



LEANDRO VINÍCIUS NATIVIDADE HENRIQUES

**APLICAÇÃO DE FERRAMENTAS DE QUALIDADE NO
PROCESSO PRODUTIVO DE AMORTECEDORES**

LAVRAS – MG

2024

LEANDRO VINÍCIUS NATIVIDADE HENRIQUES

**APLICAÇÃO DE FERRAMENTAS DE QUALIDADE NO PROCESSO
PRODUTIVO DE AMORTECEDORES**

Monografia apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Curso de Engenharia Química, para a obtenção do título de Bacharel.

Prof.^a Dr.^a Natália Maira Braga Oliveira
Orientadora

LAVRAS – MG

2024

**Ficha catalográfica elaborada pelo Sistema de Geração de Ficha Catalográfica da Biblioteca
Universitária da UFLA, com dados informados pelo(a) próprio(a) autor(a).**

Henriques, Leandro Vinícius Natividade.

Aplicação de ferramentas de qualidade no processo produtivo
de amortecedores / Leandro Vinícius Natividade Henriques. - 2024.
47 p.: il.

Orientador(a): Natália Maira Braga Oliveira.

TCC (graduação) - Universidade Federal de Lavras, 2024.
Bibliografia.

1. Amortecedores pressurizados dianteiros (APD). 2. Ruído. 3.
Método 5S. I. Oliveira, Natália Maira Braga. II. Título.

LEANDRO VINÍCIUS NATIVIDADE HENRIQUES

**APLICAÇÃO DE FERRAMENTAS DE QUALIDADE NO PROCESSO
PRODUTIVO DE AMORTECEDORES**

**APPLICATION OF QUALITY TOOLS IN THE SHOCK ABSORBER
PRODUCTION PROCESS**

Monografia apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Curso de Engenharia Química, para a obtenção do título de Bacharel.

APROVADA em 26 de abril de 2024.

Prof.^a Dr.^a Luana Elis de Ramos e Paula - UFLA

Prof. Dr. Gilson Campani Junior - UFLA

Prof.^a Dr.^a Natália Maira Braga Oliveira - UFLA

Prof.^a Dr.^a Natália Maira Braga Oliveira
Orientadora

LAVRAS – MG

2024

AGRADECIMENTOS

Quero expressar minha profunda gratidão a todos que contribuíram para a realização deste trabalho.

Quero expressar meu mais profundo agradecimento às pessoas que amo de todo coração, que estiveram sempre ao meu lado em minha jornada acadêmica. Primeiramente, minha mãe, Luciana Natividade, meu pai, Luciano Henriques, meu irmão, Gustavo Natividade, e meu querido sobrinho e afilhado, Pedro Natividade, foram verdadeiros pilares, compartilhando comigo cada momento desse percurso. Cada gesto de apoio foi imprescindível para que eu chegasse até aqui.

Além disso, não posso deixar de mencionar minha amada namorada, Milena Alves Gualberto, cujo apoio inabalável e compreensão foram extremamente importantes em meio aos desafios enfrentados. Sua presença ao meu lado me traz conforto e força para seguir em frente, mesmo nos momentos mais difíceis.

Um agradecimento especial à minha orientadora, Natália Maira Braga, pela orientação, paciência e valiosas sugestões ao longo deste processo. Sua dedicação e conhecimento foram essenciais para o desenvolvimento deste trabalho.

Quero também expressar minha gratidão aos meus amigos Igor Castro, Lucas Paiva, Leonardo Perantoni e a todos os outros que me apoiaram e incentivaram durante toda a trajetória acadêmica. Suas palavras de ânimo foram fundamentais para superar os desafios enfrentados ao longo do percurso.

Este trabalho não teria sido possível sem o apoio e a contribuição de cada um de vocês. Muito obrigado por fazerem parte desta jornada.

RESUMO

O setor automobilístico desempenha um papel fundamental na economia brasileira e global, representando uma significativa parcela do Produto Interno Bruto (PIB) do Brasil e do mercado de trabalho brasileiro. Este setor também é caracterizado pela elevada concorrência, de modo que as empresas do ramo automobilístico precisam se aprimorar para se manterem competitivas, diminuindo seus custos. Neste contexto, o objetivo deste trabalho foi abordar a redução do índice de não conformidades em amortecedores que apresentam ruído devido à presença de impurezas, as quais comprometem o funcionamento adequado do pistão e/ou da válvula de compressão, visando melhorar a produção de amortecedores pressurizados dianteiros (APD). Para isso, foi aplicada a ferramenta DMAIC (do inglês *define, measure, analyze, improve* e *control*; ou, em português, definir, medir, analisar, melhorar e controlar), em conjunto com outras ferramentas de qualidade, como *Gemba Walking* e *brainstorming*, com o propósito de identificar e mitigar a variabilidade no processo. Após uma análise abrangente, concluiu-se que a aplicação do método 5S no processo de montagem dos amortecedores pressurizados seria benéfica para reduzir as ocorrências de amortecedores ruidosos, já que esse método busca promover uma maior organização, padronização e limpeza nas áreas de trabalho, através da conscientização dos operadores. Para validar a eficácia da implementação do método 5S, foram conduzidas auditorias durante o processo de montagem. Após oito meses de aplicação do método, os níveis de conformidade avaliados foram considerados satisfatórios, sendo 77% na utilização, 75% na organização, 62% na limpeza, 59% na padronização e 55% na disciplina. Além dos dados das auditorias, observou-se uma redução no índice de *scrap* (ou desperdício) na fabricação de amortecedores apresentando ruído, evitando desperdício da ordem de R\$ 18.000,00 em oito meses. Em suma, concluiu-se que o novo padrão de qualidade, implementado através da aplicação de ferramentas de qualidade na montagem de amortecedores, se mostrou eficaz em minimizar as perdas relacionadas aos amortecedores não conformes, ou seja, aqueles com ruídos.

Palavras-chave: amortecedores pressurizados dianteiros (APD); ruído; método 5S; auditorias; índice de *scrap*.

ABSTRACT

The automotive sector plays a fundamental role in the Brazilian and global economy, representing a massive portion of Brazil's Gross Domestic Product (GDP) and its job market. This sector is also characterized by high competition, requiring automotive companies to improve to remain competitive by reducing their costs. In this context, the aim of this work was to address the reduction of non-conformities in shock absorbers that exhibit noise due to the presence of impurities, which compromise the proper functioning of the piston and/or compression valve, aiming to improve the production of front pressurized shock absorbers (FPSA). To achieve this, the DMAIC tool (define, measure, analyze, improve, and control), along with other quality tools such as Gemba Walking and brainstorming, were applied to identify and mitigate process variability. After a comprehensive analysis, it was concluded that the application of the 5S method in the assembly process of pressurized shock absorbers would be beneficial in reducing occurrences of noisy shock absorbers, as this method aims to promote greater organization, standardization, and cleanliness in work areas through operator awareness. To validate the effectiveness of implementing the 5S method, audits were conducted during the assembly process. After eight months of applying the method, the evaluated compliance levels were considered satisfactory, with 77% in utilization, 75% in organization, 62% in cleanliness, 59% in standardization, and 55% in discipline. In addition to audit data, a reduction in the scrap rate (waste rate) in the manufacturing of noisy shock absorbers was observed, avoiding waste amounting to R\$ 18,000.00 over eight months. In summary, it was concluded that the new quality standard, implemented through the application of quality tools in shock absorber assembly, proved effective in minimizing losses related to non-conforming shock absorbers, i.e., those with noise.

Keywords: front pressurized shock absorbers (FPSA); noise; 5S method; audits; scrap index.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Faturamento do setor de autopeças.....	12
Figura 2 - Faturamento da fabricação de peças e acessórios para o sistema de direção e suspensão de veículos automotores.	13
Figura 3 - Amortecedores pressurizados traseiros (APT).	15
Figura 4 - Amortecedores pressurizados dianteiros (APD).....	16
Figura 5 - Componentes do amortecedor pressurizado dianteiro (APD).	17
Figura 6 - Macroprocesso da produção de amortecedores dianteiros.	19
Figura 7 - Atividades do processo de haste.	20
Figura 8 - Atividades do processo de montagem de APD.....	20
Figura 9 - Diagrama de Ishikawa.	23
Figura 10 - Senso da ferramenta 5S.....	24
Figura 11 - Caixa de componentes: (a) aberta, (b) fechada.....	31
Figura 12 - Condições não conformes dos ferramentais e locais de trabalho encontrados no processo de montagem: (a) injetor de nitrogênio, (b) apoio do conjunto do pistão, (c) apoio do conjunto de válvula, (d) apoio da haste montada, (e) ferramentais desorganizados.....	32
Figura 13 - Diagrama de causa e efeito do processo de montagem de amortecedores.	34
Figura 14 - Condições conformes dos ferramentais e locais de trabalho encontrados no processo de montagem: (a) injetor de nitrogênio, (b) apoio do conjunto do pistão, (c) apoio do conjunto de válvula, (d) apoio da haste montada, (e) ferramentais organizados.....	36
Figura 15 - Grau de conformidade do 5S nas áreas no primeiro mês.	37
Figura 16 - Grau de implementação dos sensores do 5S nas áreas em oito meses comparando com primeiro mês.	39

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Pontos conformes e o total de pontos de inspeções verificadas no primeiro mês da implementação do 5S.....	37
Tabela 2 - Pontos conformes e o total de pontos de inspeções verificadas em oito meses da implementação do 5S.....	39

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Princípios da ferramenta DMAIC.	21
Quadro 2 - Ferramentas de qualidade empregadas no DMAIC.	28

SUMÁRIO

1.	INTRODUÇÃO.....	10
2.	REFERENCIAL TEÓRICO	12
2.1.	Aspectos econômicos.....	12
2.2.	História dos amortecedores.....	13
2.3.	Amortecedor pressurizado dianteiro (APD)	16
2.4.	Processo produtivo do amortecedor.....	18
2.5.	Ferramentas da qualidade	21
2.5.1.	DMAIC	21
2.5.2.	<i>Brainstorming</i>	22
2.5.3.	<i>Gemba Walking</i>	22
2.5.4.	Diagrama de causa e efeito (Ishikawa)	23
2.5.5.	5S	24
2.6.	<i>Benchmarking</i>	25
2.7.	Índice de <i>scrap</i>	25
3.	METODOLOGIA.....	27
4.	RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	30
4.1.	“D” e “M”	30
4.2.	“A”	30
4.3.	“I”	35
4.4.	“C”	36
5.	CONCLUSÃO.....	42
	REFERÊNCIAS.....	44

1. INTRODUÇÃO

O setor automotivo é essencial para o desenvolvimento industrial de uma nação, exercendo uma influência significativa em diversos outros setores. O Brasil ocupa o 8º lugar entre os maiores produtores de automóveis, contendo 57 unidades industriais distribuídas em 9 estados, fornecendo empregos diretos e indiretos para cerca de 1,2 milhões de pessoas e gerando impactos expressivos no Produto Interno Bruto (PIB) brasileiro (ANFAVEA, 2023). Além de impulsionar a demanda por matérias-primas e componentes, a produção de veículos estimula o crescimento de setores correlatos, como metalurgia, plásticos e eletrônicos.

No cenário da indústria automotiva, em que a excelência na produção é crucial para garantir a qualidade e segurança dos veículos destinados aos consumidores, este estudo concentra-se em uma respeitada empresa do setor automotivo localizada no sul do estado de Minas Gerais, especializada na produção de amortecedores. Com uma elevada média diária de fabricação de 55.000 peças, esses componentes são diretamente integrados nos chassis dos veículos fabricados pelas montadoras de todo o Brasil.

A organização ostenta a certificação de qualidade IATF 16949:2016, um padrão internacionalmente reconhecido, o qual é implementado pelas empresas do setor automotivo para assegurar a conformidade com os requisitos de qualidade. Isso melhora o desempenho comercial e reforça o compromisso com a excelência e a segurança dos produtos oferecidos, conforme mencionado por Santos e Veloso Neto (2018).

Neste contexto, na incessante busca pela máxima qualidade, as empresas direcionam esforços para aprimorar suas produções, visando a redução da incidência de produtos defeituosos.

A estratégia adotada para solucionar esses problemas pode variar, com a aplicação de diferentes ferramentas de qualidade. Uma delas é a metodologia DMAIC (do inglês *define, measure, analyze, improve e control*; ou, em português, definir, medir, analisar, melhorar e controlar), a qual deriva dos princípios da metodologia Seis Sigma. Essa metodologia se destaca por permitir que se identifique a variabilidade em um processo (HOLANDA; SOUZA; FRANCISCO, 2013). Outras ferramentas como *Gemba Walking*, *brainstorming* e o diagrama Ishikawa também podem ser utilizadas, conforme proposto por Cahyana (2018). Além disso, tem-se o método 5S, cujos princípios, baseados nos sentidos *Seiri, Seiton, Seiso, Seiketsu e Shitsuke* (utilização, organização, limpeza, padronização e disciplina), foram estabelecidos por Ousada (1992 apud TRAINOTTI, 2007), com objetivo principal de

promover a organização e criar um ambiente de trabalho mais eficiente e produtivo, atuando, conseqüentemente, na causa raiz do problema.

A abordagem centrada na organização, conforme proposta por Trainotti (2007), busca reforçar a importância de estabelecer diálogo entre o setor produtivo e a qualidade, que são pilares fundamentais para uma empresa. Nessa perspectiva, não apenas busca-se promover maior eficiência produtiva, mas, também, garantir um ambiente de trabalho mais saudável para os colaboradores, elevando a disciplina deles. De modo que a disciplina operacional, quando integrada ao processo de resolução do problema, pode contribuir significativamente para o alcance de resultados sustentáveis e a prevenção de recorrências.

A fim de validar a eficácia na implementação dessas ferramentas de qualidade, pode-se utilizar técnicas quantitativas, como controle de auditorias e índice de *scrap*, ou índice de desperdício. O controle de auditorias visa avaliar as condições das áreas de produção e destacar aos funcionários a importância dessas ferramentas. Já o índice de *scrap* mensura em valores monetários o retorno proveniente das aplicações realizadas. De modo que essas abordagens visam proporcionar uma avaliação abrangente da efetividade das medidas adotadas no aprimoramento do processo em questão.

De maneira que a implementação de tais ferramentas buscam mitigar as reclamações dos clientes, uma vez que a comercialização de produtos defeituosos não apenas causa desconforto ao usuário, como, também, pode acarretar problemas estruturais nas funções essenciais por eles desempenhadas. Portanto, a efetiva resolução desse desafio pode não só promover uma produção mais eficiente e econômica, como reforçar a satisfação e confiança dos consumidores nos produtos da empresa.

Assim, o objetivo deste trabalho foi propor soluções para o problema de alojamento de impurezas no pistão e/ou na válvula de compressão de amortecedores pressurizados dianteiros (APD) de uma empresa deste setor, comprometendo o adequado funcionamento da parte interna do amortecedor e causando insatisfação dos clientes, além das perdas monetárias. Para isso, foram implementadas as ferramentas de qualidade DMAIC, *Gemba Walking*, *brainstorming*, *benchmarking*, 5S e o diagrama Ishikawa na linha de produção, demonstrando a eficácia dessa estratégia por meio de abordagens qualitativas, através de controles de auditorias e quantificação de índice *scrap*.

2. REFERENCIAL TEÓRICO

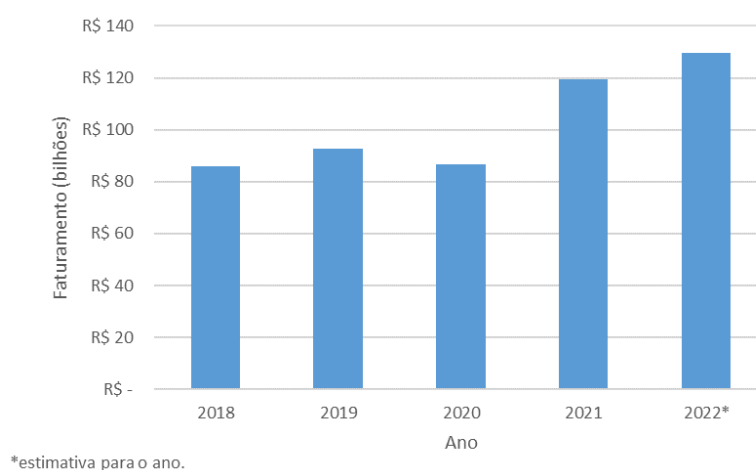
2.1. Aspectos econômicos

O setor automobilístico desempenha um papel fundamental na vasta cadeia de produção que envolve diversas indústrias. Ele é um dos mais importantes e influentes no Brasil, exercendo um papel fundamental na economia e no avanço tecnológico do país e do mundo (VARGAS, 2021).

Segundo os dados da Associação Nacional dos Fabricantes de Veículos Automotores (ANFAVEA, 2023), que destacam a relevância da indústria automobilística no Brasil, em 2019, este setor contribuiu significativamente para o Produto Interno Bruto (PIB), representando 20% do setor industrial de transformação e 2,5% do total. Além disso, em 2022, o Brasil conquistou a posição de oitavo maior produtor no mercado mundial de veículos automotores, gerando impressionantes 1,2 milhão de empregos, dos quais 22% estão ligados ao subsetor de autopeças.

Com referência à pesquisa industrial anual conduzida pelo Sindicato Nacional da Indústria de Componentes para Veículos Automotores (SINDIPEÇAS, 2023), que utiliza os valores de vendas totais do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) considerando a Classificação Nacional de Atividades Econômicas (CNAE), observa-se que o faturamento do setor de autopeças está em processo de recuperação, após a queda em 2020, causada pela pandemia de COVID-19. Projeções indicavam que essa tendência de crescimento continuaria ao longo de 2022, conforme ilustrado na Figura 1.

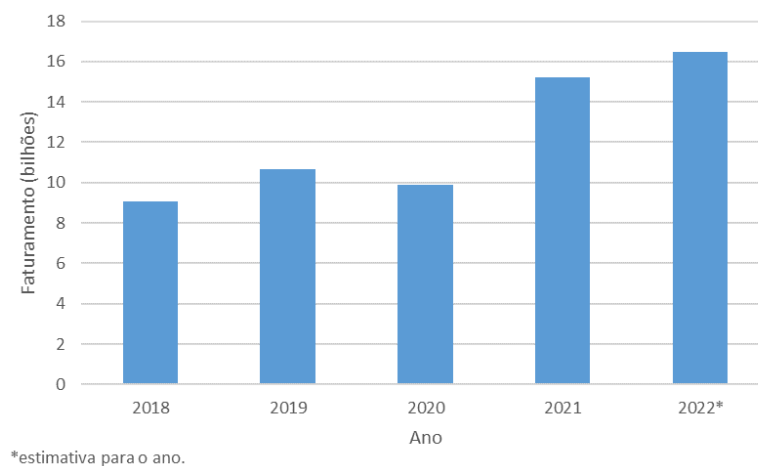
Figura 1 - Faturamento do setor de autopeças.



Fonte: Adaptado de SINDIPEÇAS (2023).

O segmento de autopeças pode ser categorizado considerando a diversidade de produtos fabricados. Dentro dessas categorias, inclui-se a produção de peças e acessórios para o sistema de direção e suspensão de veículos automotores, que engloba a fabricação de amortecedores. Essa categoria, do mesmo modo que o setor de autopeças, vem retomando seu crescimento após a pandemia de COVID-19, sendo que havia estimativas de crescimento no ano de 2022, como demonstrado na Figura 2.

Figura 2 - Faturamento da fabricação de peças e acessórios para o sistema de direção e suspensão de veículos automotores.



Fonte: Adaptado de SINDIPEÇAS (2023).

A retomada do crescimento na indústria automobilística do Brasil é de extrema importância, especialmente à luz das recentes transformações globais. As novas tendências do setor, como a eletrificação veicular, a conectividade e os veículos autônomos, estão gradualmente se tornando uma realidade em diversos mercados nacionais, como destacado por Luiz e Willcox (2018), na Agenda Setorial, do Banco Nacional do Desenvolvimento (BNDES). Essas mudanças apontam para a necessidade de adaptação e inovação na indústria automotiva brasileira e de autopeças, visando manter-se alinhada com as demandas e expectativas do mercado global em constante evolução para manter competitividade nas vendas.

2.2. História dos amortecedores

A evolução da suspensão veicular teve seu início no final do século XIX, com a introdução das molas de lâminas em veículos. Antes desse avanço, eles eram equipados com

suspensão rígida, resultando em viagens extremamente desconfortáveis. A introdução das molas de lâminas representou uma mudança significativa, conferindo aos carros um nível de conforto substancialmente maior, uma vez que essa inovação absorveu parte dos choques e vibrações provenientes das estradas (SOUZA et al., 2014).

Ao longo do desenvolvimento automotivo, as molas iniciais, que proporcionavam conforto, acabaram gerando problemas, devido às oscilações resultantes das imperfeições nas estradas. Isso não apenas comprometia a estabilidade dos veículos, mas também tornava a direção mais desafiadora. A resposta a esse cenário surgiu em 1913, com a introdução do amortecedor. A notável decisão da Rolls Royce de integrar amortecedores traseiros no modelo Silver Ghost representou um marco importante. Essa inovação não apenas proporcionou maior conforto aos ocupantes, como também contribuiu significativamente para a segurança e aprimoramento na experiência de direção dos automóveis (DIXON, 2007).

Além desses avanços estruturais nos automóveis, outro fator importante que se destaca, segundo Jones e Ross (1990), no livro “*The Machine That Changed the World: The Story of Lean Production*” de Womack, foi a implementação da linha de produção (*mass production*), que teve um papel crucial na superação das dificuldades inerentes à produção artesanal em 1903. Isso resultou em melhorias significativas na qualidade dos produtos, na eficiência de produção e na redução do tempo de fabricação. Desde então as fábricas automotivas, no geral, a adotaram como base no processo produtivo.

Com a evolução contínua da indústria automotiva, os avanços na suspensão veicular foram fundamentais para superar os desafios relacionados ao conforto, estabilidade e dirigibilidade, além de sua produção em grande escala. Desse modo, a compreensão dessas transformações ao longo do tempo foi crucial para analisar a eficiência e as melhorias no desempenho dos sistemas de suspensão.

Segundo a Federação das Indústrias do estado do Rio de Janeiro (FIRJAN, 2008) e ao SENAI (2006), há quatro classes de amortecedores no mercado que são:

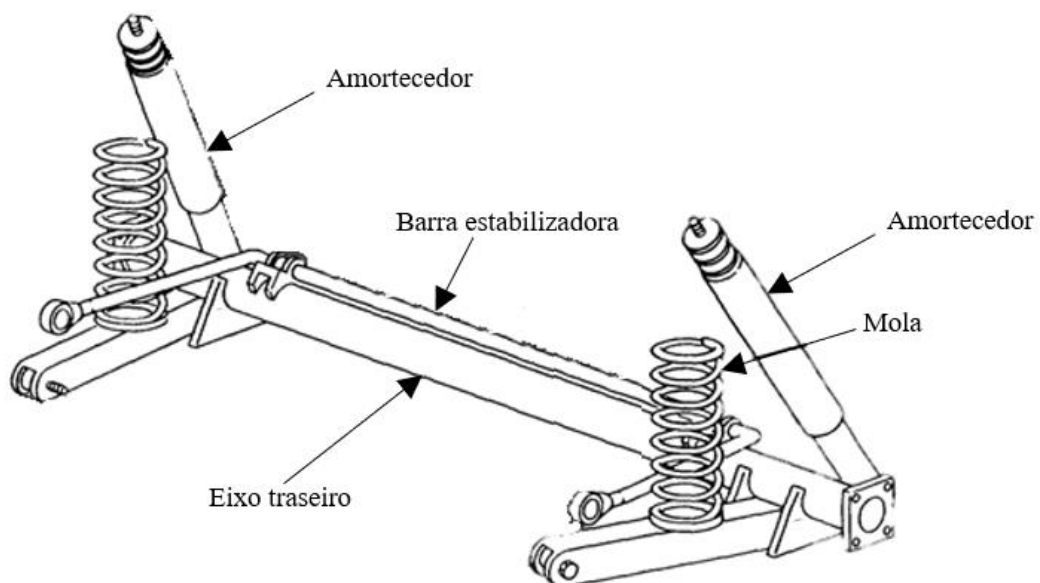
- hidráulicos: são amortecedores bicamerais, compostos por óleo e ar, sendo os mais usados em automóveis, devido à frota de carros brasileira ser mais antiga;
- pressurizados: são amortecedores bicamerais compostos por óleo e gás nitrogênio. Esse tipo de amortecedor será abordado neste trabalho, porque é o tipo mais produzidos atualmente, considerando a fabricação de carros modernos;
- reguláveis: são amortecedores pressurizados, sendo ajustáveis, de acordo com o automóvel e o piso em que ele se desloca;

- a gás: são amortecedores que não possuem óleo, somente gás.

Cada classe de amortecedor foi cuidadosamente projetada para atender às demandas específicas de cada veículo. Dentro dessas classes, existem subclasses adaptadas para atender às exigências particulares de cada automóvel. Por exemplo, um veículo leve da FIAT pode ter uma subclassificação de amortecedores, enquanto um veículo leve da Volkswagen pode ter outro tipo de subclassificação dentro da mesma classe de amortecedores. Dessa forma, as características dos amortecedores são adaptadas para cada veículo, resultando na criação de diferentes versões de cada tipo de amortecedor.

Os amortecedores pressurizados podem ser categorizados em dianteiros e traseiros, assim como os hidráulicos e reguláveis, sendo a distinção baseada na distribuição do peso do veículo. Os amortecedores pressurizados traseiros (APT) são aqueles que conectam o eixo traseiro ao chassi do automóvel, de maneira análoga às molas, conforme ilustrado na Figura 3; sua função principal é controlar a inclinação durante a aceleração e desaceleração, além de amortecer as oscilações originadas pela mola durante a absorção de choques com o solo, na parte posterior do veículo (RAJESH, 2006). Esta atribuição é fundamental para assegurar a estabilidade e o conforto durante a condução, ressaltando a relevância destes amortecedores na dinâmica veicular.

Figura 3 - Amortecedores pressurizados traseiros (APT).

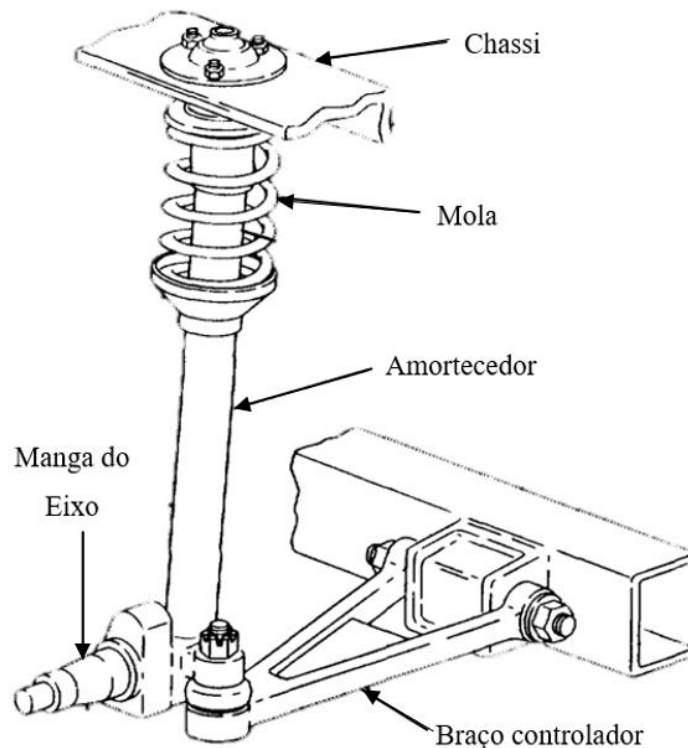


Fonte: Adaptado de TM 9-8000 (1985, p. 591).

Já os amortecedores pressurizados dianteiros (APD), que são objeto de estudo neste trabalho, requerem maior mobilidade para proporcionar dirigibilidade ao veículo. Nesse

sentido, eles proporcionam uma maior mobilidade entre as rodas, sendo que esses amortecedores suportam todo o peso dianteiro do automóvel, contando apenas com o suporte do braço controlador, conforme ilustrado na Figura 4.

Figura 4 - Amortecedores pressurizados dianteiros (APD).



Fonte: Adaptado de TM 9-8000 (1985, p. 595).

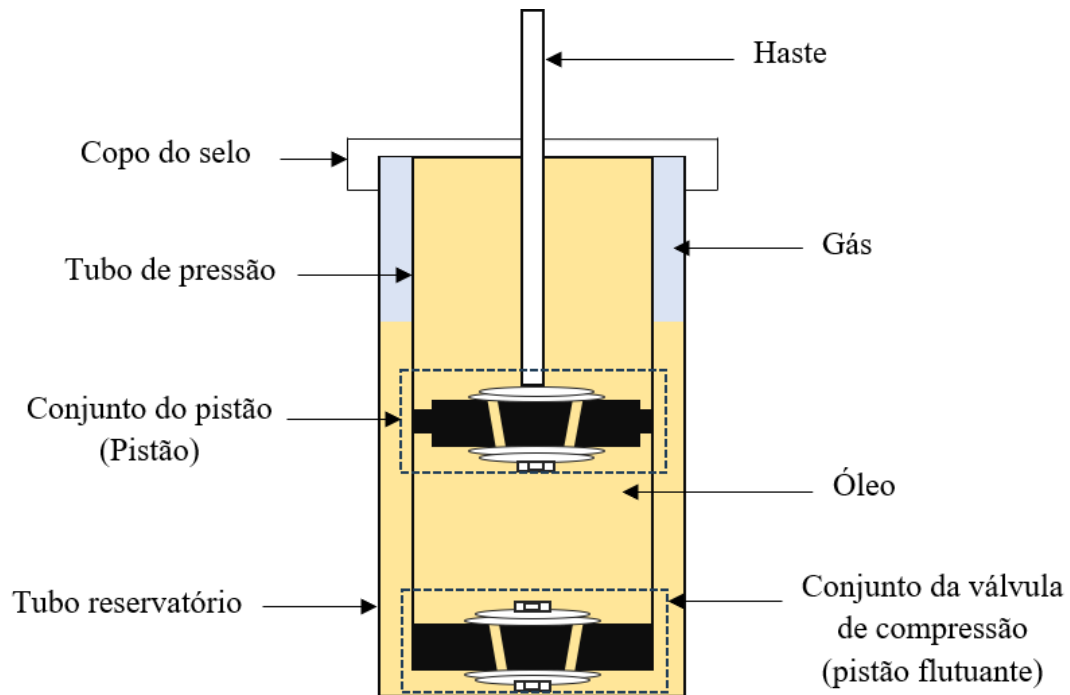
Os APD desempenham um papel crucial na absorção de impactos, colaborando de forma coordenada com as molas. Adicionalmente, eles têm a responsabilidade essencial de reduzir oscilações na parte dianteira do veículo, contribuindo significativamente para a estabilidade durante a condução.

Além disso, esses amortecedores desempenham um papel crucial no controle direcional, ao oferecer suporte ao peso do motor, assegurando um equilíbrio adequado na distribuição de cargas (STONE, 2002).

2.3. Amortecedor pressurizado dianteiro (APD)

Para compreender o funcionamento dos amortecedores pressurizados dianteiros é necessário conhecer alguns detalhes importantes de seus componentes internos e externos. Deste modo, a fim de facilitar o entendimento, tem-se o esquema da Figura 5.

Figura 5 - Componentes do amortecedor pressurizado dianteiro (APD).



Fonte: Do autor (2024).

Cada componente ilustrado na Figura 5 é responsável por uma função do APD. Desta forma, as funcionalidades de cada um são representadas a seguir, conforme Borini (2021) e Sarabando e Oliveira (2014), são:

- copo do selo: impede vazamentos de óleo e mantém o amortecedor hermético;
- haste: transmite as oscilações do veículo para dentro do sistema de gás-óleo;
- tubo reservatório: é o tubo externo do amortecedor que protege a parte interna;
- conjunto da válvula de compressão (pistão flutuante): é responsável pelas cargas de compressão. Este conjunto calibra a passagem de óleo entre os tubos de pressão e reservatório, proporcionando assim a carga de compressão;
- tubo de pressão: é o tubo interno do amortecedor que, juntamente com conjunto da válvula, divide o amortecedor em duas câmaras, uma interna e outra externa;
- conjunto do pistão (pistão): é responsável pelos movimentos de extensão e contração do amortecedor, que são promovidos por uma haste, a qual conectada à carroceria do automóvel. Estes movimentos são controlados pela resistência que o óleo encontra para passar pelas válvulas do pistão, ao escoar pelas passagens de pequeno diâmetro que nele existem. Na compressão, o pistão se encontra em movimento descendente; enquanto, em movimento ascendente, ele passa

comprimir o óleo que o atravessou no movimento anterior, mas também criando uma zona de baixa pressão a sua frente. Assim, com uma de suas válvulas abertas, obtém-se o efeito de amortecimento, ao permitir que o óleo escoe pelos seus orifícios.

Cada uma dessas peças desempenha um papel crucial no sistema de suspensão veicular. No entanto, destaca-se a importância de dois componentes essenciais em um amortecedor: os conjuntos da válvula de compressão e do pistão. Conforme destacado por Borini (2021), tanto o pistão quanto a válvula são projetados com furos calibrados em décimos de milímetro e em quantidades específicas. Os números de furos e seus diâmetros influenciam diretamente na restrição à passagem do óleo, permitindo a regulação das cargas.

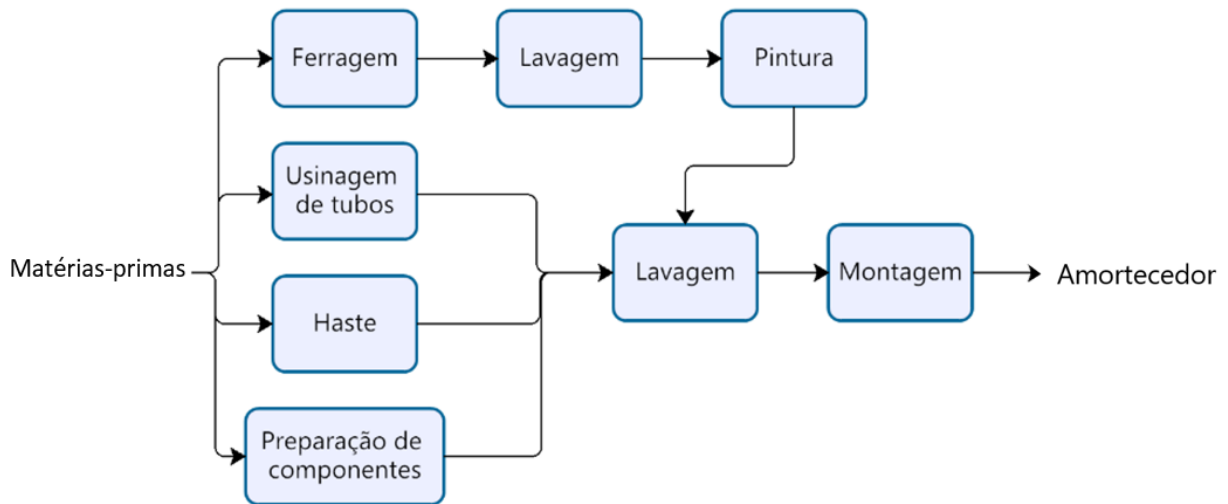
Logo, é crucial compreender que qualquer pequena quantidade de impureza que se aloje em seus conjuntos altera significativamente as cargas dos APD, impactando seu desempenho e a eficácia do sistema de suspensão do automóvel. Além disso, a presença de impurezas resulta no fenômeno conhecido como ruído assobio no amortecedor indicando o problema.

2.4. Processo produtivo do amortecedor

Como exposto no item 2.1, as fábricas de amortecedores, assim como em outras indústrias, adotaram o método de produção em linha. Nesse método, as matérias-primas entram na indústria e passam por uma série de etapas de transformação para resultar no produto, o amortecedor. Devido à complexidade envolvida na produção deste item, o processo produtivo foi organizado de acordo com a estrutura estabelecida pelo Conselho Nacional do Ministério Público (CNMP, 2016), conforme a obra “Metodologia de Gestão de Processos”, que utiliza os conceitos de macroprocesso, processo e atividade, como descrito a seguir.

O macroprocesso, segundo CNMP (2016), explica de uma forma genérica e simplificada a fabricação. Deste modo, adaptando a base conceitual ao contexto da fabricação de amortecedores a Figura 6 ilustra a disposição das etapas de produção.

Figura 6 - Macroprocesso da produção de amortecedores dianteiros.



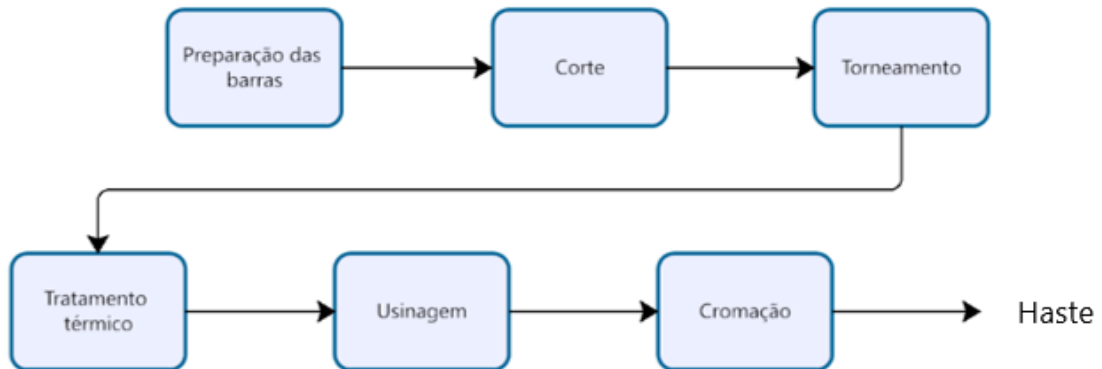
Fonte: Do autor (2024).

Cada bloco apresentado na Figura 6 corresponde a uma etapa do processo, de acordo com CNMP (2016), que, por sua vez, abrange uma atividade correspondente. Na etapa da ferragem, ocorre a moldagem de chapas metálicas, que são as matérias-primas, em modelos cilíndricos, os quais correspondem ao cilindro de ferro externo do amortecedor. Além disso, ela também é responsável pelas soldas dos componentes que fixam o amortecedor na estrutura do carro e vedam a parte inferior do produto. Após a conclusão das operações de soldagem, o cilindro externo do amortecedor, chamado de tubo reservatório (Figura 5), é direcionado ao processo de lavagem, em seguida, para pintura e lavagem novamente. Após essas etapas, a parte externa do amortecedor está pronta para ser montada.

Da mesma forma que ocorre na ferragem, a usinagem de tubos é uma etapa em que ocorre a moldagem de chapas metálicas em modelos cilíndricos, porém ela está relacionada ao cilindro interno do amortecedor, chamado de tubo de pressão (Figura 5). Uma outra diferenciação notável é a ausência da soldagem nesta etapa, uma vez que esse cilindro é inserido no tubo reservatório, sendo situado entre o copo do selo e o conjunto de válvula de compressão sem a necessidade de soldagem. Assim como no processo anterior, os cilindros passam pela lavagem a fim de retirar as impurezas e, posteriormente, são direcionados à montagem.

Com relação às hastes, há várias atividades que abrangem diferentes etapas para a fabricação desses componentes. As atividades, como ilustrada a Figura 7, são: o corte e preparação das barras, o torneamento, o tratamento térmico, a usinagem e a cromação. Após a conclusão dessas etapas, as hastes são encaminhadas para a lavagem e, em seguida, são direcionadas para a montagem.

Figura 7 - Atividades do processo de haste.

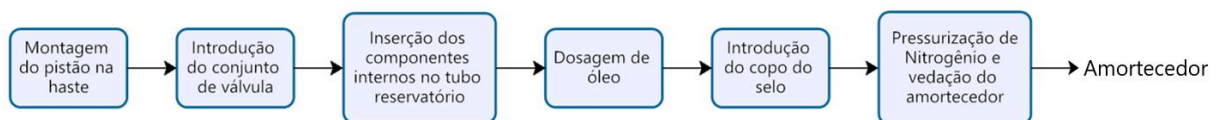


Fonte: Do autor (2024).

Assim como nos processos anteriores, o de componentes também possui diversas atividades, mas com um nível de complexidade bem maior. Nelas são produzidos os conjuntos dos pistões e das válvulas de compressão, componentes específicos para cada subclasse de amortecedor, e a montagem desses elementos é considerada confidencial. Após, passar por todas as etapas produtivas que consiste a fabricação dos componentes, eles são armazenados em caixas higienizadas e fechadas e, posteriormente, são direcionados para o processo de montagem.

A montagem abrange a montagem completa dos APD. Ela pode ser subdividida em atividades conforme ilustrado na Figura 8.

Figura 8 - Atividades do processo de montagem de APD.



Fonte: Do autor (2024).

Cada uma das atividades delineadas na Figura 8 possui suas próprias responsabilidades e especializações para a fabricação do produto, podendo ser designadas como postos de trabalho. Esses postos de trabalho representam pontos cruciais onde diferentes aspectos do processo de fabricação são cuidadosamente executados por profissionais especializados.

No que diz respeito à montagem do APD (Figura 8), as etapas são fundamentais para garantir que cada componente seja corretamente integrado, assegurando não apenas a funcionalidade do produto, mas também seu desempenho adequado no veículo. Cada passo

desempenha um papel vital na criação de um produto de qualidade, desde a preparação dos materiais até a montagem final, garantindo que o APD atenda aos mais altos padrões de qualidade e desempenho exigidos na indústria automotiva.

2.5. Ferramentas da qualidade

As ferramentas de qualidade, como conceito, têm evoluído ao longo do tempo para se adaptar ao mercado, impulsionando o desenvolvimento dos negócios e intensificando a competição. Com base nessa abordagem, esta monografia apresenta o uso dessas ferramentas para aprimorar o processo produtivo dos amortecedores.

2.5.1. DMAIC

A ferramenta DMAIC é uma sigla em inglês corresponde às palavras: *define, measure, analyze, improve e control* (definir, medir, analisar, melhorar e controlar). Trata-se de um método de melhoria de processos associado ao Seis Sigma, que fornece um roteiro que auxilia as empresas nas resoluções de problemas (WERKEMA, 2014).

Os princípios da ferramenta DMAIC são descritos no Quadro 1, em que cada letra representa um objetivo específico.

Quadro 1 - Princípios da ferramenta DMAIC.

Sigla	Objetivo
D	Definir o problema, indicadores e metas
M	Avaliar visualmente as condições
A	Buscar compreender a causa raiz do problema
I	Implementar melhorias
C	Criar controle das condições necessárias

Fonte: Adaptado de Werkema (2012).

Dado que essa ferramenta funciona como um guia para buscar solucionar problemas, ela pode ser utilizada como diretriz para analisar as causas dos problemas e orientar a atribuição de soluções para os desafios identificados.

2.5.2. *Brainstorming*

O *brainstorming* é uma ferramenta essencialmente associada à criatividade, que envolve a geração de ideias direcionada para encontrar soluções de um problema específico, sem realizar julgamentos das propostas. A própria tradução da palavra já remete a essa conexão, pois seu significado literal é "explosão de ideias" (MINICUCCI, 2001).

A técnica é fundamentada no processo criativo, sendo uma das mais conhecidas e amplamente utilizadas no mundo dos negócios corporativos. O *brainstorming* possibilita uma diversidade de pensamentos e experiências para gerar soluções inovadoras, encorajando qualquer pensamento ou ideia que venha à mente sobre o problema a ser tratado, baseando-se no conhecimento e experiência das pessoas envolvidas (MATTOS, 2012).

Para assegurar a eficácia e eficiência do resultado obtido no uso dessa ferramenta, é fundamental: rejeitar críticas (pré-julgamentos), permitir criatividade sem restrições, buscar quantidade para gerar qualidade e aprimorar combinações. Dennett (2006) destaca que o *brainstorming* tem entre seus principais resultados a geração de ideias brilhantes, que surgem subitamente, ou de ideias espontâneas reunidas.

2.5.3. *Gemba Walking*

O *Gemba Walking*, originado no Japão, é uma ferramenta que se concentra em visitar o local real da fábrica, em que as operações efetivamente acontecem. Essa abordagem visa identificar oportunidades de melhoria em colaboração com os funcionários da área de operação (MARCHWINSKY; SHOOK, 2005). Ao realizar visitas diretas ao local de produção, os gestores têm a oportunidade de observar os processos, identificar desafios e promover um diálogo direto com a equipe operacional.

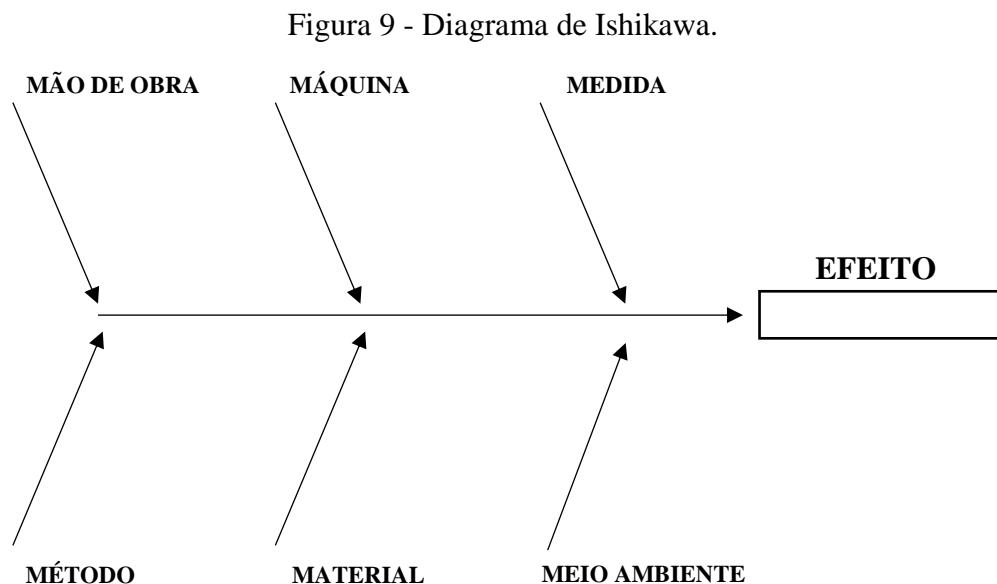
Além disso, o *Gemba Walking* desempenha um papel crucial na tomada de decisões, fornecendo uma visão prática e realista dos acontecimentos no ambiente de trabalho (DOMBROWSKI; MIELKE, 2014). A interação direta no local de trabalho permite uma

compreensão mais profunda dos desafios enfrentados pela equipe, contribuindo para a formulação de estratégias mais eficazes e alinhadas com a realidade operacional.

Segundo Womack (2011), é importante ressaltar a extrema relevância da prática dessa ferramenta para motivar e envolver os funcionários em suas atividades. Sendo que a ausência dela representa um fator crucial que impede os gestores de compreender a importância de executar cada processo corretamente desde a primeira tentativa, visando atingir um fluxo contínuo (WOMACK, 2011). Ademais, não fazer o *Gemba*, pode resultar em uma desconexão entre a gestão e a realidade operacional, comprometendo a eficiência e a eficácia dos processos produtivos. Portanto, integrar esta ferramenta como parte da abordagem de gestão é essencial para promover uma compreensão mais profunda dos desafios enfrentados no local de trabalho e incentivar a colaboração e o comprometimento da equipe.

2.5.4. Diagrama de causa e efeito (Ishikawa)

O Diagrama de Causa e Efeito, comumente conhecido como o diagrama de Ishikawa ou “espinha de peixe”, devido ao seu formato, foi desenvolvido na década de 60 por Kaoru Ishikawa e representa uma ferramenta de qualidade que facilita a identificação das causas raízes de um problema, por meio da análise de todos os elementos presentes no processo (COSTA; MENDES, 2018). As causas podem ser agrupadas em cinco categorias, designadas como os "6Ms": método, máquina, medida, material, mão de obra e meio ambiente, conforme ilustrado na Figura 9.



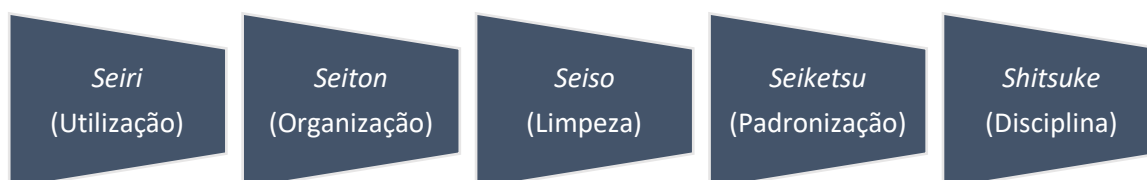
Fonte: Ishikawa (1993).

Na aplicação do Diagrama de Causa e Efeito, é importante saber que ele é composto por três elementos essenciais, como ilustra a Figura 9, cada um desempenhando um papel crucial na análise de problemas. Primeiro, tem-se a "cabeça" do diagrama, na qual se identifica e descreve claramente qual é o problema. Em seguida, as "espinhas" representam as principais categorias de causas que podem estar na origem do problema central. Por fim, as "subespinhas" detalham as causas potenciais associadas a cada uma das categorias identificadas nas espinhas (NOVILHO et al., 2017). Essa abordagem hierárquica fornece uma representação visual organizada das relações entre o problema principal e suas causas subjacentes, facilitando a compreensão e a análise detalhada do cenário.

2.5.5. 5S

A ferramenta 5S, ou 5 sentidos, surgiu no final da década de 1960 no Japão, com o propósito de ser uma iniciativa para a reconstrução do país e de sua economia após a Segunda Guerra Mundial. Contudo, ao longo do tempo, várias versões e contribuições foram feitas ao conceito original do 5S. Essas adaptações ocorreram devido a diferentes interpretações do conceito e à inclusão de outros "S" para melhor adequação a aplicações específicas. No entanto, todas essas variações permanecem fiéis e coesas com o conceito original (TRAINOTTI, 2007) e as palavras que definem os sentidos são as apresentadas na Figura 9.

Figura 10 - Sentidos da ferramenta 5S.



Fonte: Adaptado de Trainotti (2007).

O primeiro senso, *Seiri*, pode ser definido como a utilização do que realmente é necessário na linha de produção. Já o próximo senso, *Seiton*, está correlacionado ao primeiro, visto que o seu significado é organização, dizendo respeito a como devem estar dispostos os locais. O senso *Seiso*, relacionado à limpeza, diz respeito à manutenção da área de trabalho limpa. O *Seiketsu* (padronização) envolve a definição e padronização dos métodos de trabalho. Por fim, o senso *Shitsuke* (disciplina) está intrinsecamente ligado aos quatro primeiros

sentidos e se refere à disciplina dos colaboradores em manter seus locais de trabalho organizados e seguindo os padrões estabelecidos (TRAINOTTI, 2007).

Essa ferramenta vai além de simples práticas de organização física, envolvendo todos os membros da empresa para promover uma mudança cultural. Ao seguir os princípios do 5S, busca-se criar um ambiente de trabalho mais eficiente e produtivo, estimulando a responsabilidade coletiva pela organização e limpeza.

Segundo Campos (2013), a implementação eficaz do 5S pode resultar em melhorias substanciais nos processos organizacionais, ao capacitar a gestão da rotina e orientar os colaboradores na criação e manutenção de um ambiente limpo, organizado, eficiente e disciplinado, de modo que essa ferramenta contribui para elevar a produtividade da equipe. Essas condições são fundamentais para promover um ambiente de trabalho saudável, reduzir desperdícios e aumentar a qualidade dos processos.

2.6. Benchmarking

A técnica de *benchmarking* foi originalmente desenvolvida no setor privado pela Xerox nos anos 1970. Posteriormente, a partir da primeira metade da década de 1990, com a grande divulgação dos programas de qualidade, ela passou a ser também utilizada pelo setor público em vários países (FAVRET, 2000).

Essa ferramenta é utilizada atualmente como disseminadora de boas práticas industriais. Considerando que quando as indústrias encontram gargalos em sua produção, elas buscam por melhorias e aprimoramento de suas operações, um caminho é buscar com empresas parceiras meios para solucionar suas dificuldades, adotando ferramentas já utilizadas pelas parceiras. Isso porque, em sua grande maioria, as indústrias parceiras já enfrentaram problemas semelhantes e utilizaram ferramentas de melhoria contínua para superar esses problemas específicos.

2.7. Índice de scrap

O índice de *scrap* refere-se à avaliação financeira da quantidade monetária de peças não conformes ou defeituosas produzidas durante um período específico. Essa métrica financeira tem o propósito de quantificar o custo associado aos produtos que não atendem aos padrões de qualidade estabelecidos (MARTÍNEZ-CHONG et al., 2020).

Essa ferramenta possibilita a mensuração do impacto econômico direto decorrente de peças defeituosas, considerando aspectos como retrabalho e desperdício de materiais. O cálculo desse índice envolve a comparação entre o número de peças produzidas em um determinado período e o período posterior ao início da implementação de melhorias propostas em um projeto, conforme exemplificado no estudo de Gutierrez-Cortes (2018).

Para calcular esse índice, é necessário considerar o período em que a melhoria foi implementada em relação ao período anterior. Em outras palavras, isso envolve subtrair a quantidade de peças com problemas no mesmo período anterior à implementação da melhoria da quantidade de peças com problemas no período logo após a implementação da melhoria. Além disso, é importante multiplicar essa diferença pelo valor da produção das peças. Por exemplo, se a melhoria ocorreu nos três primeiros meses do ano X, o número de peças com defeitos desse período será subtraído do número de peças defeituosas produzidas no mesmo período do ano X-1. E o resultado dessa diferença será multiplicado pelo valor de produção daquele produto em específico.

Desse modo, na indústria, o índice de *scrap* torna-se uma métrica vital, indicando não apenas a presença de defeitos, mas também fornecendo *insights* cruciais sobre a eficácia na aplicação das ferramentas de melhoria contínua. O retorno desse índice não apenas reflete a eficácia das iniciativas de qualidade, mas também orienta futuras estratégias para aprimorar ainda mais os processos produtivos.

3. METODOLOGIA

Neste trabalho, foi adotada uma abordagem de pesquisa-ação, a qual propõe que o pesquisador utilize uma perspectiva colaborativa e iterativa, idealizando, junto aos demais participantes, a transformação de suas práticas e a compreensão de situações na vida e no ambiente de trabalho (HAMMOND; WELLINGTON, 2020). Esta foi conduzida em uma indústria do setor automotivo, especializada na fabricação de amortecedores, sendo fornecedora para renomadas montadoras de automóveis no país.

Com o objetivo de diminuir as perdas na fábrica, os colaboradores não apenas buscaram uma redução nos custos de produção, mas, sobretudo, uma significativa diminuição no número de não conformidades relacionadas à ocorrência de ruídos nos amortecedores.

Com o intuito de abordar uma solução, esta monografia visou realizar uma análise qualitativa por meio da aplicação das ferramentas da qualidade. No entanto, segundo Lee (1999), essa abordagem pode ser considerada indutiva, subjetiva, geradora de teorias e seguir processos não positivistas. A fim de melhorar os resultados no uso dessas ferramentas, simultaneamente, foi conduzida uma análise quantitativa por meio do controle de auditorias e do uso do índice de *scrap*. Estas abordagens tendem a ser dedutivas, uma vez que permitem realizar uma revisão substancial, quantificando as implementações propostas pelas análises qualitativas utilizadas na elaboração da resolução do problema, conforme indicado por Johns e Lee-Ross (1998) e Creswell (2008).

Assim, para atingir os objetivos propostos e a resolução do problema, primeiro foi feito um *benchmarking*, que permitiu a escolha das ferramentas a serem implementadas. Em seguida, foi feita a aplicação dos princípios da ferramenta DMAIC, que desempenhou um papel crucial. Essa ferramenta não apenas auxilia na identificação e análise aprofundada do problema no processo produtivo, mas, também, orienta a busca por soluções realistas e viáveis (WERKEMA, 2014).

Qualitativamente, segundo Werkema (2012), os princípios do DMAIC foram implementados tendo como diretrizes:

- na primeira, "D", houve envolvimento em um processo detalhado de definição do problema na fabricação dos amortecedores;
- na segunda, "M", foram avaliadas visualmente as condições das áreas de produção dos amortecedores e definidas as prioridades com meticulosidade;

- na terceira, "A", concentrou-se no estudo das razões subjacentes ao problema identificado nas diretrizes anteriores;
- no passo subsequente, "I", implicou-se na implementação de melhorias no processo produtivo;
- no princípio final, "C", focou-se na implementação de controles para as soluções propostas, sendo uma fase crucial que visou assegurar a eficácia a longo prazo das melhorias introduzidas.

Em cada fase do DMAIC, foi adotada uma ferramenta da qualidade ou mesmo um conjunto delas, como demonstrado no Quadro 2.

Quadro 2 - Ferramentas de qualidade empregadas no DMAIC.

Sigla	Ferramentas da qualidade
D	<i>Brainstorming e Gemba Walking</i>
M	<i>Gemba Walking</i>
A	<i>Gemba Walking</i> e Diagrama de causa e efeito (Ishikawa)
I	5S
C	Auditoria

Fonte: Do autor (2024).

No primeiro princípio, utilizou-se a ferramenta de *brainstorming* em conjunto com o *Gemba Walking*, com o objetivo de reunir informações essenciais junto aos responsáveis das áreas para encontrar uma solução para o problema identificado. Simultaneamente, iniciou-se o desenvolvimento do próximo princípio, que envolveu a visualização das condições das áreas. Isso foi feito por meio de registros fotográficos que capturaram as condições existentes naquele momento. Além disso, foram coletadas informações pertinentes através do próprio *Gemba*, contribuindo para a definição de prioridades para aprimorar a produção.

No terceiro princípio, iniciou-se a etapa estratégica, que compreende dois momentos de reuniões para avaliar quais ferramentas serão implementadas nas áreas e onde. O primeiro momento é uma reunião a nível gerencial, que teve por objetivo demonstrar as condições de trabalho a fim de delimitar os processos nos quais serão aplicadas as ferramentas da

qualidade. Posteriormente, reuniu-se com os responsáveis pela montagem e os gestores de qualidade de fábrica em um *Gemba Walking* com o objetivo de, posteriormente, elaborar o Diagrama de Ishikawa. Essa ferramenta proporciona uma análise mais aprofundada das causas raízes dos problemas identificados, o que contribui para a definição de estratégias eficazes de implementação das ferramentas da qualidade na linha de produção, porém o diagrama realizado irá considerar somente 5 “M’s”, visto que o “M” do meio ambiente não entra na análise devido ao ambiente ser energeticamente fechado.

No penúltimo princípio, ocorreu a implementação da ferramenta consensualmente escolhida na última reunião, após a realização de um *benchmarking* com uma montadora parceira, que foi o 5S. Nessa fase, os gestores da qualidade realizaram análises nos processos fabris e nas informações coletadas, visando colocar em prática o 5S no processo de montagem. O objetivo dessa ferramenta é reduzir a quantidade de desorganização na área, conscientizando os colaboradores sobre a importância de cada senso do método 5S para a melhoria contínua do ambiente de trabalho e, por consequência, do processo produtivo.

Por fim, foi aplicado o controle de auditorias solicitada pelo nível gerencial, com a frequência de no mínimo treze vezes durante cada turno de trabalho por dia, visando conscientizar os funcionários sobre a importância da implementação do 5S em cada ponto de trabalho. O objetivo foi conter o alto índice de produção de peças não conformes devido ao ruído e trazer melhores condições de trabalho para os funcionários em seus respectivos postos. Além disso, a nível gerencial a expectativa foi avaliar a implementação do método adotado através das auditorias, que teriam como avaliação o grau de conformidade adquiridos a cada auditoria.

O grau de conformidade das auditorias foi avaliado a partir dos pontos de inspeção encontrados em conformidade. Cada ponto correspondia a equipamentos ou ferramentas que tinham contato direto com os amortecedores, totalizando 14 pontos de inspeção durante cada auditoria. Os gerentes determinaram que o grau de conformidade fosse superior a 70%, isso, segundo eles, era para conter o alto índice de produção de peças não conformes, ou ruidosas, além de trazer melhores condições de trabalho para os funcionários em seus respectivos postos.

Além desse controle, o índice *scrap* foi utilizado como uma métrica buscando demonstrar a eficácia da implementação das ferramentas da qualidade, ao avaliar a redução do número das peças defeituosas ou não conformes no processo produtivo.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na indústria de amortecedores, após ter conhecimento do processo produtivo, por meio da metodologia de gestão de processos conforme o CNMP (2016), apresentado no item 2, e ao se familiarizar com as ferramentas de qualidade, é possível visualizar benefícios para a produção. Estas ferramentas foram aplicadas para abordar o problema identificado como amortecedor apresentando ruído, seguindo as diretrizes apresentadas no capítulo da Metodologia e os conceitos apresentados no Referencial Teórico.

4.1. “D” e “M”

Com isso, utilizando a ferramenta DMAIC, os dois princípios iniciais, definir e medir (Quadro 1), foram empregados em conjunto. Visto que o primeiro consistiu na realização do *Gemba Walking* nos processos fabris, realizando *brainstorming* com os funcionários das áreas. Em conjunto a essa ação, foram registradas as condições das áreas de trabalho de cada uma das etapas de fabricação. O intuito da implementação conjunta desses princípios visou não apenas identificar potenciais fontes que poderiam causar ruído nos amortecedores, mas também estabelecer uma base sólida para os próximos princípios.

4.2. “A”

Em seguida, procedeu-se à análise dos apontamentos encontrados no *Gemba*, dividindo-os em duas reuniões distintas. A primeira reunião, conduzida a nível gerencial, teve como propósito apresentar a todos as condições identificadas nas áreas fabris, evidenciando ambientes sujos e desorganizados, sendo locais propícios para causar alto índices de peças defeituosas. Diante desse panorama, os participantes decidiram focar na determinação do processo que apresentava maior criticidade em relação à sujeira e desorganização, sendo a montagem do amortecedor, como detalhado na Figura 7, visto que engloba o processo final em que se confecciona o produto em sua totalidade.

Essa conclusão fundamentou-se no fato de que, nos estágios anteriores (haste, ferragens e usinagem de tubos, ilustrados na Figura 6), os produtos passam por lavagens rigorosamente reguladas para remover impurezas antes de progredirem no ciclo produtivo.

Enquanto os demais componentes, também apontados na Figura 6, são acondicionados em caixas com proteção contra sujeira, conforme ilustrado na Figura 11.

Figura 11 - Caixa de componentes: (a) aberta, (b) fechada.



Fonte: Do autor (2024).

Na segunda reunião, teve-se um grupo composto pelos responsáveis pela montagem, em conjunto com os gestores de qualidade da fábrica. O principal propósito deste encontro foi obter informações cruciais para a construção de um Diagrama Ishikawa. A equipe concentrou-se minuciosamente na busca por possíveis fontes de contaminação, conforme indicado na reunião gerencial anterior.

Nesta fase de análise detalhada, a equipe começou examinando os ferramentais, que são dispositivos ou equipamentos necessários para a fabricação de um produto ou componente em específico. Ao adentrarem nas áreas produtivas realizando o *Gemba Walking*, depararam-se com ferramentais e locais de trabalho sujos e desorganizados, conforme ilustrado na Figura 12. Essas observações iniciais foram fundamentais para identificar possíveis origens de contaminação e orientar as ações de melhoria que seriam propostas e implementadas nas próximas fases de implementação do DMAIC.

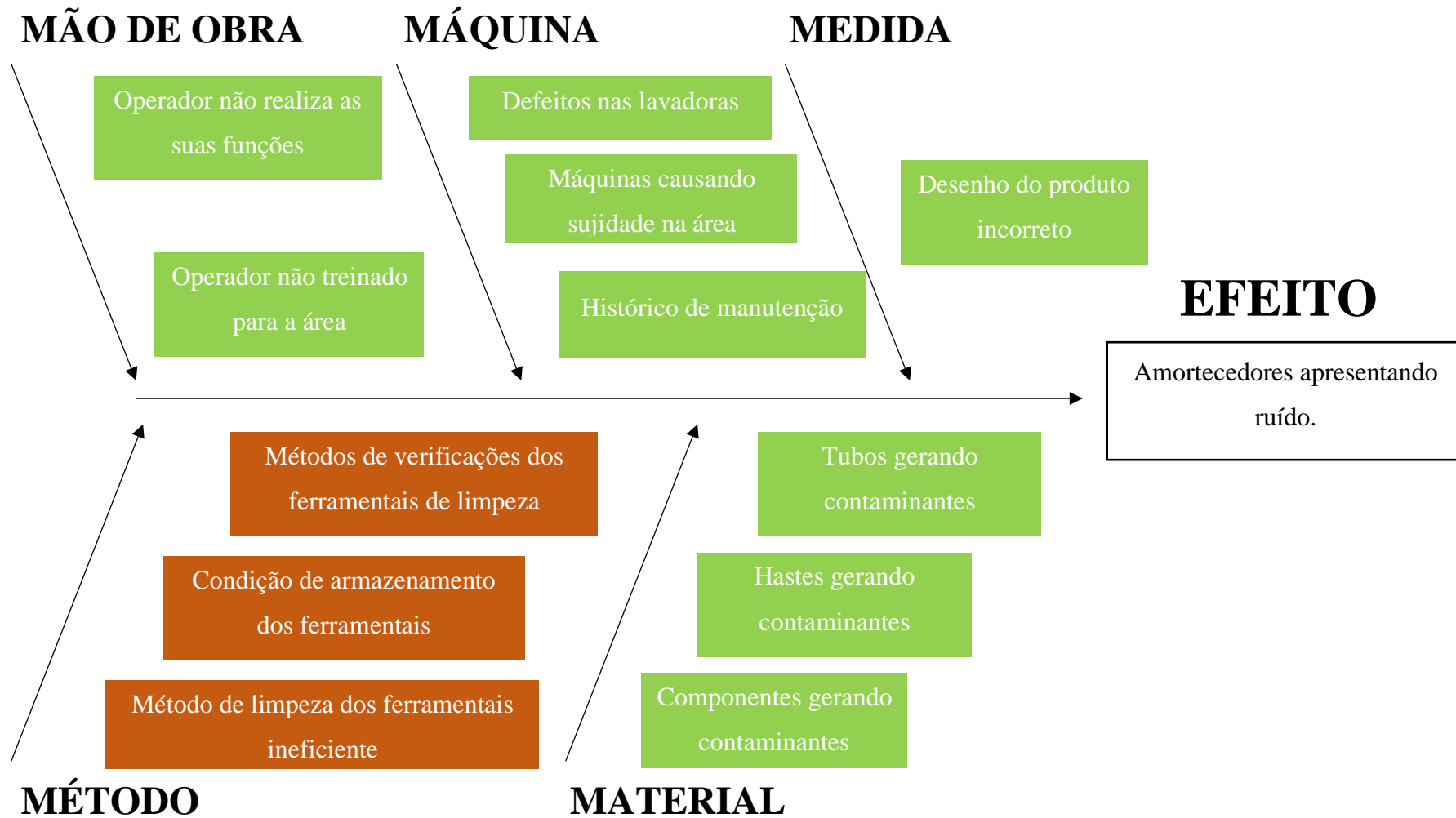
Figura 12 - Condições não conformes dos ferramentais e locais de trabalho encontrados no processo de montagem: (a) injetor de nitrogênio, (b) apoio do conjunto do pistão, (c) apoio do conjunto de válvula, (d) apoio da haste montada, (e) ferramentais desorganizados.



Fonte: Do autor (2024).

Após a análise, procedeu-se à elaboração do diagrama de causa e efeito, apresentado de maneira visual na Figura 13. Esse diagrama proporciona uma compreensão abrangente das diversas variáveis e dos fatores interrelacionados que poderiam contribuir para o problema identificado, que seria a ausência de limpeza e de seus métodos, além do armazenamento dos ferramentais em locais incorretos.

Figura 13 - Diagrama de causa e efeito do processo de montagem de amortecedores.



Fonte: Do autor (2024).

Essa abordagem não apenas proporcionou insights valiosos sobre os potenciais pontos de origem do problema, mas também estabeleceu uma base sólida para a formulação de estratégias eficazes de resolução. Ao lidar com as fontes de contaminação de maneira sistemática, a equipe conseguiu canalizar seus esforços para corrigir as raízes do problema, resultando em melhorias significativas na qualidade e no desempenho dos amortecedores.

Nesse contexto, com base nas possibilidades apresentadas no Diagrama de Ishikawa (Figura 13), a equipe identificou as causas raízes do problema: ausência da padronização de limpeza, a desorganização nos postos de trabalho e a não limpeza nos ferramentais, devido à ausência de métodos robustos. Essa insuficiência era o problema que estava resultando na produção de peças não conforme, ou seja, com ruído. Ao identificar esses aspectos fundamentais, a equipe se preparou para implementar medidas corretivas específicas e, assim, elevar substancialmente os padrões de qualidade e eficiência na produção dos amortecedores.

4.3. “I”

Portanto, após análise do Diagrama de Ishikawa (Figura 13), passando para o passo “I” do DMAIC, a solução proposta pelos auditores da qualidade foi buscar a padronização das áreas produtivas na montagem. Isso, por meio da aplicação dos cinco sentidos da ferramenta 5S, que incluem utilização, organização, limpeza, padronização e disciplina, conforme descrito por Ousada (1992 apud TRAINOTTI, 2007).

Consequentemente, os operadores passaram a contar com a orientação sobre as condições de limpeza e organização de seus postos de trabalho, com ilustrações de como os ferramentais deveriam estar para serem utilizados, como demonstrado na Figura 14. Adicionalmente, introduziram-se listas de verificações de limpeza, designadas às responsabilidades dos trabalhadores de cada área, a fim de monitorar a regularidade das limpezas, a disciplina e o cumprimento das frequências pré-estabelecidas para a limpeza.

Figura 14 - Condições conformes dos ferramentais e locais de trabalho encontrados no processo de montagem: (a) injetor de nitrogênio, (b) apoio do conjunto do pistão, (c) apoio do conjunto de válvula, (d) apoio da haste montada e (e) ferramentais organizados.



Fonte: Do autor (2024).

4.4. “C”

Para avaliar a implementação do método 5S, foram feitas auditorias que se concentraram no controle das ações tomadas, correspondendo ao passo “C” do DMAIC. O

objetivo principal dessas auditorias foi manter a padronização e o controle das condições das áreas. A expectativa gerencial foi que as auditorias alcançassem uma conformidade acima de 70% dos pontos inspecionados durante as auditorias. Tendo como base de conformidade a Figura 14 que eram identificadas como pontos conformes, os quais recebiam pontuação em percentagem do total, enquanto a Figura 12 que eram identificadas como pontos não conformes, que eram penalizados em percentagem do total.

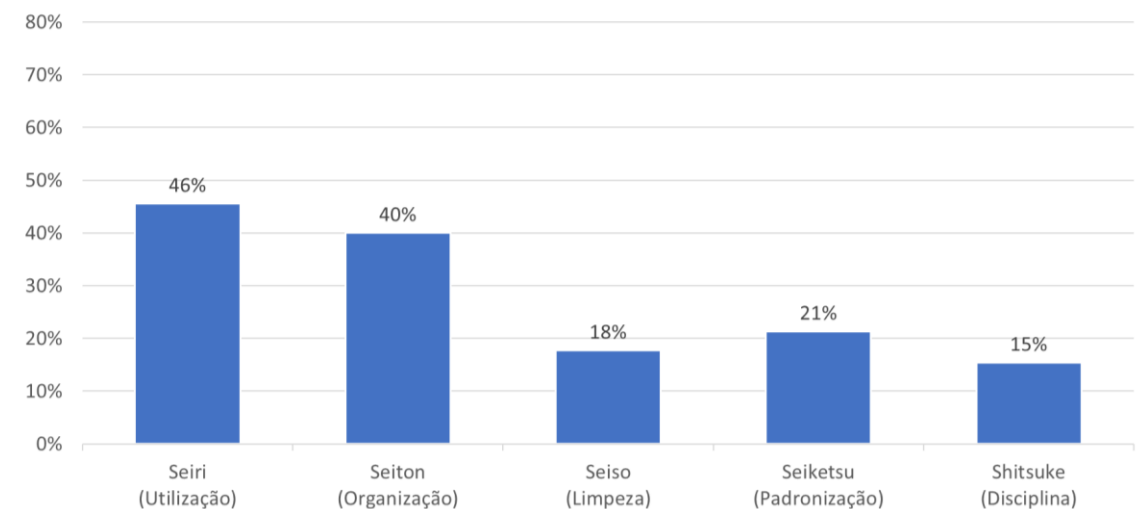
Ao analisar o primeiro mês de implementação do 5S, identificou-se a situação detalhada na Tabela 1 e apresentado na Figura 15.

Tabela 1 - Pontos conformes e o total de pontos de inspeções verificadas no primeiro mês da implementação do 5S.

Sensos	<i>Seiri</i> (Utilização)	<i>Seiton</i> (Organização)	<i>Seiso</i> (Limpeza)	<i>Seiketsu</i> (Padronização)	<i>Shitsuke</i> (Disciplina)
Pontos conformes de inspeção	1142	1003	2224	535	1547
Total de pontos de inspeção	2505	2505	12525	2505	10020

Fonte: Do autor (2024).

Figura 15 - Grau de conformidade do 5S nas áreas no primeiro mês.



Fonte: Do autor (2024).

Desde o início da implementação do 5S nas áreas do processo de montagem, observou-se uma mudança significativa. Embora essa mudança não tenha refletido numericamente nas auditorias do primeiro mês, como demonstrado na Tabela 1 e apresentado na Figura 15, os locais de trabalho se tornaram visualmente menos desorganizados. Essa melhoria resultou da padronização nas áreas, que, de certa forma, incluiu a remoção de equipamentos desnecessários no processo produtivo, trazendo consigo uma maior organização que anteriormente não era evidente.

Contudo, o desafio central era a ausência de limpeza nos postos de trabalho, persistiu no primeiro mês de implementação do 5S, resultando em uma nota de conformidade de 18%, bem abaixo dos 70% esperados. Esse obstáculo foi atribuído à ausência de disciplina por parte dos colaboradores, os quais, além de não aderirem consistentemente aos padrões estabelecidos, enfrentavam dificuldades no cumprimento da lista de verificação de limpeza. Isso pode ser observado na percentagem obtidas para o senso *Shitsuke* (disciplina), que foi de 15% de adesão dos colaboradores. Nesse contexto, a necessidade de reforçar a cultura de disciplina e responsabilidade se tornou evidente para garantir uma implementação bem-sucedida do 5S, abordando todos os cinco sentidos da ferramenta.

Diante desse cenário, optou-se pela implementação de treinamentos específicos para os funcionários, destacando a importância não apenas da limpeza em suas áreas e dos ferramentais, mas também que se enfatiza a importância para empresa dos funcionários seguirem os padrões estabelecidos. Essas sessões de capacitação eram realizadas nos próprios locais de trabalho, conduzidas pelos auditores de qualidade durante as auditorias. Elas ocorrem quando uma não conformidade é identificada. Nesse contexto, os auditores instruíam os líderes de área e seus colaboradores de maneira lúdica e explicativa de como a área deve estar encontrada e o porquê dessa.

Durante essas orientações, utilizavam-se os padrões de limpeza já estabelecidos como ponto de referência, com o objetivo de promover uma compreensão clara e uniforme das práticas desejadas. Essa abordagem não apenas buscava corrigir falhas específicas, mas também visava criar uma cultura de limpeza, disciplina, organização e conformidade em toda a equipe.

Ademais, as auditorias desempenharam um papel essencial ao antecipar e abordar diversas adversidades no processo de montagem, instruindo como identificar e corrigir reparos em máquinas, além de contribuir para alterar a cultura da empresa em relação às condições das áreas de trabalho. Esse esforço em conjunto visou não apenas resolver

problemas imediatos, mas também estabelecer práticas sustentáveis, para promover um ambiente de trabalho mais eficiente e seguro.

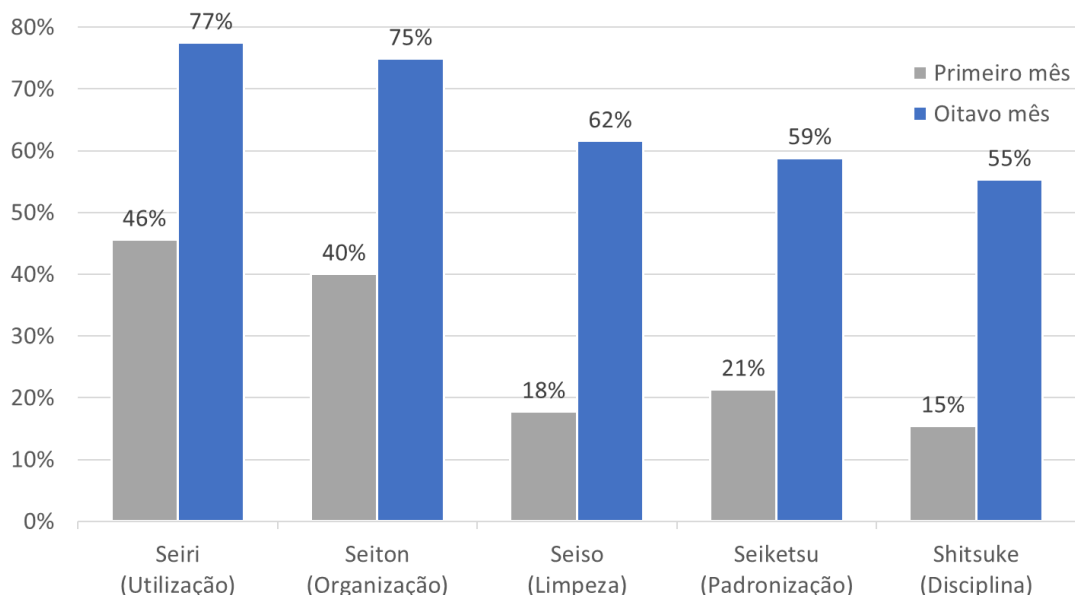
Os resultados deste projeto revelaram-se notáveis, especialmente quando foram analisados os números após oito meses de implementação do 5S. Os dados da Tabela 2 e da Figura 16 oferecem uma visão tangível do impacto positivo do programa, destacando melhorias mensuráveis nos processos, na eficiência operacional e na qualidade geral do ambiente de trabalho.

Tabela 2 - Pontos conformes e o total de pontos de inspeções verificadas em oito meses da implementação do 5S.

Sensos	<i>Seiri</i> (Utilização)	<i>Seiton</i> (Organização)	<i>Seiso</i> (Limpeza)	<i>Seiketsu</i> (Padronização)	<i>Shitsuke</i> (Disciplina)
Pontos conformes de inspeção	21756	20128	86400	16518	62138
Total de pontos de inspeção	28077	28077	140385	28077	112308

Fonte: Do autor (2024).

Figura 16 - Grau de implementação dos sensos do 5S nas áreas em oito meses comparando com primeiro mês.



Fonte: Do autor (2024).

Pela Tabela 2 e Figura 16, é fundamental ressaltar que houve uma melhoria significativa nos números obtidos nas auditorias. Essa evolução é atribuída à conscientização crescente dos colaboradores sobre a importância dos cinco sentidos nos postos de trabalho. O engajamento e a compreensão aprimorados dos princípios do método contribuíram substancialmente para o progresso observado nos resultados das auditorias. Este avanço é indicativo não apenas de uma mudança tangível nas práticas, mas também reflete uma cultura mais forte de responsabilidade e comprometimento com os padrões estabelecidos.

Nota-se, pela Tabela 2 e Figura 16, que o sentido que se sobressaiu notavelmente é o da utilização, que saiu de 46% no primeiro mês alcançando uma adesão superior a 77% no final do oitavo mês nas áreas de trabalho. Esse desempenho exemplar é fruto do eficiente gerenciamento dos equipamentos nas áreas, realizado de forma correta e eficaz pelos colaboradores, prevenindo riscos à saúde dos trabalhadores e garantindo a utilização adequada de equipamentos durante o processo de fabricação dos amortecedores. Essa conquista se reflete não apenas em números expressivos (Tabela 2 e Figura 16), mas também em um compromisso sólido com práticas seguras e eficazes no ambiente de trabalho.

O sentido da organização demonstrou também um desempenho excelente, que saiu do valor de 40% no primeiro mês para 75% de adesão no oitavo mês (Figura 16). Essa conquista foi particularmente evidente para os auditores, pois, no ambiente fabril conseguiu identificar a organização visualmente. Ao analisar o impacto desse sentido, percebeu-se que a abordagem estruturada para a disposição das áreas de trabalho não apenas otimizou os processos internos, mas também criou um ambiente mais propício para o cumprimento de padrões de qualidade. A organização, nesse contexto, não é apenas uma prática operacional essencialmente para implementação do 5S, mas um elemento fundamental para o sucesso global das operações fabris.

Apesar dos demais sentidos limpeza, padronização e disciplina, ainda não terem atingido a nota de conformidade esperada, de 70%, é notável o progresso significativo na implementação da metodologia 5S comparando com os valores obtidos no primeiro mês (Figura 16). Além disso, o fato de terem se aproximado da marca de 70% indica que a conscientização e as práticas relacionadas aos princípios do 5S foram gradativamente assimiladas pelos trabalhadores. Esse movimento em direção à conformidade desejada foi considerado promissor, sugerindo que, com o tempo e a continuidade dos esforços, os resultados tenderiam a se fortalecer, consolidando os benefícios da metodologia 5S em termos de eficiência, organização e qualidade no ambiente de trabalho.

Além da avaliação das condições dos locais de trabalho, este projeto utilizou o índice de *scrap*, proporcionando uma perspectiva complementar àquela obtida por meio das auditorias como descrito neste trabalho. Este índice ofereceu uma dimensão diferente, fornecendo uma validação tangível da eficácia do método ao se considerar o número de amortecedores com ruído e seu impacto financeiro.

Ao realizar essa quantificação, foi evidente a identificação do impacto direto na lucratividade da empresa. O montante evitado considerando o desperdício de materiais atingiu a cifra significativa de cerca de R\$ 18.000,00 em oito meses. Vale ressaltar que esse valor seria ainda mais expressivo se fossem considerados os custos relacionados à mão de obra destinada à seleção dos amortecedores, atendimento de reclamações de clientes e ao transporte de peças não conformes, ou seja, com ruído.

A economia resultante não apenas representou um ganho financeiro direto para a empresa, mas também refletiu eficiência operacional e um compromisso com práticas sustentáveis corroborando a relevância do projeto e a eficácia das ferramentas de qualidade adotadas. A análise mais detalhada desses custos evitados, embora não esteja detalhado publicamente, poderia contribuir ainda mais para a compreensão integral do impacto positivo gerado pela implementação da metodologia 5S no processo de montagem da indústria de amortecedores.

5. CONCLUSÃO

Na conclusão deste trabalho, é possível destacar que a abordagem sistemática adotada, utilizando a ferramenta DMAIC, bem como as ferramentas de qualidade auxiliares, e as práticas do método 5S, revelou-se eficaz na identificação, análise e resolução dos problemas relacionados ao alto índice de amortecedores não conformes, apresentando ruído. A revisão da literatura proporcionou uma compreensão aprofundada das funcionalidades do amortecedor, o histórico de seus avanços e a sua importância no contexto do setor automotivo, embasando a necessidade de melhorias em seu processo produtivo, favorecendo a competitividade das empresas do setor.

A aplicação da ferramenta DMAIC permitiu uma análise detalhada do problema, guiando a implementação do método 5S de maneira estruturada e sistemática. A identificação da ausência de métodos e procedimentos nos locais de trabalho, depois do *brainstorming*, *Gemba Walking*, Diagrama de Causa e Efeito (Ishikawa) e o 5S, evidenciou a necessidade de clareza para os colaboradores, resultando na criação de procedimentos padrões e na elaboração de treinamentos e controles eficazes, como as auditorias.

A realização de auditorias revelou-se uma ferramenta essencial para monitorar e manter os padrões estabelecidos, consolidando a prática do 5S como parte integrante da rotina operacional. A significativa redução no índice de *scrap*, refletindo um montante evitado de desperdício da ordem de R\$ 18.000,00 em oito meses, demonstra não apenas a eficácia da implementação das ferramentas de qualidade, mas também os benefícios financeiros resultantes da melhoria da qualidade e da eficiência no processo produtivo.

É relevante ressaltar que a aplicação das ferramentas da qualidade não se encerra com a resolução do problema específico. Pelo contrário, esse processo sistemático cria uma base sólida para estender o projeto para as outras áreas e processos, garantindo uma abordagem abrangente na melhoria da qualidade em toda a organização. Tudo isso, incentivando a organização a permanecer vigilante em relação aos processos, identificando oportunidades de aprimoramento e adaptando-se às demandas em constante evolução do mercado.

Dessa forma, a conjugação das ferramentas da qualidade, aliada a uma abordagem estruturada e à colaboração entre gestores e operadores, demonstrou ser uma estratégia bem-sucedida na busca pela excelência operacional. A resolução efetiva do problema de excessiva quantidade de amortecedores com ruídos fabricados contribuiu não apenas para a satisfação dos clientes, com a diminuição das reclamações de amortecedores com ruído, mas também

fortalecendo a posição da empresa no mercado automotivo, reforçando sua capacidade de oferecer produtos de alta qualidade e confiabilidade. Assim, este trabalho ressalta a importância da aplicação de ferramentas de qualidade e métodos sistemáticos na busca pela melhoria contínua e na garantia de processos eficientes e eficazes nos processos industriais, tomando o setor automotivo como exemplo.

REFERÊNCIAS

ANFAVEA. **Indústria automobilística brasileira** Edição 2023. São Paulo, 2023, Disponível em: <https://anfavea.com.br/site/wp-content/uploads/2023/05/anuario-ATUALIZADO-2023-ALTA_compressed.pdf>. Acesso em 16 set. 2023.

BORINI, G. **Amortecedor recondicionado: vale a pena?**, 2021. Disponível em: <<https://autoentusiastas.com.br/2021/04/amortecedor-recondicionado-vale-a-pena/>>. Acesso em 21 out. 2023.

CAHYANA, R. **A preliminary investigation of information system using Ishikawa diagram and sectoral statistics**. IOP Conference Series: Materials Science and Engineering, v. 434, p. 012050–012050, 4 dez. 2018.

CAMPOS, V. F. **Gerenciamento da rotina do trabalho do dia-a-dia**. 9. ed. Belo Horizonte: Falconi, 2013. 266 p.

CONSELHO NACIONAL DO MINISTÉRIO PÚBLICO (CNMP). **Metodologia de gestão de processos: projeto de fomento à gestão de processos nos MPs**. 4. 2016. Disponível em: <https://www.cnmp.mp.br/portal/images/forum_nacional_de_gestao/comites/CPGE/20160404_Metodologia_de_Gest%C3%A3o_de_Processos_4%C2%AA_vers%C3%A3o.pdf>. Acesso em 08 jan. 2024.

COSTA, T. B. S.; MENDES, M. A. **Análise da causa raiz: utilização do diagrama de Ishikawa e Método dos 5 Porquês para identificação das causas da baixa produtividade em uma cacauicultura**. Ri.ufs.br, 2018. Disponível em: <<https://ri.ufs.br/bitstream/riufs/10450/2/AnaliseCausaRaiz.pdf>>. Acesso em 07 out. 2023.

CRESWELL, J. **Research design: qualitative, quantitative, and mixed method approaches**. 2.^a Ed., Sage Publications, London. 2008.

DAUDT LUIZ, G.; WILLCOX, D. **Agendas setoriais para o desenvolvimento indústria automotiva automotive industry**. [s.l: s.n.]. P. 183-208. Disponível em: <https://web.bndes.gov.br/bib/jspui/bitstream/1408/16241/1/PRCapLiv214167_industria_auto_motiva_compl_P.pdf>. Acesso em 16 set. 2023.

DENNETT, D. C. **Brainstorms: ensaios filosóficos sobre a mente e a psicologia**. São Paulo: Unesp, 2006.

DIXON, J. **The shock absorber handbook, society of automotive engineers**. Warrendale, Pa. USA, 2007.

DOMBROWSKI, U.; MIELKE, T. **Lean Leadership – 15 Rules for a Sustainable Lean Implementation**. *Procedia CIRP*, v. 17, p. 565–570, 1 jan. 2014.

FAVRET, L. **Benchmarking, annual library plans and best value: the implications for public libraries**. *Library Management, Bradford*, v. 21, n. 7, p. 340-348, 2000.

FIRJAN (Federação das Indústrias do estado do Rio de Janeiro). **Sistema de suspensão e direção**. Rio de Janeiro: SENAI - RJ, 2008.

GUTIERREZ-CORTES, M. G. **Estandarización de procesos, para la reducción de SCRAP en una empresa dedicada a la fabricación de tornillos para el sector automotriz**. Revista de Operations Technological. Vol. 2. 2018. p. 16-23

HAMMOND, M.; WELLINGTON, J. **Research methods: the key concepts**. 2^{ed}. Abingdon: Routledge Key Guides. 2020.

HOLANDA, L. M. C.; SOUZA, I. D.; FRANCISCO, A. C. **Proposta de aplicação do método DMAIC para melhoria da qualidade dos produtos numa indústria de calçados em Alagoa Nova-PB**. GEPROS. Gestão da Produção, Operações e Sistemas (Online), v. 4, p. 31-44, 2013.

ISHIKAWA, K. **Controle de qualidade total: à maneira japonesa**. Rio de Janeiro: Campus, 1993.

JOHNS, N. e LEE-ROSS, D. **Research methods in service industry management**. Thomson, London. 1998.

LEE, T. **Using qualitative methods in organizational research**. Sage Publications, London. 1999.

LUIZ, G. D., WILLCOX, D. **VISÃO 2035: Brasil, país desenvolvido Agendas setoriais para alcance da meta**. [s.l.: s.n.]. Rio de Janeiro: Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social 1 ed. 2018. Disponível em: <[https://web.bndes.gov.br/bib/jspui/bitstream/1408/16040/3/PRLiv214078_Visao_2035_com pl_P.pdf](https://web.bndes.gov.br/bib/jspui/bitstream/1408/16040/3/PRLiv214078_Visao_2035_com_pl_P.pdf)>. Acesso em 30 set. 2023.

LUPP, D.; ROCHA, RENATA A. **Praticando qualidade**. SEBRAE. 2^{ed}. 1998.

MARCHWINSKY, C.; SHOOK, J. **Léxico lean**. São Paulo: Lean Institute Brasil. 5^{ed}. 2005.

MARTÍNEZ-CHONG, R. K.; ÁVILA-SALOMÓN, E. C.; NÁJERA-MURO, K. A.; MARTÍNEZ-DIAZ, I. R. **Implementacion de diseño “tensionador” en maquinaria con alto indice de scrap**. Revista Ciencia, Ingeniería y Desarrollo Tec Lerdo. V. 1 n° 6. 2020. Disponível em: <<http://revistacid.itslerdo.edu.mx/coninci2020/CID014.pdf>>. Acesso em 20 jan. 2024.

MATTOS, J. R. L. **Gestão da tecnologia e inovação: uma abordagem prática**. 2^{ed}. São Paulo: Saraiva, 2012.

MINICUCCI, A. **Técnicas do trabalho de grupo**. 3^{ed}. São Paulo: Atlas, 2001.

NOVILLO, E. F. M.; GONZÁLEZ, E. X. R.; QUINCHE, D. L.; SALCEDO, V. E. M. **Herramienta de calidad diagrama causa y efecto aplicado al departamento de archivo general: caso Universidad Técnica de Machala**. Machala: Educación, Política y Valores, 4(3), 2017. Disponível em: http://repositorio.utmachala.edu.ec/bitstream/48000/14924/1/T-3185_FEIJOO%20MEDINA%20JORGE%20ENRIQUE.pdf>. Acesso em 26 fev. 2024.

RAJESH, R. **Vehicle dynamics and control**, p. 287–321, New York, NY. USA, 2006.

SANTOS, Marlene; VELOSO NETO, Hernâni. A norma **IATF 16949:2016**: mudanças, transição, caminhos e oportunidades. CESQUA-Cadernos de Engenharia de Segurança, Qualidade e Ambiente, v. 1, n. 1, 2018.

SARABANDO, F.; OLIVEIRA, D. **Projeto de um amortecedor para protótipo de veículo fora-de-estrada**. [s.l: s.n.]. Disponível em: <<http://repositorio.poli.ufrj.br/monografias/monopoli10010280.pdf>>. Acesso em 30 set. 2023.

SENAI (Escola Almirante Tamandaré). **Sistema de suspensão** Edição 1. São Paulo, 2006. Disponível em: <https://jorgestreet.com.br/offline/1AN/1AN_MATERIAL_SFS_FABIO2_Sistema%20de%20Suspens%C3%A3o.pdf>. Acesso em 14 out. 2023.

SINDIPEÇAS. Sindicato Nacional de Industria de Componentes para Veículos Automotores **Anuário da indústria de autopeças**. Edição 2023. Disponível em: <<https://www.virapagina.com.br/sindipecas2023/11/>>. Acesso em 16 set. 2023.

SOUZA, A. C. A.; COSTA, D. P.; LORENZETTI, D. C.; PELLISARI, E. R.; ALMEIDA, F. T.; DE LAZZER, J. P.; SILVA, L. C. M.; FERREIRA, M. R.; FERREIRA, P. H. B. M. **Mecânica veicular**. São Paulo: Pearson, 2014.

STONE, R; JEFFREY K. B. **Automotive engineering fundamentals**: society of automotive engineers. Warrendale PA. p. 375–377, 2002. Disponível em: <<http://160592857366.free.fr/joe/ebooks/Automotive%20engineering%20books/Automotive%20Engineering%20Fundamentals.pdf>>. Acesso em 08 set. 2023.

TECHNICAL MANUAL TM 9-8000. **Principles of Automotive Vehicles**, U.S. Department of the Army, 1985.

TRAINOTTI, M. S. **Aplicação da metodologia 5s, visando a melhoria do processo organizacional em uma fundação de direito privado** – um estudo de caso, Dissertação (mestrado profissional) - Universidade Estadual de Campinas (UNICAMP), Faculdade de Engenharia Mecânica. Campinas, SP: [s.n.], 2007. Disponível em <<https://doi.org/10.47749/T/UNICAMP.2007.429674>>. Acesso em 07 out. 2023.

VARGAS, Priscila G. **Indústria automobilística brasileira**: uma análise das principais transformações tecnológicas no sistema produtivo e seu impacto sobre o emprego. São Paulo: Revista Pegada, v. 22 n.2, p. 49–84, 2021. Disponível em: <<https://revista.fct.unesp.br/index.php/pegada/article/view/8555/pdf>>. Acesso em: 16 fev. 2024. Acesso em 08 set. 2023.

WERKEMA, M. C. C. **Ferramentas estatísticas básicas do lean seis sigma integrados**. Rio de Janeiro: Elsevier, 2014. 45p.

WERKEMA, M. C. C. **Métodos PDCA e DMAIC e suas ferramentas analíticas**. Rio de Janeiro: Elsevier, 2012. 187p.

WOMACK, J. P. **Caminhadas pelo *gemba* - *gemba walks***. São Paulo: Lean Institute Brasil, 2011.

WOMACK, J. P.; JONES, D. T.; ROOS, D. **The machine that changed the world: the story of lean production**. Free Press; Reprint edição, 1990.