



**INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E  
TECNOLOGIA DO AMAZONAS  
CAMPUS MANAUS CENTRO  
DEPARTAMENTO DE PROCESSOS INDUSTRIAIS  
BACHARELADO EM ENGENHARIA MECÂNICA**

**ABEL NASCIMENTO DE QUEIROZ**

**REDUÇÃO DO DESPERDÍCIO DE LÃ DE VIDRO NO PROCESSO  
PRODUTIVO DE PEÇAS PARA MOTOCICLETAS EM UMA EMPRESA DO  
POLO INDUSTRIAL DE MANAUS (PIM).**

**MANAUS – AM  
2022**

**ABEL NASCIMENTO DE QUEIROZ**

**REDUÇÃO DO DESPERDÍCIO DE LÃ DE VIDRO NO PROCESSO  
PRODUTIVO DE PEÇAS PARA MOTOCICLETAS EM UMA EMPRESA DO  
POLO INDUSTRIAL DE MANAUS (PIM).**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao curso de Engenharia Mecânica, do Instituto Federal do Amazonas, como requisito para obtenção de nota parcial na disciplina de TCC orientado pelo prof. Miécio de Oliveira Melquiades.

**MANAUS – AM  
2022**

---

**Biblioteca do IFAM- Campus Manaus Centro**

---

Q3r Queiroz, Abel Nascimento de.  
Redução do desperdício de lâ de vidro no processo produtivo de peças para motocicletas em uma empresa do polo industrial de Manaus (PIM). / Abel Nascimento de Queiroz. – Manaus, 2022.  
26 p. : il. color.

Trabalho de Conclusão de Curso (Engenharia Mecânica) – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Amazonas, *Campus* Manaus Centro, 2022.

Orientador: Prof. Me. Miécio de Oliveira Melquiades.

1. Engenharia mecânica. 2. Protótipo pneumático. 3. Produtividade. I. Melquiades, Miécio de Oliveira. (Orient.) II. Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Amazonas IV. Título.

CDD 621

---

## DEDICATÓRIA

Aos meus pais pelo apoio, incentivo e suporte nas horas difíceis.

Aos meus irmãos, cunhadas e sobrinha.

À minha esposa, que foi minha incentivadora em todos os momentos e companheira de todas as horas.

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço primeiramente a Deus, por ter me guiado até esse momento e ter me dado a graça de alcançar esse objetivo.

Aos meus pais em especial, que me proporcionaram sempre o melhor para que eu chegasse até aqui.

Aos meus irmãos, cunhadas e minha sobrinha, que me deram todo amor e companheirismo.

Aos meus familiares mais próximos que também participaram dessa jornada.

Aos meus sogros, que intercederam por mim e sempre deram muito apoio pra essa realização. Em especial à minha sogra Márcia, que me ajudou nas horas mais difíceis da elaboração deste trabalho.

À minha querida e amada esposa, que nunca me deixou desanimar e foi essencial para que eu pudesse vencer os desafios deste projeto.

Aos professores, colegas de curso e todos da instituição que me ajudaram ao longo dos anos.

À professora Camila e ao professor Miécio, que me deram o incentivo, as orientações e palavras que nos encorajam a prosseguir trilhando um caminho de sucesso.

Aos meus caros colegas: Ângelo, Alan, Ênio e Rithelly, que Deus colocou no meu caminho para me abençoar com essa conquista.

Os meus sinceros agradecimentos por tudo que vocês representaram e representam pra mim. Sem vocês isso não seria possível de acontecer.

## EPÍGRAFE

O desperdício de hoje é a necessidade  
de amanhã.  
(A. Mombrini)

## RESUMO

Em pleno século XXI é imprescindível no ramo industrial monitorar os resíduos gerados na produção de peças e/ou equipamentos. Neste processo, a lã de vidro é um material essencial utilizado no isolamento térmico e diminuição de ruídos, porém, seu rejeito tem gerado impacto econômico e ao meio ambiente. Com o objetivo de promover a diminuição do desperdício desta matéria prima foi realizada uma pesquisa de campo, com abordagem qualitativa, na linha de produção de uma empresa do Polo Industrial de Manaus (PIM), portanto, um estudo de caso. A metodologia realizada foi constituída por quatro etapas: observação do desperdício; identificação da causa raiz; planejamento e construção de um protótipo pneumático. Após os resultados obtidos constatou-se que o projeto está adequado para realizar o que se propôs, sendo possível otimizar o método de inserção da lã de vidro no tubo difusor, possibilitando a absorção da interferência desses elementos no processo, evitando o desperdício da matéria prima, cooperando com a sustentabilidade e diminuição de custos para a empresa.

**Palavras-chave:** Produtividade. Melhoria contínua. Protótipo pneumático.

## **ABSTRACT**

In the 21<sup>st</sup> century, it is essential in the industrial sector to monitor the waste generated in the production of motorcycle parts. In this process, glass wool is an essential material used for thermal insulation and noise reduction, however, its waste has generated an economic and environmental impact. With the objective of promoting the reduction of the waste of this raw material, a field research was carried out, with a qualitative approach, in the production line of a company in the Industrial Pole of Manaus (PIM), therefore, a case study. The methodology carried out consisted of four stages: observation of waste; root cause identification; planning and construction of a pneumatic prototype. After the results obtained, it was verified that the project is adequate to accomplish what it proposed, being possible to optimize the method of inserting the glass wool in the diffuser tube, allowing the absorption of the interference of these elements in the process, avoiding the waste of the raw material, cooperating with sustainability and cost reduction for the company.

**Keywords:** Productivity. Continuous improvement. Pneumatic prototype.

## LISTA DE FIGURAS

<b>Figura 1</b> –Conformação de chapas (Estampagem).....	15
<b>Figura 2</b> –Formas de Estampagem.....	15
<b>Figura 3</b> –Conformação de chapas – Operação de Estampagem.....	16
<b>Figura 4</b> –Processo de conformação do tubo difusor na prensa hidráulica....	18
<b>Figura 5</b> –Metodologia do Trabalho de identificação da Causa Raiz.....	19
<b>Figura 6</b> –Dimensionamento do tubo difusor e da lã de vidro.....	19
<b>Figura 7</b> –Equipe de Colaboradores.....	20
<b>Figura 8</b> –Etapas de construção do projeto.....	20
<b>Figura 9</b> – Usinagem do protótipo pneumático.....	21
<b>Figura 10</b> –Peças usinadas.....	22
<b>Figura 11</b> –Usinagem em máquina CNC.....	22
<b>Figura 12</b> –Protótipo pneumático montado.....	23

## SUMÁRIO

<b>1. INTRODUÇÃO</b> .....	10
1.1 JUSTIFICATIVA.....	10
1.2 OBJETIVOS.....	11
1.2.1 Objetivo Geral .....	11
1.2.2 Objetivos Específicos.....	11
<b>2. REFERENCIAL TEÓRICO</b> .....	11
2.1 PRODUTIVIDADE NO CONTEXTO INDUSTRIAL.....	12
2.2 MELHORIA CONTÍNUA .....	12
2.3 PROCESSO DE CONFORMAÇÃO MECÂNICA.....	14
2.4 LÃ DE VIDRO.....	16
<b>3. METODOLOGIA</b> .....	17
3.1 MÉTODO DE INSERÇÃO DA LÃ DE VIDRO.....	17
3.2 IDENTIFICAÇÃO DA CAUSA RAIZ .....	18
3.3 PLANEJAMENTO DO PROTÓTIPO .....	20
3.4 CONSTRUÇÃO DO PROTÓTIPO.....	21
<b>4. RESULTADOS E DISCUSSÃO</b> .....	23
<b>5. CONSIDERAÇÕES FINAIS</b> .....	24
<b>REFERÊNCIAS</b> .....	25

## 1. INTRODUÇÃO

O cenário socioeconômico e ambiental traz desafios para as empresas em relação a inovação e sustentabilidade, pois esses fatores interagem com as questões econômicas. Num mundo cada vez mais competitivo e com produções em larga escala, deve – se criar as condições mais favoráveis possíveis para a realização das atividades produtivas, e, nesse contexto a escassez dos recursos naturais devem ser levados em consideração, para otimizar a sustentabilidade (SILVA et al., 2012).

Nos dias de hoje, as empresas demandam por modelos de negócios e gestão que tragam bons resultados continuamente, e, para isso buscam utilizar todos os recursos disponíveis da melhor forma possível. A sustentabilidade é a utilização de forma consciente e responsável dos recursos naturais, da mesma forma podemos pensar no contexto empresarial, em relação aos recursos organizacionais, pois, em ambos os casos, os recursos são limitados (ARAÚJO; NAZÁRIO, 2021).

Diante disso, o papel do engenheiro mecânico é fundamental nas organizações, pois, ele é responsável pela melhoria contínua na cadeia produtiva, através de novos modelos de produção que possibilitem melhores resultados econômicos e sustentáveis.

Portanto, o presente estudo trata um caso de desperdício de matéria prima e ao mesmo tempo propõe um novo método de trabalho em um processo produtivo numa empresa do ramo de 2 rodas do Polo Industrial de Manaus, para reduzir os prejuízos financeiros para a companhia, e, conseqüentemente os impactos ambientais gerados nessa atividade.

### 1.1 JUSTIFICATIVA

Diante de um mercado cada vez mais competitivo, as empresas buscam incessantemente, através da melhoria contínua e inovações tecnológicas, eliminar os custos desnecessários de produção (SÁ et al., 2004). Segundo Bornia (2002), desperdício é todo bem aplicado na produção de um produto, que

é utilizado de forma ineficiente e sem eficácia, como materiais e produtos com defeito, até atividades desnecessárias. Segundo a empresa em estudo, a matéria prima chamada lã de vidro, gerou um rejeito de quase 7 mil unidades desse material no ano de 2021, trazendo um prejuízo de aproximadamente 21 mil reais para a companhia, sem levar em consideração os outros fatores envolvidos no processo.

Dessa forma, nesse trabalho é proposto um novo método produtivo mais eficiente, para que não haja rejeição de lã de vidro, evitando assim prejuízos para a empresa e contribuindo com o meio ambiente, uma vez que esse material não será mais descartado.

## 1.2 OBJETIVOS

### 1.2.1 Objetivo Geral

Promover a redução do desperdício de lã de vidro no processo produtivo de peças para motocicletas, em uma indústria do polo industrial de Manaus (PIM).

### 1.2.2 Objetivos Específicos

- ✓ Minimizar os impactos causados pelo desperdício da lã de vidro;
- ✓ Explorar o processo de estampagem a frio e de conformação mecânica dos materiais metálicos.
- ✓ Avaliar os benefícios obtidos com a implantação de um protótipo pneumático.

## 2. REFERENCIAL TEÓRICO

Neste capítulo estão inseridos os principais conceitos teóricos, necessários para o desenvolvimento deste trabalho. Iniciamos com o tema produtividade no contexto industrial, melhoria contínua, estampagem a frio, conformação mecânica e sobre a lã de vidro.

## 2.1 PRODUTIVIDADE NO CONTEXTO INDUSTRIAL

Dentre os inúmeros conceitos que abrangem a produtividade nas empresas, ela pode ser compreendida pela aplicação de forma eficaz, pela qual os insumos são transformados em produção. Nesse sentido, a produtividade pode ser mensurada especialmente por indicadores de natureza físico-operacional, como produção desempenhada por unidade de tempo (MACEDO, 2012).

Assim como é importante identificar e reduzir os desperdícios no processo produtivo, também é importante mensurar o custo desses desperdícios para tomar as decisões corretas. Reduzir ou eliminar esses tipos de desperdício pode levar a melhorias drásticas nos sistemas gerais de produção e reduções drásticas de custos (RAPOSO, 2011).

Em vista disso, Contador (2010) afirma que a condução da gestão de produção e operação, sempre procura executar o processo de maneira planejada, organizada e orientada, para que a ação de todos os envolvidos nas atividades possa ficar mais clara possível, mantendo o controle dessas atividades, tendo como função principal otimizar o uso de recursos, facilitar a exibição de bens ou serviços com qualidade considerável, reduzir o desperdício do tempo e dos recursos utilizados no processo, e também as operações e alcance dessas atividades voltadas para o lucro.

Portanto, os conceitos de produtividade industrial estão diretamente relacionados com a otimização dos processos nas empresas, ou seja, a eliminação de desperdícios precisa fazer parte da cultura organizacional da empresa, pois deve ser executada de forma contínua.

## 2.2 MELHORIA CONTÍNUA

Deming descreveu melhoria contínua como uma filosofia que busca iniciativa de melhorias, visando aumentar os resultados das empresas e reduzir falhas nos processos. É um princípio em que todos os elementos da organização colaboram para aprimorar o desempenho em seus processos de trabalho

através de contínuas e pequenas mudanças (JORGENSEN; BOER; GERTSEN, 2003).

Para entender o "milagre econômico" do Japão pós-guerra, acadêmicos, jornalistas e empresários escrutinaram fatores como produtividade, controle de qualidade total, sistemas de pequenos grupos e de emprego vitalício. No entanto, foi primordial entender o que estava escondido nos "mitos" sobre administração japonesa, ou seja, a essência das habilidades "exclusivamente japonesas", como melhoria da produtividade, controle total da qualidade, círculo de controle da qualidade e as relações industriais, que se resumem a uma palavra: KAIZEN (IMAI, 1994).

Segundo Maximiano, (2000, p. 84) “Kaizen é a palavra japonesa que significa aprimoramento contínuo. É usada para designar os esforços sistemáticos de redução de desperdícios”.

Kaizen nada mais é do que a melhoria contínua. Criado pelo japonês Taichi Ohno com a finalidade de diminuir o desperdício, aperfeiçoar ininterruptamente a qualidade dos produtos e processos, utilizar soluções de baixo custo, fomentar e despertar a criatividade de todos os colaboradores e melhorar as condições de trabalho. Ela tornou-se conhecida após a sua utilização no STP (BRIALES, 2005).

De acordo com Sharma e Mood (2003, p.114):

A ferramenta Kaizen utiliza questões estratégicas baseadas no tempo. Nesta estratégia, os pontos chave para a manufatura ou processos produtivos são: a qualidade (como melhorá-la), os custos (como reduzi-los e controlá-los), e a entrega pontual (como garanti-la). O fracasso de um destes três pontos significa perda de competitividade e sustentabilidade nos atuais mercados globais.

Logo, reduzir o desperdício aumenta a lucratividade, por isso, é importante a participação e o esforço dos colaboradores na diminuição de desperdícios de tempo, material e até atividades desnecessárias, como retrabalhos (OFUGI, 2006).

O presente trabalho foi desenvolvido em um setor da metal mecânica, que trabalha com estampagem a frio e conformação de materiais metálicos em larga escala de produção. Nesse processo é utilizada uma matéria prima, chamada lâ

de vidro. Após a observação desse processo através do Gemba, verificou – se um grande desperdício de lâ de vidro dentro da empresa, gerando custos desnecessários para a companhia, afetando diretamente a produção e o meio ambiente.

“O Gemba significa o lugar onde são fabricados os produtos e serviços, devem-se existir as três atividades principais diretamente relacionadas com a geração de lucros: desenvolvimento, produção e venda” (IMAI, 1996, p. 190).

Baseado nestes pressupostos, este trabalho visou verificar as estratégias de melhoria contínua, com o auxílio das ferramentas da qualidade e do convívio do autor com os processos produtivos da empresa citada.

Levando-se em consideração a produção de peças, é de suma importância a compreensão do processo de conformação mecânica dos materiais metálicos.

### 2.3 PROCESSO DE CONFORMAÇÃO MECÂNICA

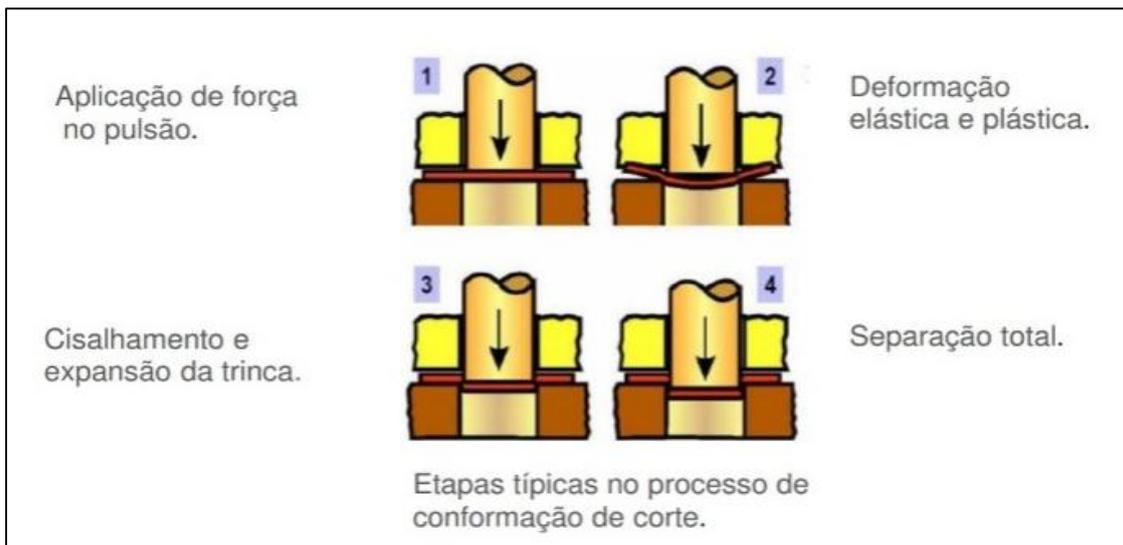
Segundo Helman e Cetlin (2015) a conformação mecânica é uma área da engenharia que tem por objetivo analisar os processos de fabricação de peças através da deformação plástica. Neste campo, é importante pesquisar a tensão que um material deve suportar para criar a deformação necessária para dar-lhe uma dimensão final específica.

A conformação mecânica compreende na alteração da geometria do material através do uso ferramentas adequadas, sendo de pequenas matrizes até grandes cilindros, a partir da aplicação de forças direcionadas. Podendo ser classificada dependendo da temperatura empregada durante o processo em: Trabalho a frio, Trabalho a morno e Trabalho a quente (LIMA, 2019).

O mesmo autor afirma que os diferentes tipos de conformação mecânica compreendem atualmente em uma centena de processos, que, porém podem ser classificados genericamente em: forjamento, laminação, trefilação, extrusão e conformação de chapas (Estampagem) (LIMA, 2019).

Baseado neste contexto, foi abordado neste trabalho apenas a estampagem (figuras 1 e 2), que é um processo geralmente a frio que abrange várias operações, onde o material metálico adquire uma nova forma geométrica.

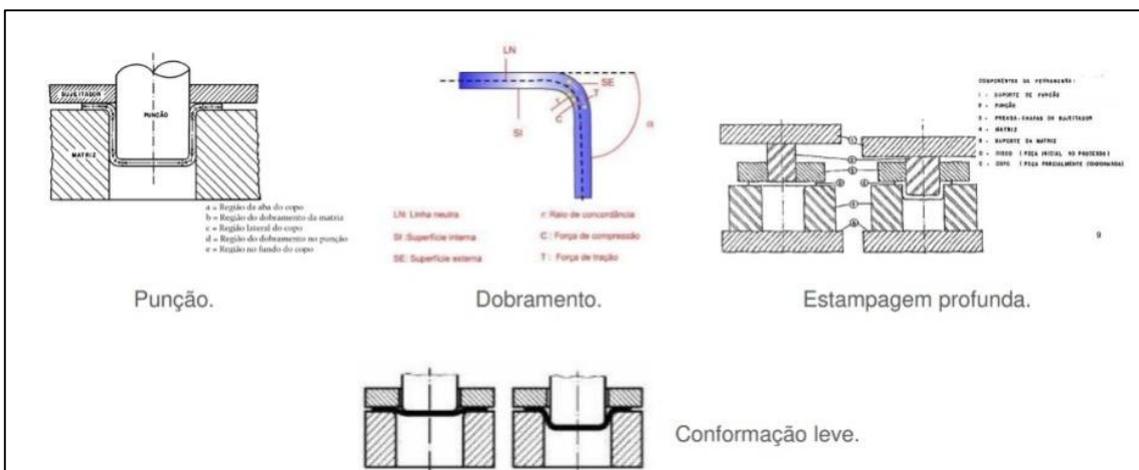
**Figura 1 –** Conformação de chapas (Estampagem).



Fonte: (LIMA, 2019)

Formas de estampagem: punção, dobramento, estampagem profunda, conformação leve e corte.

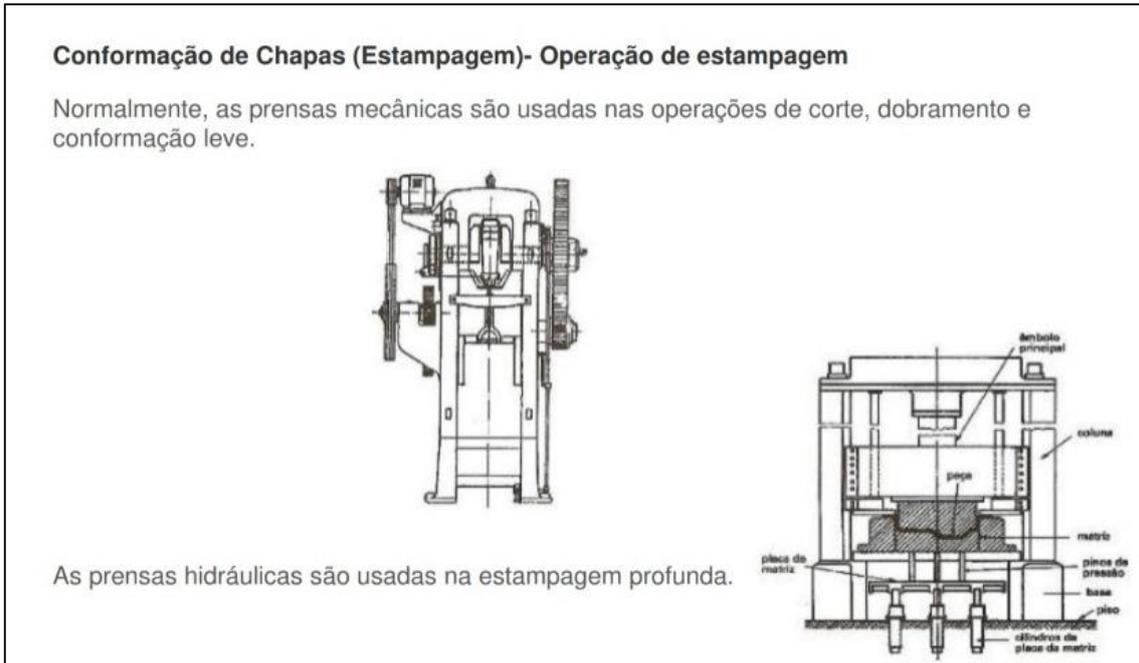
**Figura 2 –** Formas de Estampagem.



Fonte: (LIMA, 2019)

Normalmente, as prensas mecânicas são usadas nas operações de corte, dobramento e conformação leve. Conforme abaixo (figura 3).

**Figura 3** – Conformação de chapas – Operação de Estampagem.



Fonte: (LIMA, 2019)

## 2.4 LÃ DE VIDRO

A lã de vidro é um material comumente utilizado na indústria como isolante térmico e acústico. Pode ser empregado em diversos ramos da indústria como na construção civil, eletrodomésticos e automobilístico.

Conforme Ferrari (2015) a lã vidro é bastante utilizada em razão do seu excelente desempenho em relação a absorção sonora, em virtude da porosidade da lã. “Devido ao ótimo coeficiente de absorção sonora em função da porosidade da lã, a onda entra em contato com a lã e é rapidamente absorvida” (CATAI; PENTEADO; DALBELLO, 2006, p.4).

A lã de vidro é utilizada normalmente no escapamento, onde atuará no controle de ruídos. De acordo com Carvalho (2020) o escapamento influencia de forma direta o desempenho e potência do motor, pois é responsável pela liberação dos gases, se os gases tiverem dificuldade para sair, o motor trabalhará com menor desempenho, porém se as saídas estiverem muito liberadas, o motor causará esforço dispensável. Outra função do escapamento é diminuir o nível sonoro, pois, as combustões provocadas pelo ciclo do motor produzem barulho.

As ponteiras esportivas possuem um componente chamado “flauta”, que é um tubo com furos, revestidas por um material isolante (geralmente, lã de vidro), que serve para abafar um pouco o som (só o suficiente para não ser insuportável).  
(CARVALHO, 2020, pg.13)

Em consonância com a Resolução nº 252 de 1999 do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA), que prevê limites de ruídos nas proximidades do escapamento para veículos automotores, as penalidades devem ser aplicadas da seguinte forma: para motos fabricadas até 31 de dezembro 1998, o nível máximo de ruído permitido é de 99 decibéis (db); e para os modelos de motos fabricadas a partir de 1999, os limites estabelecidos são entre 75 e 80 (db), de acordo com a cilindrada.

Portanto torna-se indispensável a utilização da lã de vidro no escapamento de veículos de duas rodas.

### **3. METODOLOGIA**

Dentro do campo da sustentabilidade, em contexto industrial é necessário unir tecnologia, eficiência e produtividade, sem que haja desperdício de matéria prima, desta forma, opta – se por uma pesquisa de campo na linha de produção da empresa em questão, de natureza aplicada, com abordagem qualitativa, sendo um estudo de caso em uma fábrica do Polo Industrial de Manaus. A partir daí foi feito um estudo para concepção do protótipo no setor de engenharia industrial e confecção do mesmo pelo setor de ferramentaria.

Então foi seguido um passo a passo para se obter tais resultados:

- 1º Conhecer o problema;
- 2º Identificar a causa raiz;
- 3º Planejamento do protótipo;
- 4º Construção do protótipo.

#### **3.1 MÉTODO DE INSERÇÃO DA LÃ DE VIDRO**

Antes do processo de conformação do tubo difusor, no qual é realizado em uma prensa hidráulica, a lã de vidro é inserida de forma manual no diâmetro

interno do tubo difusor, porém, observou-se que havia um grande desperdício desse material, devido a dificuldade na execução dessa atividade pelo colaborador (figura 4).

**Figura 4** – Processo de conformação do tubo difusor na prensa hidráulica.



Fonte: (PRÓPRIO AUTOR, 2022)

### 3.2 IDENTIFICAÇÃO DA CAUSA RAIZ

O esquema apresentado na (figura 5) apresenta as etapas necessárias para a análise de causa raiz, que é qualquer processo dirigido por evidências, que, no mínimo, revela causas obscuras sobre eventos adversos passados, e desta forma, expõe oportunidades de melhoria duradouras (MUNIZ, 2016, p.76).

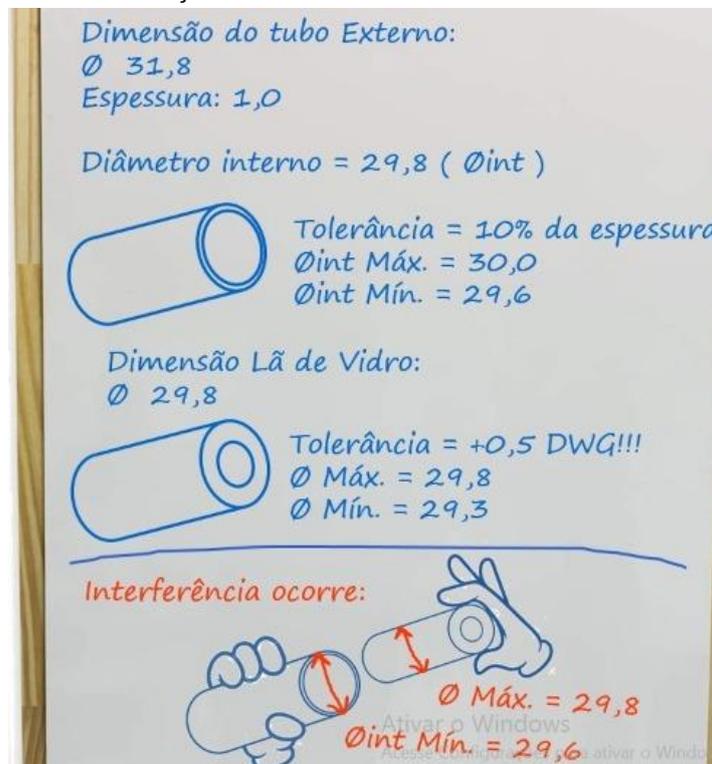
A identificação da causa raiz foi possível através da verificação das medidas dos elementos principais envolvidos no processo, ou seja, o tubo difusor e a lã de vidro (figura 6). Constatou – se que as tolerâncias das medidas permitem uma interferência entre o tubo difusor e a lã de vidro, porém, em alguns casos o colaborador não consegue realizar essa atividade com êxito, devido as propriedades mecânicas que compõem a lã de vidro, uma vez que, o método manual de inserção da lã no tubo não absorve as tolerâncias que foram projetadas. Desse modo, o colaborador faz o descarte da matéria prima, gerando o desperdício da mesma e, aumentando os custos para empresa.

Figura 5 – Metodologia do Trabalho de identificação da Causa Raiz.



Fonte: (MUNIZ, 2016)

Figura 6 – Verificação das medidas do tubo difusor e da lâ de vidro.



Fonte: (PRÓPRIO AUTOR, 2022)

### 3.3 PLANEJAMENTO DO PROTÓTIPO

Utilizando a ferramenta de qualidade Brainstoming, que tem como princípio o coletivo (figura 7), buscando inúmeras possibilidades para a causa do problema identificado, baseando - se em ideias sem o temor as críticas (MUNIZ, 2016, p.77).

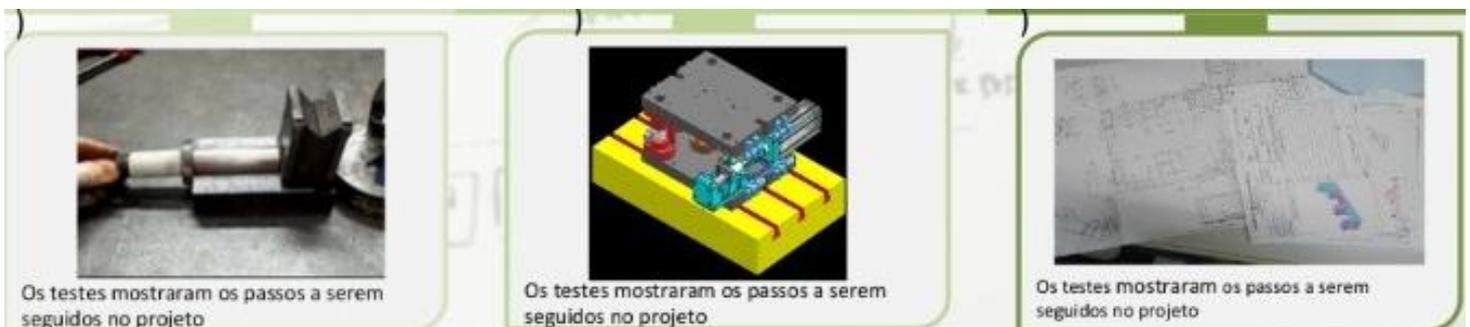
Uma equipe composta por 5 colaboradores das diferentes áreas da engenharia industrial, desenvolveu um protótipo pneumático com o auxílio de softwares de modelagem 3D (figura 8), com objetivo de otimizar o método de inserção da lã de vidro no tubo difusor e possibilitar a absorção da interferência desses elementos no processo, nos casos em que o colaborador não conseguia realizar essa atividade de forma manual.

**Figura 7** – Equipe de colaboradores.



**Fonte:** (PRÓPRIO AUTOR, 2022)

**Figura 8** – Etapas de construção do projeto.



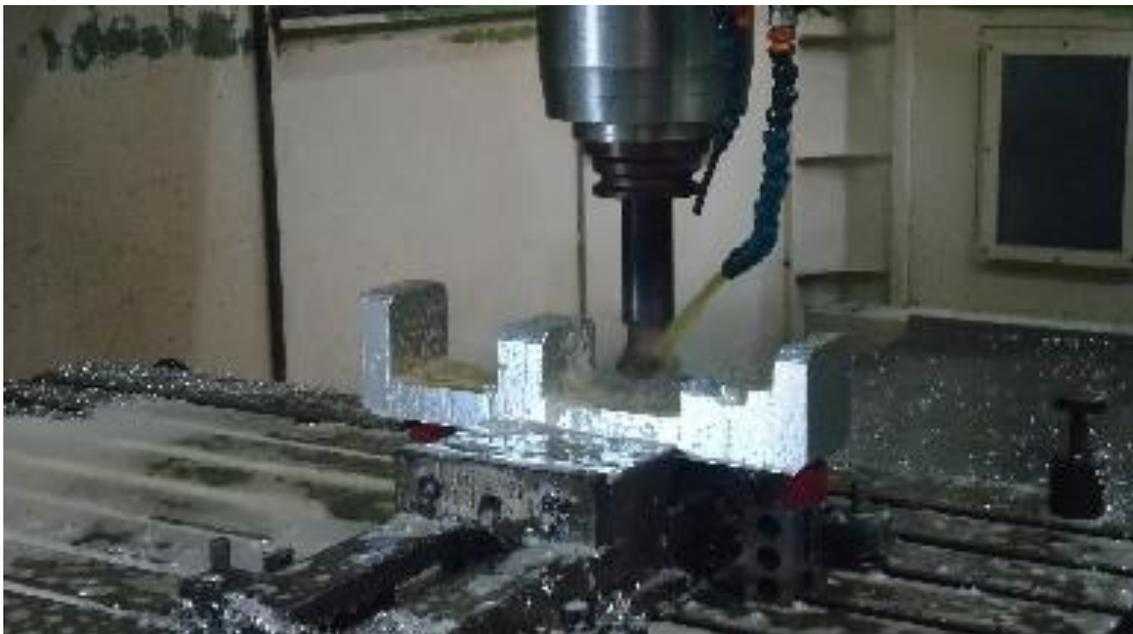
**Fonte:** (PRÓPRIO AUTOR, 2022)

### 3.4 CONSTRUÇÃO DO PROTÓTIPO

A construção do protótipo pneumático se deu através da usinagem das peças no setor de ferramentaria (figuras 9 e 10). De acordo com Sandvik (2010) a usinagem consiste na conversão de um pedaço de metal em uma peça industrial, através de operações que eliminam e possibilitam alterar as formas geométricas dos materiais, de acordo com a necessidade do solicitante. Os responsáveis pelas atividades se utilizam do conhecimento técnico para planejar e executar o serviço de acordo com as exigências feitas geralmente por meio de desenhos técnicos (figura 11).

Desta forma, os responsáveis fabricaram as peças necessárias para a construção do protótipo pneumático, conforme o projeto solicitado pela equipe de colaboradores. A figura 12 apresenta o projeto pronto com a identificação de todas as partes.

**Figura 9** – Usinagem do protótipo pneumático.



**Fonte:** (PRÓPRIO AUTOR, 2022)

**Figura 10 – Peças usinadas.**



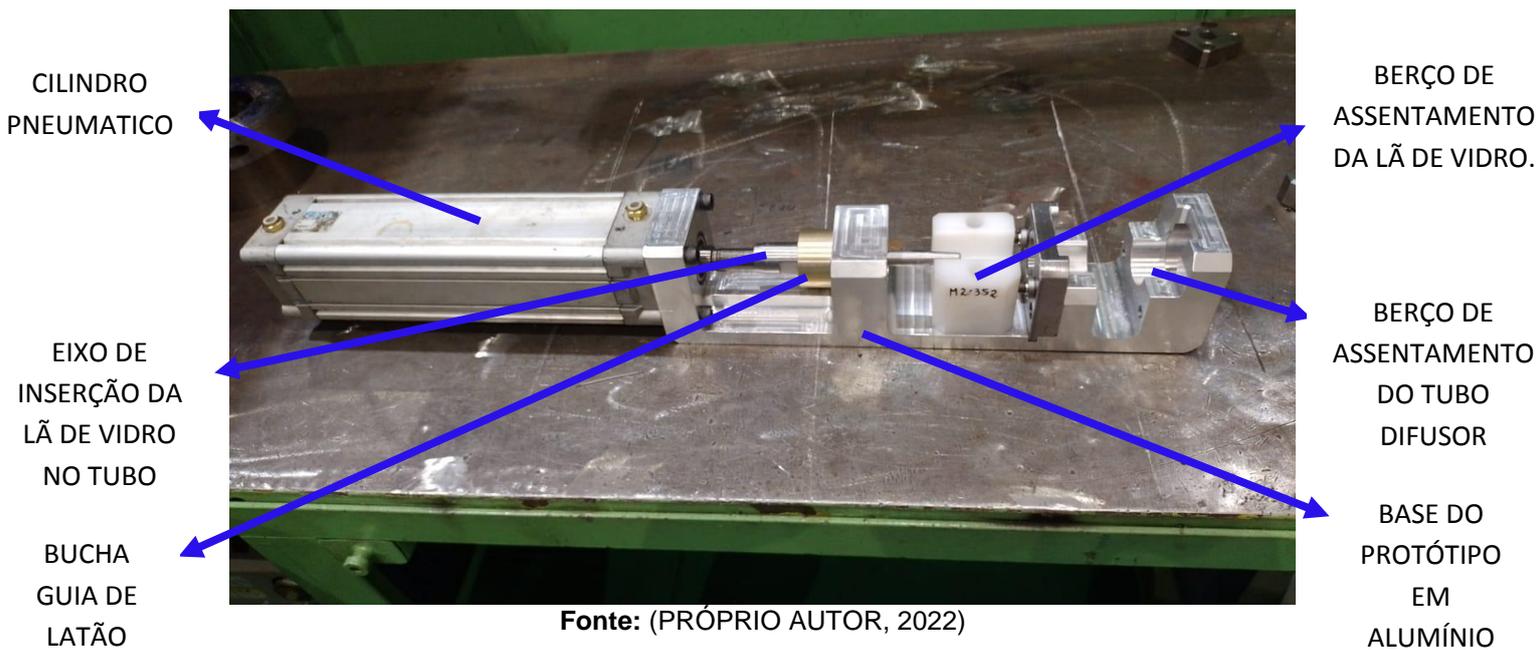
**Fonte: (PRÓPRIO AUTOR, 2022)**

**Figura 11 – Usinagem em máquina CNC.**



**Fonte: (PRÓPRIO AUTOR, 2022)**

**Figura 12** – Protótipo pneumático montado.



#### 4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Com base neste estudo, constatou – se que o protótipo construído se desenvolveu dentro dos parâmetros esperados, levando à diminuição do desperdício da lã de vidro e promovendo maior agilidade e eficiência no processo de inserção da matéria prima.

Os resultados corroboram com o princípio de melhoria contínua de Jorgensen; Boer; Gertsen (2003) referente ao aumento dos resultados e redução de falhas

Os gastos financeiros na construção do protótipo foram proporcionalmente inversos aos gastos com o desperdício, ou seja, foi um investimento viável para a empresa, tendo em vista que todo o projeto de planejamento e construção do protótipo foi elaborado e executado pelos colaboradores da própria empresa, otimizando o tempo e os recursos necessários para a realização das atividades.

Além de benefícios econômicos, o uso do protótipo também promove benefícios a saúde dos funcionários, pois conforme a organização mundial de saúde o contato direto com a lã de vidro pode causar alergias, devido ela ser produzida a partir de sílica e sódio aglomerados por uma resina sintética,

desenvolvida para ter um bom isolamento termo acústico em ambientes comerciais e residenciais, de acordo com Batista e Gomes (2021).

De acordo com tudo que foi apresentado neste trabalho, verificou – se que o protótipo obteve um excelente desenvolvimento nos teste de desempenho, promovendo a diminuição dos impactos causados pelo desperdício, podendo evitar o descarte de cerca de 7 mil unidades de lã de vidro por ano.

O conhecimento do processo de estampagem a frio por parte da equipe de colaboradores que desenvolveu o projeto e o auxílio de algumas ferramentas da qualidade, foram essenciais para o sucesso do trabalho.

## **5. CONSIDERAÇÕES FINAIS**

A redução dos impactos causados pelo desperdício da lã de vidro foi constatada nesse trabalho através da construção do protótipo pneumático, tornando o método produtivo mais eficiente, evitando o descarte desnecessário de matéria prima, reduzindo custos para a empresa e cooperando com a sustentabilidade.

Para acrescer ainda mais a sustentabilidade, sugere – se que os resíduos da lã de vidro sejam reaproveitados na produção de argamassa, cimento e até mesmo na fabricação de vitrocerâmicas. Dessa forma se tornando outro produto que pode ser utilizado de diferentes formas e é ecologicamente viável, alinhando este descarte e o potencial de aproveitamento de resíduo da lã de vidro.

O protótipo pneumático foi projetado, analisado, construído e testado. A partir da análise do projeto e do equipamento construído, conclui-se que o projeto está adequado para realizar o que se propôs.

## REFERÊNCIAS

BASSI, Edson, Carlos Magno De Oliveira Valente, Creusa Sayuri Tahara Amaral, and Luciano Campanini. "Fatores De Sustentação Dos Resultados Do Kaizen Na Produtividade: Estudo De Caso Múltiplo." *Revista Produção Online* 20.1 (2020): 275-95. Web.

BATISTA, Jaqueline Edmila; GOMES, Geisla Aparecida Maia. DRYWALL: análise de custos e viabilidade das vedações internas de um edifício residencial na cidade de Varginha/MG. DRYWALL: análise de custos e viabilidade das vedações internas de um edifício residencial na cidade de Varginha/MG, 2021.

CONTADOR, J. C. (Org.). *Gestão de operações: a engenharia de produção a serviço da modernização da empresa*. 3. ed. São Paulo, SP: Edgard Blucher, 2010.

CORREIA, Bárbara Andreia Araújo. *Desenvolvimento Sustentável em Engenharia Mecânica*. 2017.

DA SILVA ARAÚJO, Ricardo; NAZÁRIO, Fernanda Costa Almeida. SUSTENTABILIDADE EMPRESARIAL COMO FATOR DE COMPETITIVIDADE NO BRASIL. *Revista Novos Desafios*, v. 1, n. 2, p. 49-58, 2021.

De drywall, e. Steel frame na; civil, construção. ENGENHARIA DE SUSTENTABILIDADE: CONSTRUÇÃO DE PROTÓTIPO DE CNC (comando numérico computadorizado) de baixo custo para corte e aplicação.

GUIMARÃES, L. da S.; SANTANA, A. F. B.; MEDEIROS, H. da S.; FAGUNDES, J. A. Representação visual de custos no processo produtivo: estudo de caso em uma indústria calçadista de Portugal. *Revista Produção Online*, [S. l.], v. 15, n. 4, p. 1377–1398, 2015. DOI: 10.14488/1676-1901.v15i4.1970. Disponível em: <https://www.producaoonline.org.br/rpo/article/view/1970>. Acesso em: 17 nov. 2022.

JØRGENSEN, Frances; BOER, Harry; GERTSEN, Frank. Impulsione a melhoria contínua por meio da autoavaliação. *Jornal Internacional de Operações e Gerenciamento de Produção*, 2003.

MACEDO, M. M. Gestão da produtividade nas empresas. *Revista Organização Sistêmica*, v. 1, n. 1, p. 110-119, 2012.

MUNIZ, Gabriel Ferreira et al. Análise da causa raiz no processo produtivo por meio do uso das ferramentas da qualidade. **DI Factum**, v. 1, n. 1, 2016.

RAPOSO, C. F. C. (2011). Overall equipment effectiveness: aplicação em uma empresa do setor de bebidas do pólo industrial de Manaus. *Revista Produção Online*, 11(3), 648–667. <https://doi.org/10.14488/1676-1901.v11i3.529>

SÁ, Kátia Sena et al. DESPERDÍCIO UMA QUESTÃO DE CONTROLE. In: **Anais do Congresso Brasileiro de Custos-ABC**. 2004.

SILVA, Christian Luiz da et al. **Inovação e sustentabilidade**. 2012.

UCHIDA, Jéssica Akemi et al. Proposta de aplicação do Kaizen para redução ou eliminação de atividades não agregadoras de valor. 2016.

VACCARI, Lucas. **Desperdício de matéria prima: método PDCA em uma empresa do Estado de SP**. 2019.

WEISE, A. D. et al. Um estudo sobre o tempo-padrão no processo produtivo. *Revista Gestão e Desenvolvimento*, v. 10, n. 1, p. 113–124, 2013.