



**Adriano Moresco**

**PROJETO E DESENVOLVIMENTO DE UM GAVETEIRO PARA  
ARMAZENAMENTO DE DISPOSITIVOS DE SOLDA**

Horizontina - RS

2021

**Adriano Moresco**

**PROJETO E DESENVOLVIMENTO DE UM GAVETEIRO PARA  
ARMAZENAMENTO DE DISPOSITIVOS DE SOLDA**

Trabalho Final de Curso apresentado como requisito parcial para a o Trabalho Final de Curso na Engenharia de Mecânica da Faculdade Horizontina, sob orientação do Prof. Luís Carlos Wachholz, Me.

Horizontina - RS

2021

**FAHOR - FACULDADE HORIZONTALINA  
CURSO DE ENGENHARIA MECÂNICA**

**A Comissão Examinadora, abaixo assinada, aprova o trabalho final de curso**

**“PROJETO E DESENVOLVIMENTO DE UM GAVETEIRO PARA  
ARMAZENAMENTO DE DISPOSITIVOS DE SOLDA”**

**Elaborada por:  
ADRIANO MORESCO**

Como requisito parcial para a obtenção do grau de Bacharel em  
Engenharia Mecânica

Aprovado em: 01/12/2021  
Pela Comissão Examinadora

---

Me. Luis Carlos Wachholz  
Presidente da Comissão Examinadora - Orientador

---

Me. Francine Centenaro Gomes  
FAHOR – Faculdade Horizontalina

---

Me. Fernanda Dresch  
FAHOR – Faculdade Horizontalina

**Horizontalina - RS  
2021**

Agradeço à minha família, por acreditar no meu potencial, pelo apoio e incentivo nesta jornada. Obrigado Mãe D. Marlei R. Bresolin Moresco, por lutar e se preocupar todo a instante comigo. Pai, S. Celso J. Moresco, por ser essa pessoa companheira e incentivadora. E ao meu irmão Leonardo Moresco por me inspirar a ter superação e determinação nos resultados.

## AGRADECIMENTO

A todos os amigos, primos, avós e tios, por terem me passado tranquilidade e me proporcionarem os melhores momentos de descontração e entretenimento.

“Se você quer ser bem sucedido, precisa ter dedicação total, buscar seu último limite e dar o melhor de si”.

(Ayrton Senna, 1994)

## RESUMO

O projeto elaborado visando o dimensionamento estrutural, cálculo analítico e análise de simulações de um gaveteiro para armazenamento de dispositivos de solda, aplicando conceitos da engenharia juntamente com a elaboração do projeto através de um software CAD, permite que o seja elaborado de forma segura e otimizada, visando a resolução do problema encontrado em muita empresas do ramo metal mecânico, como superlotação fabril, e conseqüentemente dificuldades em armazenamento e organização. O projeto trás uma alternativa de modo prático e eficiente, de modo que, através da metodologia aplicada e seguida tem-se toda estrutura necessária para elaboração e execução de um projeto. As inúmeras possibilidades de resolução do problema destacado, limitou-se com os requisitos propostos, com isso, tem-se um limite de abrangência perante as inúmeras geometrias, dimensões e formatos de um dispositivo de solda, também uma sequencia lógica e especifica a ser seguida de modo que se tenha segurança, funcionamento, otimização e principalmente resultado.

**Palavras-chave:** Dimensionamento. Análise estrutural. Desenvolvimento de projeto.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Processo de Manufatura .....	15
Figura 2 – Classificação dos processos de fabricação.....	16
Figura 3 – Demonstração de um processo de soldagem .....	17
Figura 4 – Dispositivo de soldagem 1 face.....	19
Figura 5 – Dispositivo dupla face. ....	19
Figura 6 – Exemplo de <i>checklist</i> .....	22
Figura 7 – Armazenagem com paletes.....	23
Figura 8 – Porta paletes .....	24
Figura 9 – Sistema dinâmico de armazenagem. ....	25
Figura 10 – Metodologia de projeto de produto.....	27
Figura 11 – Ciclo de pesquisa-ação .....	28
Figura 12 – Posto de solda com dispositivos .....	33
Figura 13 – Mesa pantográfica.....	34
Figura 14 – Simulação de Von Mises com malha 20 mm .....	36
Figura 15 – Coeficiente de segurança de malha 20 mm .....	37
Figura 16 – Simulação de tensão Von Mises com malha de 10 mm.....	37
Figura 17 – Coeficiente de segurança de malha 10 mm .....	38
Figura 18 – Ponto de concentração da máxima tensão .....	39
Figura 19 – Deslocamento máximo da gaveta .....	39
Figura 20 – Deformação da gaveta .....	40
Figura 21 – Representação esforços no trilho da gaveta .....	40
Figura 22 – Simulação da tensão von mises com malha de 10mm .....	41
Figura 23 – Coeficiente de segurança do trilho com malha 10 mm.....	42
Figura 24 – Simulação da tensão Von Mises com malha de 5 mm.....	42
Figura 25 – Coeficiente de segurança com malha de 5 mm .....	43
Figura 26 – Tensão máxima do trilho .....	43
Figura 27 – Deslocamento material do trilho .....	44
Figura 28 – Deformação do trilho .....	44
Figura 29 – Representação esforços tombamento gaveteiro .....	46
Figura 30 – Projeto 3D do gaveteiro.....	49
Figura 31 – Máquina de corte laser.....	50
Figura 32 – Conformação de dobra das peças .....	51



Figura 33 – Usinagem suportes de rolamentos.....	52
Figura 34 – Corte de tubos com serra fita .....	53
Figura 35 – Soldagem dos conjuntos .....	54
Figura 36 – Montagem gaveteiro.....	55
Figura 37 – Teste do gaveteiro.....	56
Figura 38 – Dispositivo armazenado .....	57
Figura 39 – Reajuste da furação limite abertura da gaveta.....	59
Figura 40 – Deslocamento da trava da abertura .....	60
Figura 41 – Sistema de trava dianteiro no 3D .....	61
Figura 42 – Sistema de trava dianteiro fisicamente.....	61
Figura 43 – Projeto desenvolvido do gaveteiro .....	62

## LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Metodologia de projeto.....	21
Quadro 2 - Requisitos de projeto.....	35
Quadro 3 - Resumo simulações.....	45
Quadro 4 - Dados de entrada do cálculo de tombamento.....	47
Quadro 5 - <i>Checklist</i> avaliativo.....	58

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO</b> .....	<b>11</b>
1.1 TEMA .....	12
1.2 DELIMITAÇÃO DO TEMA .....	12
1.3 PROBLEMA DE PESQUISA .....	13
1.4 HIPÓTESES .....	13
1.5 JUSTIFICATIVA .....	13
1.6 OBJETIVOS .....	14
<b>1.6.1 Objetivo Geral</b> .....	<b>14</b>
<b>1.6.2 Objetivos Específicos</b> .....	<b>14</b>
<b>2 REVISÃO DA LITERATURA</b> .....	<b>15</b>
2.1 MANUFATURA .....	15
<b>2.1.1 Processos de fabricação</b> .....	<b>16</b>
2.2 SOLDA .....	17
<b>2.2.1 Dispositivos de fixação para soldagem</b> .....	<b>18</b>
2.3 PROJETO DE PRODUTO .....	20
2.4 CHECK LIST OU LISTA DE VERIFICAÇÃO .....	21
2.5 ARMAZENAMENTO .....	22
<b>2.5.1 Tipos de armazenagem</b> .....	<b>23</b>
<b>3 METODOLOGIA</b> .....	<b>26</b>
3.1 MÉTODOS, TÉCNICAS E MATERIAIS UTILIZADOS .....	26
<b>3.1.1 Análises das necessidades</b> .....	<b>27</b>
<b>3.1.2 Projeto conceitual</b> .....	<b>28</b>
<b>3.1.3 Projeto Preliminar</b> .....	<b>28</b>
<b>3.1.4 Projeto Detalhado</b> .....	<b>31</b>
<b>3.1.5 Construção protótipo</b> .....	<b>31</b>
<b>3.1.6 Testes</b> .....	<b>32</b>
<b>3.1.7 Validação</b> .....	<b>32</b>
<b>4 APRESENTAÇÃO E ANÁLISE DOS RESULTADOS</b> .....	<b>33</b>
4.1 ANÁLISE DAS NECESSIDADES .....	33
<b>4.1.1 Características do posto de solda</b> .....	<b>33</b>
<b>4.1.2 Características da mesa pantográfica</b> .....	<b>34</b>
4.2 PROJETO CONCEITUAL .....	35
4.3 PROJETO PRELIMINAR .....	35
4.4 PROJETO DETALHADO .....	48
4.5 CONTRUÇÃO DO PROTÓTIPO .....	49
<b>4.5.1 Corte laser</b> .....	<b>49</b>
<b>4.5.2 Conformação de dobra</b> .....	<b>50</b>
<b>4.5.3 Usinagem</b> .....	<b>51</b>
<b>4.5.4 Serra</b> .....	<b>52</b>
<b>4.5.5 Solda</b> .....	<b>53</b>
<b>4.5.6 Montagem</b> .....	<b>54</b>
4.6 TESTES E MODIFICAÇÕES .....	56
<b>4.6.1 Testes do gaveteiro</b> .....	<b>56</b>
<b>4.6.2 Sistema de avaliação</b> .....	<b>58</b>
<b>4.6.3 Plano de ação</b> .....	<b>58</b>
4.7 VALIDAÇÃO .....	62
<b>5 CONCLUSÃO</b> .....	<b>64</b>
<b>REFERÊNCIAS</b> .....	<b>65</b>

## 1 INTRODUÇÃO

Grande parte das indústrias no setor fabril do ramo metal mecânico, vem sofrendo com alguns impactos relacionados ao aumento de produção. Conforme as pesquisas do IBGE (2021), a produção industrial em janeiro cresceu 0,4% em relação ao mês anterior, e o também o 9º resultado positivo consecutivo nesse tipo de comparação. Ao compararmos ao mês do ano anterior teve-se um acumulado de 86,93% e no mês de janeiro deste ano, chegando a marca dos 91,00% da taxa de crescimento da indústria em geral.

A resultante deste ponto positivo perante ao faturamento destas empresas, gerou-se um certo descontrole quanto a organização e otimização de espaços. Os desafios gerados a partir deste ponto, permitiu-se o desenvolvimento de um projeto de prateleira com gavetas.

A aplicação de conceitos da engenharia, permite e favorece em todo este processo de desenvolvimento, de modo que se aplique um embasamento teórico e científico, com aplicações de esforços em simulações através de um software gerando um comportamento. A partir disto, analisando fatores relacionados a tensões de escoamento, coeficiente de segurança, deslocamento e deformação, tira-se uma conclusão diante aos resultados, também, visando o dimensionamento estrutural, aplica-se conceitos relacionados a somatória de momentos e forças, também relações de forças e distancias, cálculos de área e força, tem-se a finalidade de garantia de segurança e funcionamento.

O sistema de armazenamento vertical, permite grande otimização de espaço diante a transtornos referente a superlotação. Na qual, em alguns momentos, os princípios de organização, planejamento e controle fabril, ficam de lado. Observando esse momento oportuno, quanto ao aumento de produção, onde tem-se postos de trabalho dentro do setor de solda, observou-se um grande número de dispositivos acumulados e desorganizados, dificultando a operação, fluxo e o trabalho do soldador.

Identificando um possível problema, buscou-se um sistema de armazenamento com gavetas, possibilitando a armazenagem dos gabaritos na vertical, sendo que no momento em que não estavam sendo utilizadas, estariam dificultando as demais operações necessárias para o processo de soldagem. Com isso, visando uma otimização de espaços, facilitando os processos de locomoção e armazenamento,

além da organização e padronização dos setores, elaborou-se um projeto visando a melhoria dos pontos destacados.

O sistema de prateleira com gaveta, proporcionará a redução dos impactos dentro do setor de solda, irá adaptar a situação atual de produção, juntamente com os padrões de missão, valores e visão da empresa.

## 1.1 TEMA

Desenvolvimento de um sistema de prateleira com gavetas para armazenamento de dispositivos de solda.

## 1.2 DELIMITAÇÃO DO TEMA

O presente trabalho buscou entender a situação e os propósitos da empresa, a partir disso, a elaboração de um projeto, voltando para o dimensionamento, cálculo analítico e análises estrutural, para um sistema de armazenamento, que acomodasse os dispositivos de solda com apenas uma face, de modo que ficasse próximos ao operador e facilitasse o manuseio dentro da própria célula de solda, juntamente com a organização do setor, no qual delimitou-se alguns fatores que precisam serem respeitados e ao mesmo tempo, que atendesse os problemas.

A empresa do ramo metal mecânico, trabalha com diversos componentes soldados, dos mais diversos tamanhos e geometrias, necessitando de um grande número de gabaritos/dispositivos de solda, desenvolveu-se e projetou-se o gaveteiro universal, com regulagens e alternativas, de modo que respeitasse e atende-se os mais diversos tipos de dispositivos.

Também o projeto visa ter um custo relativamente baixo, com materiais acessíveis. Além do projeto ser de fácil construção, de modo que não necessite de mão de obra especializada e de processos que a empresa não consiga realizar internamente. Com isso, tendo uma possível e futura, multiplicação do projeto dentro das demais áreas de solda, com outros dimensionais e tamanhos para que possa atender as outras especificações de dispositivos.

### 1.3 PROBLEMA DE PESQUISA

Dentro de um sistema industrial é de suma importância ter uma organização, fluxo e processos devidamente definidos e alinhados, para uma boa gestão e controle de produção. Com isso, analisando os fatos e os problemas encontrados, pode-se observar que existem alguns pontos que podem ser melhorados, contribuindo com a melhoria contínua da empresa.

Os problemas encontrados, podem influenciar diretamente na produção, sendo no tempo maior de setup, na troca e deslocamento dos dispositivos, na procura dos mesmos e também na acessibilidade até o pretendido, além disso, passando por algumas dificuldades, muitas vezes sofrendo riscos de ergonomia e principalmente de segurança.

Também, vale ressaltar o ambiente em que se trabalha, havendo uma grande poluição visual e um alto risco de contaminação devido às impurezas acumuladas nos dispositivos.

Com base nos dados levantados, o problema de pesquisa caracteriza-se com a seguinte pergunta: O desenvolvimento do projeto de uma prateleira com sistema de gaveta irá suportar os esforços aplicados? E conseqüentemente melhorando as condições do soldador no posto de trabalho?

### 1.4 HIPÓTESES

Tendo em vista os argumentos e discussões já relatados, é de suma importância, a consideração do custo do projeto, dos processos utilizados e também dos ganhos apresentados. Considerando isso, a pesquisa e as discussões sobre os problemas relatados, desenvolveram-se hipóteses para a solução das mesmas, sendo elas:

- Hipótese 1: A prateleira sustentará adequadamente o peso dos gabaritos.
- Hipótese 2: A prateleira garante segurança de modo que não haja o tombamento da mesma.

### 1.5 JUSTIFICATIVA

O presente trabalho de final de curso, visa realizar o dimensional de uma estrutura perante a os esforços aplicados, e conseqüentemente tendo a melhorar os

setores de solda em geral, juntamente com uma melhor imagem da empresa como um todo.

O sistema visa atender a indústria, a superlotação dos espaços internos, onde o grande número de componentes soldados, necessitam dos dispositivos. O objetivo do uso dos mesmos no processo de solda é a garantia das medidas e tolerâncias exigidas no desenho de peças ou conjuntos soldados. O cumprimento do desenho, impacta diretamente no processo pintura, e principalmente na montagem. O impacto na montagem, acumula atraso e muitas vezes acaba parando a linha de produção, ou tendo necessidade de retrabalhar furações e geometrias quaisquer, gerando distúrbios, impactando no custo do produto.

A qualidade e a certificação de que o conjunto soldado atenda as especificações exigidas no desenho, deve-se iniciar, pelos processos de fabricação, sendo corte e dobra dos componentes. Após, a conservação do dispositivo, na qual deve possuir ótimas condições de uso, onde grampos e calços não devem estarem danificados, amassados ou fora de posição.

A garantia de que os dispositivos atendem essas condições, iniciam-se pelo armazenamento e a disponibilidade do mesmo. Sendo assim, o projeto da prateleira favorecerá condições ideais de armazenamento, além de melhores condições ao operador, otimização e organização.

## 1.6 OBJETIVOS

### 1.6.1 Objetivo Geral

O objetivo do presente trabalho, é projetar, dimensionar e construir um sistema de armazenamento de dispositivos de solda, de modo que, atenda e otimize espaços dentro do posto de solda, contribuindo com fluxos, movimentações, ergonomia, e organização do ambiente.

### 1.6.2 Objetivos Específicos

Os objetivos específicos definidos para o projeto são:

- Dimensionar estrutura cada gaveta para suportar no máximo 2000 Newtons;
- Reduzir o espaço físico utilizado pelos gabaritos;
- Projetar de forma que não haja o tombamento da prateleira;
- Acompanhar e testar a construção do projeto.

## 2 REVISÃO DA LITERATURA

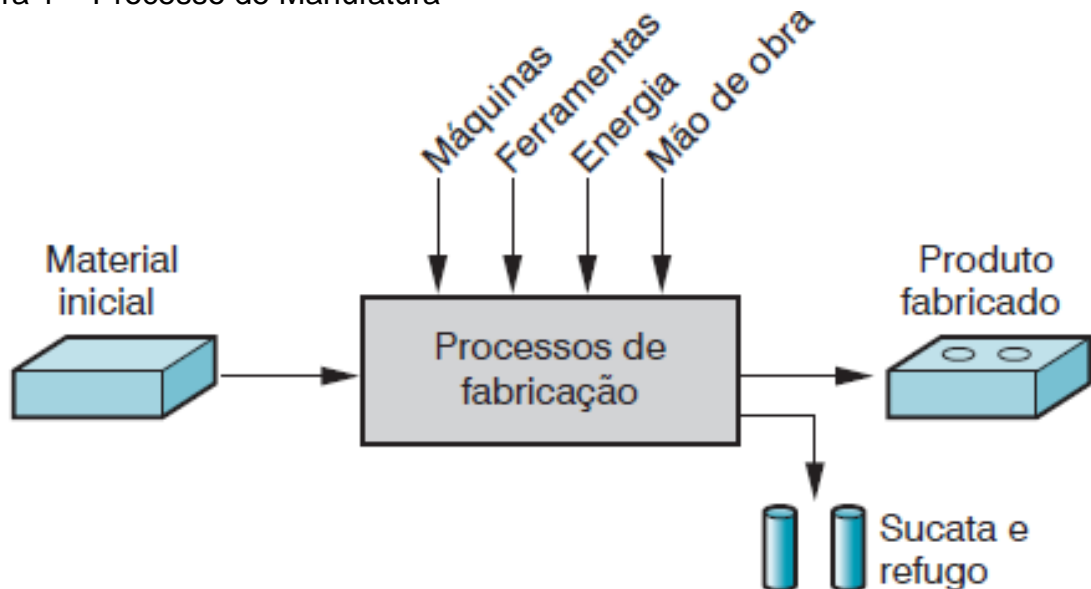
Dando início ao trabalho de revisão de literatura, será revisado grande parte do conteúdo abordado no projeto, para que, se tenha embasamento científico na construção do trabalho.

### 2.1 MANUFATURA

A manufatura está presente em todo o processamento de material, para a obtenção de algum produto. Contudo é descrita pela “aplicação de processos físicos e químicos para modificar a geometria, as propriedades e/ou a aparência de um material a fim de produzir peças ou produtos” (GROOVER, 2014, p.02).

Na Figura 1, consta à representação de um processo de manufatura qualquer, onde observa-se a real necessidade de uma aplicação e utilização em diversos ramos industriais.

Figura 1 – Processo de Manufatura



**Fonte:** Groover, 2014, p.02.

O desenvolvimento de um produto necessita de uma sequência de processos de fabricação até que o mesmo se transforme em algo concreto, sendo que, muitas vezes, quanto maior a sua complexidade, maior será seu valor econômico. Sendo assim, para Groover (2014, p.03), “A atividade econômica é formada por empresas e organizações que produzem ou fornecem serviços e bens. ”



### 2.1.1 Processos de fabricação

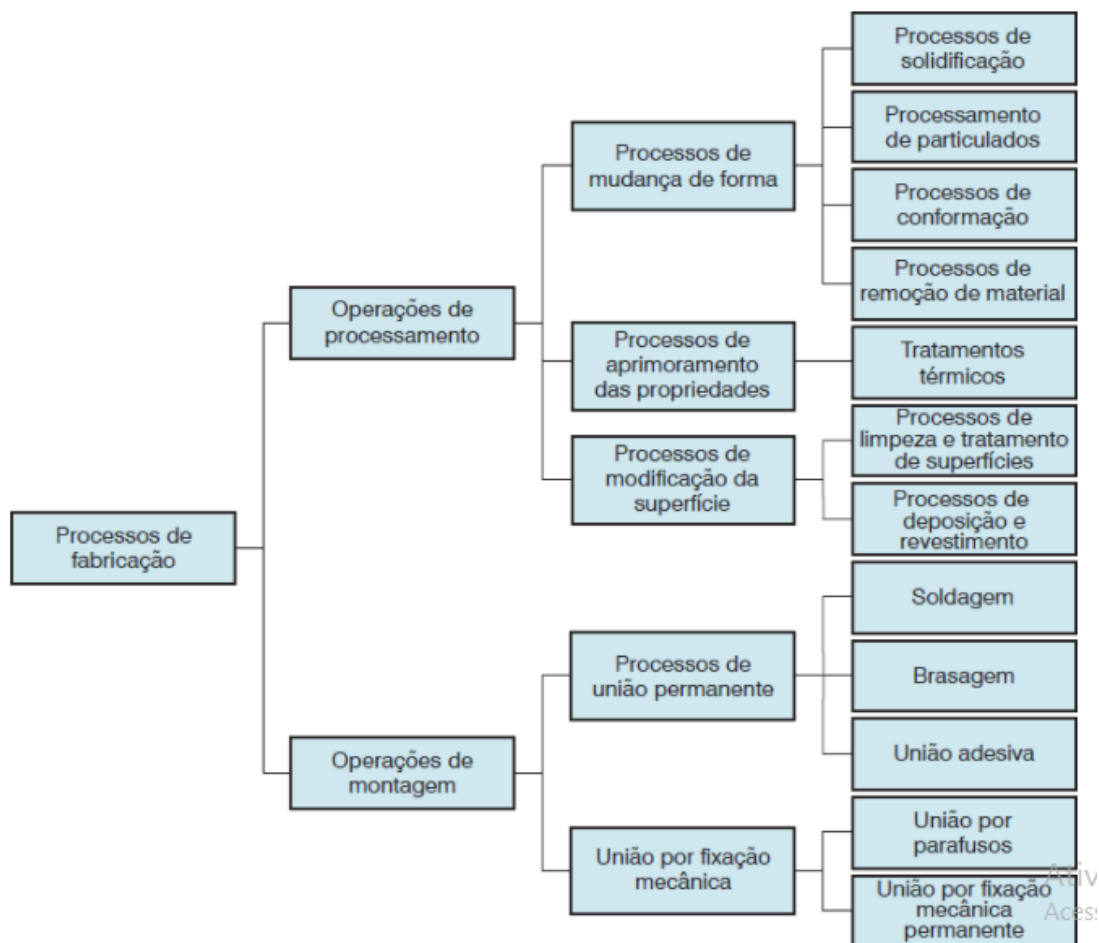
Dentro dos processos de manufatura, incluem-se os processos de transformação dos materiais, onde o processo de fabricação é descrito como “um procedimento realizado a fim de realizar transformações físicas e/ou químicas no material inicial com o objetivo de agregar valor a este material” (GROOVER, 2014, p.08).

Os processos de fabricação, possuem duas classificações, sendo:

- Operações de processamento: Onde o material sofre alterações de estados, formato, dimensão e geometria.
- Operações de montagem: Onde o processo acontece com a união de dois ou mais componentes com fins da geração de um novo conjunto.

Conforme a Figura 2, observa-se a classificação dos processos de fabricação, detalhadamente.

Figura 2 – Classificação dos processos de fabricação



Fonte: Groover, 2014, p.09.

## 2.2 SOLDA

Um dos principais processos de fabricação utilizados em industriais, seja mecânica, química, alimentícia, petrolífera entre outras, é a soldagem, que segundo Marques et al (2017), além de ser considerado um processo de união, é utilizado para a deposição de material sobre uma superfície qualquer, seja para a recuperação de peças desgastadas ou formação de um revestimento para aplicar algumas características especiais.

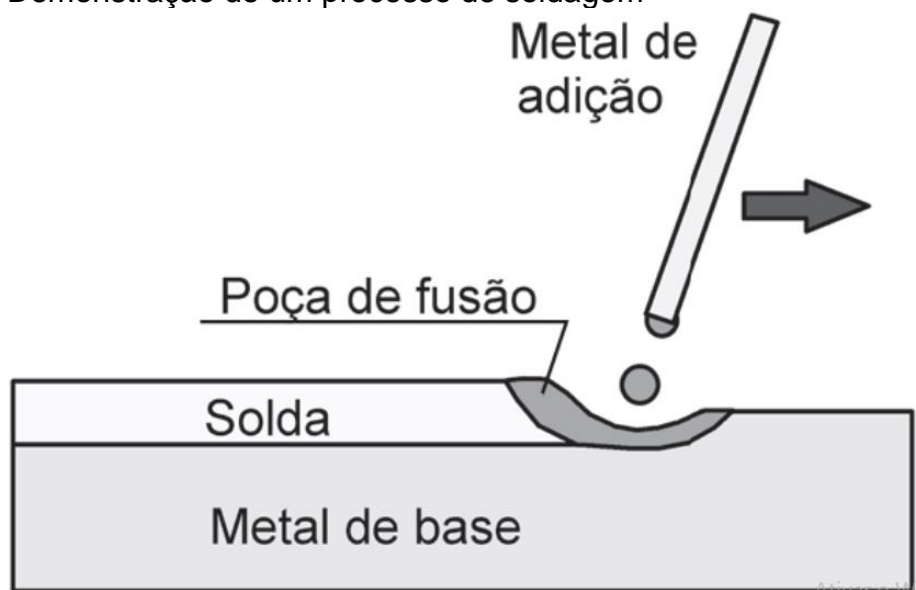
Além disso, a solda é capaz de unir diversas de peças formando um conjunto montado com mais rapidez, eficiência e economia, se formos comparar com outra maneira de união de peças como parafuso ou rebites.

Ainda conforme o processo de soldagem pode-se afirmar que:

“A soldagem é uma operação que visa obter a união de peças, e solda é o resultado desta operação. O material da peça, ou peças, que está sendo soldada é o metal de base. Frequentemente, na soldagem por fusão, um material adicional é fornecido para a formação da solda, este é o metal de adição. Durante a soldagem, o metal de adição é fundido pela fonte de calor e misturado com uma quantidade de metal de base também fundido para formar a poça de fusão.” (MARQUES et al, 2017, p13).

Observa-se através da Figura 3, os conceitos abordados pelo autor.

Figura 3 – Demonstração de um processo de soldagem



**Fonte:** Marques et al, 2017, p.13.

Atualmente, existem dezenas de modos e processos de soldagem, onde são aplicados conforme a necessidade de cada situação, no ramo do metal mecânico, é muito aplicado o processo de soldagem MIG/MAG, onde:

“É um processo de soldagem a arco voltaico que utiliza um arco elétrico entre um arame alimentado continuamente e a poça de fusão. Esse processo utiliza uma fonte externa de gás como proteção para a poça de soldagem contra contaminação do ar externo.” (PEIXOTO, 2012, p.43).

Também, utiliza-se processos de soldagem por eletrodos revestidos, onde em “um processo de soldagem ao arco elétrico com eletrodo revestido que consiste na abertura e na manutenção de um arco elétrico entre o eletrodo revestido e a peça a ser soldada, de modo a fundir simultaneamente o eletrodo e a peça” (PEIXOTO, 2012, p.23).

A qualidade do processo de soldagem, é visualmente destacada entre produtos de mesmos conceitos, e a marca tendo maior reconhecimento no mercado pela qualidade dos processos.

### **2.2.1 Dispositivos de fixação para soldagem**

Conforme destaca Soares (2016), a necessidade de se ter alta produtividade, produzindo mais em menos tempo, com a garantia de um produto com qualidade, os dispositivos vem sendo utilizados juntamente com o processo de soldagem.

A utilização destes dispositivos tem por função à fixação de componentes que fazem parte do conjunto soldado, são geralmente usados em uma produção em massa, que possui alta demanda de produção. A utilização do mesmo tem a função garantir a qualidade, medidas e um padrão na soldagem dos componentes, ainda, conforme Soares (2016), os dispositivos garantem o posicionamento da peça e juntamente com a redução de problemas causados por pelas tensões geradas durante o processo de soldagem.

Em um sistema de produção é utilizado um dispositivo de fixação para cada conjunto soldado, onde na indústria metal mecânica estudada, existem aproximadamente 630 conjuntos soldados, de diversas dimensões e geometria, gerando um total de aproximadamente 630 dispositivos. Na qual, ocupa-se um grande espaço para o condicionamento dos mesmos quando não estão sendo utilizados no momento da soldagem.

Muitos dispositivos são aproveitados fazendo em ambas as partes da estrutura, sendo a superior e inferior, chamadas popularmente de “uma face” e “duas faces”, na qual, a utilização de duas faces otimiza um conjunto de apoio (cavalete).

Observa-se através da Figura 4, um modelo de dispositivo utilizado com sistema de 1 face.

Figura 4 – Dispositivo de soldagem 1 face



**Fonte:** JPR Ferramentaria & Dispositivos, 2021.

Para um modelo de sistema de 2 face, é possível soldar nos dois lados do dispositivo, fazendo apenas um giro de 180°. Observa-se a partir da Figura 5.

Figura 5 – Dispositivo dupla face.



**Fonte:** JPR Ferramentaria & Dispositivos, 2021.

Observa-se através das imagens que os dispositivos são apoiados em cavalete, usados como apoio. Esses dispositivos não possuem sistema motorizado para realizar o giro, sendo realizado manualmente o processo. Também, os dispositivos apresentados, possuem 4 rodas, para a movimentação do conjunto dispositivo.

### 2.3 PROJETO DE PRODUTO

A necessidade de se ter produtos em nosso dia a dia, faz com que a vida se torne especial do jeito que é, seja por meio de um serviço, um lazer, conforto ou um produto qualquer, diante disso, salienta-se que tudo que tem-se, é a razão de resolução de algum problema, melhoria e satisfação. Vindo a isso, o projeto de produto é basicamente o que está por trás de tudo isso. Ainda sobre isso, destaca-se que:

“Projetos ou designers são uma forma especial de resolver problemas. Trata-se de um processo multidisciplinar relacionado a várias áreas do conhecimento humano, cujo objetivo é conceber um produto produzível a partir da função desejada, capaz de satisfazer as necessidades das pessoas.” (CARPES JR, 2014, pág. 11).

Para a realização de qualquer projeto de produto, é crucial a análise mecânica dos materiais, componentes e de todo o sistema para o funcionamento do mesmo. De acordo com Norton (2013), todo produto produz forças e movimentos, e o engenheiro mecânico tem a tarefa de calcular esses movimentos, forças, mudanças de energia de modo a determinar dimensões, as formas, e os materiais necessários para cada uma das peças que fazem parte do produto.

A utilização de uma metodologia de projeto a ser seguida é fundamental para a organização e um padrão do trabalho como um todo. “Muitas metodologias de projetos foram definidas para ajudar a organizar a enfrentar o problema não estruturado, isto é, casos em que a definição do problema é vaga e para os quais muitas soluções possíveis existem” (NORTON, 2013, p.05). Pode-se observar através do Quadro 1, a metodologia a utilizada em diversos produtos.

Quadro 1 - Metodologia de projeto

Nº OPERAÇÃO	METODOLOGIA
1	Identificação da necessidade
2	Pesquisa de suporte
3	Definição dos objetivos
4	Especificações de tarefas
5	Sínteses
6	Análise
7	Seleção
8	Projeto detalhado
9	Protótipo e teste
10	Produção

**Fonte:** Adaptado de Norton, 2013, p06.

Para o entendimento de cada operação, baseia-se de acordo com Norton (2013), onde destaca-se a primeira etapa como a identificação do problema/necessidade, sendo complementada com a pesquisa de suporte, consistindo em entender quais as necessidades, os problemas enfrentados, também os processos envolvidos, para após estabelecer/definir os objetivos do trabalho. Seguindo na quarta etapa, especificam-se as tarefas a serem desenvolvidas, juntamente com os limites de alcance. Para a etapa 5, tem-se as sínteses, onde buscam-se alternativas de projeto, desconsiderando processos e valores. Seguindo com a sexta etapa, tem-se as análises das possíveis soluções, onde realiza-se algum ajuste. Seguindo com a seleção da solução mais indicada perante as análises e os fatores impostos, após inicia-se os trabalhos detalhados, sendo trabalhado com projetos e a amarração de acordos, propostas, combinados, também, são definidos os fornecedores e os processos. Depois dessa fase, iniciam-se a prototipação do projeto, o recebimento de materiais e o processamento de peças, bem como, alguns testes e verificações de ajustes e melhorias. Com tudo definido e testado, inicia-se a produção em massa do produto.

#### 2.4 CHECK LIST OU LISTA DE VERIFICAÇÃO

Com grande utilização o *checklist* ou lista de verificação é utilizado como um método de conferência, de acordo com Camargo (2018) destaca como ferramentas muito úteis para monitorar e controlar as tarefas ou os resultados de um projeto. Essas listas variam de acordo com o formato e o conteúdo do que será verificado.

Os *checklists* podem ser utilizados de diversas formas, também modificados de maneira que se adapta ao seu processo, sua necessidade. Observa-se um exemplo através da Figura 6.

Figura 6 – Exemplo de *checklist*

LISTA DE VERIFICAÇÃO Nº 001-2011 PEÇA Nº 431-2	SIM	NÃO
A embalagem da peça está intacta?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
O número da peça na embalagem confere com a nota fiscal?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
A peça foi registrada na entrada do estoque?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
A peça foi registrada na saída do estoque?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

**SIM** – Aprovado

**NÃO** – Não aprovado

**Fonte:** Camargo, 2018, p132.

## 2.5 ARMAZENAMENTO

Um dos grandes desperdícios dentro das companhias, é as questões logísticas de materiais, ou seja, movimentações, armazenagens, estoques, fluxos, entre outros. Conforme Wieneke (2009), os depósitos ou armazéns, são determinados como um espaço delimitado para a estocagem de materiais, onde são contabilizados e gerenciados de forma organizada e sistêmica.

Ainda, segundo o autor Wieneke (2009), os armazéns/estoques são definidos e descritos em três grupos:

- Depósitos de provisão: Consiste em equilibrar oscilações em determinadas necessidades. Sendo na entrada, abastecendo regularmente a produção, quanto na saída, recebendo e posteriormente distribuindo.
- Depósitos intermediários: São os depósitos de reserva, onde absorvem pequenos distúrbios de materiais nas estações de trabalho.
- Depósitos de expedição ou de distribuição: São utilizados para a provisão e para modificações nas estruturas de produtos entre entrada e saídas nos depósitos.

## 2.5.1 Tipos de armazenagem

### 2.5.1.1 Armazenagem no chão

“É a forma mais simples de armazenar, por não haver necessidade de recursos como prateleiras. Contudo, há necessidade de unidades de carga que possam ser empilhadas, como caixas, contêineres e paletes” (WIEKENE, 2009, p.149). Também, vale ressaltar que se não houver identificação e espaços determinados para estocagem, o ambiente acaba se poluindo automaticamente. A partir da Figura 7, é possível observar o sistema de armazenagem com paletes.

Figura 7 – Armazenagem com paletes



**Fonte:** Alves, 2017.

### 2.5.1.2 Armazenagem em estantes estáticas

Conforme Wiekene (2009), a utilização de estantes para a armazenagem se dá, pelo fato de não poder armazenar em pilhas altas. Quando da utilização de estantes estáticas os itens permanecem no lugar onde foram colocados.

Os sistemas de estante estática conforme Wiekene (2009), são divididos e descritos em diversos sistemas de armazenagem. Sendo:

- *Drive in*: Estruturas porta paletes com dupla profundidade. Sendo nessa estocagem as unidades de carga estão em diversas superfícies horizontais sobrepostas.
- *Drive through*: Estrutura porta paletes com trânsito interno, na qual, a colocação dos paletes é feita de um lado e a retirada deles do outro.



- Cantilever: Estrutura de braços em balanço. Na qual os bens em forma de barras, perfis, tubos, sarrafos são colocados lateralmente sobre os braços salientes.
- Mecânica leve: Estocagem de diferentes artigos em pequenos contêineres, gavetas, divisórias ou sem a utilização de meios para a alocação dos bens.

Além dos sistemas apresentados, o autor mencionado destaca outros sistemas utilizados.

Os sistemas de armazenagem estáticas podem ser observadas através da Figura 8.

Figura 8 – Porta paletes



**Fonte:** Isma, 2021.

### 2.5.1.3 Armazenagem em estantes dinâmicas

Com grande utilização, o sistema de armazenagem dinâmica, vem-se para trazer rendimento e agilidade, de modo que, se reduza a mão de obra e o tempo de processo.

“Na armazenagem em estante dinâmica, o lugar do bem estocado muda durante a permanência dele no armazém. A movimentação da unidade de carga numa estante fixa pode ocorrer com acionamento motorizado ou pela força da gravidade.” (WIEKENE, 2009, p. 151).

Assim como o sistema estático, o sistema dinâmico apresenta diversos sistemas de armazenagem. Sendo mencionados e descritos segundo Wiekene (2009) como:

- Estrutura porta paletes para estocagem dinâmica: Ocorre com um transporte contínuo dos bens por gravidade. Os paletes como superfície de carga chegam aos locais de estocagem deslizando sobre trilhos. Há também o caso da colocação dos paletes e a retirada deles serem feitas pelo mesmo lado; fala-se então em prateleira tipo gaveta.
- Prateleiras carrossel: As unidades de carga são movidas pela movimentação da prateleira toda, têm-se diferentes configurações em carrossel e de estantes deslizantes. As estantes podem ser acionadas por corrente sem fim e servem para a estocagem de muitos tipos de peças pequenas.
- Porta-paletes *push-back*: Possuem superfícies verticais de estocagem e um só corredor para colocação e retirada dos bens. As estruturas porta paletes push-back com superfícies horizontais de estocagem consistem de mesas encaixadas umas sobre as outras; as mesas têm rodas ou acionamentos individuais e servem para a estocagem de bens compridos.

Figura 9 – Sistema dinâmico de armazenagem.



Fonte: Mecalux, 2020.

Os sistemas de armazenagem dinâmicos, geralmente funcionam através da ação da gravidade, onde podem ser observadas através da Figura 9.

### 3 METODOLOGIA

A utilização de metodologias, bem como a ciência e propriamente a engenharia é necessária para o desenvolvimento de qualquer conceito/produto, e pode ser conceituada:

“A metodologia é entendida como disciplina que se relaciona com a epistemologia ou a filosofia da ciência. Seu objetivo consiste em analisar as características dos vários métodos disponíveis, avaliar suas capacidades, potencialidades, limitações ou distorções e criticar os pressupostos ou as implicações de sua utilização.” (THIOLLENT, 2008, p. 24).

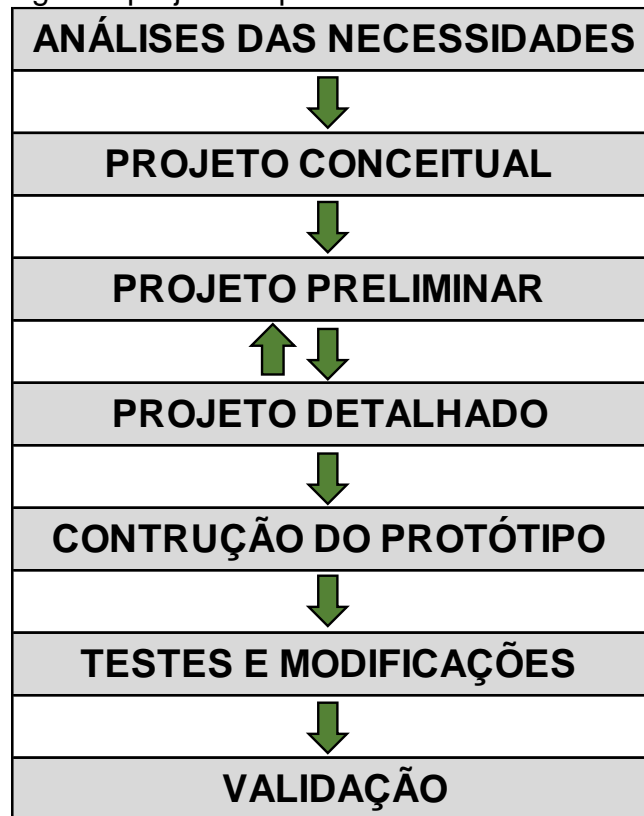
#### 3.1 MÉTODOS, TÉCNICAS E MATERIAIS UTILIZADOS

Conforme a necessidade de implementação de conceitos científicos para a abordagem e construção de um projeto, Valdiero e Thesing (2016), destaca que um projeto de engenharia pode ser definido como, uso de princípios científicos, informações técnicas e criatividade na definição de estruturas mecânicas, máquinas ou sistemas para desempenhar funções pré-estabelecidas com máxima eficiência e economia.

Ainda conforme Valdiero e Thesing (2016), com a utilização da metodologia de projeto de produto, contribui para a geração e a sistematização de soluções de engenharia criativa e inovadora voltada aos problemas demandados pela sociedade, sendo de grande valor para as empresas preocupadas com a qualidade de seus produtos e serviços.

Com isso, visando o sucesso do projeto, juntamente com um destino do projeto a ser seguido, utiliza-se a metodologia conforme Figura 10.

Figura 10 – Metodologia de projeto de produto



**Fonte:** Adaptado de Valdiero e Thesing, 2016.

Ainda conforme a metodologia, cada parâmetro exige fatores que devem ser seguidos, sendo desenvolvidos na sequência.

### 3.1.1 Análises das necessidades

A necessidade de ganho de espaço, juntamente com a organização fabril, é de suma importância para o acompanhamento/suprimento da produção e ao mesmo tempo da tecnologia. O método de análise quanto aos problemas encontrados e a utilização de conceitos voltados a engenharia são primordiais, para que se tenha um embasamento teórico na resolução.

A partir do momento que se encontram possibilidades de melhorias em ganhos de produção, organização e processos, é fundamental a aplicação de um plano de ação de modo que se resolva ou reduza o problema.

Conforme Valdiero e Thesing (2016), a etapa de análise das necessidades, é utilizada para verificar a demanda, estabelecer os requisitos e as metas do projeto.

### 3.1.2 Projeto conceitual

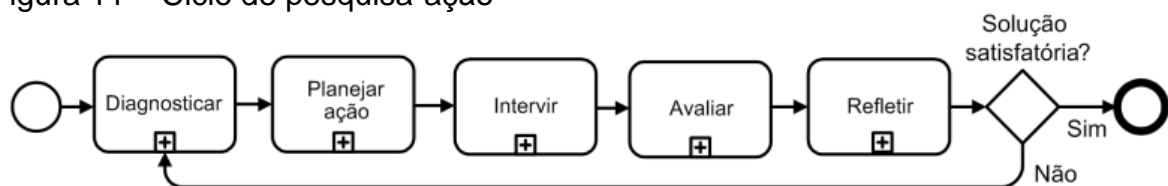
#### 3.1.2.1 Pesquisa-ação

Para a conceitualização da pesquisa dentro da metodologia, utilizaram-se o método de pesquisa-ação, onde possui a definição como:

“A pesquisa-ação é um tipo de pesquisa social com base empírica que é concebida e realizada em estreita associação com uma ação ou com a resolução de um problema coletivo e no qual os pesquisadores e os participantes representativos da situação ou problema estão envolvidos de modo cooperativo ou participativo.” (THIOLLENT, 2008, p. 14).

Dentro do método de pesquisa, utiliza-se um ciclo, onde, pode ser utilizado de modo que facilite a elaboração de uma solução, bem como, o acompanhamento. Pode-se observar através da Figura 11 a ilustração do mesmo.

Figura 11 – Ciclo de pesquisa-ação



**Fonte:** Filippo, 2019, p.05.

Ainda conforme Filippo (2019), a execução de todas as etapas do ciclo é vista como uma forma de aumentar o rigor da pesquisa, e uma vez que o ciclo é completado, aumenta-se o conhecimento adquirido e as ações passam novamente a serem revisadas, podendo ser encontrados outros erros, inconsistências ou vieses.

### 3.1.3 Projeto Preliminar

A etapa preliminar do projeto, consiste em aplicação de ferramentas, análises e cálculos voltados à engenharia, com o intuito de descobrir e evitar os problemas e fatores limitantes do projeto.

O estudo da resistência dos materiais e das estruturas moleculares, são as análises das características que cada elemento químico constituinte de cada material utilizado apresentado mediante a os esforços aplicados. Os esforços aplicados para

cada conjunto/componente, resultam em tensões, as quais segundo Norton (2013), a tensão são definidas como forças aplicadas em uma unidade de área. Quando um material/corpo sujeito a algumas forças, a tensão geralmente é distribuída segundo uma função continuamente variável dentro de uma porção contínua de material.

Para a somatória dos esforços voltados para o trilho onde o gaveteiro estará percorrendo, será utilizada uma relação de igualdade entre de forças e distancias, sendo representadas através da equação 1.

$$F5 * d5 = R5 * d6 \quad R5 = \frac{F5*d5}{d6} = \quad (1)$$

Onde:

*F5* - Força gaveta mais peso dispositivo;

*d5* - Distância da força 1 até o centro do pino do rolamento;

*R1* - Força resultante;

*d6* - Distância força resultante até o centro do pino do rolamento;

A análise de tombamento é necessária para que o projeto tenha segurança no funcionamento, para isso, atribui-se conceitos voltados a somatória dos esforços verticais e também dos momentos, sendo adaptados à realidade do gaveteiro e representados através da equação 2 a somatória dos esforços verticais.

$$\sum Fv = 0 \quad FT + FG + FE = R1 + R2 \quad (2)$$

Onde:

$\sum Fv$  – Somatória das forças verticais

*FT* – Força total ( $F1+F2+F3+F4$ );

*FG* – Força gaveta;

*FE* – Força estrutura;

*R1* – Reação de apoio 1;

*R2* – Reação de apoio 2;

Também são representados a somatória dos momentos através da equação 3.

$$\sum MR1 = 0 \quad FT * d1 + FG * d2 - FE * d3 + R2 * d4 = 0 \quad (3)$$

Onde:

$\Sigma MR1$  – Somatória dos momentos no R1;

$d1$  – Distância da força total dos dispositivos até a reação 1;

$d2$  – Distância da força da gaveta até a reação 1;

$d3$  – Distância da força da estrutura até a reação 1;

$d4$  – Distância da reação 2 até a reação 1;

Para o cálculo de área de circunferência utilizou-se a equação 4, sendo destacada abaixo.

$$A = \pi * \frac{D^2}{4} \quad (4)$$

Onde:

$A$  – Área;

$\pi$  – Pi;

$D$  – Diâmetro;

Para o cálculo de tensão de escoamento, utiliza-se a equação 5, sendo descrita abaixo.

$$\sigma = \frac{Flim}{A} = \quad Flim = \sigma * A = \quad (5)$$

Onde:

$\sigma$  – Tensão de escoamento;

$Flim$  – Força limite;

O cálculo do coeficiente de segurança existente no gaveteiro, é obtido através das relações entre as tensões, conforme a equação 6.

$$Sg = \frac{Flim}{Fg} = \quad (6)$$

Onde:

$Sg$  – Coeficiente de segurança;

$Fg$  – Força gaveteiro;

### 3.1.4 Projeto Detalhado

O projeto detalhado do gaveteiro 3D (3 Dimensões), desenvolveu-se no software CAD SolidWorks em laboratório institucional, em um notebook Acer aspire E14 com processador core i3, onde foi possível realizar as modelagens das peças, conjuntos e o detalhamento dos mesmos.

“O software de CAD SolidWorks é um aplicativo de automação de projetos mecânicos e eletromecânicos que permite aos projetistas esboçar ideias rapidamente, experimentar recursos e dimensões, produzir modelos e simular sua funcionalidade e resistência mecânica com base em condições de contorno conhecidas, bem como gerar desenhos detalhados de fabricação.” (FIALHO, 2013, p18).

A importância de um software para o desenvolvimento de equipamentos, instrumentos, máquinas ou qualquer produto, tem ganhado espaço em indústrias, buscando referências em qualidade, redução de custos, padronização de processos entre outros.

Também para registros e anotações rápidas, utiliza-se de um smartphone, sendo extremamente essencial na atualidade.

### 3.1.5 Construção protótipo

As peças desenvolvidas para o gaveteiro serão processadas internamente, com o intuito de ter o menor custo possível. Apenas os itens como rolamentos, parafusos e porcas serão utilizados para a montagem, onde já são existentes na empresa, para que não se tenha necessidade de passar pelo processo de compra com novos fornecedores. As práticas de qualidade adotadas pela própria empresa, serão aplicadas ao produto, de modo que facilite a montagem e garanta as medidas definidas.

Dentre os principais processos de fabricação, necessárias para a construção do produto, serão necessários: Máquina de corte laser, máquina de conformação de dobra, serra fita para corte de tubos e tarrugos, esmerilhadeira, aparelho de solda MIG, furadeira, torno convencional de usinagem, além de chaves manuais e ferramentas especiais.



Detaca-se também, os principais equipamentos de proteção individual necessários para a segurança do colaborador, sendo: Mascarão de solda, aventais, luvas, touca para solda, protetores faciais, óculos de segurança, boné/capacete de segurança, respiradores, sapato e bota, protetor auricular entre outros.

### **3.1.6 Testes**

Os testes serão realizados já a partir do momento de montagem, quanto a interferências e ajustes necessários, além dos testes referentes aos requisitos estabelecidos do projeto, bem como a análise visual das peças e conjuntos. Também para auxílio, elaborou-se um *checklist* para verificação de pontos a serem melhorados. Serão necessários alguns instrumentos de medição, também a avaliação perante aos comportamentos mecânicos do gaveteiro, quanto a abertura máxima da gaveta e demais componentes.

### **3.1.7 Validação**

Após serem realizados os testes, levantadas possíveis melhorias, bem como a avaliação do funcionamento do sistema como um todo. Também o atendimento dos requisitos estabelecidos e da qualidade desejada, será realizada a validação do produto. Com isso, será realizada a multiplicação do gaveteiro de modo que atenda os outros postos de solda.

Para aqueles postos que tiverem a utilização de dispositivos com as mesmas dimensões, peso e padrões, o gaveteiro estará atendendo a necessidade. Para os dispositivos com outros formatos e dimensões, deve ser projetado um novo sistema de modo que atenda os novos padrões.

## 4 APRESENTAÇÃO E ANÁLISE DOS RESULTADOS

O estudo e a abordagem dos resultados obtidos através da metodologia aplicada, serão descritos neste capítulo.

### 4.1 ANÁLISE DAS NECESSIDADES

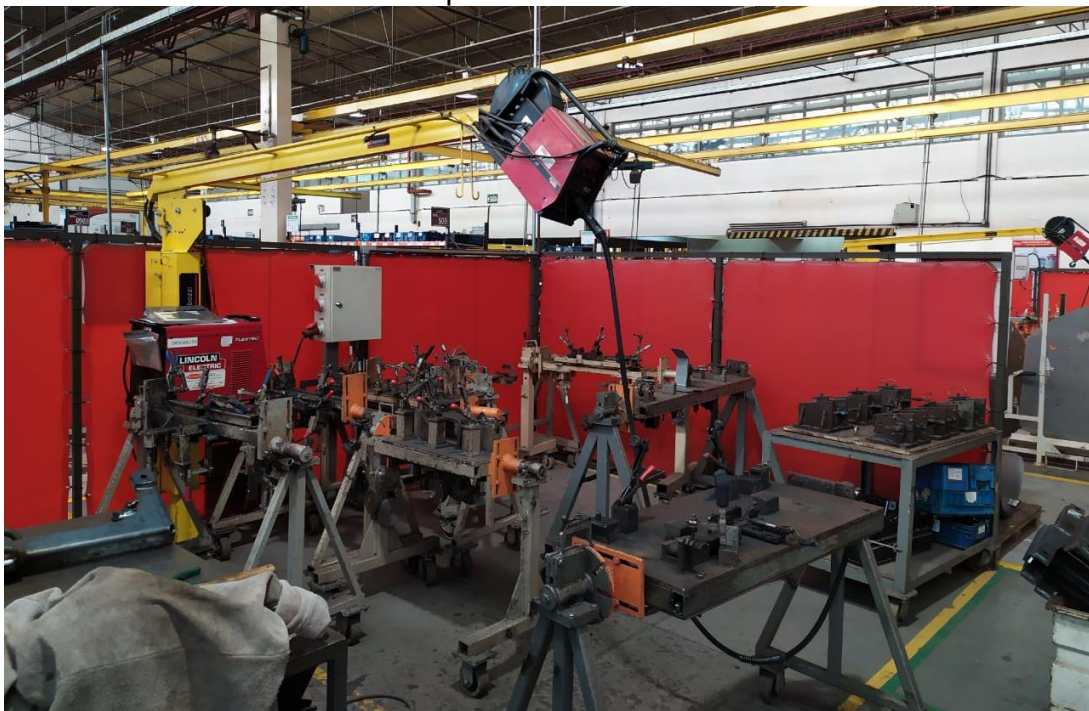
#### 4.1.1 Características do posto de solda

No posto de solda utilizado como base do estudo são soldados 16 conjuntos, com peças de diversas dimensões e geometrias, necessitando a utilização de 12 dispositivos para a realização da soldagem.

Dentro deles, utiliza-se dispositivos com uma face e quando possível dupla face. O posto de solda possui dispositivos com até 1,5 metros de comprimento e 0,8 metros de largura e 0,8 metros de altura. A dimensão total do posto de solda é de 6,4 metros largura por 7 metros de comprimento.

Pode-se observar através da Figura 12, o posto de solda escolhido para a realização do estudo. Percebe-se que grande parte do posto é utilizado para alocar os dispositivos de solda, sendo de 3,8 metros de comprimento por 3,7 metros de largura.

Figura 12 – Posto de solda com dispositivos



Fonte: Autor, 2021.

#### 4.1.2 Características da mesa pantográfica

A mesa pantográfica será utilizada de forma que possa servir como “carro” ou os próprios apoios da base do dispositivo do solda, de modo que possa ser alocado e retirado do gaveteiro e ao mesmo tempo ser utilizado como apoio do dispositivo para realizar a soldagem dos conjuntos.

A mesa pantográfica possui um sistema hidráulico de funcionamento de modo que se necessita o “bombeamento” de óleo para o pistão fazendo com que o mecanismo se eleve. Para o sistema retornar ao ponto inicial, possui um retorno manual, realizada por uma “maçaneta”.

A mesa pantográfica, possui um limite de carga de 350 kg, com possibilidade de levante de 1,50 metros e de altura mínima 0,2 metros. Para a visualização da mesa utilizada, é apresentada na Figura 13.

Figura 13 – Mesa pantográfica



Fonte: Autor, 2021.

## 4.2 PROJETO CONCEITUAL

Para a construção deste projeto, foram estabelecidos alguns requisitos à serem seguidos, com a estratégia em otimização de espaço, juntamente com organização dos setores como um todo. Segue através do Quadro 2 a estruturação dos mesmos.

Quadro 2 - Requisitos de projeto

REQUISITOS ESTABELECIDOS		
n	Requisito	Medida
1	Número de Máximo de gavetas	4 Unidades
2	Altura máxima	1,6 metros
3	Altura mínima	0,20 metros
4	Largura máxima	0,800 metros
5	Travas de segurança	1 por gaveta
6	Regulagem de altura das gavetas	-
7	Gaveta Universal	-
8	Mesa pantográfica para retirada dos dispositivos	-
9	Peso máximo dispositivo	2000 N (Newtons)

**Fonte:** Autor, 2021.

## 4.3 PROJETO PRELIMINAR

A importância do uso adequado de materiais para o desenvolvimento de produtos impacta diretamente na vida útil ou na funcionalidade do projeto. A proposta de utilização de materiais existentes na fábrica juntamente com a intenção de um baixo custo de produção, limitou quanto a estrutura do gaveteiro. Contudo, através do CAD, foi possível simular e analisar quanto a otimização e a geometria das peças.

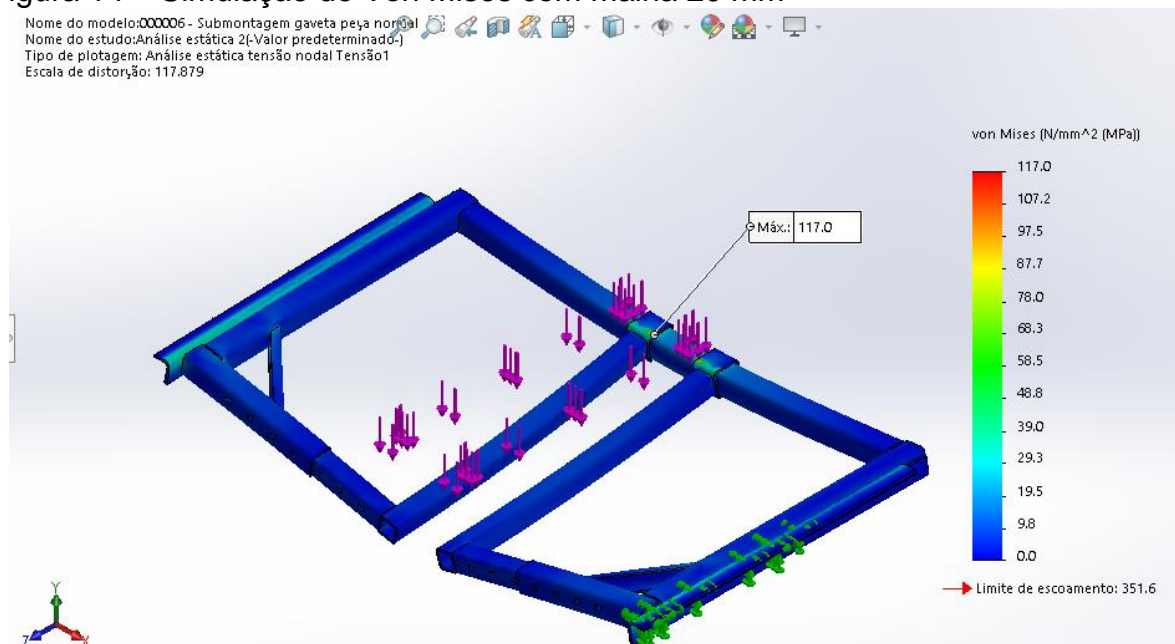
Com a simulação numérica do projeto teve-se a oportunidade de identificar a quantidade ideal e necessária de estrutura, juntamente com os pesos delimitados e a segurança do produto.

Dentro da simulação numérica, é possível alterar a malha dentro do software da estrutura que está sendo avaliada, de modo que, quanto menor a distância da malha e maior o número de elementos mais preciso e assertivo é o resultado. O processamento da malha para análise, depende do processador do computador utilizado.

Para algumas análises utilizou-se uma configuração de realidade aumentada perante a ilustração do comportamento, para que fosse possível e mais visível observar quais os pontos de deformação/tensão/deslocamento/segurança que estariam sofrendo perante aos esforços aplicados. Contudo, essa configuração não impacta no resultado final apresentado pelo software.

A simulação inicial realizada, foi com o conjunto de montagem da gaveta, a qual é possível analisar conforme Figura 14.

Figura 14 – Simulação de Von Mises com malha 20 mm



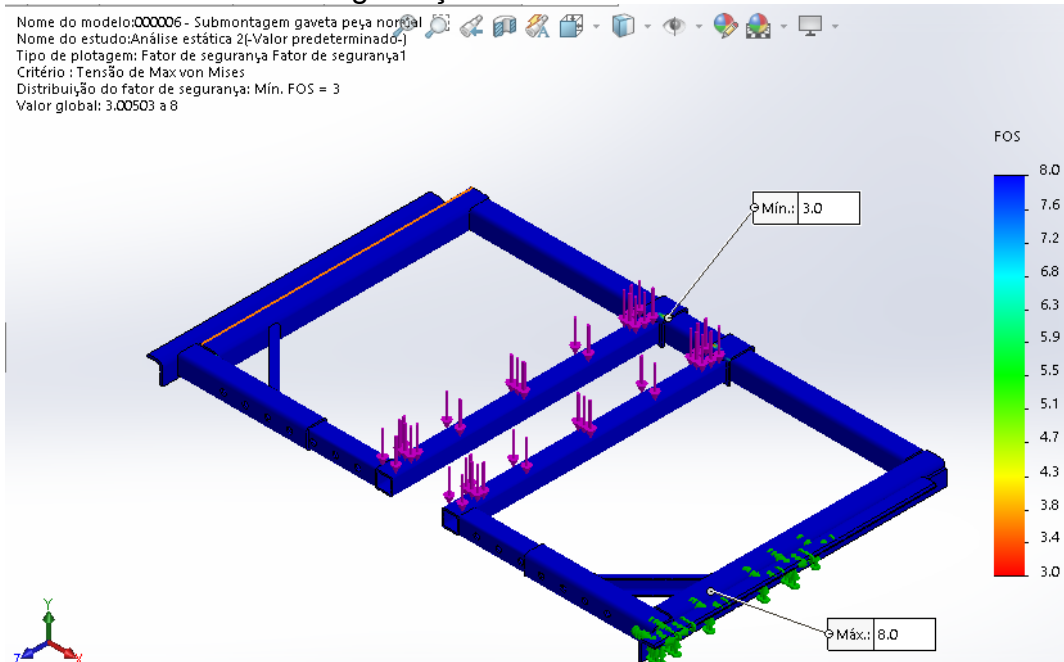
**Fonte:** Autor, 2021.

Para a realização dessa análise, utilizou-se uma força de 2000 N nos dois braços que servirão e apoio dos dispositivos de solda. Também se fixou em ambas as extremidades do gaveteiro na qual os rolamentos irão estar percorrendo.

A malha de 20 mm utilizada nessa simulação gerou aproximadamente 258924 nós e 133775 elementos, demonstrando que a tensão máxima de cisalhamento é de 117 MPa (MegaPascal), sabendo que a tensão de escoamento do aço 1020 é de 351,6 MPa, tem-se um coeficiente mínimo de segurança de 3, conforme Figura 15.



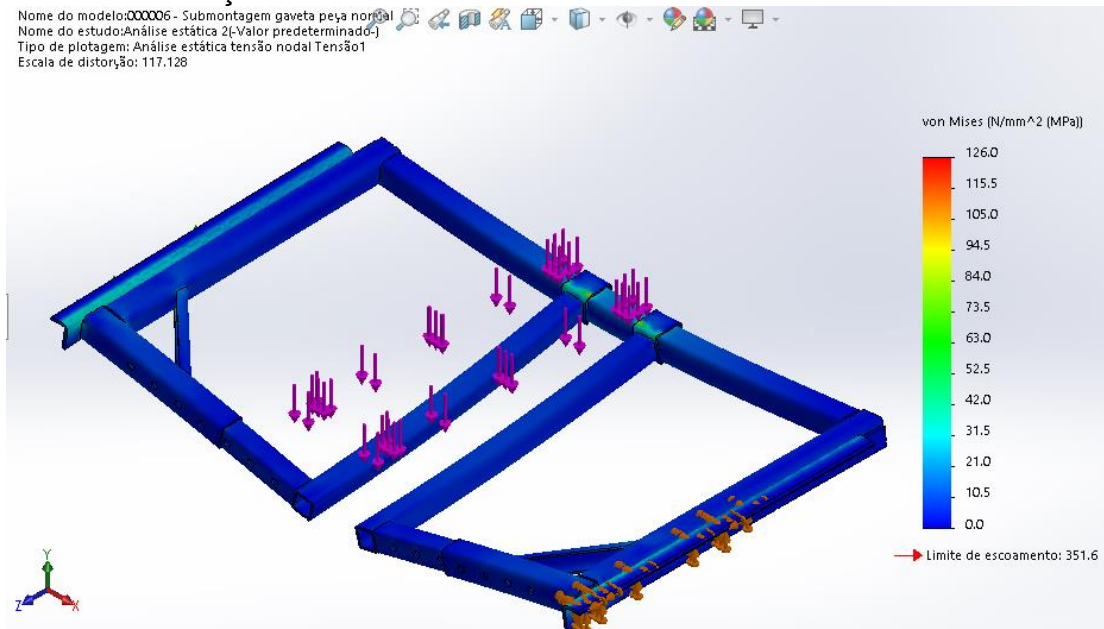
Figura 15 – Coeficiente de segurança de malha 20 mm



Fonte: Autor, 2021.

Já em outra simulação com os mesmo parâmetros e condições, utilizou-se malhas de 10 mm, obtendo conforme Figura 16 o seguinte resultado:

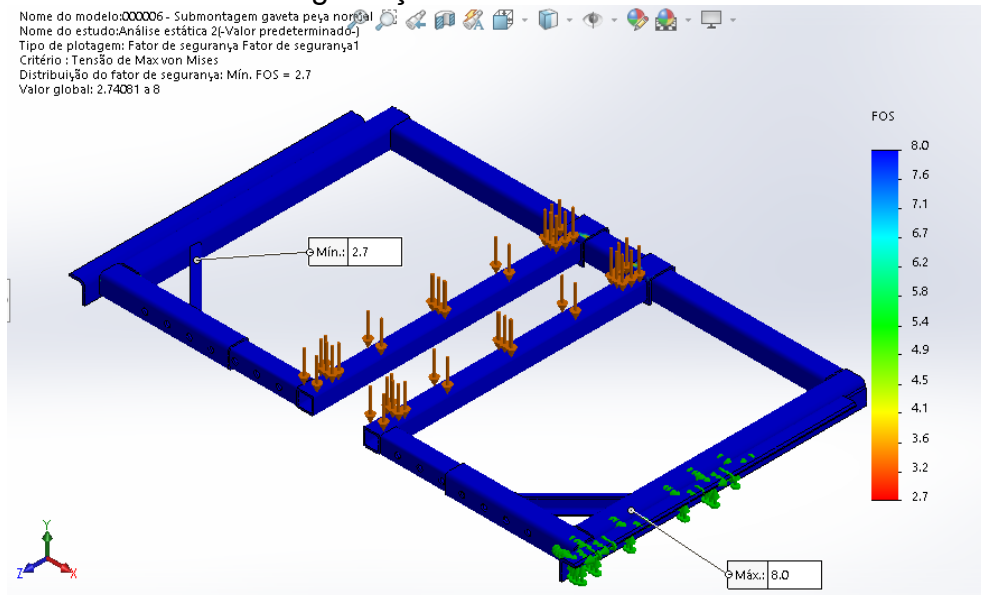
Figura 16 – Simulação de tensão Von Mises com malha de 10 mm



Fonte: Autor, 2021.

Como o uso da malha de 10 mm, gerou-se aproximadamente 430896 nós e um total de 227127 elementos, na qual, foi possível obter um resultado de limite de escoamento de 126 MPa, obtendo assim, um coeficiente de segurança mínimo de 2,7 conforme à Figura 17.

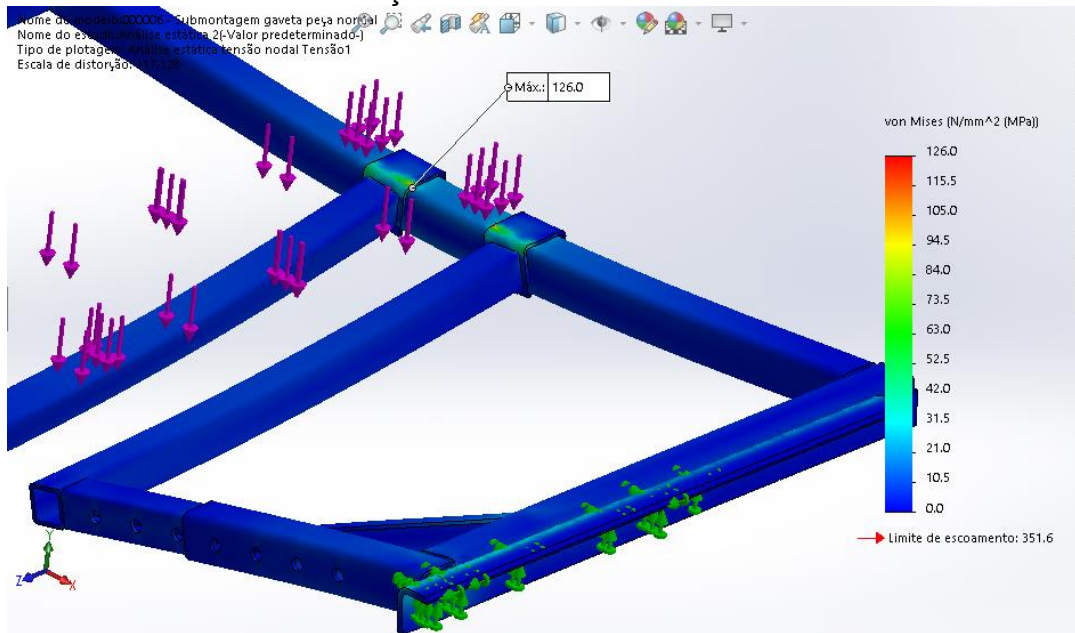
Figura 17 – Coeficiente de segurança de malha 10 mm



**Fonte:** Autor, 2021.

Com base nas análises, é possível observar que a tensão máxima em ambos as análises, concentrou-se na chapa em ambos os “braços” de apoio, que o dispositivo irá se apoiar. Como pode observar-se através da Figura 18.

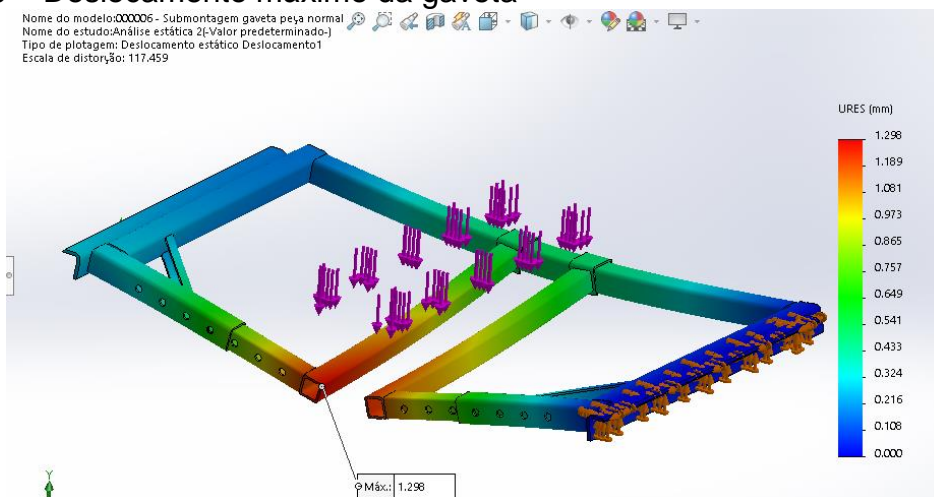
Figura 18 – Ponto de concentração da máxima tensão



Fonte: Autor, 2021.

Aproveitando a análise de tensão de escoamento, é possível analisar os comportamentos de deformação e deslocamento do conjunto, conforme a aplicação das forças no projeto. Neste contexto, observa-se os resultados com as mesmas características e forças aplicadas para a tensão, obtendo um deslocamento conforme a Figura 19.

Figura 19 – Deslocamento máximo da gaveta



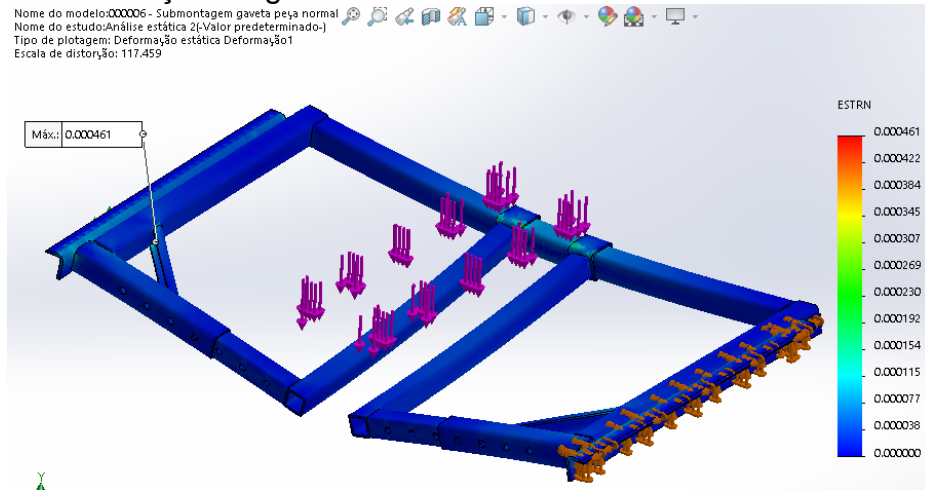
Fonte: Autor, 2021.



Observa-se que o deslocamento máximo da gaveta é de 1,298 milímetros, onde, considerando o conjunto como um todo, o deslocamento é considerado baixo, não impactando no funcionamento.

Para à análise de deformação do conjunto, obteve-se o resultado conforme a Figura 20.

Figura 20 – Deformação da gaveta

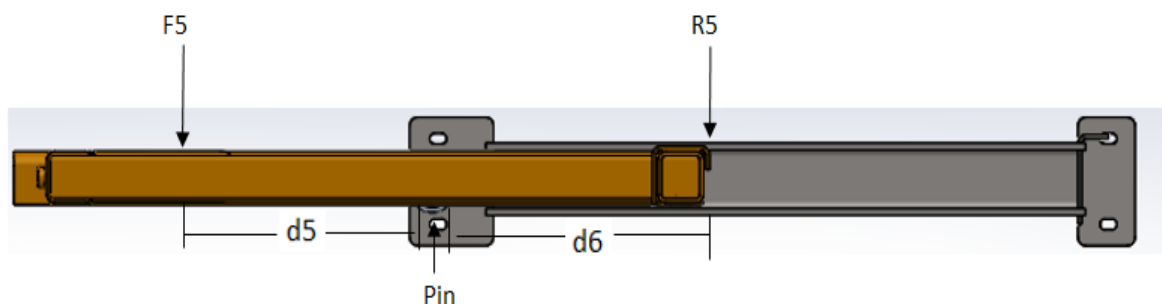


Fonte: Autor, 2021.

Observa-se uma deformação de 461  $\mu$ , também considerando baixo, não impactando no funcionamento do produto.

Para o trilho onde a gaveta estará movimentando através dos rolamentos, analisou-se a pior situação, onde a força que a gaveta estará exercendo, será totalmente no pino de suporte do rolamento. Com isso, calculou-se através de uma relação de forças e distâncias, os esforços aplicados no pino do trilho da gaveta, sendo representado através da Figura 21.

Figura 21 – Representação esforços no trilho da gaveta



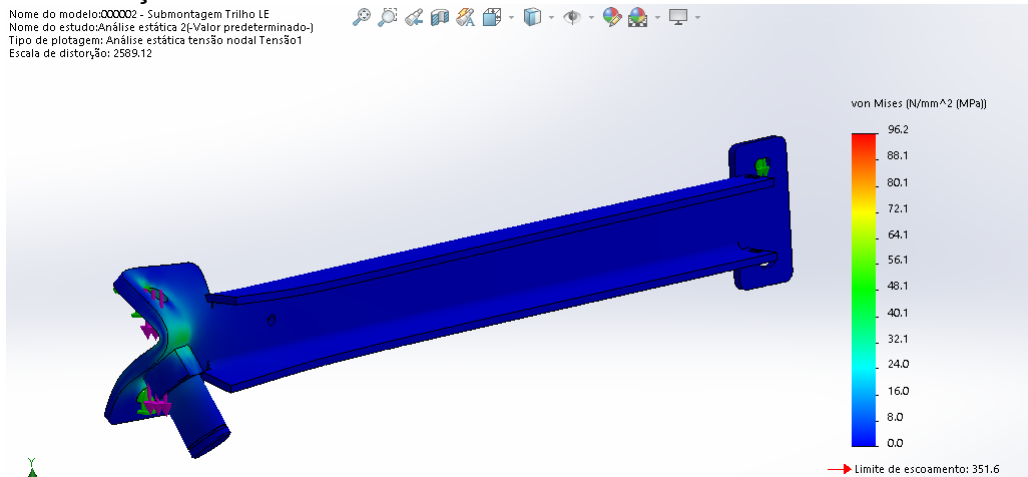
Fonte: Autor, 2021.

A partir disso, utilizando a equação 1, realizou-se o cálculo para determinação da força máxima atuante no pino de apoio, podendo ser observada abaixo.

$$R5 = \frac{F5 \cdot d5}{d6} = \frac{1305,5 \cdot 252,5}{324} = 1017,4 \text{ N}$$

Utilizando uma malha de 10mm, com um total de 36364 nós e cerca de 19000 elementos examinados, aplicando uma força de 1305,5 N, considerando a metade da força do dispositivo (1000 N) mais a metade da força da gaveta (305 N), somando mais a reação de apoio R5, obteve-se um total de 2322,9 N exercidos no pino de apoio, com isso, obtendo uma tensão máxima, conforme a Figura 22 de:

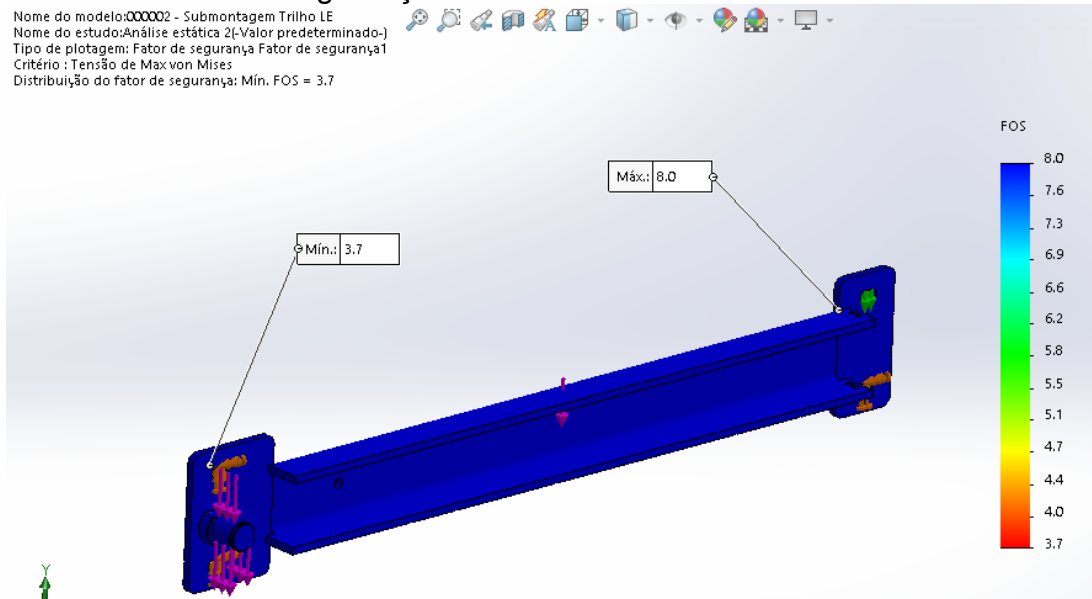
Figura 22 – Simulação da tensão von mises com malha de 10mm



**Fonte:** Autor, 2021.

Observa-se uma tensão máxima de escoamento de 96,2 MPa, sabendo que o limite do material é de 351,6 MPa, obteve-se o seguinte coeficiente de segurança mínimo de 3,7, conforme Figura 23.

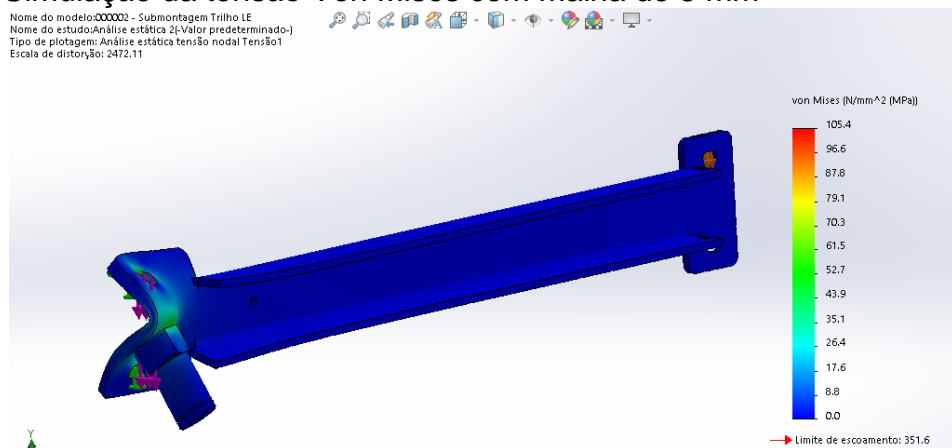
Figura 23 – Coeficiente de segurança do trilho com malha 10 mm



Fonte: Autor, 2021.

Realizando uma nova análise a partir de uma malha de 5 mm, com 170582 nós e um total de 102468 elementos examinados, e com as mesmas configurações de força e fixação, obteve-se o seguinte resultado conforme Figura 24:

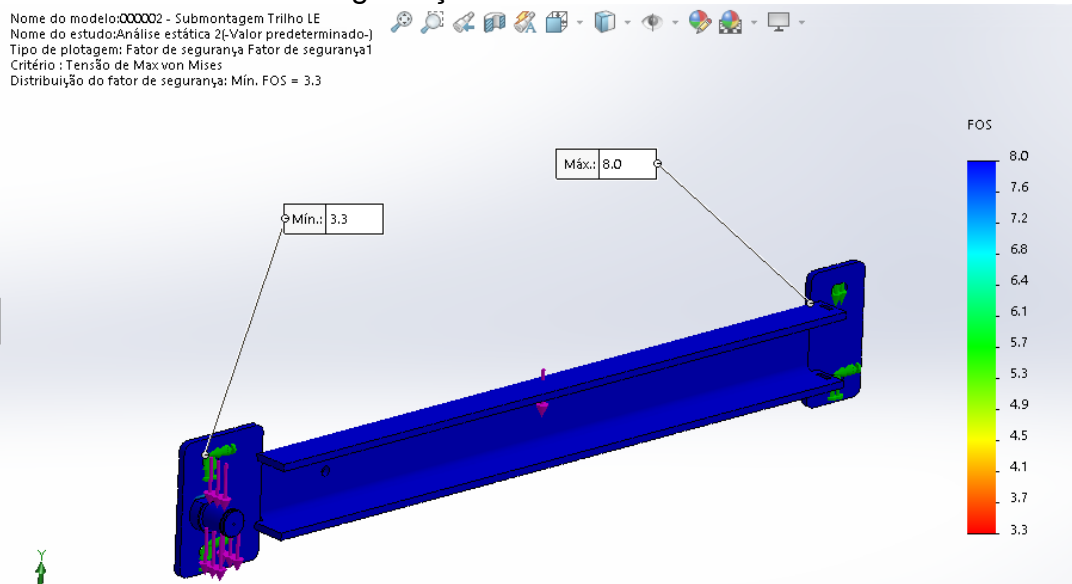
Figura 24 – Simulação da tensão Von Mises com malha de 5 mm



Fonte: Autor, 2021.

Observa-se uma tensão máxima de escoamento de 105,4 MPa, sabendo que o limite do material é de 351,6 MPa, obteve-se um novo coeficiente de segurança mínimo de 3,3, conforme Figura 25.

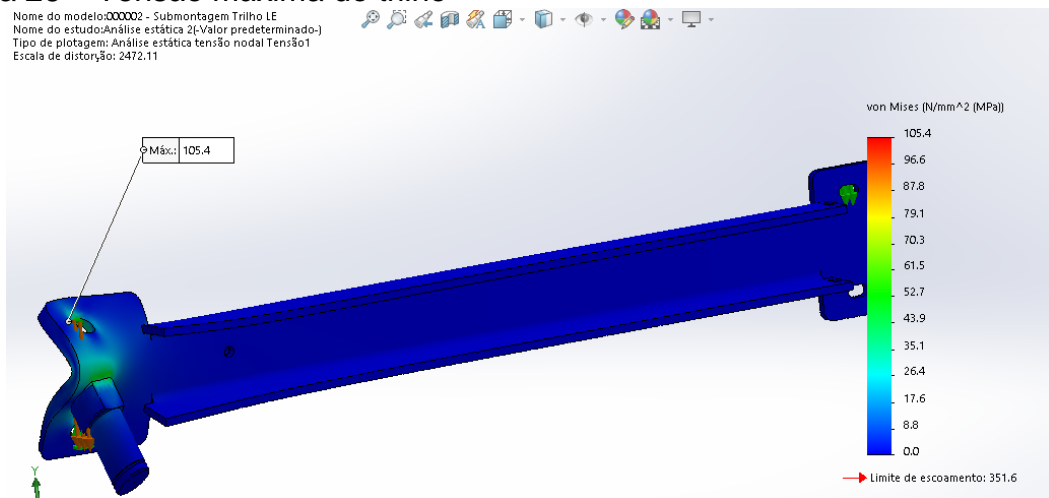
Figura 25 – Coeficiente de segurança com malha de 5 mm



Fonte: Autor, 2021.

Para ambas as análises de malha 5mm e 10mm, obteve-se o ponto máximo de escoamento na furação de fixação onde o parafuso estará fixando o conjunto do trilho com o pilar. Observa-se através da Figura 26.

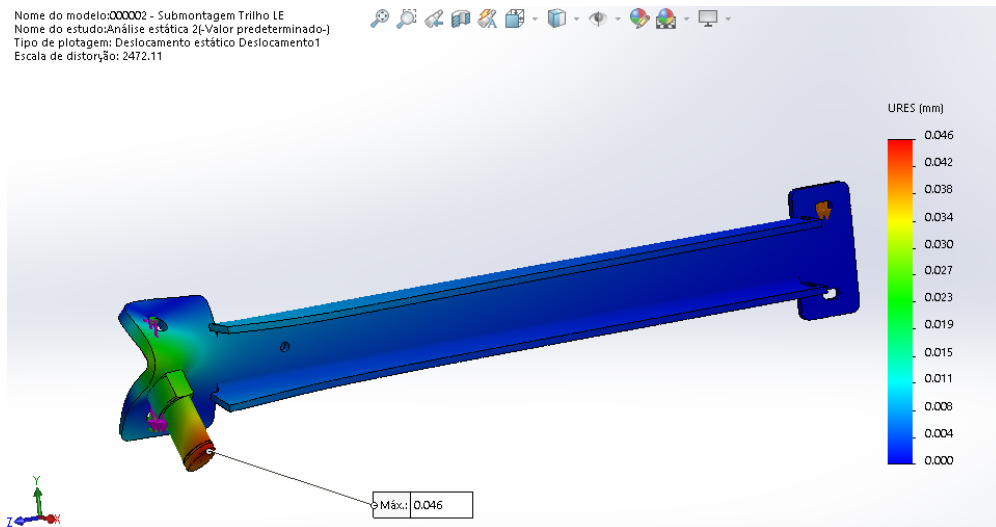
Figura 26 – Tensão máxima do trilho



Fonte: Autor, 2021.

Juntamente com a análise de tensão escoamento, foi possível a realizar a simulação do comportamento de deslocamento do material, com as mesmas configurações do software, onde, obteve-se um deslocamento, conforme Figura 27.

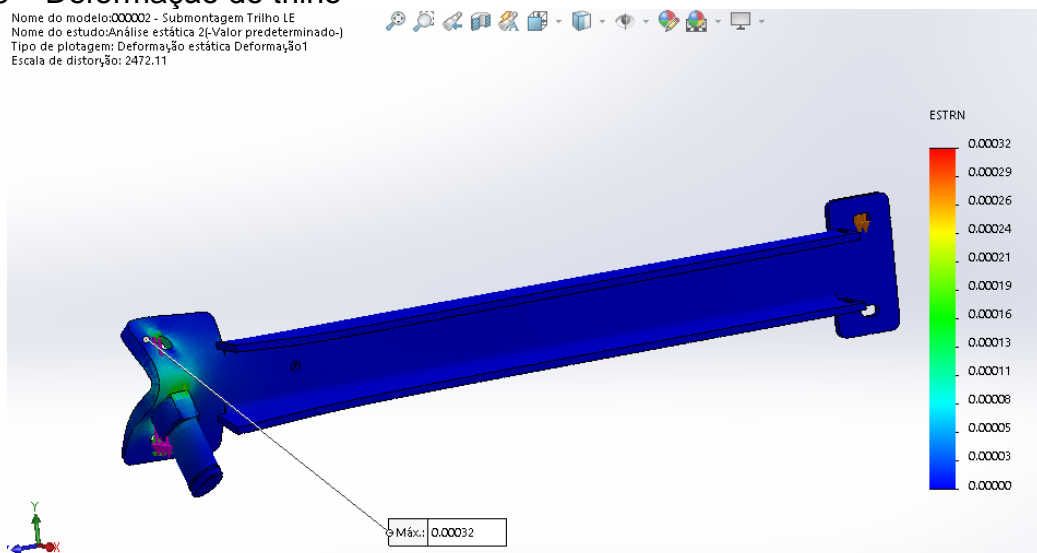
Figura 27 – Deslocamento material do trilho



Fonte: Autor, 2021.

Observa-se um deslocamento máximo de 0,046 mm na ponta do pino, onde considera-se baixa quanto a medida do conjunto. Para a análise de deformação do conjunto, com as mesmas condições anteriores, obteve-se um resultado conforme Figura 28.

Figura 28 – Deformação do trilho



Fonte: Autor, 2021.

Conforme resultado da análise, observa-se uma máxima deformação de 320  $\mu$ , sendo também baixos quanto ao conjunto total. Para uma melhor visualização, juntou-se o resultados das simulações através do Quadro 3.

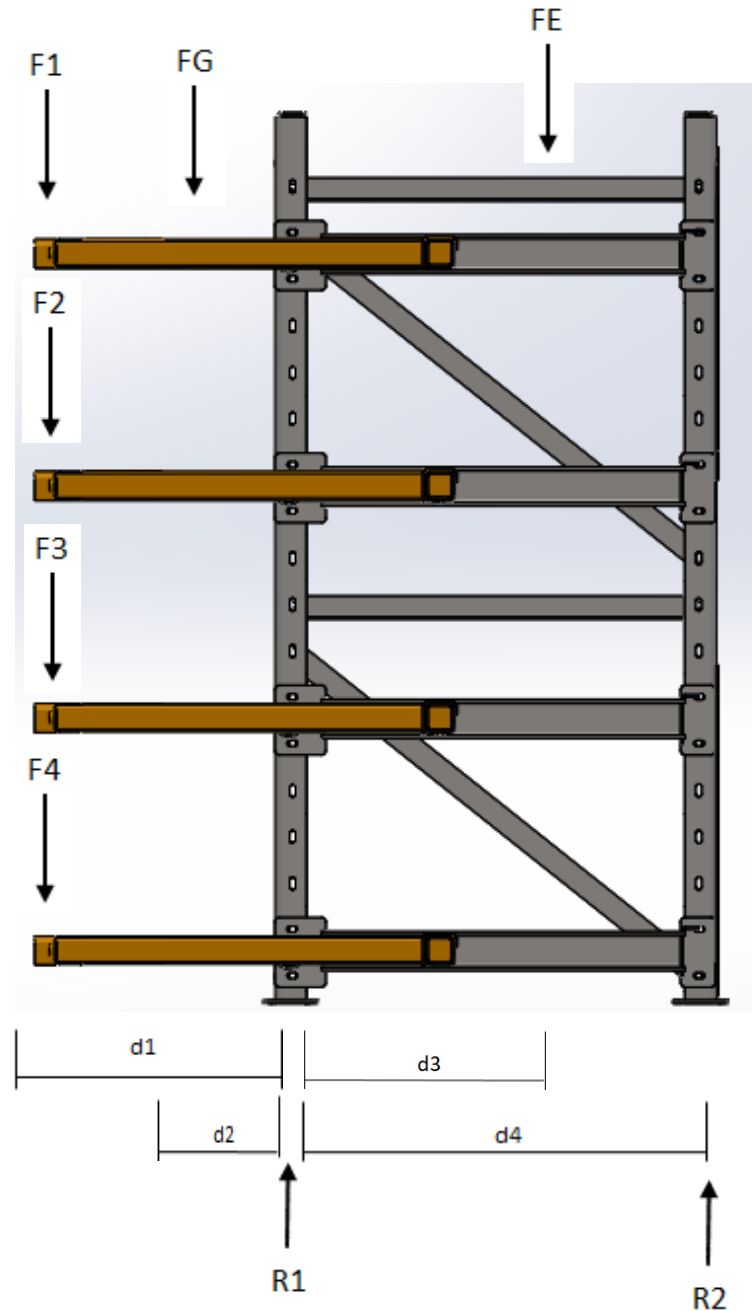
Quadro 3 - Resumo simulações

Simulação	Unidade	Malha	Valores	
			Gaveta	Trilho
Tensão de escoamento	MPa	20	117	-
		10	126	96,2
		5	-	105,4
Coeficiente de Segurança	-	20	3	-
		10	2,7	3,7
		5	-	3,3
Deslocamento	mm	10	1,29	-
		5	-	0,046
Deformação	-	10	0,000461	-
		5	-	0,00032

**Fonte:** Autor, 2021.

Para a análise do tombamento do gaveteiro, calculou-se com a possibilidade de todas as gavetas estiverem abertas com os dispositivos apoiados, gerando assim a pior hipótese de tombamento, obtendo riscos de segurança ao operador. Com isso, baseando-se nas dimensões e nos pesos, elaborou-se um estudo referente a esse processo. Onde podem ser observadas as dimensões, reações e esforços aplicados através da representação Figura 29.

Figura 29 – Representação esforços tombamento gaveteiro



**Fonte:** Autor, 2021.

Para os valores de cada constante estipulada na representação, baseou-se nas dimensões de cada ponto, para determinar os esforços verticais e a somatória dos momentos. Com isso, determina-se o esforço que estará sendo aplicado no  $R2$ , na qual, será utilizado parafusos para impedir o tombamento. Através do Quadro 4, observa-se os valores utilizados para o cálculo.

Quadro 4 - Dados de entrada do cálculo de tombamento

DADOS			
F1	=	2000	N
F2	=	2000	N
F3	=	2000	N
F4	=	2000	N
FT	=	8000	N
FG	=	590,6	N
FE	=	2235,7	N
d1	=	505	mm
d2	=	116,74	mm
d3	=	445,34	mm
d4	=	888	mm

**Fonte:** Autor, 2021.

Utilizando a equação 2, calcula-se os esforços verticais encontrados no cálculo do tombamento.

$$FT + FG + FE = R1 + R2 \quad 8000 + 590,6 + 2235,7 = R1 + R2$$

$$10826,3 = R1 + R2$$

Com a equação 2 definida, encontrando duas incógnitas, necessitou-se do cálculo de somatória dos momentos, onde será encontrado o R2 com a equação 3.

$$\sum MR1 = 0 \quad FT * d1 + FG * d2 - FE * d3 + R2 * d4 = 0$$

$$8000 * 505 + 590,6 * 116,74 - 2235,7 * 445,34 + R2 * 888 = 0$$

$$R2 = \frac{-311329,6}{888} = \quad R2 = -3506 \text{ N}$$

Tendo o R2 encontrado, volta-se para a equação 2, e conclui-se que a reação de apoio R1, é obtido o seguinte resultado;

$$10826,3 = R1 + (-3506) \quad R1 = 14332,2 \text{ N}$$

Sabe-se que a força gerada da gaveta na reação de apoio R1, com todas as gavetas abertas e com os dispositivos é de -3506 N, demonstrando que a gaveta irá



tombar sem a utilização de pontos de fixação (parafusos), pois, encontrou-se uma reação negativa. Para isso, calcula-se o coeficiente de segurança utilizando os parafusos com classe 8.8 de limite de escoamento de 640 MPa. Para a realização do cálculo de área, utilizou-se a equação 4, com 4 parafusos (n) de 8 mm, obtendo a seguinte resultado.

$$A = n * \pi * \frac{D^2}{4} \qquad A = 4 * \pi * \frac{8^2}{4} \qquad A = 201 \text{ mm}^2$$

Observa-se que a área obtida para 4 parafusos é de 201 mm<sup>2</sup> com isso, utilizando a equação 5, obteve-se:

$$F_{lim} = \sigma * A = \qquad F_{lim} = 201 * 640 = \qquad F_{lim} = 128.680 \text{ N}$$

A força limite em que os parafusos suportarão a carga exercida na prateleira é de 128.680 N, com isso, relacionando a força obtida da gaveta sobrecarregada obteve-se um coeficiente de segurança de:

$$S_g = \frac{F_{lim}}{F_g} = \qquad S_g = \frac{128.680}{3506} = 36,7$$

Observando o resultado de 36,7 de coeficiente de segurança, onde inicialmente, destaca-se como um superdimensionamento, vale ressaltar, a importância de que a estrutura não rompa, e venha tombar sobre o operador, na qual, foram dimensionados com 4 parafusos M8, sendo 2 cada pilar traseiro, caracteriza-se com um coeficiente seguro e de acordo.

A partir disso, o dimensionamento do gaveteiro baseado nas análises e nos cálculos realizados, estão aptos, concluindo assim a fase preliminar, passando para a próxima fase.

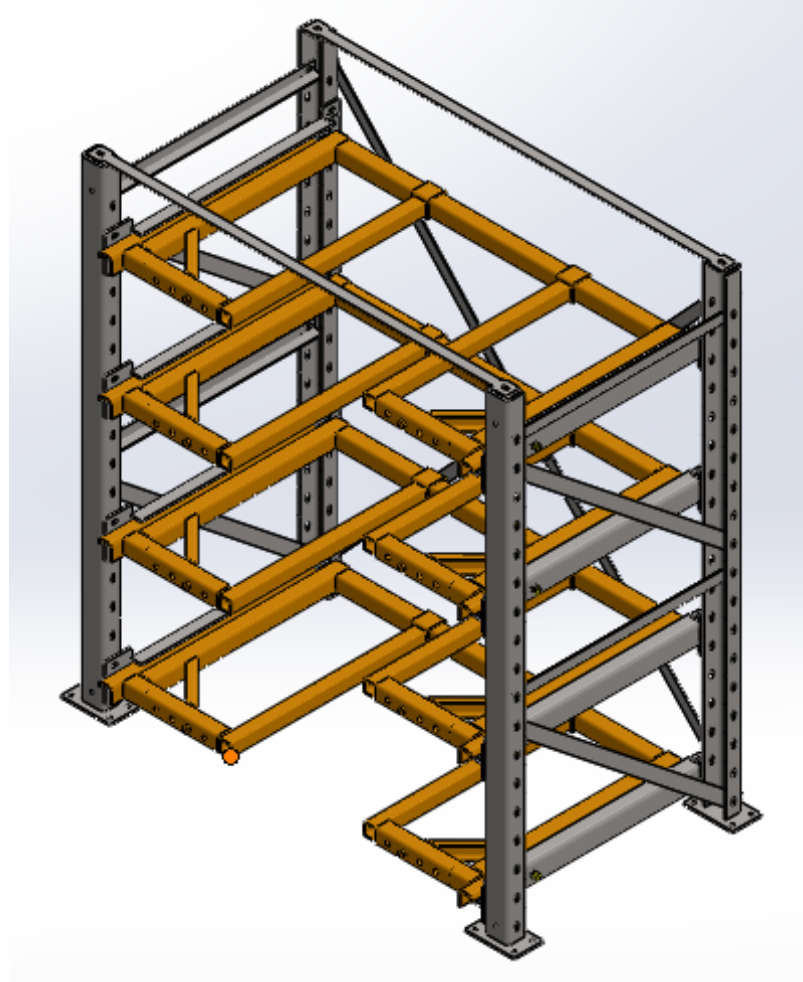
#### 4.4 PROJETO DETALHADO

O desenvolvimento do projeto detalhado, foi realizado no software CAD, no qual foi possível modelar e simular as situações de movimentos e comportamentos mecânicos, bem com a estruturação do sistema como um todo, de modo que atenderia o maior número de dispositivos com os requisitos estabelecidos.

Juntamente com o desenvolvimento do projeto, realizou-se o detalhamento das peças modeladas, para o processamento de cada, de modo que atendesse e

respeitasse cada medida e tolerância estabelecida. Observa-se através da Figura 30, o projeto desenvolvido.

Figura 30 – Projeto 3D do gaveteiro



**Fonte:** Autor, 2021.

Com base no detalhamento de cada peça do projeto e de cada conjunto soldado, iniciou-se a construção do protótipo, realizando cada processo conforme o modelamento e geometria das peças.

## 4.5 CONTRUÇÃO DO PROTÓTIPO

### 4.5.1 Corte laser

Dando início ao protótipo, separou-se as peças que deveriam passar pelo processo de corte laser, onde foram criados os Dxf's e encaminhados para a programação de laser. A partir disso, os planos de cortes gerados conforme a

espessura projetada, foram encaminhados e processados em máquinas de corte laser Trumpf modelo 5040, conforme Figura 31.

Figura 31 – Máquina de corte laser.



**Fonte:** Autor, 2021.

Após o processamento de corte laser, as peças que possuíam dobra, foram encaminhadas para o processo de conformação, já as peças que apenas possuem corte, foram destacadas e encaminhadas para o processamento de montagem ou solda.

#### 4.5.2 Conformação de dobra

Para o processo de conformação das peças que possuem ângulos entre abas na geometria da peça. Utilizou-se a máquina de dobramento Trumpf, modelo Trubend 5170, onde através de matrizes e punções conforme cada raio e espessura do material

estabelecido, foi possível realizar a conformação de acrodo com o desenho e dentro das tolerâncias estabelecidas, pode-se observar o processo através da Figura 32.

Figura 32 – Conformação de dobra das peças



**Fonte:** Autor, 2021.

Após a conformação de todas as peças, foram encaminhadas para a solda e montagem dando sequência no produto final.

#### **4.5.3 Usinagem**

A usinagem das peças cilíndricas, utilizadas para suporte dos rolamentos, foi realizada em um torno convencional, no qual teve o uso de ferramentas de desbaste, chanfro e sangramento, pode ser observado na Figura 33.



Figura 33 – Usinagem suportes de rolamentos



**Fonte:** Autor, 2021.

As peças de usinagem, foram reunidas e encaminhadas para o processo de soldagem.

#### **4.5.4 Serra**

Para o corte dos tubos quadrados e as barras cilíndricas usadas na usinagem, utilizou-se a serra fita Ronemak para materiais metálicos, obtendo assim, as peças necessárias para a composição das gavetas. Como pode ser visto na Figura 34.

Figura 34 – Corte de tubos com serra fita



Fonte: Autor, 2021.

#### 4.5.5 Solda

Após reunir todas as peças dos processos de corte, conformação, usinagem e serra, foi possível realizar a soldagem dos conjuntos. A soldagem dos conjuntos é de suma importância juntamente com as dimensões de cada peça, na qual, qualquer medida/comportamento indesejado terá impacto na montagem. Desta forma, utilizou-se métodos e experiências dos soldadores de modo que respeitasse os comportamentos mecânicos do processo, atendendo as medidas e tolerâncias especificadas.

A solda MIG realizada através de um aparelho Lincoln de modelo electric, foi pontuada, para aferição das medidas, e logo realizado o seguimento da soldagem. como pode ser observado através da Figura 35.

Figura 35 – Soldagem dos conjuntos



**Fonte:** Autor, 2021.

Durante o processo de soldagem, utilizou-se barras retangulares como escoras onde foram ponteadas, na qual teve objetivo de manter o dispositivo fixo e no esquadro e também para simular a posição de trabalho e garantir as posições dos componentes.

Após da conclusão da soldagem dos conjuntos, foi possível organizar e iniciar o processo de montagem do gaveteiro.

#### **4.5.6 Montagem**

A montagem do gaveteiro foi realizada a partir dos conjuntos soldados e das demais peças, além da utilização parafusos, porcas e arruelas, para fazer a união e fixação dos componentes. Para o deslize das gavetas, utilizou-se rolamentos de modo que permitisse o movimento.

A fixação do gaveteiro será no chão de fábrica, sendo utilizados parafusos chumbados, garantindo a segurança da utilização do mesmo. Observa-se através da Figura 36, a montagem inicial do gaveteiro.



Figura 36 – Montagem gaveteiro



**Fonte:** Autor, 2021.

Com a montagem realizada do gaveteiro, foi possível observar alguns fatores e comportamentos a serem melhorados, os quais serão aplicados nos próximos projetos. Diante disso, iniciou-se a fase de testes e modificações do gaveteiro.



## 4.6 TESTES E MODIFICAÇÕES

### 4.6.1 Testes do gaveteiro

Partindo para o ponto de avaliação juntamente com os testes do gaveteiro, colocando em funcionamento com os dispositivos, foi possível levantar e identificar pontos de melhorias e pontos de bom resultado. Para isso, selecionou-se um dispositivo de solda com aproximadamente 150 kg e a mesa pantográfica para realizar os testes, como pode ser visto através da Figura 37.

Figura 37 – Teste do gaveteiro



Fonte: Autor, 2021.

Com base, nos testes e nos comportamentos físicos e mecânicos do gaveteiro, chegou-se a conclusão referente às necessidades de alterações, quanto à os requisitos estabelecidos. Ainda, avaliando o sistema, observa-se a partir da Figura 38, o dispositivo armazenado no gaveteiro.

Figura 38 – Dispositivo armazenado



**Fonte:** Autor, 2021.

As conclusões obtidas, juntamente com os responsáveis da área, foram levantadas para a realização de melhorias, de modo que, o aproveitamento e o resultado da ideia do projeto fosse proporcionar o melhor funcionamento e resultado.

#### 4.6.2 Sistema de avaliação

Para a realização dos testes e possíveis modificações de melhorias ou ajustes, elaborou-se um *checklist* padrão de avaliação do gaveteiro, de modo que possam ser avaliados os fatores mais críticos de segurança e funcionamento de modo, que possa se tomar uma ação para os pontos de melhoria.

O sistema avaliativo criado perante os comportamentos e reações obtidos durante os testes realizados, são descritos conforme a Quadro 5.

Quadro 5 - *Checklist* avaliativo

CHECK LIST AVALIATIVO		
Nº	AVALIAÇÃO	STATUS
1	Trava de segurança traseira	Bom
2	Trava de segurança Dianteira	Regular
3	Abertura da gaveta	Regular
4	Regulagem dos braços da gaveta	ótimo
5	Regulagem altura gavetas	ótimo
6	Rolagem dos rolamentos	Bom
7	Reforços transversais e horizontais	Bom

**Fonte:** Autor, 2021.

Com base no *checklist* e na avaliação dos comportamentos, sendo realizada juntamente com o responsável do setor da solda, foi possível considerar os status descritos como:

- Ótimo: Sistema em pleno funcionamento sem interferências.
- Bom: Sistema em funcionamento sem necessidade de alteração.
- Regular: Sistema tendo necessidade de alteração/correção.
- Ruim: Sistema sem condições de trabalho.

Sendo assim, a consideração dos pontos, levou-se a necessidade de correção dos pontos regulares e ruins, tomando um plano de ação para a resolução dos mesmos.

#### 4.6.3 Plano de ação

O plano de ação para a resolução dos problemas encontrados, foi dividido em etapas, passando pela alteração do projeto 3D CAD, analisando os comportamentos, juntamente com a alteração das modificações no gaveteiro físico.

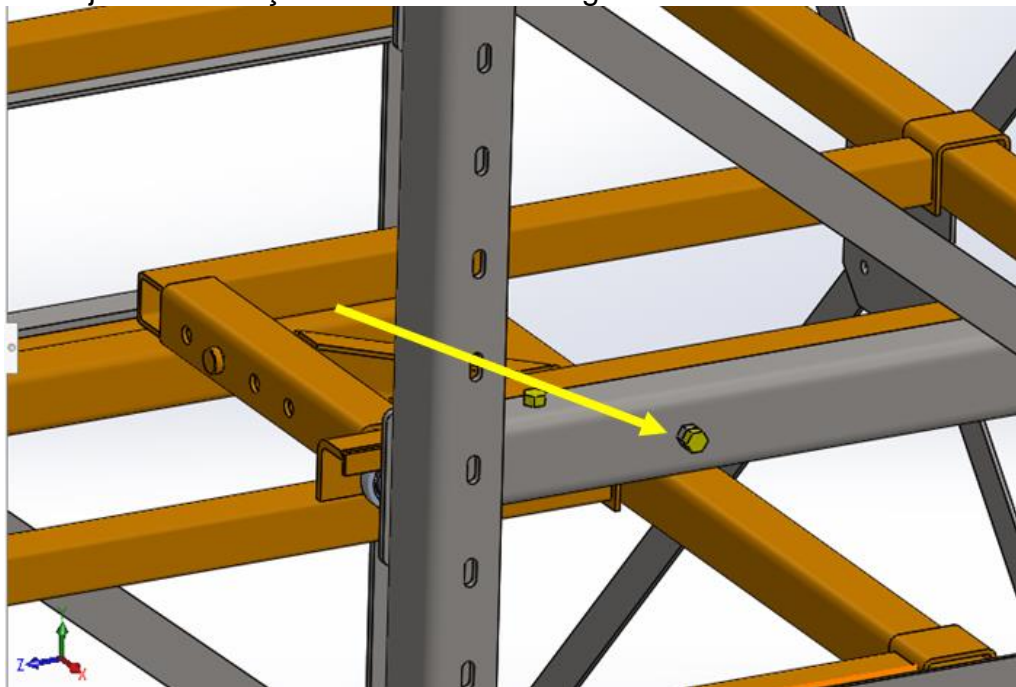


#### 4.6.3.1 Abertura da gaveta

Sendo considerado com status regular, o problema da abertura da gaveta foi destacado, devido ao seu comportamento com o dispositivo de solda já posicionado, sendo que, ao abrir a gaveta para ser retirado ou colocado o dispositivo, houve uma inclinação considerável por estar no fim do “trilho”, tendo uma força distribuída, ao longo dos pinos de sustentação, gerando assim, riscos de segurança de tombamento e cisalhamento do pino, também quanto o deslize do dispositivo contra o operador.

Para a resolução deste problema, houve a necessidade de reajustar a furação de deslocamento limite da gaveta, onde possui um parafuso para o travamento do rolamento, limitando assim a abertura. O desenvolvimento deste processo, foi realizado no SolidWorks, conforme Figura 39, juntamente com uma nova simulação do comportamento da abertura da gaveta.

Figura 39 – Reajuste da furação limite abertura da gaveta.



**Fonte:** Autor, 2021.

Após o reajuste no 3D, foi realizada novamente a furação da trava da abertura da gaveta, com os processos de furação e soldagem, conforme Figura 40.

Figura 40 – Deslocamento da trava da abertura



**Fonte:** Autor, 2021.

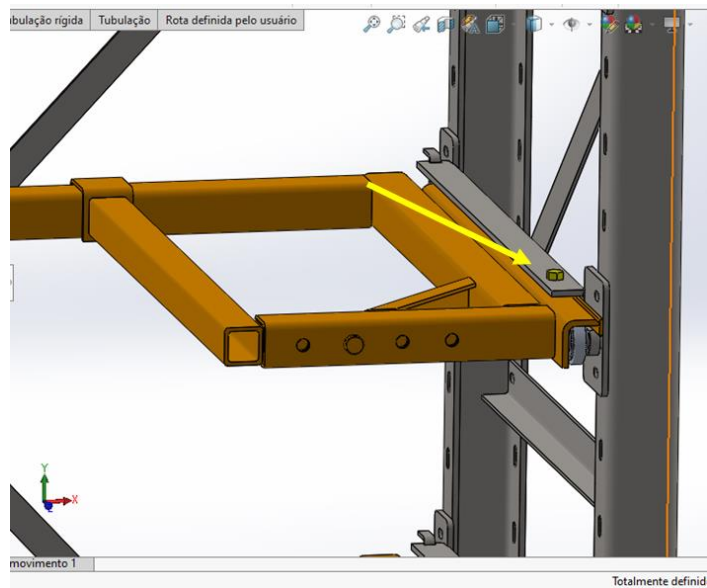
#### 4.6.3.2 Trava de segurança dianteira

O projeto inicial constava apenas trava de segurança traseira, onde seu funcionamento não permite que a gaveta saia fora do trilho na parte traseira do gaveteiro. Porém, para a parte dianteira do projeto não foi realizado nenhum sistema de segurança frontal, sendo que, o sistema ficaria estático quando o peso aplicado na gaveta.

Porém, visando a segurança e a prevenção de acidentes, deveria ser instalado um sistema de travamento da gaveta, de modo que o gaveteiro não corra o risco de abrir quando não esteja sendo utilizado.

Com a instalação do sistema de trava, foi possível realizar no 3D, conforme a Figura 41.

Figura 41 – Sistema de trava dianteiro no 3D



**Fonte:** Autor, 2021.

Já no gaveteiro físico, foi realizada apenas a furação da chapa e do tubo de modo que fosse instalado um parafuso como trava. Observa-se a partir da Figura 42, a alteração realizada.

Figura 42 – Sistema de trava dianteiro fisicamente



**Fonte:** Autor, 2021.

A realização das modificações de acordo com o projeto, teve excelente resultado no gaveteiro, onde sanou os problemas encontrados, passando assim para fase de validação do produto.

#### 4.7 VALIDAÇÃO

A validação do gaveteiro é de suma importância para a multiplicação do produto, porém, para isso são necessários os testes de comportamentos e as modificações aplicadas serem aprovadas pelos setores envolvidos. Desta forma, a engenharia, solda e segurança, são envolvidos no processo de validação.

O gaveteiro finalizado, sendo apresentado para as áreas, teve resultado positivo, perante ao comportamento e as modificações realizadas.

Após aprovação e validação do gaveteiro, foi encaminhado para realizar uma pintura superficial, de modo que reduza a oxidação e proteja das mais diversas situações fabris e condições climáticas, além de uma melhor aparência seguindo os padrões da empresa. Pode-se observar o projeto desenvolvido do gaveteiro através da Figura 43.

Figura 43 – Projeto desenvolvido do gaveteiro



**Fonte:** Autor, 2021.

Após a pintura do produto, foi encaminhado para o posto de solda e instalado com os 4 parafusos chumbados. A escolha dos dispositivos que ficarão alocados no momento serão os que possuem menor uso, após ser produzido outros gaveteiros, serão alocados os demais. Para isso, os dispositivos destacados para o armazenamento foram definidos pelo líder do setor de solda, juntamente com o soldador do posto.



## 5 CONCLUSÃO

Todo o projeto elaborado, bem como as etapas de desenvolvimento, teve por objetivo a criação de um sistema de armazenamento de dispositivos de solda, visando o ganho de espaço, organização, otimização e a própria segurança do soldador. Utilizando como base a metodologia de elaboração e execução de um projeto de produto, teve-se um resultado de satisfação como um todo, por resolver e atender os objetivos propostos.

O projeto desenvolvido visando a fácil manufatura, de modo que fosse possível realizar com os equipamentos e materiais já existentes e utilizados na empresa, favoreceu a construção e a execução do mesmo, além de um baixo custo de fabricação.

As análises das simulações numéricas realizadas com os diferentes tipos de malhas, números de nós e elementos, foi possível observar os diferentes comportamentos do material, concluindo que, a estrutura desenvolvida sustentará os esforços aplicados dos dispositivos de solda.

Para os problemas encontrados e destacados, considerados de criticidade média perante a segurança, apresentou-se soluções corretivas, também já sendo validados para que não haja retrabalhos caso multiplicação do produto.

Após todos os testes realizados, constatou-se que a maioria dos requisitos de projeto foram atendidos, e com as melhorias executadas a partir dos problemas levantados validou-se o projeto e conseqüentemente obtendo os resultados positivos quanto aos objetivos do trabalho.

## REFERÊNCIAS

ALVES, NADINE. **Como gerenciar o armazenamento de materiais na construção civil.** 2017. Disponível em: <https://constructapp.io/pt/como-gerenciar-o-armazenamento-de-materiais-na-construcao-civil/>. Acesso em 05/08/2021.

CAMARGO, MARTA R. **Gerenciamento de projetos: fundamentos e prática integrada.** 2. ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2018.

CARPES JR., WIDOMAR P. **Introdução ao projeto de produtos.** 1. ed. Porto Alegre: Bookman, 2014.

FIALHO, ARIVELTO B. **SolidWorks® Premium 2013:** 1. ed. São Paulo; Érica, 2013.

FILIPPO, DENISE. **Pesquisa-ação em sistemas colaborativos.** 2019. Disponível em: <https://sistemascolaborativos.uniriotec.br/wp-content/uploads/sites/18/2019/06/SC-cap26-pesquisaacao.pdf>. Acesso em: 24/08/2021.

GROOVER, MIKELL. **Introdução aos processos de fabricação.** Tradução Anna Carla Araújo [et al.]. 1. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2014.

IBGE. Instituto brasileiro de geografia e estatística. Indicadores IBGE. **Pesquisa Industrial Mensal.** Brasília: IBGE, 2021.

ISMA, **Soluções para armazenagem.** São Paulo. Disponível em <https://isma.com.br/armazenagem/porta-paletes/>. Acesso em 31/08/2021.

JPR, **Ferramentaria & Dispositivos.** Joinville/SC. Disponível em: <https://www.jpredispositivos.com.br/>. Acesso em 11/08/2021.

MARQUES, P. V.; MODENESI. P. J.; BRACARENSE, A. Q. **Soldagem: fundamentos e tecnologia.** Rio de Janeiro: Elsevier, 2017.

MECALUX, **Soluções inteligentes de armazenagem.** Hortolândia. Disponível em: <https://www.mecalux.com.br/blog/sistemas-dinmicos-armazenagem-tipos>. Acessado em 31/08/2021.

NORTON, ROBERT L. **Projeto de máquinas.** 4. ed. Porto Alegre: Bookman, 2013.

PEIXOTO, ARILDOMÁ LOBATO. **Soldagem.** Santa Maria: UFSM, 2012. Disponível em: [https://www.ufsm.br/app/uploads/sites/413/2018/12/08\\_soldagem.pdf](https://www.ufsm.br/app/uploads/sites/413/2018/12/08_soldagem.pdf). Acesso em: 20/09/2021.

SOARES, H. C. G. **Estudo de sequencias de soldagem para redução e eliminação de distorções.** Belo Horizonte: UFMG, 2006. Disponível em: <https://repositorio.ufmg.br/bitstream/1843/SBPS->

7B5JET/1/disserta\_\_o\_de\_mestrado\_\_\_helio\_coelho\_guimaraes\_soares\_\_\_\_.pdf.  
Acesso em: 12/09/2021.

SENNÁ, Ayrton. **Acelera Syrton**. Entrevista concedida à João Dória Junior. São Paulo. 1994. Disponível em: [https://youtu.be/pcNz4I\\_uCTg/](https://youtu.be/pcNz4I_uCTg/). Acesso em: 15/09/2021.

THIOLLENT, MICHEL. **Metodologia da pesquisa-ação**. São Paulo: Cortez, 2008.

VALDIERO, A. C.; THESING, N. J. **Desafios em engenharia industrial**. Ijuí: Unijuí, 2016.

WIENEKE, FALKO. **Gestão da produção: planejamento da produção e atendimento de pedidos**. 2. ed. São Paulo: Blucher, 2009.