao retirar a amostra 20, o processo ficou muito mais estável.

Figura 12 – Gráfico P padronizado recalculado.



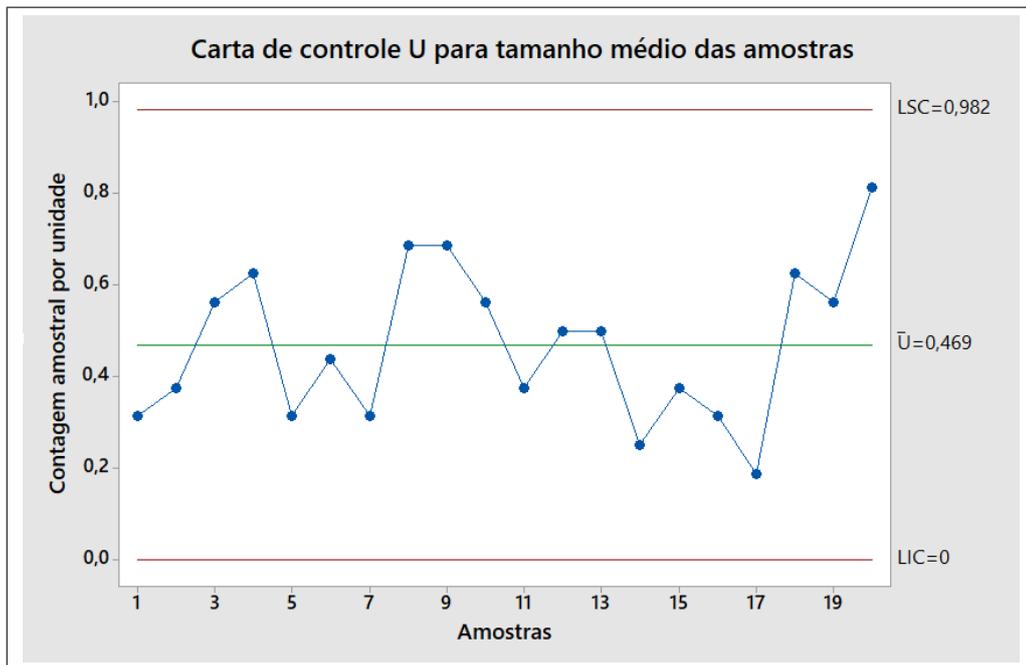
Fonte: Elaborado pelo autor.

Apesar de estar sob controle estatístico, a proporção média de pneus defeituosos em aproximadamente 36% ainda é um valor muito alto, por isso é necessário que seja realizada uma análise mais profunda e mudanças no processo para melhorar os resultados. No presente trabalho, os gráficos de Pareto e o diagrama de Ishikawa irão auxiliar na identificação dos principais problemas presentes no processo, e também em possíveis causas que estão proporcionando essas falhas no processo produtivo da organização.

Levando em consideração que um mesmo pneu pode apresentar mais de um defeito, também foi utilizado o gráfico U, para analisar se o processo está sob controle estatístico, monitorando o número de defeitos por pneu.

E, da mesma forma que foi feito com os gráficos P, aqui também foi gerado um gráfico para cada abordagem de cálculo dos limites, para comparar se ocorreram mudanças significativas. Primeiramente, foi gerado o gráfico de controle U com tamanho médio das amostrais, representado pela Figura 13.

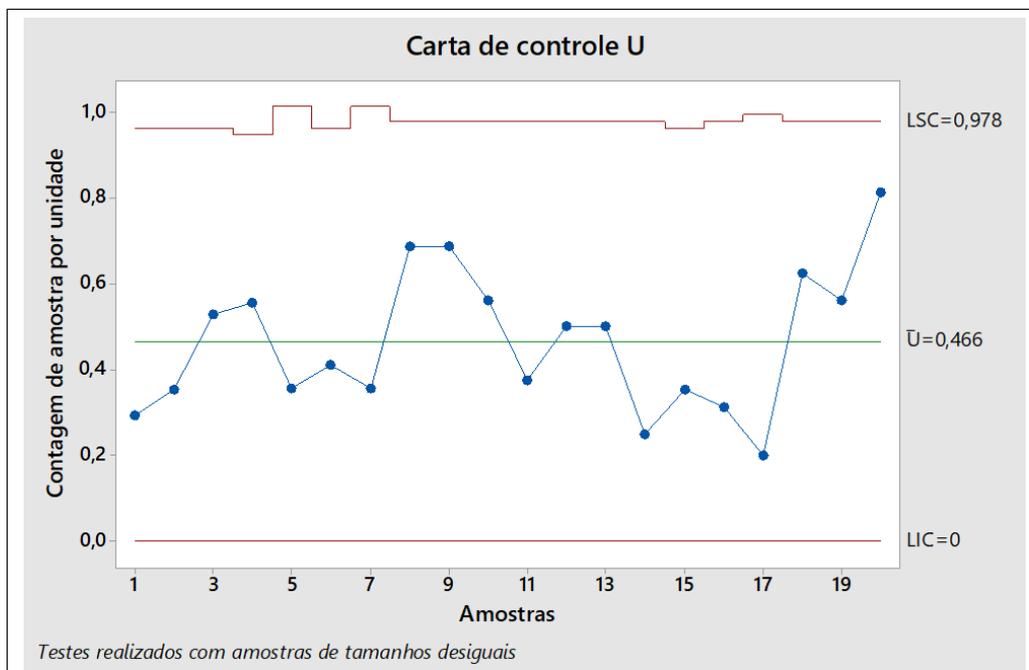
Figura 13 – Gráfico de controle U com tamanho médio das amostras.



Fonte: Elaborado pelo autor.

Em seguida, foi gerado o gráfico com limites variáveis, onde cada limite foi calculado levando em consideração o tamanho de cada amostra, como é possível ver na Figura 14.

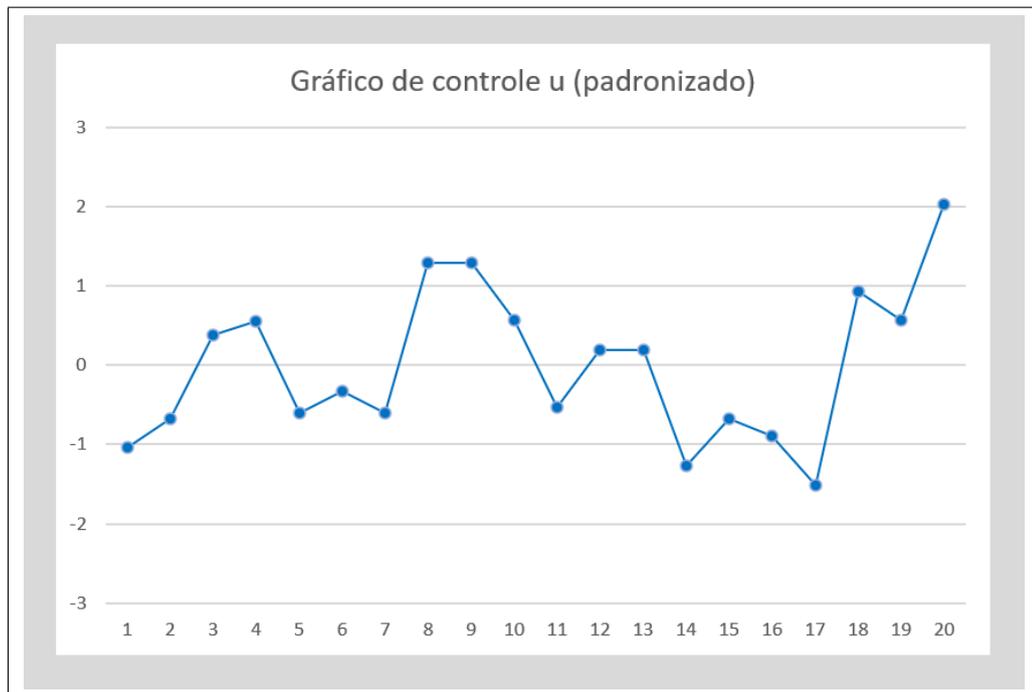
Figura 14 – Gráfico de controle para atributos U com limites variáveis.



Fonte: Elaborado pelo autor.

Por fim, foi gerado o gráfico padronizado, representado pela Figura 15.

Figura 15 – Gráfico de controle U padronizado.



Fonte: Elaborado pelo autor.

Nesses 3 gráficos (Figuras 13, 14 e 15), todos os 20 pontos ficaram dentro dos limites, e também apresentaram uma aleatoriedade na distribuição dos pontos, indicando que, quando analisado através do monitoramento do número de defeitos por pneu, o processo está sob controle.

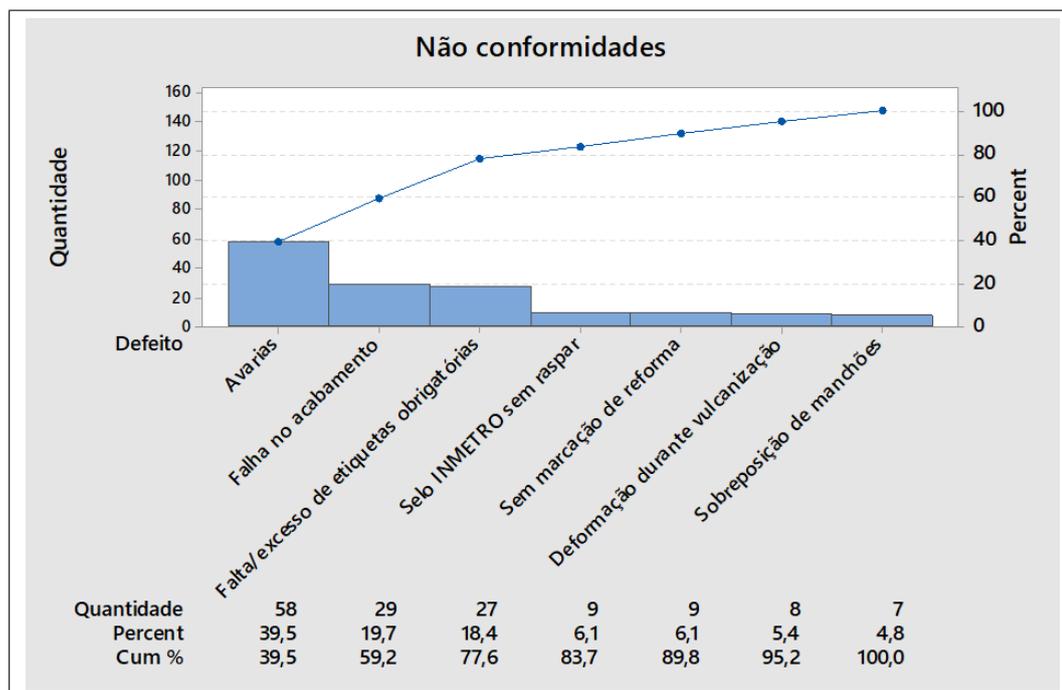
Os gráficos também mostraram que o número médio de defeitos por pneu é de 0,466, ou seja, é encontrado aproximadamente um defeito a cada dois pneus verificados, o que pode ser considerado um número alarmante. Relacionando esses dados com os resultados encontrados pelos gráficos para proporção defeituosas, que indicaram que aproximadamente 36% dos pneus chegam na etapa de exame final com alguma não conformidade, percebe-se que é necessário diminuir também o número de defeitos por unidade, para conseguir alcançar um bom resultado quanto ao número de pneus não conformes ao final do processo de reforma.

#### 4.2.3 Gráfico de Pareto

Após feita as análises dos gráficos de controle, observou-se que apesar de em grande parte deles o processo se mostrar sob controle, ele está operando em uma média maior que o esperado, seja em proporção de pneus não conformes ou em quantidade de defeitos encontrados em cada pneu.

A fim de descobrir quais são os principais problemas que estão ocasionando esses altos valores, foi elaborado o gráfico de pareto, representado na Figura 16.

Figura 16 – Gráfico de Pareto com as não conformidades.



Fonte: Elaborado pelo autor.

É possível perceber que as avarias (no talão, carcaça, flanco ou/e ombro) são os defeitos mais frequentes, representando 39,5% do total de não conformidades encontradas durante as inspeções. Logo após, estão as falhas no acabamento e faltas ou excessos das etiquetas obrigatórias, com 19,7% e 18,4% respectivamente.

Dentre as três não conformidades mais frequentes, nenhuma delas são consideradas graves. Para esse estudo se optou pela análise das mais frequentes, uma vez que as consideradas mais graves, além de aparecer com uma menor frequência, podem estar menos relacionados com problemas internos da organização, envolvendo alguns fatores externos. Como é o caso do aparecimento de bolhas, que pode estar relacionado com condições prévias do pneu que não são possíveis detectar no exame inicial (como carcaça fadigada) e marcas de pneus mais propensas a não suportarem o processo de vulcanização.

Essas três não conformidades mais frequentes podem ser consideradas de médias a leves, todas passíveis de reparos. No caso de avarias, algumas falhas no acabamento e falta de etiqueta obrigatória, o pneu é considerado não conforme e é necessário retorná-lo para a linha de produção, para que sejam feitos os devidos reparos. Já no caso de excesso de enchimento, excesso de etiquetas e alguma outra não conformidade estética relacionada com falha no acabamento, o pneu é considerado conforme, sendo diretamente encaminhado para o setor de expedição.

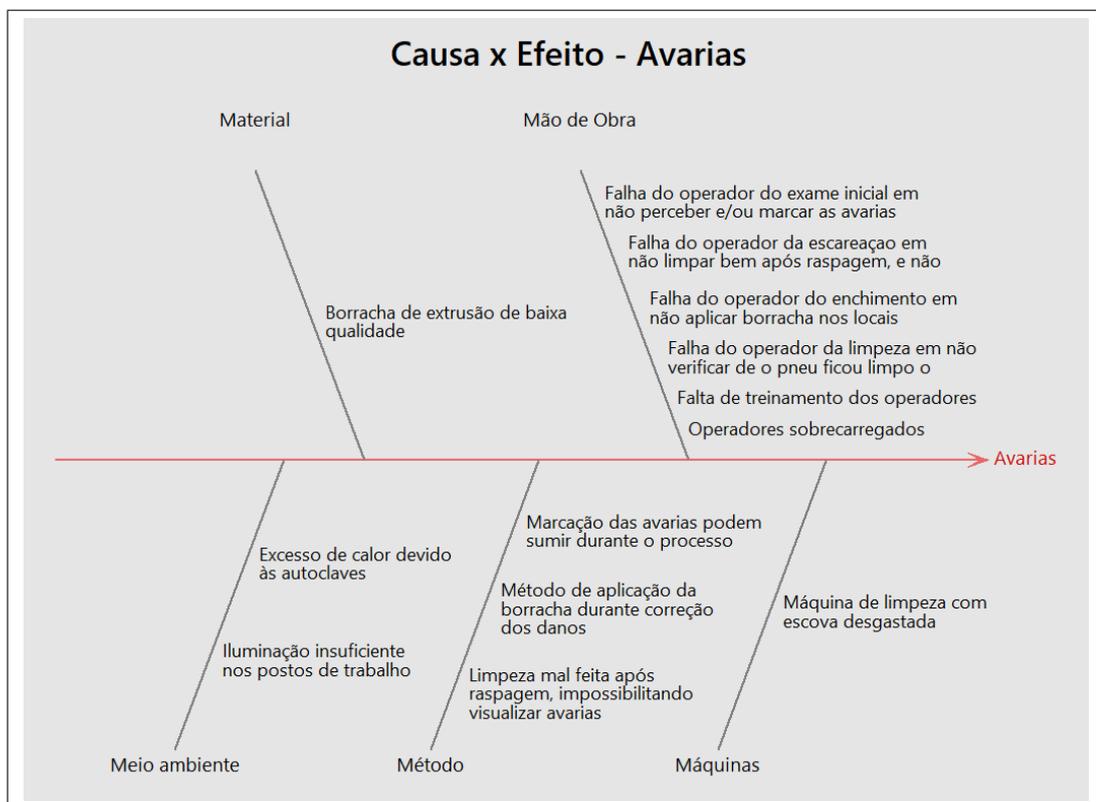
Por meio da análise do gráfico foi possível observar que, focando em apenas três dos sete defeitos encontrados, é possível eliminar até 77,6% do total de não conformidades encontradas. Portanto, podem ser priorizadas no momento de buscar formas de mitigar os defeitos e, neste sentido, será utilizado o diagrama de Ishikawa para fazer a análise destas três não conformidades mais recorrentes.

#### 4.2.4 Diagrama de Ishikawa

Através dos conhecimentos adquiridos pelo autor durante acompanhamento e observação do processo, e de um brainstorming com os operadores e gerente da reformadora, foi possível elaborar diagramas de causa e efeito com as possíveis causas das três não conformidades mais recorrentes.

A Figura 17 mostra o diagrama de Ishikawa elaborado relacionando as avarias com suas prováveis causas. É possível perceber que as causas mais prováveis para ocorrência dessa não conformidade estão relacionadas com mão de obra e com o método de realização do trabalho.

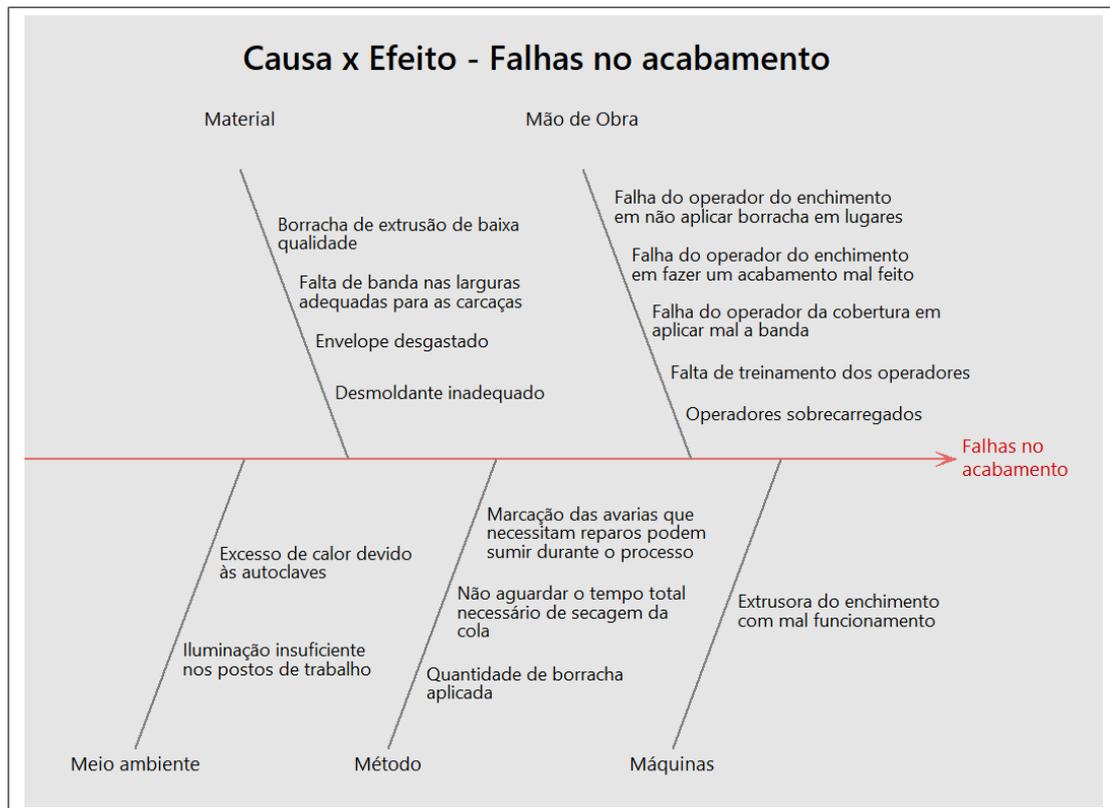
Figura 17 – Diagrama de Ishikawa para Avarias.



Fonte: Elaborado pelo autor.

A Figura 18 representa o diagrama de Ishikawa elaborado para apresentar algumas possíveis causas para as falhas no acabamento. Aqui, a maioria das prováveis causas estão relacionadas com material e mão de obra.

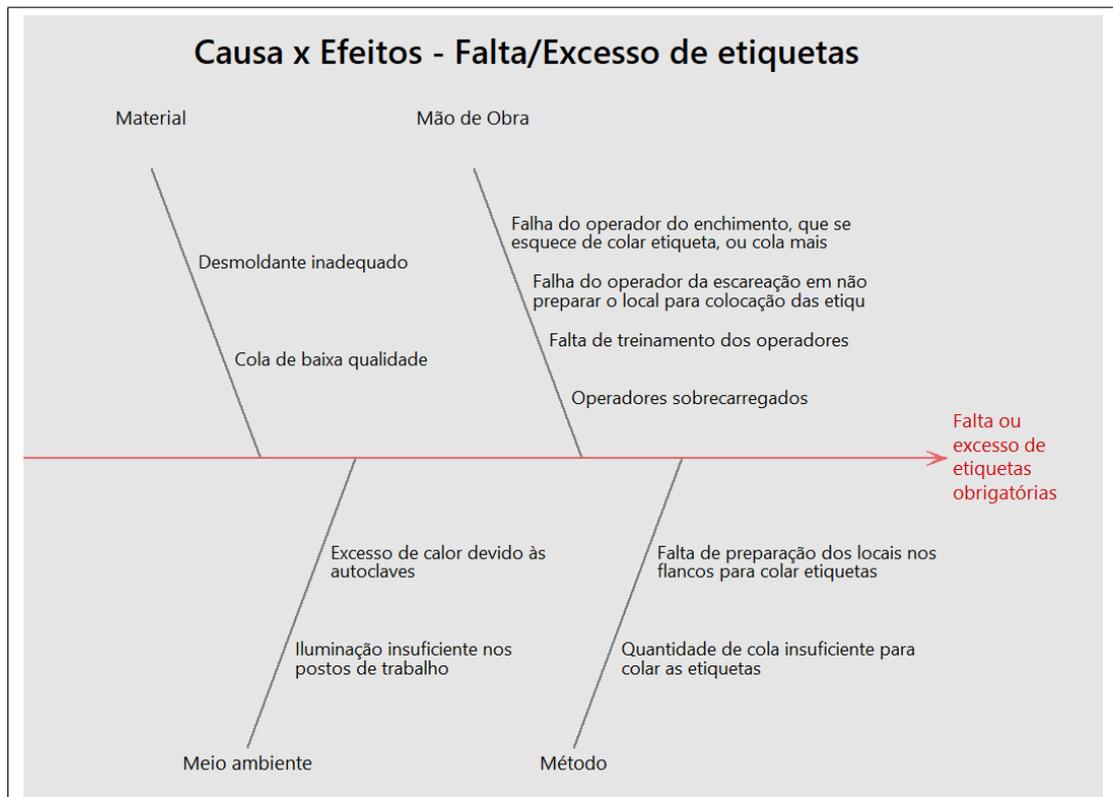
Figura 18 – Diagrama de Ishikawa para Falhas no acabamento.



Fonte: Elaborado pelo autor.

E o último diagrama, representado na figura 19, apresenta as possíveis causas para as não conformidades relacionadas com a falta ou excesso de etiquetas obrigatórias nos pneus reformados.

Figura 19 – Diagrama de Ishikawa para Falta ou Excesso de etiquetas.



Fonte: Elaborado pelo autor.

Também é possível perceber que, as três não conformidades analisadas acima, possuem em comum quatro de suas prováveis causas: falta de treinamento dos operadores, operadores sobrecarregados, iluminação insuficiente nos postos de trabalho e excesso de calor devido às autoclaves. Isso permite deduzir que, ao corrigir essas quatro prováveis causas, poderia se reduzir o número de não conformidades.

#### 4.2.5 Sugestões de melhorias

Depois de registradas as possíveis causas das não conformidades mais frequentes, é possível sugerir algumas melhorias no processo produtivo da reformadora, que, se implementadas, podem diminuir a ocorrência de não conformidades nos pneus reformados.

As sugestões de melhorias foram separadas de acordo com a origem dessas possíveis causas:

- **Material:** fazer um controle de inspeção dos materiais comprados, com o objetivo de analisar a qualidade. Quando ocorrer um número maior de defeitos, analisar onde foi feita a compra do material, para identificar se existe relação do defeito com o material comprado. Sempre ter à disposição todos os materiais que possam ser necessários, em todas as suas medidas e especificações;

- Mão de obra: realizar periodicamente, e sempre que necessário, treinamento dos operadores. Ensinar novas técnicas de operação, como manusear novas ferramentas, como utilizar novos materiais. Contratar operadores específicos e suficientes para cada etapa do processo, possibilitando a cada operador focar somente em seu trabalho, evitando ser necessário dividir tempo e atenção em mais de uma função;
- Meio ambiente: melhorar a iluminação do ambiente, com lâmpadas adequadas, nos locais necessários. Buscar formas de diminuir a temperatura dentro do galpão da reformadora, que geralmente possui temperatura elevada devido às autoclaves (melhorando a circulação de ar, com mais janelões; instalando ventiladores de alta potência, exaustores eólicos, climatizadores ou ares-condicionados industriais);
- Método: sempre reafirmar com os operadores a importância de realizar os procedimentos de acordo com as instruções de trabalho que foram desenvolvidas para cada etapa do processo, e encontrar formas de verificar e assegurar que elas estão sendo seguidas. Adequar e atualizar as instruções de trabalho sempre que necessário, como por exemplo, se começou a utilizar no processo um novo material ou uma nova ferramenta. Abrir espaço para os próprios operadores sugerir melhorias e adequações dos métodos de trabalho;
- Máquinas: implementar o cronograma de manutenção da reformadora, onde se deve realizar periodicamente a revisão e manutenção das máquinas e equipamentos utilizados no processo, de forma a garantir que estejam sempre em perfeitas condições de uso e funcionamento.

Se implementadas, essas sugestões de melhorias provavelmente ajudariam a diminuir não somente as três não conformidades mais recorrentes, mas também todas as outras não conformidades encontradas.

É importante ressaltar que não foi possível pelo autor implementar essas sugestões na prática, porém elas poderiam contribuir consideravelmente na redução da média de pneus com alguma não conformidade, que chegam ao final do processo de reforma.

Por fim, é importante comentar sobre a sobreposição de manchões. Apesar de ser um defeito pouco recorrente, é considerado uma não conformidade grave, que na maioria dos casos classifica o pneu como não conforme sem possibilidade de reparo. Por isso, apesar de não ter sido incluído na análise com o diagrama de Ishikawa, é um defeito importante de ser mencionado. Entre suas principais causas, estão:

- Não detectarem no exame inicial que as avarias que necessitam reparo com manchões estão muito próximas ou que já ultrapassou a quantidade possível de reparação com manchões naquela carcaça, e então aprovarem o pneu pra reforma;
- No momento do reparo utilizarem manchões maiores que o necessário, fazendo que fiquem muito próximos sem necessidade (nesse caso é reparável, basta trocar os manchões por outros de tamanhos adequados).

Ambas as causas estão relacionadas com categorias já citadas na análise das outras não conformidades, e também podem ser mitigadas aplicando algumas das melhorias sugeridas.

## 5 Considerações finais

Este trabalho se propôs a utilizar ferramentas da qualidade para analisar o processo produtivo de uma reformadora de pneus, analisando o processo de recapagem e as não conformidades encontradas, salientando a importância de se obter uma melhor visão no processo para alcançar melhorias na produção.

Utilizando a ferramenta fluxograma, foi possível representar graficamente o processo de recapagem da empresa. E por meio da folha de verificação, foram coletados os dados utilizados nas análises posteriores, referentes às não conformidades encontradas nos pneus verificados.

Iniciando a análise dos dados, foi aplicada a ferramenta de gráfico de controle com o objetivo de avaliar o comportamento do processo produtivo dentro do horizonte estudado. A análise mostrou que, apesar de o processo se mostrar sob controle estatístico, os valores médios apresentados foram altos, demonstrando assim que o comportamento do processo não está dentro do esperado.

O elevado número de não conformidades nos pneus pode trazer diversos prejuízos para a organização, sejam eles de retrabalho, ou até mesmo aumento do índice de reclamações dos clientes e, conseqüentemente, perda dos mesmos. Além disso, os pneus são um fator essencial na questão de segurança dos veículos, e um defeito não tratado pode comprometer seu desempenho, colocando os clientes em risco. Por isso é essencial que se busque formas de melhorar a qualidade da execução do processo.

Neste contexto, o diagrama de Pareto foi utilizado para identificar os problemas mais recorrentes no processo. Foram identificadas as três não conformidades mais freqüentes, sendo todas passíveis de reparo. Em seguida, utilizou-se o diagrama de Ishikawa para apresentar as possíveis causas para estes problemas e, conseqüentemente, para o alto índice de defeitos.

Diante disso, o autor sugeriu algumas ações de melhorias para o processo, porém, devido à algumas limitações, não foi possível implementá-las.

Como sugestão para estudos futuros, propõe-se avaliar detalhadamente os pneus com os defeitos considerados mais graves, com o objetivo de identificar fatores que estão fazendo com que esses defeitos apareçam. Isso pode ser fundamental para se reduzir a freqüência com que esses tipos de não conformidades ocorram.

## Referências

- ALVAREZ, M. E. B. *Administração da qualidade e da produtividade: Abordagens do processo administrativo*. São Paulo: Atlas, 2001. Citado na página 21.
- ARAÚJO, M. F. P. *Percepção de qualidade a partir da visão dos clientes: análise em quiosques de praia na cidade de Guarapari - ES*. [S.l.], 2019. Citado na página 22.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DO SEGMENTO DE REFORMA DE PNEUS. *Cenário da reforma de pneus no Brasil*. 2019. Disponível em: <[www.abr.org.br/dados-do-segmeneto](http://www.abr.org.br/dados-do-segmeneto)>. Acesso em: 02 nov. 2019. Citado na página 14.
- CAMPOS, V. F. *TQC: controle da qualidade total (no estilo japonês)*. Belo Horizonte: Fundação Christiano Ottoni, 1992. Citado 2 vezes nas páginas 17 e 22.
- CARPINETTI, L. C. R. *Controle da qualidade de processo*. São Carlos, 2003. Citado 3 vezes nas páginas 23, 24 e 25.
- CARPINETTI, L. C. R. *Gestão da qualidade: Conceitos e técnicas*. São Paulo: Atlas SA, 2012. Citado 3 vezes nas páginas 19, 21 e 22.
- CARVALHO, M. M.; PALADINI, E. P. *Gestão da Qualidade: Teoria e Casos*. Rio de Janeiro: Elsevier/ABEPRO, 2012. Citado 4 vezes nas páginas 17, 18, 19 e 20.
- CONFEDERAÇÃO NACIONAL DO TRANSPORTE. *Anuário do Transporte: Estatísticas Consolidadas*. 2018. Disponível em: <<http://anuariodotransporte.cnt.org.br>>. Acesso em: 14 nov. 2019. Citado na página 14.
- CORRÊA, H. L.; CORRÊA, C. A. *Administração de Produção e Operações: Uma abordagem estratégica*. 2. ed. São Paulo: Atlas, 2008. Citado 2 vezes nas páginas 20 e 23.
- FONSECA, J. J. S. *Metodologia da pesquisa científica*. [S.l.], 2002. Citado 2 vezes nas páginas 29 e 30.
- GERHARDT, T. E.; SILVEIRA, D. T. *Métodos de Pesquisa*. [S.l.], 2009. Citado na página 29.
- INSTITUTO NACIONAL DE METROLOGIA, NORMALIZAÇÃO E QUALIDADE INDUSTRIAL. *Portaria n. 554, de 29 de outubro de 2015: Regulamento técnico da qualidade para reforma de pneus*. [S.l.]. Citado 2 vezes nas páginas 14 e 26.
- LAGARINHOS, C. A. F.; TENÓRIO, J. A. S. Tecnologias utilizadas para a reutilização, reciclagem e valorização energética de pneus no Brasil. *Polímeros: Ciência e Tecnologia*, v. 18, n. 2, p. 106–118, 2008. Citado 3 vezes nas páginas 15, 25 e 26.
- MARSHALL, I. J. et al. *Gestão da Qualidade*. 8. ed. Rio de Janeiro: FGV, 2006. Citado na página 20.
- MARTINELLI, F. B. *Gestão da qualidade total*. Curitiba: IESDE Brasil, 2009. Citado 3 vezes nas páginas 21, 22 e 23.
- MONTGOMERY, D. C. *Introduction to Statistical Quality Control*. 6. ed. Nova Iorque: John Wiley Sons, Inc, 2009. Citado 4 vezes nas páginas 22, 23, 24 e 25.

MONTGOMERY, D. C.; RUNGER, G. C. *Estatística aplicada e probabilidade para engenheiros*. 4. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2009. Citado 2 vezes nas páginas 23 e 24.

OLIVEIRA, J. A. et al. Um estudo sobre a utilização de sistemas, programas e ferramentas da qualidade em empresas do interior de são paulo. *Produção*, v. 21, n. 4, p. 708–723, 2011. Citado 3 vezes nas páginas 17, 19 e 23.

OLIVEIRA, O. J. et al. *Gestão da Qualidade: Tópicos avançados*. São Paulo: Cengage Learning, 2004. Citado na página 18.

PALADINI, E. P. *Gestão da Qualidade: Teoria e Prática*. São Paulo: Atlas, 2006. Citado 2 vezes nas páginas 14 e 20.

PEINADO, J.; GRAEML, A. R. *Administração da produção: Operações industriais e de serviços*. Curitiba: UnicenP, 2007. Citado 2 vezes nas páginas 20 e 21.

PNEWS. *Entenda como é feito o pneu e sua reforma*. 2012. Disponível em: <[http://abr.org.br/wp-content/uploads/2018/12/PNEWS\\_77.pdf](http://abr.org.br/wp-content/uploads/2018/12/PNEWS_77.pdf)>. Acesso em: 20 jul. 2020. Citado na página 26.

PNEWS. *Reformador de pneus é essencial para o segmento de transporte no Brasil*. 2017. Disponível em: <[http://abr.org.br/wp-content/uploads/2018/12/PNEWS\\_100.pdf](http://abr.org.br/wp-content/uploads/2018/12/PNEWS_100.pdf)>. Acesso em: 10 nov. 2019. Citado na página 14.

SAMOHYL, R. W. *Controle estatístico da qualidade*. Rio de Janeiro: Elsevier, 2009. Citado na página 23.

TURRIONI, J. B.; MELLO, C. H. P. *Metodologia de pesquisa em engenharia de produção: estratégias, métodos e técnicas para condução de pesquisas quantitativas e qualitativas*. [S.l.], 2012. Citado 2 vezes nas páginas 29 e 30.

VIEIRA, G. F. *Gestão da Qualidade Total*. 2. ed. São Paulo: Alínea, 2007. Citado 2 vezes nas páginas 21 e 22.

WERKEMA, M. C. C. *Ferramentas estatísticas básicas para o gerenciamento de processos*. Belo Horizonte: Fundação Christiano Ottoni, 1995. Citado 2 vezes nas páginas 24 e 25.