



**Fernando Luis Hartung Deves**

**DESENVOLVIMENTO DE UM DISPOSITIVO DE SOLDA PARA UM IMPLEMENTO  
AGRÍCOLA UTILIZANDO METODOLOGIA DE PROJETO DE PRODUTO**

Horizontina - RS

2019

**Fernando Luis Hartung Deves**

**DESENVOLVIMENTO DE UM DISPOSITIVO DE SOLDA PARA UM IMPLEMENTO  
AGRÍCOLA UTILIZANDO METODOLOGIA DE PROJETO DE PRODUTO**

Trabalho Final de Curso apresentado como requisito parcial para a obtenção do título de bacharel em Engenharia Mecânica na Faculdade Horizontina, sob a orientação do Prof. Francisco Antonio Kraemer, Me.

Horizontina - RS

2019

FAHOR - FACULDADE HORIZONTINA  
CURSO DE ENGENHARIA MECÂNICA

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

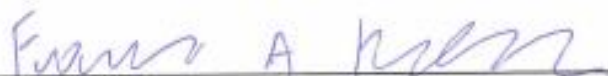
**"DESENVOLVIMENTO DE UM DISPOSITIVO DE SOLDA PARA UM IMPLEMENTO  
AGRÍCOLA UTILIZANDO UMA METODOLOGIA DE PROJETO DE PRODUTO"**

**Elaborada por:**

**Fernando Luis Hartung Deves**

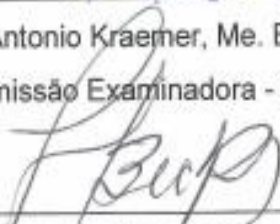
Como requisito parcial para a obtenção do grau de Bacharel em  
Engenharia Engenharia Mecânica

Aprovado em: 28/11/2019  
Pela Comissão Examinadora



---

Francisco Antonio Kraemer, Me. Eng.  
Presidente da Comissão Examinadora - Orientador



---

Esp. Valmir Vilson Beck  
FAHOR – Faculdade Horizontina



---

Mestre. Paulo Augusto Soliman  
FAHOR – Faculdade Horizontina

**Horizontina – RS**

**2019**

À minha família, que sempre me apoiou e investiu em meu futuro, transformando um sonho em realidade.

“Quando tudo tiver parecendo ir contra você,  
lembre-se que o avião decola contra o vento, e  
não a favor dele”.

(Henry Ford)

## RESUMO

Atualmente soldagem dos materiais é um dos principais processos de fabricação com grande aplicação, variedades e larga demanda de utilização, constituindo-se em um processo que precisa estar em constante crescimento e evolução, buscando tecnologias e métodos de desenvolvimento. Desta forma, o trabalho em questão tem por objetivo utilizar uma metodologia de projeto do produto para desenvolver um dispositivo de solda que busca facilitar o processo de soldagem dos chassis da linha de roçadeiras produzidas pela empresa São José Industrial. Para obter mais dados e informações, foi aplicado uma metodologia onde foram identificados os requisitos de cliente e de projeto para atender as expectativas do cliente quanto a solução do problema em estudo, no qual o soldador não adota uma postura ergonômica adequada durante o processo de soldagem, tendo dificuldades de manuseio das peças, tornando o processo de certa forma improdutivo. Para realizar a modelagem do dispositivo, foi utilizado o *software SolidWorks* o qual foi disponibilizado pela Fahor, por ter licença para utilizar o *software*, auxiliando no desenvolvimento do produto. A metodologia aplicada demonstra de forma clara e objetiva os requisitos do cliente e relacionando-os com os requisitos de projeto conseguiu-se chegar a um produto final satisfatório. Assim, os resultados obtidos atenderam às expectativas da empresa e os objetivos deste trabalho solucionando o problema pela falta de um dispositivo adequado ao processo.

**Palavras-chave:** Projeto de Produto. Dispositivo de soldagem. Ergonomia.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Distorções causadas pela Soldagem .....	14
Figura 2 - Funcionamento de um Grampo de Fixação .....	16
Figura 3 - Torpedo de Fixação .....	16
Figura 4 - Encosto em conjunto com Torpedo de Fixação .....	17
Figura 5 - Solda Robotizada.....	18
Figura 6 – Dispositivo Semiautomático .....	18
Figura 7 - Dispositivo de soldagem sob Cavalete Giratório.....	19
Figura 8 - Zona de exposição de movimentos.....	20
Figura 9 - Modelo de desenvolvimento de produtos.....	22
Figura 10 - Metodologia utilizada no projeto. ....	23
Figura 11 - Casa da Qualidade .....	36
Figura 12 - Fluxograma da função global do dispositivo .....	40
Figura 13 - Estrutura Funcional .....	41
Figura 14 - Conceito do dispositivo .....	46
Figura 15 - Estrutura .....	47
Figura 16 - Base giratória .....	48
Figura 17 - Dispositivo de fixação .....	49
Figura 18 - Guias de ajuste .....	49
Figura 19 - Sistema de travamento .....	50
Figura 20 – Fotografia da postura do soldador no processo atual .....	51
Figura 21 - Giro do Chassi .....	52
Figura 22 - Simulação de posicionamentos .....	53
Figura 23 - Modelo .....	54

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Matriz Morfológica .....	29
Tabela 2 - Ciclo de vida e seus clientes .....	31
Tabela 3 - Definição de requisitos do cliente.....	32
Tabela 4 - Requisitos do Projeto .....	33
Tabela 5 - Diagrama de Mudge.....	34
Tabela 6 - Hierarquia dos requisitos do cliente .....	35
Tabela 7 - Especificações do projeto .....	38
Tabela 8 - Descrição das funções .....	41
Tabela 9 - Matriz Morfológica .....	43
Tabela 10 - Combinações de solução .....	44
Tabela 11 - Matriz de decisão .....	45
Tabela 12 - Componentes.....	59



## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO</b> .....	<b>10</b>
1.1 TEMA .....	10
1.2 DELIMITAÇÃO DO TEMA.....	10
1.3 PROBLEMA DE PESQUISA .....	11
1.4 HIPÓTESES.....	11
1.5 JUSTIFICATIVA .....	12
1.6 OBJETIVOS .....	13
<b>1.6.1 Objetivo Geral</b> .....	<b>13</b>
<b>1.6.2 Objetivos Específicos</b> .....	<b>13</b>
<b>2 REVISÃO DA LITERATURA</b> .....	<b>14</b>
2.1 SOLDAGEM .....	14
2.2 DISPOSITIVOS DE FIXAÇÃO PARA SOLDAGEM .....	15
<b>2.2.1 Grampos de Fixação</b> .....	<b>15</b>
<b>2.2.2 Torpedos</b> .....	<b>16</b>
<b>2.2.3 Encostos</b> .....	<b>17</b>
<b>2.2.4 Dispositivos de Solda Robotizada</b> .....	<b>17</b>
<b>2.2.5 Dispositivos de Solda Semiautomáticos</b> .....	<b>18</b>
<b>2.2.6 Dispositivos de Soldagem com Cavalete Giratório</b> .....	<b>19</b>
2.3 ERGONOMIA .....	19
<b>2.3.1 Ergonomia no Processo de Soldagem</b> .....	<b>20</b>
2.4 PROCESSO DE DESENVOLVIMENTO DE PRODUTOS .....	21
<b>3 METODOLOGIA</b> .....	<b>23</b>
3.1 PROJETO INFORMACIONAL.....	23
<b>3.1.1 Ciclo de vida do produto</b> .....	<b>25</b>
<b>3.1.2 Requisitos do Cliente</b> .....	<b>25</b>
<b>3.1.3 Requisitos de Projeto</b> .....	<b>26</b>
<b>3.1.4 Hierarquizar os Requisitos</b> .....	<b>26</b>
<b>3.1.5 Especificações do projeto</b> .....	<b>27</b>
3.2 PROJETO CONCEITUAL .....	28
<b>3.2.1 Estrutura funcional</b> .....	<b>28</b>
<b>3.2.2 Matriz Morfológica</b> .....	<b>28</b>
<b>3.2.3 Síntese de Concepções</b> .....	<b>29</b>
3.3 PROJETO DETALHADO.....	29
<b>4 APRESENTAÇÃO E ANÁLISE DOS RESULTADOS</b> .....	<b>31</b>
4.1 PROJETO INFORMACIONAL.....	31
<b>4.1.1 Definição do ciclo de vida</b> .....	<b>31</b>
<b>4.1.2 Definição dos requisitos do cliente</b> .....	<b>32</b>
<b>4.1.3 Requisitos de projeto</b> .....	<b>33</b>
<b>4.1.4 Hierarquização dos Requisitos</b> .....	<b>34</b>
<b>4.1.5 Especificações do projeto</b> .....	<b>37</b>
4.2 RESULTADOS DO PROJETO CONCEITUAL.....	39
<b>4.2.1 Estrutura Funcional</b> .....	<b>39</b>
<b>4.2.2 Matriz Morfológica</b> .....	<b>42</b>
<b>4.2.3 Síntese de concepções</b> .....	<b>44</b>
4.3 PROJETO DETALHADO.....	46
<b>4.3.1 Desenho detalhado</b> .....	<b>47</b>
<b>4.3.2 Análise do desempenho do produto</b> .....	<b>51</b>
<b>5 CONSIDERAÇÕES FINAIS</b> .....	<b>55</b>

REFERÊNCIAS.....	57
APÊNDICE A - QUESTIONÁRIO .....	59
APÊNDICE B – DESENHOS DETALHADOS DO DISPOSITIVO .....	60

## 1 INTRODUÇÃO

O desenvolvimento de produtos é considerado um processo de negócio cada vez mais crítico para a competitividade das empresas, principalmente com aumento da diversidade e variedade de produtos e redução do ciclo de vida dos produtos no mercado. Novos produtos são desenvolvidos para atender a segmentos específicos de mercado, implementar tecnologias inovadoras, se integrar a outros produtos e usos e se adequar a novos padrões e restrições legais (AMARAL, 2006).

Desta maneira o autor enfatiza que cabe ao (PDP) Processo de Desenvolvimento de Produtos identificar e até mesmo se antecipar às necessidades do mercado e propor soluções. Além disso, assegurar a manufaturabilidade do produto desenvolvido, atendendo às restrições do cliente em custos, segurança e produtividade.

Em processos de soldagem exige-se produtividade e garantia da qualidade e para que isso aconteça, é de grande importância que o mesmo tenha em suas mãos dispositivos e equipamentos que o ajudem durante a execução da solda, para que realize sua tarefa em posição ergonômica, sem realizar grandes esforços físicos e os dispositivos de fixação ajudam a amenizar este problema.

Diante da importância de desenvolver um dispositivo eficiente aliado com a ergonomia do colaborador, este trabalho tem como objetivo utilizar métodos de PDP para realizar de forma organizada e estruturada o projeto de um dispositivo eficiente e seguro, que auxiliará no processo de soldagem do chassi de uma roçadeira, implemento agrícola que é produzido pela empresa São José Industrial.

### 1.1 TEMA

O desenvolvimento deste projeto tem como foco principal, desenvolver um dispositivo de soldagem.

### 1.2 DELIMITAÇÃO DO TEMA

Este trabalho delimita-se a coleta de dados para geração de informações, para entendermos as necessidades do processo de soldagem do corpo da roçadeira e assim desenvolver um projeto onde se pretende apresentar um dispositivo de soldagem como solução para a empresa.

### 1.3 PROBLEMA DE PESQUISA

A empresa São José Industrial vem em constante crescimento, ampliando suas estruturas e melhorando seus processos, buscando cada vez mais expandir seu mercado e conquistar espaço no âmbito nacional.

Diante desta perspectiva, foi analisado um processo em especial, o processo de soldagem do corpo das roçadeiras, que é um implemento agrícola de grande demanda da empresa. Percebe-se que há problemas de manuseio do item em função de peso elevado e por ser alocado sobre uma bancada simples para iniciar o processo de soldagem, unindo as partes. Por ser um item de grande porte, o soldador tem dificuldade em acessar determinados pontos durante o processo, ficando exposto a condições não ergonômicas durante longos períodos. Depois de unidas as partes principais do corpo, o mesmo é movimentado com o auxílio de ponte rolante para continuar a soldagem em outra posição do chassi, sendo um processo delicado e de certa forma lento. Desta maneira observa-se desperdício de tempo no processo, além do soldador ficar exposto a possíveis acidentes de trabalho.

Por este item não possuir um dispositivo que torna o processo ágil e seguro, fica como desafio desenvolver com o auxílio de ferramentas de PDP um dispositivo onde o soldador consiga manusear e acessar determinados pontos do chassi da roçadeira sem dificuldades, facilitando o processo e conseqüentemente obtendo um aumento de produtividade. Desta forma fica o questionamento de quais as características do dispositivo de soldagem melhor auxiliarão o soldador no processo, dentro das exigências e necessidades da empresa?

### 1.4 HIPÓTESES

Como hipóteses, pode-se citar as seguintes afirmações:

- Com o projeto de um dispositivo para auxílio no processo de soldagem, podem surgir soluções para melhorar as condições ergonômicas e o desempenho funcional do soldador.
- O dispositivo buscará facilitar o processo e diminuir setups, agregando valor ao produto.

## 1.5 JUSTIFICATIVA

Os dispositivos de soldagem são responsáveis por garantir o posicionamento do conjunto soldado de acordo com as tolerâncias, sendo assim o mesmo garantirá a qualidade dimensional do produto. Outro fator importante a ser considerado é a produtividade, pois o soldador perde muito tempo no manuseio do corpo da roçadeira por ser realizado de forma ineficiente, além de estar expondo sua postura à esforços, pois o processo atual não é ergonômico.

Sendo a soldagem atualmente um dos mais relevantes processos industriais, também importante para o desenvolvimento de diversos setores e projetos, acaba por acrescentar custos ao produto ou serviço final (MENDONÇA, 2014). Somado a isso e segundo Schwedersky et al. (2011, p. 333) os processos que envolvem a soldagem são extremamente onerosos nos custos de fabricação dos produtos, esse fato por si só já justifica a necessidade de desenvolver novas formas de controle e aprimoramentos na área.

Nas indústrias modernas, a utilização da ergonomia deve iniciar-se desde a definição dos projetos e sistemas, até a efetiva implementação dos mesmos. Além de utilizar a ergonomia para melhorar as condições de trabalho já existentes, identificando problemas em situações de trabalhos e propondo melhorias (IIDA, 2005).

Desta maneira, com a grande importância e necessidade de ter um dispositivo que seja adequado ao operador durante o processo de soldagem, buscamos então a partir da metodologia de projeto de desenvolvimento de produtos (PDP), analisar as necessidades do processo de soldagem do chassi da linha de roçadeiras produzidas pela da empresa São José Industrial e desenvolver com o auxílio de algumas ferramentas de PDP, concepções que atendam as necessidade do cliente, onde apresenta-se o projeto de um dispositivo de solda que deverá solucionar os problemas encontrados.

## 1.6 OBJETIVOS

### 1.6.1 Objetivo Geral

Para solucionar o problema em questão, estabeleceu-se como objetivo, desenvolver o projeto de um dispositivo de solda que se adapte às necessidades do processo de soldagem da linha de roçadeiras, aumentando a produtividade e reduzindo os problemas ergonômicos que o funcionário enfrenta ao realizar o processo.

### 1.6.2 Objetivos Específicos

Como objetivos específicos temos as seguintes colocações:

- Aplicar a metodologia de projeto do produto para desenvolver um dispositivo de soldagem como solução ao processo;
- Elaborar projeto conceitual e analisar concepções para o dispositivo;
- Analisar e apresentar possíveis ganhos ergonômicos com a implementação do dispositivo;
- Apresentar projeto detalhado para análise da empresa.

## 2 REVISÃO DA LITERATURA

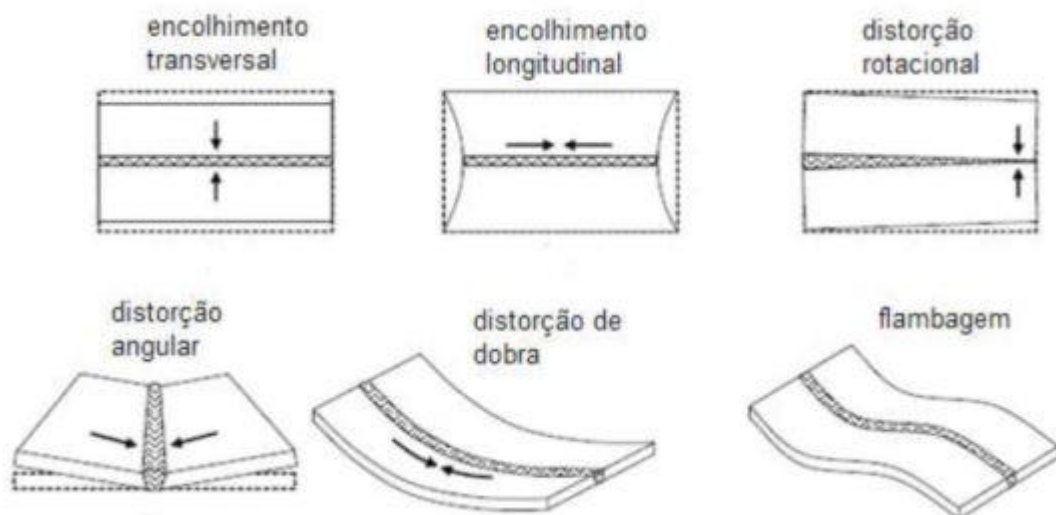
### 2.1 SOLDAGEM

De acordo com Modenesi (2012) a soldagem é o mais importante processo industrial de fabricação de peças metálicas. O sucesso da soldagem deve-se a sua relativa simplicidade operacional. No entanto, apesar desta simplicidade, durante o processo de soldagem tem-se uma elevada aplicação de energia em um pequeno volume de material, que pode levar a grandes alterações estruturais e de propriedades dentro e próximo da região da solda.

Segundo Okumura (1982), as deformações ocorridas durante o processo de soldagem diminuem a precisão dimensional, além de implicar diretamente na redução da resistência estrutural do material, inclusive afetar a função principal do componente a ser produzido.

Essas deformações podem ocorrer de diversas maneiras no formato da peça soldada, tais como flambagem, distorções longitudinais e angulares, encolhimento transversal, como pode-se observar na Figura 1.

Figura 1 - Distorções causadas pela Soldagem



Fonte: JUNG, Adair (2015).

Essas distorções podem ser resolvidas de diversas formas, mas o método mais vantajoso e prático é a utilização de dispositivos de fixação, fazendo com que se deforme menos pelo calor produzido durante o processo de soldagem, para que desta maneira continue dentro das tolerâncias dimensionais e geométricas do projeto.

## 2.2 DISPOSITIVOS DE FIXAÇÃO PARA SOLDAGEM

Para Soares (2006), durante a montagem de conjuntos de solda, é comum o uso de dispositivos de fixação dos componentes, pois os dispositivos são responsáveis por garantir as tolerâncias do conjunto após o processo de soldagem, pois há alterações bruscas em sua forma inicial em função das tensões térmicas, geradas pelo alto calor da solda. Recomenda-se que quanto mais complexo o conjunto de solda, mais robusto e mais tecnologia deverá ser investida no dispositivo, pois quanto maior a aplicação de solda maior será a exigência de esforço ao mesmo.

Já Gurova, Quaranta e Stefen (2006), afirmam que dispositivos de fixação de soldagem são métodos técnicos de restrições e os mesmos são utilizados com objetivo de reduzir as distorções residuais, mantendo a peça e ou componentes na posição correta, sob restrição, minimizando a movimentação enquanto se realiza a soldagem. Esse método deve ser usado com atenção, pois o uso de dispositivos reduz as imperfeições, porém o grau de restrição da estrutura, na direção considerada, pode elevar o nível de tensões residuais e ocasionar trincas.

Em geral os dispositivos fixadores podem ter diversas funções desde serem guias para unir peças, garantir o suporte das peças e fixarem as peças nos locais apropriados, para que o produto final atenda as especificações definidas durante o desenvolvimento do produto (BOYES; BAKERJIAN, 1989).

Desta forma o dispositivo de soldagem é uma ferramenta útil ao processo de solda pois indexa os componentes a serem unidos na devida posição, impedindo também que estes se movam durante o processo, sob o efeito da contração térmica.

A seguir, uma breve descrição dos principais constituintes de fixação existentes os quais são comumente usados em dispositivos de soldagem.

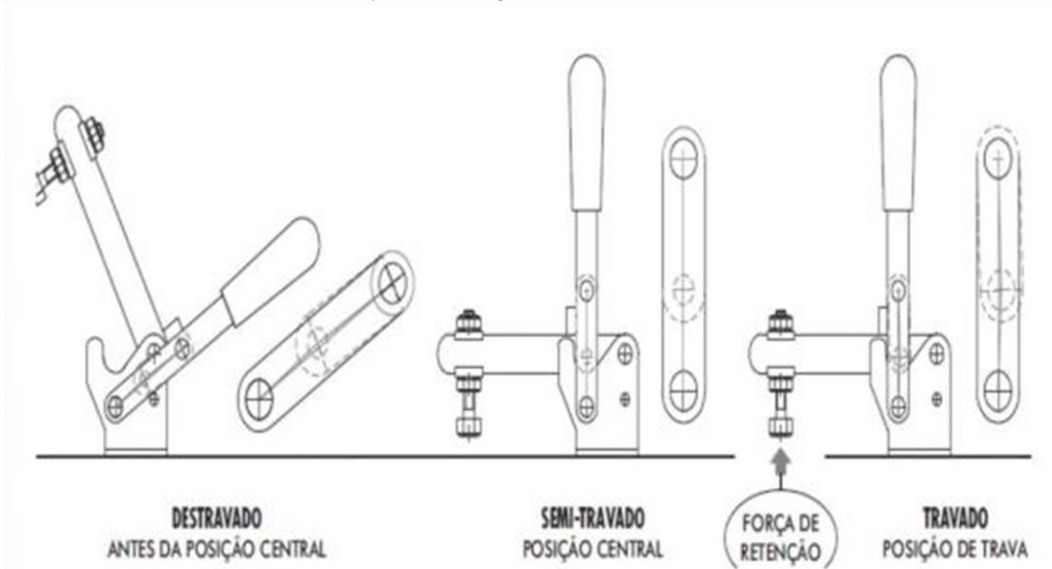
### 2.2.1 Grampos de Fixação

O mecanismo dos grampos de fixação consiste em uma articulação de três pontos, conhecida como “ação de joelho ou cotovelo”, que proporciona um travamento mecânico, gerando uma força contrária ao esforço aplicado e só destrava se acionado propositalmente, conforme esquema na Figura 2.



Estes grampos, na maioria dos dispositivos de fixação para soldagem, são encontrados na forma de acionamento manual, porem há derivações de forma hidráulica ou pneumática destinada para a mesma aplicação.

Figura 2 - Funcionamento de um Grampo de Fixação



Fonte: Kifix (2019).

### 2.2.2 Torpedos

De acordo com o fabricante Kifix, os torpedos são de formato e função similar aos grampos e tem a função de manter fixos os componentes a serem soldados durante o processo de soldagem, abrindo somente com a ação voluntária do operador. A seguir, exemplo de um torpedo Figura 3.

Figura 3 - Torpedo de Fixação

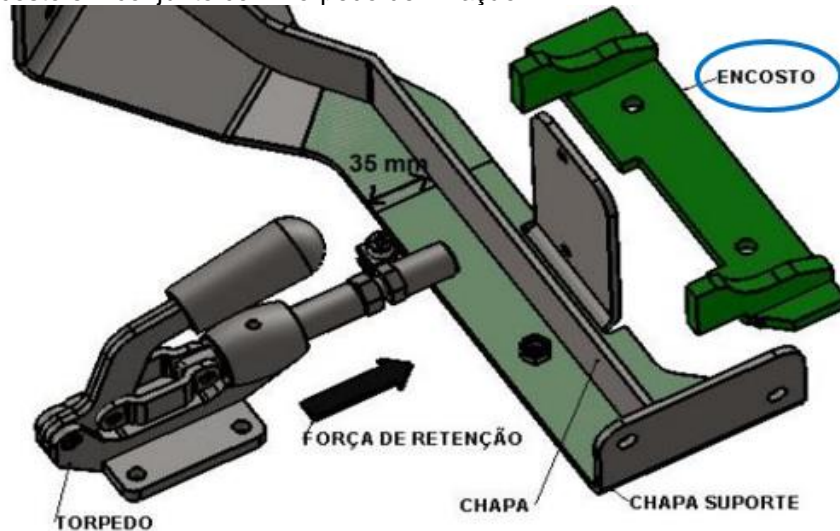


Fonte: Kifix (2019).

### 2.2.3 Encostos

Os encostos podem ter diversos formatos definidos, de acordo com cada projeto desenvolvido, geralmente são usados em conjunto com grampos e torpedos. Na Figura 4, podemos ver um encosto destacado pelo círculo azul, sendo utilizado juntamente com um torpedo de fixação.

Figura 4 - Encosto em conjunto com Torpedo de Fixação



Fonte: JUNG, Adair (2015).

### 2.2.4 Dispositivos de Solda Robotizada

Na soldagem semiautomática ou automática, os produtos devem ser fixados e posicionados adequadamente, para que o soldador ou sistema de soldagem possa executar a soldagem sem interrupção. Para isso são usados fixadores e posicionadores que podem ser desde simples mesas estacionárias com dispositivos de fixação através de grampos manuais, até sofisticados sistemas servo-motorizados com alimentação e descarga automática (MOTA, 1992).

Ferramentais para solda robotizada são produzidos de acordo com o projeto e necessidade, visando sempre o melhor acesso possível do manipulador da tocha. Na Figura 5 mostra-se um dispositivo de solda robotizada.

Figura 5 - Solda Robotizada



Fonte: FEB Robotics (2019).

### 2.2.5 Dispositivos de Solda Semiautomáticos

São dispositivos de soldagem com mecanismo automático, pois controla o dispositivo com componentes através de comandos, pinos guias, apertos de fixação e encaixes, a movimentação é feita automaticamente, bem como giros de mesas, dando agilidade ao processo. (Torque Metal, 2014). A Figura 6 demonstra um dispositivo semiautomático.

Figura 6 – Dispositivo Semiautomático

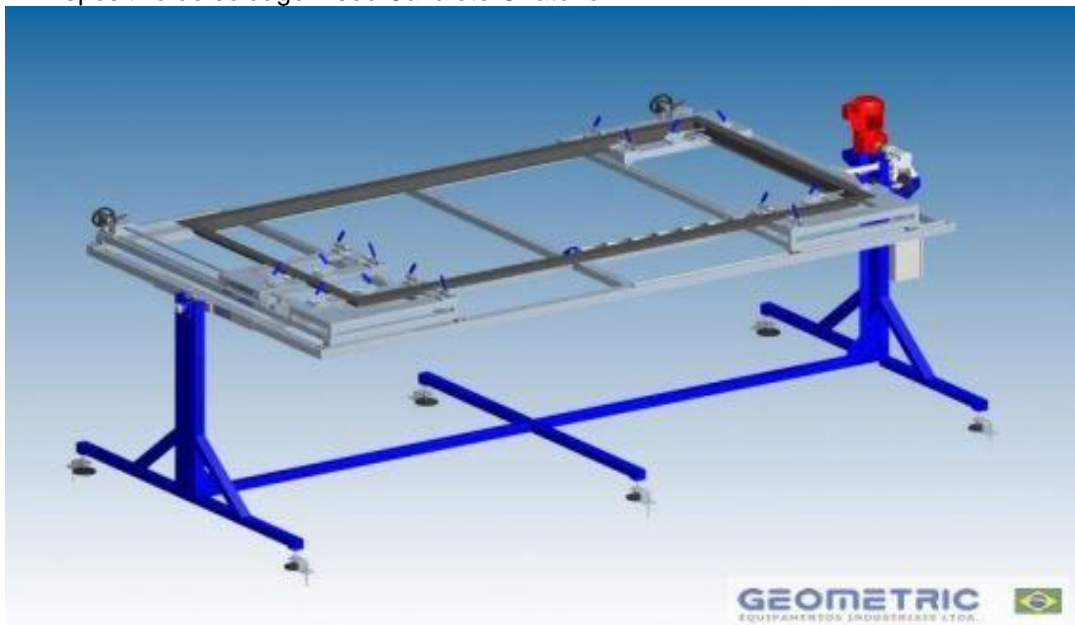


Fonte: Torque Metal. (2019)

### 2.2.6 Dispositivos de Soldagem com Cavalete Giratório

Segundo Geometric equipamentos (2019), dispositivos com cavalete giratório são usados em peças de médio e grande porte e são munidos de rodízios. Além de sistema giratório que permite o soldador regular a altura e posição para conseguir alcançar todos os pontos a serem unidos, podem também serem semi automatizados. A Figura 7 nos mostra um dispositivo de soldagem com cavalete giratório.

Figura 7 - Dispositivo de soldagem sob Cavalete Giratório



Fonte: Geometric. (2019)

### 2.3 ERGONOMIA

Nos dias de hoje a ergonomia deve andar aliada à lucratividade da empresa, desde o desenvolvimento dos dispositivos e postos de trabalho de maneira a se obter a melhor produtividade, até a busca por conforto para o operador. Desta forma consegue-se diminuir os efeitos causados pela fadiga, evitar esforços desnecessários e movimentos repetitivos, aos quais os trabalhadores estão expostos dia-a-dia em seus postos de trabalho, além de minimizar os riscos de doenças ocupacionais. Aumentando o bem-estar dos colaboradores, as empresas, conseqüentemente conseguem aumentar a produtividade destes.

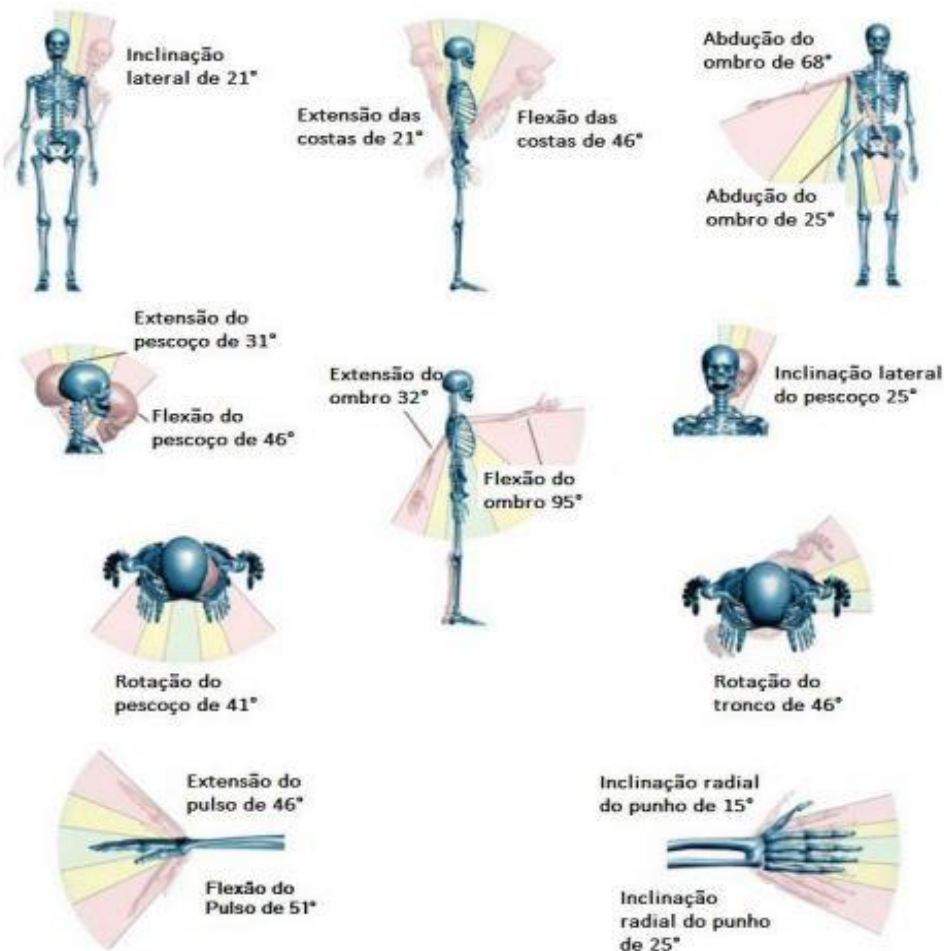
A ergonomia estuda vários aspectos: a postura e os movimentos corporais sentados, em pé, empurrando, puxando e levantando cargas, fatores ambientais

como ruídos, vibrações, iluminação, clima e agentes químicos, as informações captadas pela visão, audição e outros sentidos, a relação entre mostradores e controles, bem como cargos e tarefas. A conjugação adequada desses fatores permite projetar ambientes seguros, saudáveis, confortáveis e eficientes, tanto no trabalho quanto na vida cotidiana (IIDA, 2005).

### 2.3.1 Ergonomia no Processo de Soldagem

Para Weschenfelder (2016) o corpo humano tem uma taxa natural de movimento. Movimentos estes que promovem uma melhor circulação sanguínea e flexibilidade, as quais promovem mais conforto e maior produtividade. Apesar da necessidade de movimentação corporal, os trabalhadores devem evitar os trabalhos repetitivos em excesso, e também evitar excederem as zonas de movimentos do corpo humano, ilustradas pela Figura 8.

Figura 8 - Zona de exposição de movimentos



**Fonte:** Weschenfelder, 2016, p. 19 apud International Journal of Industrial Ergonomics, v. 21, n. 1, p. 11 -21, 1998.

“Considerando a taxa natural de movimento e os trabalhos repetitivos, os processos devem ser desenhados para que os operadores possam aperfeiçoar sua força de trabalho evitando a fadiga e problemas musculares.” (WESCHENFELDER, 2016, p. 18).

#### 2.4 PROCESSO DE DESENVOLVIMENTO DE PRODUTOS

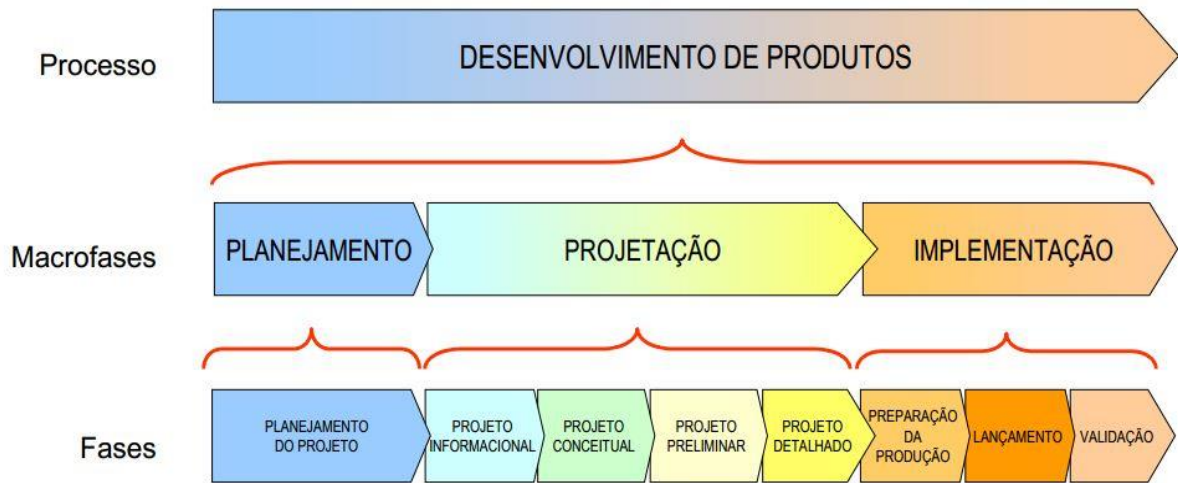
Amaral (2006, p. 3) resume o processo de desenvolver um produto como “um conjunto de atividades por meio das quais se busca chegar às especificações de projeto de um produto e de seu processo de produção”.

A necessidade de se planejar com cuidado e executar, de forma sistemática, o projeto de um produto também são destacados por Pahl (1996), que afirma que isto aumenta as probabilidades de sucesso do produto.

Pahl (1996), aponta que é papel do profissional de engenharia aplicar seus conhecimentos para a solução de problemas técnicos e, posteriormente, aperfeiçoar estas soluções. Sendo assim, engenheiros têm grande responsabilidade no processo, uma vez que suas decisões afetam as propriedades técnicas, econômicas e ambientais do produto (PAHL, 1996).

Para Romano (2003) o processo de desenvolvimento de produtos tem variada diversidade de atividades e sua subdivisão se torna necessária para melhor ser compreendido, caracterizado e controlado. Desta maneira entende-se que a subdivisão das macro-fases de elaboração dos projetos do produto de manufatura em quatro fases é bastante adequada. Neste sentido, essas fases podem ser definidas pelas fases de projeto informacional, projeto conceitual, projeto preliminar e projeto detalhado, observa-se o esquema na Figura 9. Segundo Back e Ogliari (2000), esta divisão define um modelo de consenso para o projeto sistemático de produtos, representando de maneira abrangente as diversas proposições de metodologias de projeto.

Figura 9 - Modelo de desenvolvimento de produtos.



Fonte: ROMANO, 2003.

Na primeira fase onde tem-se o projeto informacional, tal que possui como objetivo estabelecer as especificações de projeto do produto. A fase inicia com a pesquisa de informações sobre o tema do projeto e encerra com o estabelecimento das especificações de projeto do produto.

O propósito da fase seguinte, o projeto conceitual, é estabelecer a concepção que melhor satisfaz as especificações de projeto. A fase inicia com a verificação do escopo do problema e encerra com a avaliação e seleção das concepções mais promissoras.

A terceira fase, tem como objetivo obter o detalhamento inicial das concepções do produto. Esta fase envolve a elaboração de leiautes preliminares, desenhos de formas, seleção de materiais e de processos de fabricação. O resultado da fase é o leiaute definitivo da concepção do produto.

Por último tem-se a fase de projeto detalhado, onde desenvolvem-se processos para transformar o leiaute definitivo do produto em informações que caracterizam detalhadamente as soluções desenvolvidas e que possibilitam a sua realização física. A partir do detalhamento do projeto é feita a construção e a montagem do protótipo.

A macro-fase de Implementação envolve a execução do plano de produção do produto e o encerramento do projeto. Nesta macro-fase o resultado da Projetação (documentação detalhada do produto e do plano de manufatura) é executado por meio de providências concretas, ou seja, a produção e lançamento do novo produto no mercado.

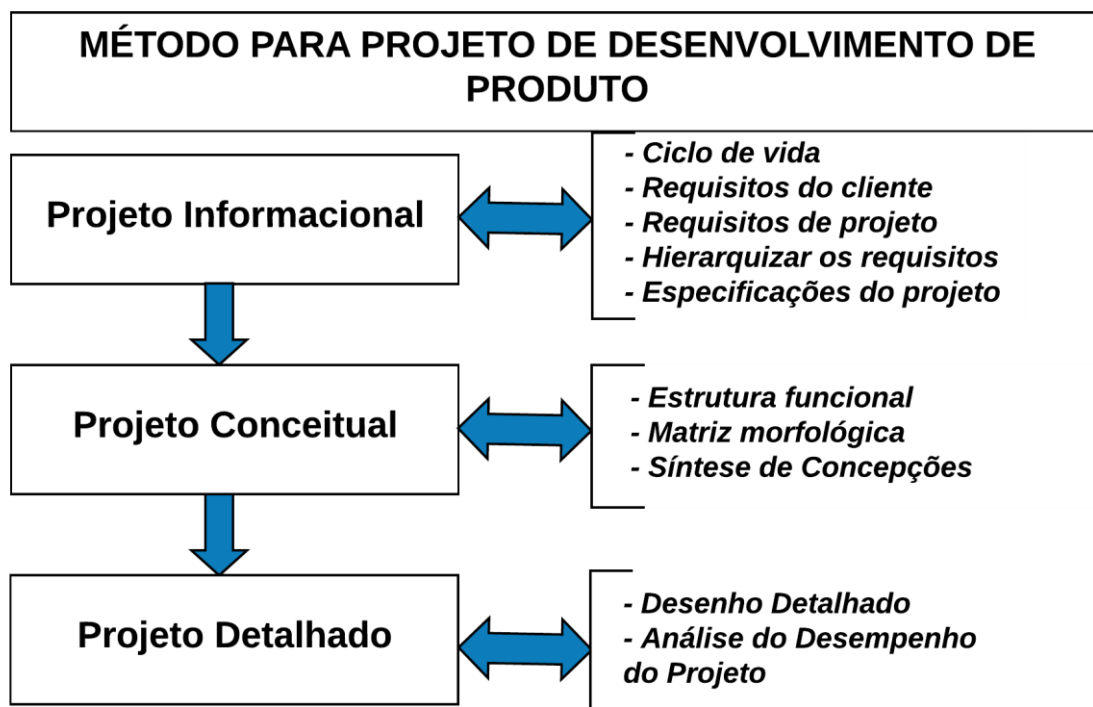
### 3 METODOLOGIA

Para Valdiero (2008) a metodologia de projeto procura orientar e ajudar o projetista na sistematização das informações de forma organizada, lógica e criativa, combinando os conhecimentos científicos e tecnológicos já adquiridos, e de diversas áreas do conhecimento, num projeto de engenharia.

De acordo com PMI (2013), um projeto pode ser dividido em qualquer número de fases, sendo estas um conjunto de atividades relacionadas de maneira lógica. Ainda estas fases são, geralmente, sequenciais, e sua quantidade é determinada pelas necessidades de gerenciamento e controle do projeto.

Para realizar este trabalho foi desenvolvida a metodologia de projeto do produto, baseada nas pesquisas e teses de autores como Valdiero (2008), Amaral (2006) e Romano (2003), adaptando a metodologia de acordo com necessidades do projeto em fases como demonstra a Figura 10.

Figura 10 - Metodologia utilizada no projeto.



Fonte: O autor, (2019).

#### 3.1 PROJETO INFORMACIONAL

Na fase de projeto informacional, é formulada uma proposta de projeto ou a identificação de um problema de engenharia, a qual deve representar com o máximo



de fidelidade os desejos do cliente ou público alvo, levando em conta as peculiaridades de cada etapa do ciclo de vida do produto. Desta fase, resulta uma lista de requisitos e restrições de projeto que serve de base para o projeto conceitual (VALDIERO, 2008).

Segundo Amaral (2006), o objetivo desta fase, é desenvolver um conjunto de informações, através de resultados levantados no planejamento e pesquisas, que possibilita auxiliar na determinação de soluções, fornecendo a base para montar os critérios de avaliação, denominando-se o mesmo como especificações-meta do produto.

O projeto informacional é iniciado pela atualização do plano do projeto informacional e em seguida definição do problema de projeto do produto. Com isso definido, é necessário mapear o ciclo de vida do produto, e definir também quem serão os clientes envolvidos com o produto e o projeto. Finalizados os passos anteriores, é feito o estudo dos requisitos dos clientes (AMARAL, 2006).

- Ciclo de vida do produto e definição de clientes: Essa fase possui como objetivo fornecer uma descrição gráfica do produto, assim detalhando os seus estágios. O ciclo de vida é observado por muitas empresas até acabar o suporte de pós-vendas.
- Identificação de requisitos dos clientes do produto: Nesta fase são ressaltadas as necessidades dos clientes que podem ser definidas através de quaisquer métodos de interação com clientes diferenciados. Após essa etapa, as necessidades são classificadas.
- Definir os requisitos do produto: É possível definir através dos requisitos dos clientes, se assim definindo em parâmetros comuns, interligadas as características definitivas do produto. Após associar os requisitos dos clientes com o do produto, é possível classificá-los através de grau de importância, assim tendo em foco os requisitos com maior intensidade.
- Avaliar fase: Nesta fase é tomada a decisão de aprovação ou não da fase, analisando motivos, atividades e consequência.

### 3.1.1 Ciclo de vida do produto

O ciclo de vida do produto pode ser definido como o período que compreende desde o surgimento ou a concepção do produto até seu descarte ou reciclagem. Para Valdiero (2008), as principais etapas do ciclo de vida do produto são:

- Produção;
- Distribuição;
- Uso e Operação;
- Descarte.

A etapa de produção é composta das atividades de Projeto e Manufatura do produto, onde o produto é concebido e fabricado.

A distribuição começa no momento em que o produto acaba de ser fabricado e vai até o instante em que o cliente começa a utilizá-lo. Engloba a armazenagem ou o estoque do produto acabado, o transporte, o apoio logístico, a assistência técnica na montagem e treinamentos para o usuário.

Quando o cliente inicia a utilização do produto no ambiente de trabalho, tem-se a etapa de Uso e Operação. Esta etapa termina quando o produto perde a utilidade, fica ultrapassado, estragado ou em condições de risco e perigo, então tem-se a fase de descarte, a qual deve ser de acordo com normas ambientais.

O proposto por Amaral (2006) é que com a problemática definida, deve-se mapear o ciclo de vida de um produto de acordo com cada envolvido em cada fase do ciclo, sendo eles pessoas ou organizações responsáveis por cada etapa em que o produto passará. Determina-se também que exista clientes internos, intermediários e externos do ciclo de vida do produto, dependendo de vários fatores de cada processo dessa etapa para estabelecer a necessidade nesse trajeto.

### 3.1.2 Requisitos do Cliente

Amaral (2006) recomenda que após todos os requisitos terem sido coletados, que estes sejam agrupados de acordo com as fases do ciclo de vida a que correspondem, ou ainda por grupos de afinidade. O autor justifica que esta ação se faz necessária para eliminar repetições e necessidades pouco relevantes para o projeto, garantindo, assim, que será levado adiante apenas um grupo mínimo e preciso de requisitos.

O segundo passo desta fase é transformar as necessidades dos clientes em requisitos, o que é obtido ao se relacionar as informações coletadas a aspectos como: desempenho funcional, fatores humanos, propriedades, espaço, confiabilidade, ciclo de vida, recursos e manufatura do produto (AMARAL, 2006).

Por último deve-se atribuir valores aos requisitos dos clientes, tarefa esta que é de extrema importância para a sequência do projeto, pois “os valores (ou pesos) desses requisitos são indispensáveis para a utilização da Matriz da Casa da Qualidade numa tarefa posterior” (AMARAL, 2006, p. 221). Embora esses valores possam ser atribuídos diretamente pela equipe de projeto, é comum fazer uso do Diagrama de Mudge, um procedimento no qual a valorização é feita pela comparação dos requisitos aos pares, isto é, todos os requisitos são comparados entre si e, em cada comparação, se busca responder às seguintes perguntas: Qual requisito é mais importante para o sucesso do produto? Quanto mais importante é esse requisito? (AMARAL, 2006).

### **3.1.3 Requisitos de Projeto**

Para elencar os requisitos do projeto em forma de matriz, os requisitos de projetos e as categorias do produto são exibidos com as condições de projeto. Com a matriz proposta, é possível distribuí-los de forma correta para que os requisitos possam ser alcançados, determinando assim as necessidades de clientes e de acordo com as funções do produto conseguimos atribuir requisitos para a realização do projeto (AMARAL, 2006).

### **3.1.4 Hierarquizar os Requisitos**

Após definir os requisitos dos clientes e de projeto é necessário hierarquizá-los de acordo com a maior relevância para a solução, utilizando duas ferramentas propostas por Amaral (2006), Diagrama de Mudge e o QFD (*Quality Function Deployment*).

#### **3.1.4.1 Diagrama de Mudge**

O diagrama de Mudge, que leva o nome de seu criador, é utilizado para hierarquizar os requisitos dos clientes, ou seja, definir quais tem mais importância e precisam receber mais atenção durante o projeto.

Conforme Amaral (2006), o diagrama de Mudge consiste de uma matriz onde a primeira coluna e a primeira linha são compostas pelos itens em comparação (requisitos dos clientes). Desta maneira compara-se cada requisito das linhas com todos os requisitos das colunas, exceto entre si. Em primeiro lugar, a equipe de projeto decide qual o requisito do par é o mais importante e após decide-se o nível de importância: muito mais importante (valor cinco – letra A), mais importante (valor três – letra B) e pouco mais importante (valor um – letra C).

#### 3.1.4.2 *Quality Function Deployment (QFD)*

O QFD é um método que foi desenvolvido no Japão em 1970 e se popularizou no início de 1990 com o intuito de auxiliar os projetistas no trabalho em equipe, uma vez que busca o consenso entre as diferentes definições sobre o produto (AMARAL, 2006).

A Casa da Qualidade é uma metodologia estruturada para organização de informações do consumidor que ajuda os projetistas a identificarem explicitamente os requisitos do consumidor, relacioná-los com as características de engenharia, encontrar soluções de compromisso e avaliar as características potenciais do produto com relação aos produtos concorrentes (VALDIERO, 2008).

#### **3.1.5 Especificações do projeto**

As especificações são parâmetros quantitativos e mensuráveis que o produto deverá possuir, e que muitas vezes são chamadas de “especificações metas”, pois, além das unidades de medição, devem apresentar um valor-meta, isto é, um limite que estabelece o desempenho requerido (AMARAL, 2006).

A partir da utilização do Diagrama de Mudge e o QFD (*Quality Function Deployment*) consegue-se determinar informações que serão relevantes para o projeto final. Diante dessas informações é possível definir quais as variáveis serão essenciais para o projeto, especificando funções do dispositivo e determinando efeitos negativos ou positivos que possam ocorrer no projeto.

## 3.2 PROJETO CONCEITUAL

O projeto conceitual, é a etapa onde é realizada a aquisição e a transformação de informação, ou seja, trata-se da busca, criação, representação e seleção de soluções para a problemática levantada (AMARAL, 2006).

Seguindo o modelo de Amaral (2006), o projeto conceitual começa a partir da modelagem funcional do produto e descreve de forma que possibilita o desdobramento da função global em várias estruturas até que uma seja selecionada.

Após realizadas as estruturas de função, deve-se propor princípios de soluções e com isso, combinando os princípios é possível gerar várias alternativas de soluções, e para cada alternativa, é definido uma arquitetura que contém a estrutura do produto em termos dos componentes (AMARAL, 2006).

Nesta fase do projeto, aplica-se algumas ferramentas e métodos como a, definição da Estrutura Funcional, Matriz Morfológica e Síntese de Concepções.

### 3.2.1 Estrutura funcional

Amaral (2006) ressalta que o principal passo da estrutura funcional é a descrição da função global e busca de uma solução muitas vezes de difícil solução direta, por isso estipula em dividir a função global em várias para obter variadas saídas para a solução final do projeto. Além disso a divisão da solução global facilita o entendimento do problema e aumenta a capacidade de obtenção de sucesso para resolver esta problemática.

Para realizar a estrutura funcional do projeto é necessário estabelecer parâmetros de cada elemento com suas tarefas, subfunções e funções gerais. Adicionando funções auxiliares minimiza-se a complexidade da função global levando-se a um conjunto de soluções com meta de erradicar o problema principal ao qual o projeto é definido (AMARAL, 2006).

### 3.2.2 Matriz Morfológica

Conforme Amaral (2006), a matriz morfológica é utilizada para a geração de alternativas de soluções, auxiliando a encontrar soluções alternativas para o produto de uma análise. Cada um dos elementos que irá compor os produtos é definido, quantificando as características e relacionando com as funções como demonstra a Tabela 1.

Tabela 1 - Matriz Morfológica

<b>Matriz Morfológica</b>			
<b>Função 1</b>	Princípio de solução 11	Princípio de solução 12	Princípio de solução 13
<b>Função 2</b>	Princípio de solução 21	Princípio de solução 22	Princípio de solução 23
<b>Função 3</b>	Princípio de solução 31	Princípio de solução 32	Princípio de solução 33
<b>Função 4</b>	Princípio de solução 41	Princípio de solução 42	Princípio de solução 43

**Fonte:** Amaral, (2006).

Com a matriz morfológica é possível avaliar e combinar os princípios para cada função que o equipamento a ser projetado exercerá e desta maneira consegue-se determinar alternativas mais concretas para a finalidade do projeto e formação de uma concepção.

### **3.2.3 Síntese de Concepções**

Nesta fase a atividade marca o início da concretização do produto, buscando para cada uma das funções indicadas na estrutura funcional onde devem ser atribuídos um ou mais princípios de solução, que por meio de determinados componentes, é possível obter a função em questão (AMARAL, 2006).

Para construir a matriz é necessário definir os critérios pelos quais as concepções serão avaliadas, que podem ser algumas ou todas as especificações do produto. As concepções e os critérios de avaliação devem ser distribuídos nas linhas e colunas da matriz (AMARAL, 2006).

Com o preenchimento de todas as células da matriz é necessário calcular o peso total referente a cada concepção, sendo a multiplicação do valor numérico (+1 ou -1) pela importância de cada requisito, obtido no QFD. Então a concepção que obtiver o peso maior será a mais adequada para ser o produto final do projeto.

### **3.3 PROJETO DETALHADO**

O projeto detalhado é a etapa do processo de desenvolvimento de produto cujo principal objetivo é desenvolver e finalizar todas as especificações do produto, para que estas sejam encaminhadas à manufatura e demais fases do desenvolvimento. Um fato peculiar desta etapa é que suas atividades não são

realizadas em sequência, mas através de um ciclo contínuo formado por quatro estágios: projetar, construir, testar e otimizar. (AMARAL, 2006).

A atividade central do projeto detalhado é a criação e detalhamento dos Sistemas, Subsistemas e Componentes (SSCs), cuja entrada é a concepção do produto elaborada no final do projeto conceitual. (AMARAL, 2006).

Como forma de avaliar o desempenho do dispositivo como um produto final, teremos como etapa realizar análise do processo atual e comparar com uma possível implementação do novo dispositivo através de simulações realizadas com o auxílio do *software SolidWorks*, onde é possível ver ganhos ergonômicos. Com o auxílio do aplicativo *Kinovea* (KINOVEA, 2019) foi possível analisar os vídeos onde foram gravadas algumas etapas do processo de soldagem, realizando esboços para demonstrar o ângulo da postura de trabalho do soldador.

## 4 APRESENTAÇÃO E ANÁLISE DOS RESULTADOS

Nesta seção estão apresentados os resultados e a maneira como se conseguiu os mesmos, seguindo a aplicação da metodologia apresentada anteriormente, ou seja, a fase de análise das necessidades, projeto conceitual e projeto detalhado.

### 4.1 PROJETO INFORMACIONAL

A fase de projeto informacional baseou-se praticamente em definir as partes interessadas e avaliarmos as necessidades de cada parte, de maneira resumida, definindo-se os requisitos do cliente que neste caso é a empresa em estudo e também definidos os requisitos de projeto. Após obtidas as informações, foi necessária uma hierarquização dos requisitos para serem analisados e assim facilitou as fases seguintes e para obter a concepção final do dispositivo de soldagem.

#### 4.1.1 Definição do ciclo de vida

Nesta etapa do projeto foi desenvolvido o ciclo de vida do produto relacionando-se com os clientes de cada etapa que são subdivididos em internos, intermediários e externos. Ainda se dividiu o ciclo de vida em 3 fases quais este produto seguirá desde o começo, tendo como resultado mostrado na Tabela 2.

Tabela 2 - Ciclo de vida e seus clientes

Ciclo de Vida	Clientes relacionados ao ciclo de vida		
	Internos	Intermediários	Externos
Projeto	Autor		
Fabricação		Empresa	Fornecedores
Utilização		Operadores/Empresa	
Descarte		Empresa	

**Fonte:** Elaborada pelo autor (2019).

A primeira fase do ciclo de vida iniciou com o projeto que é de interesse do autor como cliente interno, sendo responsável por iniciar o ciclo de vida do produto. Esta etapa incluiu a busca por informações, criação, análise ergonômica e funcional, e desenvolvimento do dispositivo.

Na segunda fase do ciclo de vida é avaliado a fabricação do dispositivo elaborado, onde tem-se o interesse da empresa como cliente intermediário, pois é



quem decidirá a efetivação da construção do dispositivo. Depois de confirmada a fabricação do mesmo, entra como cliente externo uma empresa terceirizada, a qual iniciará a aquisição dos componentes definidos pelo autor e a montagem do produto final.

Na terceira e última fase, após aprovação da fabricação do dispositivo, tem-se a etapa de utilização onde temos como cliente intermediário a empresa e mais diretamente os funcionários, os quais terão contato diário com o dispositivo.

Na última fase tem-se o descarte do produto, onde o desgaste ou inutilidade dos componentes fazem com que não se utilize mais o dispositivo e deverá ser descartado de acordo com normas ambientais.

#### 4.1.2 Definição dos requisitos do cliente

As definições de necessidade tiveram ênfase nas especificações da empresa em estudo, buscando-se soluções baseadas no processo de soldagem do corpo da roçadeira.

Elaborou-se um questionário, apresentado no Apêndice A, para obter informações, determinar e priorizar as reais necessidades da empresa. Também foi observado o processo juntamente com planejadores do produto dentro da empresa obtendo dados do que realmente impacta no processo.

A partir das informações obtidas, foi possível elencar as necessidades da empresa e elaborar metas para o projeto do dispositivo de solda, como pode-se observar na Tabela 3.

Tabela 3 - Definição de requisitos do cliente

<b>Etapa do Ciclo de Vida</b>	<b>Requisitos do Cliente</b>
Projeto	Projeto simples Ergonômico Promover segurança
Fabricação	Baixo custo Fácil fabricação
Utilização	Capacidade de giro Suportar as variedades de dimensões da linha de produtos Fácil manuseio Aumento de produtividade

**Fonte:** Elaborada pelo autor (2019)

### 4.1.3 Requisitos de projeto

Após definir os requisitos dos clientes foi realizada as especificações de projeto para atender as exigências dos consumidores. Desta forma dividiu-se os atributos dos requisitos de projeto, entre gerais e específicos, nos quais subdividem-se em básicos e atributos mais exatos, ou seja, materiais.

Para definir as necessidades de projeto, foram categorizados os requisitos para melhorar a compreensão de cada, dividindo-se em categorias citadas como: funcionamento, econômico, segurança, usabilidade, geométrico e material. As condições definidas estão apresentadas na Tabela 4.

Tabela 4 - Requisitos do Projeto

Requisitos do Projeto		Categoria	Condições de Projeto
Atributos Gerais	Básicos	Funcionamento	Capacidade de rotacionar o eixo horizontalmente
			Mecanismo para acionamento giratório
			Possuir estrutura estável
		Econômico	Projeto de baixo custo de produção
		Segurança	Travas para eixo giratório
			Travas para peça a ser soldada
		Usabilidade	Longa vida útil
			Fácil manuseio de giro
			Adaptação a diversos tamanho de peças a serem soldadas
			Fácil regulagem para variedades de tamanhos
Fácil regulagem para ângulo de inclinação			
Atributos Específicos	Geométrico	Ser adaptável ao local de trabalho	
		Desenvolvido em <i>SolidWorks</i>	
	Material	Material resistente	

Fonte: Elaborada pelo autor (2019).

A Tabela 4 nos mostra 14 requisitos de projeto para atender às necessidades que se tem no atual processo de soldagem do corpo dos vários modelos de roçadeira que são produzidos no posto de trabalho estudado.

#### 4.1.4 Hierarquização dos Requisitos

Para realizar esta etapa utilizou-se a ferramenta Diagrama de Mudge, que possui um fácil desenvolvimento e é de fácil entendimento, facilitando a interpretação e valorização dos requisitos. Esta ferramenta tem por base de funcionamento comparar cada requisito em paralelo e assim determinar os graus de importância entre todos os requisitos, podendo-se visualizar requisitos muito mais importante, medianamente mais importante e moderadamente mais importante como mostra a Tabela 5.

Tabela 5 - Diagrama de Mudge

Requisitos de Cliente	Projeto Simples	Ergonômico	Promover Segurança	Baixo Custo	Fácil Fabricação	Capacidade de Giro	Suportar Variedades de Tamanhos	Fácil Manuseio	Aumentar Produtividade	Pesos	%
	1	2	3	4	5	6	7	8	9		
Projeto Simples	1	2B	3B	4C	5C	6B	7A	1C	1C	2	3%
Ergonômico		2	2C	2B	2B	2C	2C	2A	2A	22	28%
Promover Segurança			3	3A	3B	3C	3C	3C	3B	17	22%
Baixo Custo				4	4C	4C	7B	4C	4C	5	6%
Fácil Fabricação					5	6C	7C	5C	9C	2	3%
Capacidade de Giro						6	6B	6B	6B	13	17%
Suportar Variedades de Tamanhos							7	7B	7B	15	19%
Fácil Manuseio								8	8C	1	1%
Aumentar Produtividade									9	1	1%
									<b>Total</b>	78	100%

A =	5	Muito mais importante
B =	3	Medianamente mais importante
C =	1	Moderadamente mais importante

Fonte: Elaborado pelo autor (2019).

Conforme comparado na Tabela 5, cada requisito na sua linha, pode-se conseguir informações somando-se os valores coletados de acordo com a pontuação referente às letras A, B e C e desta maneira foi elaborado uma classificação de acordo com a pontuação recebida, demonstrado na Tabela 6.

Tabela 6 - Hierarquia dos requisitos do cliente

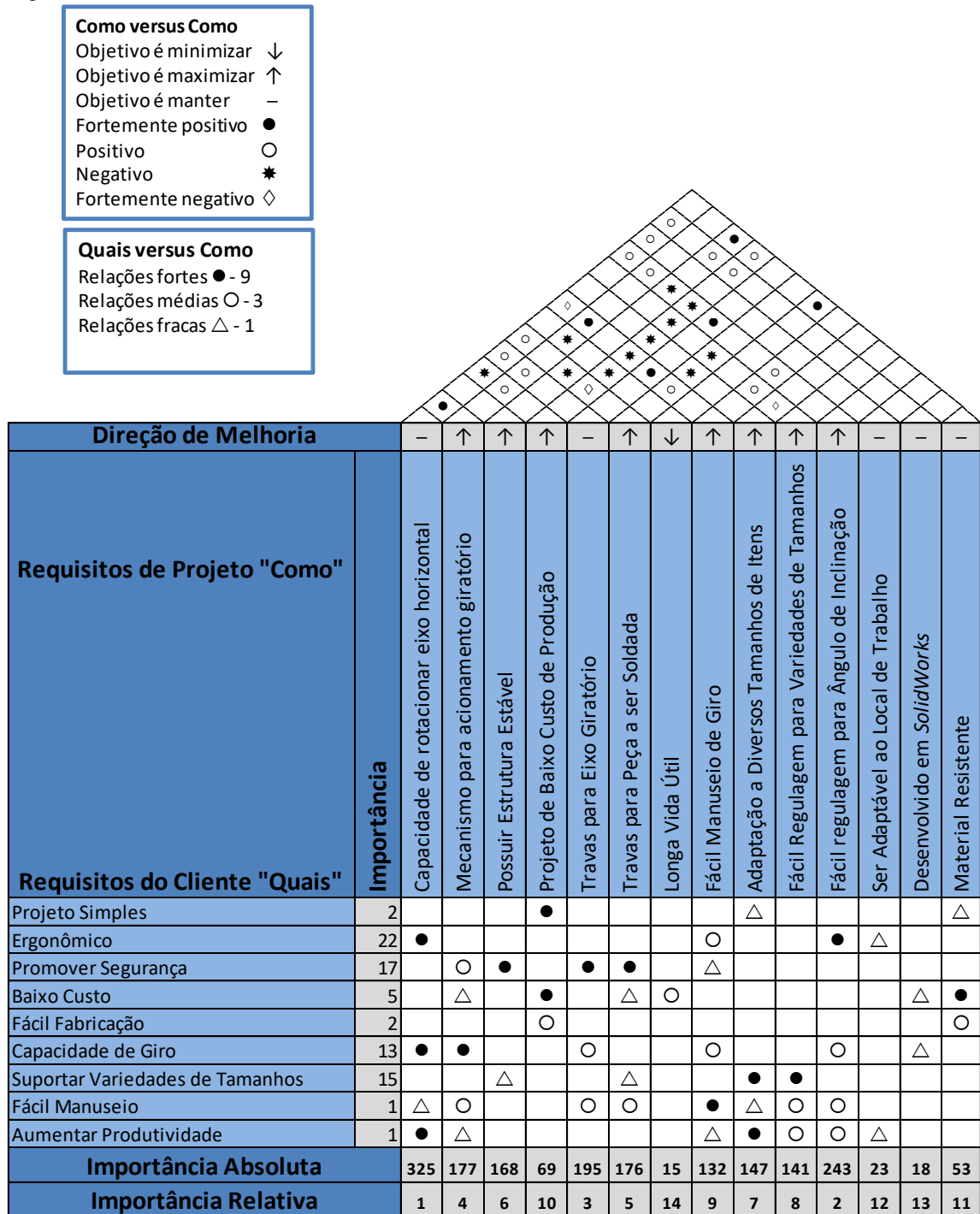
Rank	Descrição	Importância	%
1º	Ergonômico	22	28%
2º	Promover Segurança	17	22%
3º	Suportar Variedades de Tamanhos	15	19%
4º	Capacidade de Giro	13	17%
5º	Baixo Custo	5	6%
6º	Projeto Simples	2	3%
7º	Fácil Fabricação	2	3%
8º	Fácil Manuseio	1	1%
9º	Aumentar Produtividade	1	1%

Fonte: Elaborada pelo autor (2019).

Seguindo a hierarquia da Tabela 6 com os requisitos do cliente por grau de importância, seguiu-se para a classificação dos requisitos de projeto, com a utilização da ferramenta QFD.

Matriz da casa da qualidade ou QFD, possui seu *layout* semelhante de uma casa, no qual relaciona-se os requisitos do cliente com os requisitos de projeto e assim determinando-se a necessidade mais relevante para a concepção do projeto de um dispositivo de solda. A aplicação desta ferramenta foi capaz de correlacionar as necessidades de projeto com as necessidades do cliente, proporcionando maior acerto na busca por uma solução do problema em estudo.

Figura 11 - Casa da Qualidade



Fonte: Elaborado pelo autor (2019).

Na Figura 11, pode-se analisar relações que os requisitos poderiam ter entre si, podendo ser uma relação forte, mediana, fraca ou não possuir relação nenhuma. No chamado telhado da casa da qualidade foi condicionado as consequências que teriam cada levantamento, podendo ser positivas ou negativas caso melhorarmos um dos requisitos comparado.

Como demonstra a figura 11, a utilização do QFD possibilitou ouvir a voz do cliente, determinando condições positivas e negativas, estabelecendo parâmetros os quais seguidos durante o projeto. Através da casa da qualidade conseguimos visualizar o que realmente o cliente necessita e de que forma atender suas necessidades e expectativas.

#### **4.1.5 Especificações do projeto**

Ao finalizar a hierarquização dos requisitos, a próxima fase foi determinar as especificações do projeto descrevendo parâmetros quantitativos e mensuráveis que o dispositivo deveria possuir, assim cada requisito de projeto teve sua especificação de acordo com suas funções, influenciando na fase de concepções do dispositivo.

Para esta atividade elaborou-se os requisitos seguindo pelo seu grau de importância, para desta forma estipular as especificações metas, aspectos indesejados e o método de como avaliar se o requisito atingiria seu objetivo.

Os requisitos foram organizados de acordo com a Tabela 6, sendo o grau de importância representado pela sigla IR (Importância Relativa, demonstrado na Figura 11) que determina a hierarquização dos requisitos com cálculo baseado no cruzamento de dados obtidos com a elaboração do QFD.

Tabela 7 - Especificações do projeto

<b>Requisitos</b>	<b>IR</b>	<b>Meta</b>	<b>Método de Avaliação</b>	<b>Aspectos Indesejados</b>
Capacidade de rotacionar eixo horizontal	1	45 graus	Auxílio de Software	Incapacidade de rotacionar
Fácil regulagem para ângulo de inclinação	2	Mecanismo para ajuste de inclinação	Análise de projeto	Não ser possível regular inclinação
Travas para eixo giratório	3	Ser seguro	Análise de projeto	Não ser capaz de travar o eixo
Mecanismo para acionamento giratório	4	Ser leve para girar	Análise de projeto	Ser pesado para girar
Travas para peça a ser soldada	5	Ser seguro	Análise de projeto	Não ser possível fixar peça ao dispositivo
Possuir estrutura estável	6	Suportar peso das peças a serem soldadas	Auxílio de Software	Estrutura não suportar peso das peças
Adaptação a diversos tamanho de itens	7	Suportar no mínimo 3 itens de tamanhos diferentes	Auxílio de Software	Não suportar variedades de itens
Fácil regulagem para variedades de tamanhos	8	Mecanismo de fácil ajuste	Auxílio de Software	Não ser possível ajustar o dispositivo
Fácil manuseio de giro	9	Projetar de acordo com centro de massa	Auxílio de Software	Dispositivo ficar desbalanceado
Projeto de baixo custo de produção	10	Projeto Simples	Análise de projeto	Utilizar robotização
Material resistente	11	Resistir movimentações diárias	Análise de projeto	Manutenção frequente
Ser adaptável ao local de trabalho	12	Não tomar todo espaço no posto de trabalho	Visual	Impossibilitar movimentações
Desenvolvido em <i>SolidWorks</i>	13	100%	Selecionar Software	Incompatibilidade de software
Longa vida útil	14	5 anos	Análise estrutural	Alto custo de materiais e mecanismos

Fonte: Elaborado pelo autor (2019).

Após a conclusão da hierarquização dos requisitos tanto de cliente como de projeto, conseguimos observar quais características do dispositivo serão mais relevantes ao serem elaboradas, e assim chegar a uma concepção final, para isso seguimos para próxima etapa, projeto conceitual.

## 4.2 RESULTADOS DO PROJETO CONCEITUAL

A seguinte seção relacionada ao projeto conceitual, é composta por três etapas: estrutura funcional onde se tem uma descrição da função global do dispositivo, matriz morfológica utilizada para geração de alternativas de soluções e a síntese de concepções que se tem uma definição da concepção final.

### 4.2.1 Estrutura Funcional

Nesta primeira atividade do projeto conceitual teve-se como objetivo estabelecer funções primárias do dispositivo, para isso atendeu-se aos requisitos identificados nas etapas anteriores, hierarquizados e listados a seguir:

- Capacidade de rotacionar eixo horizontal;
- Fácil regulação para ângulo de inclinação;
- Travas para eixo giratório;
- Mecanismo para acionamento giratório;
- Travas para peça a ser soldada;
- Possuir estrutura estável;
- Adaptação a diversos tamanhos de itens.

Após estabelecidos os requisitos fundamentais, transformamos as informações e dados obtidos em requisitos diretos e específicos para auxiliar na continuação da elaboração do projeto.

- Ser um dispositivo com capacidade de inclinação no eixo horizontal, para facilitar acesso do soldador a peça;
- Ser seguro, possuindo travas tanto no eixo de inclinação quanto para a peça;
- Ser capaz de suportar as variedades de tamanhos dos corpos de roçadeira a serem soldados;
- Ser de fácil manuseio, tanto para travar peças quanto para fazer ajustes de acordo com a variedade de tamanho.



Conseguiu-se reduzir os requisitos, tornando-os mais objetivos e de fácil entendimento, conseguimos formular a função global do dispositivo.

Um dispositivo de soldagem giratório, ergonômico e com capacidade de regulagem para atender as variedades de tamanhos de itens a serem soldados, sendo de fácil manuseio e sem deixar de transmitir segurança ao operador.

Após formulação da função global, foi montado um fluxograma para auxiliar o entendimento das funções em que o dispositivo do projeto deverá atender onde se tem como saídas, critérios desejados pelo cliente, como demonstrado na Figura 12.

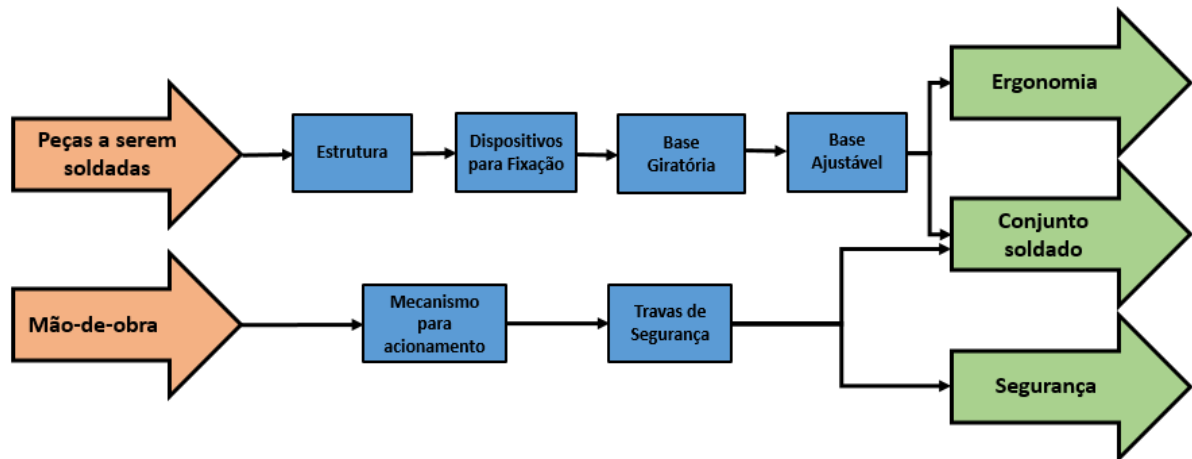
Figura 12 - Fluxograma da função global do dispositivo



**Fonte:** Elaborado pelo autor (2019).

A partir do desenvolvimento da função global do dispositivo foi possível montar a sua estrutura funcional, onde especificou-se a função de cada componente afim de alcançar as saídas desejadas pelo cliente. Desta forma foi elaborado o fluxograma ilustrado pela Figura 13, onde se tem a estrutura funcional simplificada, com seus componentes.

Figura 13 - Estrutura Funcional



**Fonte:** Elaborado pelo autor (2019).

Após a conclusão da estrutura funcional elaborou-se a descrição das funções e o que elas serão capazes de desempenhar no dispositivo, bem como a entrada desejada, ou seja, o que será utilizado para que este produto possa desempenhar sua função, já as saídas, determinam o que esperamos da entrada estabelecida. Na Tabela 8 foi realizada a descrição das funções estipuladas na estrutura funcional do dispositivo de soldagem.

Tabela 8 - Descrição das funções

Função	Descrição	Entrada	Saída
Estrutura	Suportar a carga do corpo da roçadeira e ser ergonômica	Estrutura estável e ergonômica	Segurança e ergonomia
Dispositivos de Fixação	Fixar peças a serem soldadas garantindo qualidade e segurança	Manter peças fixadas	Qualidade e segurança
Base Giratória	Suportar peças a serem soldadas possibilitando girar horizontalmente tendo variedade de posicionamento	Girar no eixo horizontal	Ergonomia ao soldador
Base Ajustável	Suportar variedade de tamanhos dos corpos das roçadeiras produzidas no posto de trabalho	Suportar variedade de tamanho	Produtividade e capacidade de ajustar dispositivo
Mecanismo para Acionamento	Acionar movimento de rotacionar a base horizontalmente	Mecanismo de giro	Fácil manuseio do dispositivo
Travas de Segurança	Travar base giratória no ângulo desejado para executar o processo de soldagem	Mecanismo de travas	Segurança ao soldador

**Fonte:** Elaborada pelo autor (2019).

### 4.2.2 Matriz Morfológica

Ao concluir a função global e definir a estrutura funcional do dispositivo, esta fase é constituída pela busca por soluções para as determinadas características do equipamento para chegarmos a concepção final. Foi necessário pesquisar por mais de uma alternativa de sistemas e mecanismos que pudesse suprir as necessidades do dispositivo em projeto.

Para realizar esta atividade de maneira organizada e de fácil entendimento, utilizou-se a ferramenta chamada Matriz Morfológica com a finalidade de comparar variadas soluções para cada função do produto. Sendo um dispositivo de soldagem com vários sistemas já desenvolvidos e projetados, o método por busca de soluções foi através de pesquisas na internet e o *software SolidWorks* para desenvolvimento de desenhos 3D, resultando na Tabela 9.

Tabela 9 - Matriz Morfológica

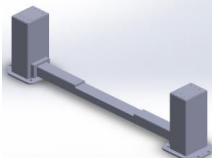

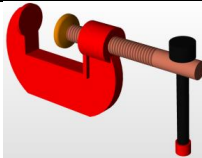
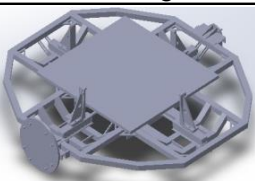

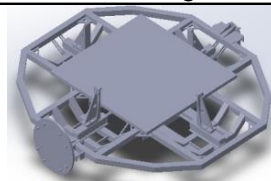


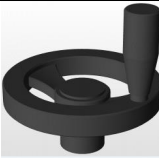

Função	Matriz Morfológica		
	1	2	3
Estrutura	Estrutura 1	Estrutura 2	Estrutura 3
			
Dispositivos de Fixação	Grampo tipo vertical	Grampo tipo alicate	Grampo tipo C
			
Base Giratória	Base quadrada	Base redonda	Base Octagonal
			
Base Ajustável	Cremalheira	Ajuste com pino	Guias de alumínio
			
Mecanismo para Acionamento	Motoredutor	Volante com manípulo	Volante simples
			
Travas de Segurança	Motoredutor	Trava com pino	Trava com lona
			

Fonte: Elaborado pelo autor (2019).

### 4.2.3 Síntese de concepções

Com a conclusão da matriz morfológica realizou-se possíveis concepções que iriam atender ao menos parte das funções e requisitos do dispositivo, combinando as funções em três concepções para após realizar uma avaliação. Devido às características de cada princípio, algumas concepções de funções sofreram uma análise preliminar e sequer foram colocadas dentro de possíveis soluções para a concepção final como mostra a Tabela 10.

Tabela 10 - Combinações de solução

Função	Concepções		
	1	2	3
Estrutura	Estrutura 1 	Estrutura 3 	Estrutura 3 
	Dispositivos de Fixação	Grampo tipo C 	Grampo tipo alicate 
Base Giratória	Base Octagonal 	Base quadrada 	Base Octagonal 
	Base Ajustável	Ajuste com pino 	Cremalheira 
Mecanismo para Acionamento	Motoredutor 	Volante com manípulo 	Giro Manual Não necessita mecanismo
	Travas de Segurança	Motoredutor 	Trava com pino 

Fonte: Elaborado pelo autor (2019).

Com a definição das opções de concepções, deu-se início a última etapa do projeto conceitual, que é a fase de decisão da versão final do dispositivo. Como sugerido por Amaral (2006) na metodologia, foi desenvolvido uma matriz de decisão, a qual ajudará na escolha da melhor concepção do dispositivo final.

A matriz implica em uma comparação e se a concepção será capaz de atender os requisitos dos clientes, onde cada comparação resulta num valor:

- Valor +1, para concepção com impacto positivo;
- Valor 0, para concepção neutra sobre o requisito;
- Valor -1, para concepção com impacto negativo.

Esse valor ainda é multiplicado pelo valor referente a importância deste requisito, tal valor pode ser verificado no QFD. Conforme a Tabela 11, podemos analisar e definir qual a melhor concepção para nosso projeto.

Tabela 11 - Matriz de decisão

Requisitos dos Clientes	Importância	Concepções					
		1		2		3	
Ergonômico	22	+ 1	22	+ 1	22	+ 1	22
Promover Segurança	17	+ 1	17	- 1	-17	+ 1	17
Suportar Variedades de Tamanhos	15	+ 1	15	+ 1	15	+ 1	15
Capacidade de Giro	13	+ 1	13	+ 1	13	+ 1	13
Baixo Custo	5	- 1	-5	+ 1	5	+ 1	5
Projeto Simples	2	- 1	-2	+ 1	2	+ 1	2
Fácil Fabricação	2	- 1	-2	+ 1	2	+ 1	2
Fácil Manuseio	1	+ 1	1	+ 1	1	+ 1	1
Aumentar Produtividade	1	+ 1	1	+ 1	1	+ 1	1
<b>Peso total das concepções</b>		<b>69</b>		<b>61</b>		<b>78</b>	

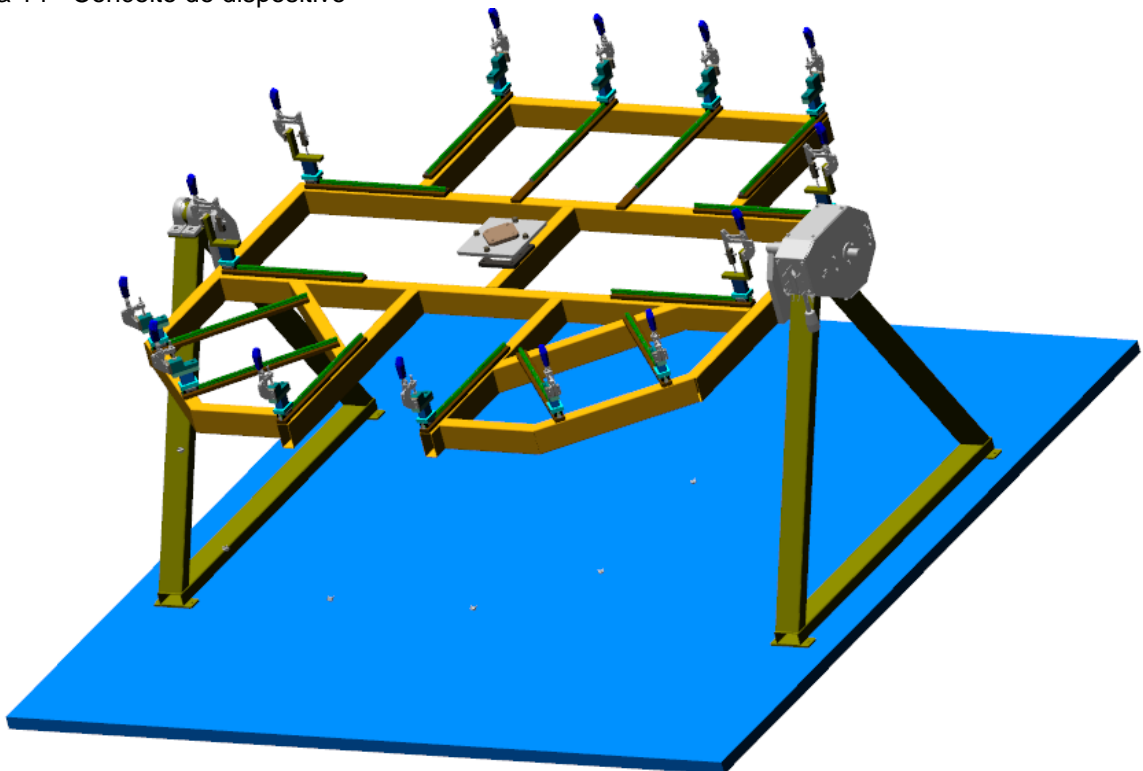
Fonte: Elaborado pelo autor (2019).

Diante das informações obtidas até então nota-se que a concepção de número 3 tem uma razoável diferença para outras concepções, por todas atenderem maior parte dos requisitos, entende-se que esta concepção se destaca por promover

mais segurança e ser um projeto relativamente simples e de baixo custo quando comparada com as outras concepções. Sendo assim, pode-se prosseguir com a parte de modelamento do dispositivo com o auxílio do *software SolidWorks*.

A Figura 14 demonstra o que seria o resultado de todas fases da pesquisa e a busca por informações e concepções, não significando ser o produto final, mas sim um esboço do mesmo. Maiores detalhes e informações, são demonstradas na etapa seguinte, a do projeto detalhado.

Figura 14 - Conceito do dispositivo



**Fonte:** Elaborado pelo autor (2019).

### 4.3 PROJETO DETALHADO

Esta fase do projeto foi elaborada em duas etapas, a de desenho detalhado e de análise do desempenho do projeto, como citado na metodologia. Na fase de desenho detalhado, cita-se os principais sistemas e subsistemas do dispositivo para o entendimento do funcionamento básico de cada componente. Já na etapa de análise do desempenho do projeto, elaborou-se algumas comparações do processo antes do novo dispositivo, e realizou-se algumas simulações com a ajuda do *software SolidWorks*, de como a aplicação do novo dispositivo irá ajudar futuramente no processo, já que neste projeto não se fabricou o dispositivo.

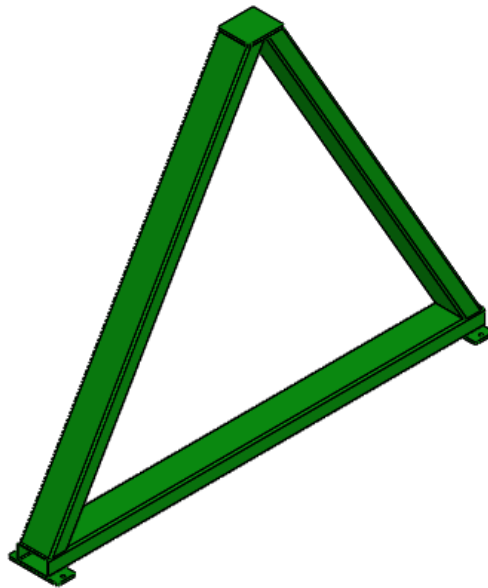
### 4.3.1 Desenho detalhado

Após a conclusão da fase de modelamento do dispositivo e tendo uma concepção final que atende todas especificações de cliente e de projeto, nesta etapa especificou-se cada sistema ou subsistema do dispositivo, para melhor entendimento das funções do produto.

#### 4.3.1.1 Estrutura

Para suportar a massa das peças a serem soldadas, a carga de trabalho e ao mesmo tempo atender aos requisitos determinados pela empresa, optamos pela escolha da estrutura tipo cavalete, onde o soldador consegue acessar com facilidade, determinados pontos para executar a soldagem e ao mesmo tempo permitindo que o dispositivo gire alguns modelos de peças em até 180°, sendo uma estrutura de projeto simples e fácil fabricação. Desta maneira ficou definido a estrutura e suas especificações básicas como demonstra a Figura 15.

Figura 15 - Estrutura



**Fonte:** Elaborado pelo autor (2019)

Projetado e simulado os esforços aplicados a estrutura, ficou definido tubo de perfil retangular de 100mm x 50mm e espessura de 3mm, sendo utilizado dois cavaletes fixados no piso com dois parafusos M10 em cada cavalete, para maior segurança dos colaboradores.

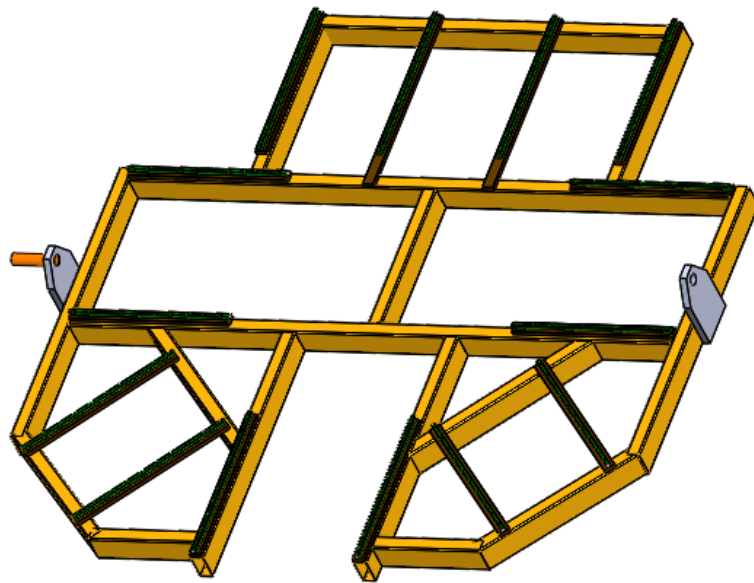


#### 4.3.1.2 Base giratória

Para alocar as peças no dispositivo, foi necessário desenvolver uma base específica para este projeto, que conseguirá suportar 7 variedades de tamanhos, possibilitando ao operador girar no eixo horizontal a mesma e travar na posição desejada para executar a solda. Porém 2 peças terão que ser alocadas somente no lado contrário da base, por terem geometria maior e diferente e, portanto, não será possível utilizar o recurso de giro do dispositivo, utilizando o dispositivo somente para suportar os itens.

Os posicionamentos das barras da base, permitem que o soldador consiga soldar a maioria dos modelos de chassis dos dois lados, após um giro de 180° da mesma. Suas características principais ficaram definidas como mostra a Figura 16.

Figura 16 - Base giratória



**Fonte:** Elaborado pelo autor (2019).

Por estar projetada de acordo com o centro de massa dos itens que a base irá suportar, tem-se uma maior facilidade ao girar a mesma, não oferecendo riscos ergonômicos e de segurança para o soldador. Os tubos da base foram projetados com perfil retangular de 100mm x 50mm e espessura de 3mm, iguais ao da estrutura padronizando materiais e barateando custos de fabricação.

#### 4.3.1.3 Dispositivos de fixação

Para desempenhar a função de fixação, determinou-se o grampo vertical modelo KF-211 DS A como solução para as peças manterem-se fixadas juntas do

dispositivo ao girar o mesmo, passando segurança para o soldador além de oportunizar fácil manuseio. Estes grampos (Figura 17) são comercializados pela empresa Kifix.

Figura 17 - Dispositivo de fixação



**Fonte:** Kifix (2019).

#### 4.3.1.4 Base ajustável

Para suportar todas as variedades de tamanhos dos itens a serem soldados, determinou-se a aplicação de mecanismo de guias de alumínio, juntamente com patins e calços. Estes guias (Figura 18) são de fácil manuseio, preço relativamente baixo e possibilitam ajustar o tamanho da base de acordo com o tamanho do item a ser soldado.

Figura 18 - Guias de ajuste



**Fonte:** Elaborado pelo autor (2019).

#### 4.3.1.5 Mecanismo para acionamento

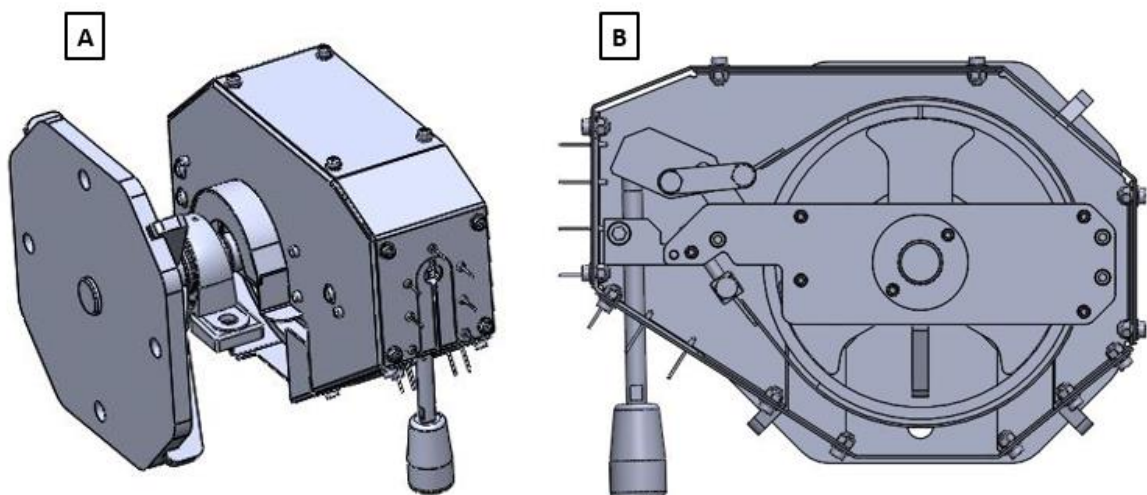
Muito utilizado atualmente e já implementado em outros dispositivos da empresa, o mecanismo determinado para travar irá auxiliar no acionamento, pois o mesmo reduz a carga de giro, permitindo ao operador girar o dispositivo manualmente sendo que a base está em equilíbrio de cargas para reduzir esforços e travar na melhor posição para iniciar o processo de soldagem.

Desta maneira exclui-se a necessidade de adicionar outro mecanismo ao dispositivo, trazendo um melhor custo benefício ao projeto, que também é um dos requisitos do cliente.

#### 4.3.1.6 Travas de segurança

Para transmitir segurança e estabilização da base giratória em determinada posição, optou-se por um mecanismo onde uma lona de freio é acionada por uma alavanca e fricciona com a roda produzindo atrito e travando o sistema de giro, possibilitando ao soldador trabalhar de forma segura e ergonômica. Na Figura 19 pode-se observar destacado pela letra A o mecanismo completo, e destacado pela letra B os detalhes do sistema de freio.

Figura 19 - Sistema de travamento



**Fonte:** Adaptado pelo autor (2019).

### 4.3.2 Análise do desempenho do produto

Como este projeto não teve como objetivo construir o dispositivo físico, foi elaborado um método de avaliar se o dispositivo projetado realmente será a solução para o processo de soldagem do chassi das roçadeiras, onde será feita análise do dispositivo utilizado no processo atualmente por meio da utilização do *software SolidWorks* foi realizado simulações de análises ergonômicas e o respectivo ganho de produção no dispositivo de solda projetado.

Na Figura 20, demonstra-se a postura do soldador durante grande parte do processo, estando sob condições não ergonômicas.

Figura 20 – Fotografia da postura do soldador no processo atual



**Fonte:** Foto tirada pelo autor (2019).

Pode-se observar que além da postura, o soldador não conta com dispositivos para fixação das peças, tendo apenas dois alicates de pressão que unem as três peças para execução do processo de soldagem, estando apenas apoiadas sobre a mesa, tendo possibilidade de ocorrência de acidentes de trabalho. Com a ajuda do aplicativo *Kinovea* (KINOVEA, 2019), é possível observar o valor de 60° que a extensão das costas do soldador está submetida, ultrapassando o limite de 46° recomendado na Figura 8.

Outro ponto importante ao manusear o chassi, no processo atual é necessário o auxílio de talha após término da soldagem em um dos lados para continuar o processo de solda no outro lado do item, onde se tem tempo de manuseio e giro da peça em torno de 2 minutos, desta maneira tem-se uma perda considerável de produtividade por ser um processo lento, além de deixar o soldador exposto a um possível acidente de trabalho, por estar em contato com a peça no momento do giro, como mostra a Figura 21.

Figura 21 - Giro do Chassi

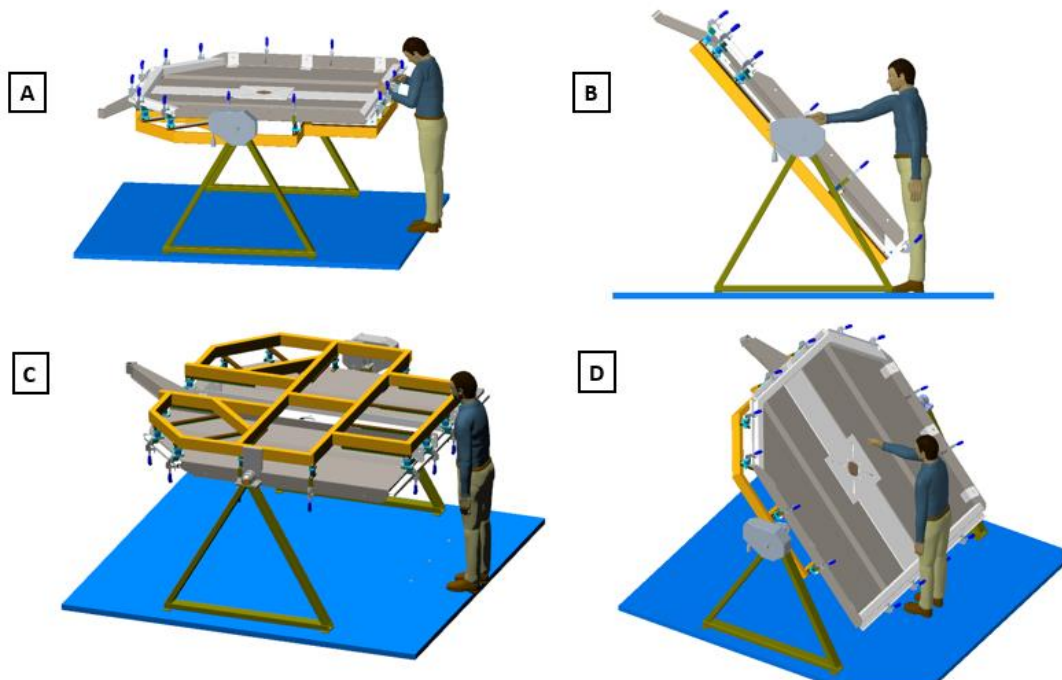


**Fonte:** Foto tirada pelo autor (2019)

Com a implementação do dispositivo elaborado neste projeto, prevê-se uma melhora significativa na postura do soldador, na produtividade e segurança do processo. Como podemos observar na Figura 22 uma exemplificação das variações de giro e posicionamento demonstrado pelo boneco virtual, onde destacado pela letra B tem-se uma postura do soldador dentro da taxa natural de movimentos citadas por Weschenfelder (WESCHENFELDER, 2016, p. 18).

Onde está indicado a letra A demonstra o dispositivo em sua posição inicial, podendo ser chamada de posição  $0^\circ$ , já as letras B e D indicam a posição de  $45^\circ$  e a letra C indica a posição de  $180^\circ$ . Desta maneira possibilita-se ao soldador posicionar o dispositivo proporcionando-o postura ergonômica, além de eliminar a etapa de girar o chassi da roçadeira com auxílio da talha, pois o dispositivo possibilita este giro sem remover o chassi da base, reduzindo para tempo estimado de giro da peça em 30 segundos.

Figura 22 - Simulação de posicionamentos

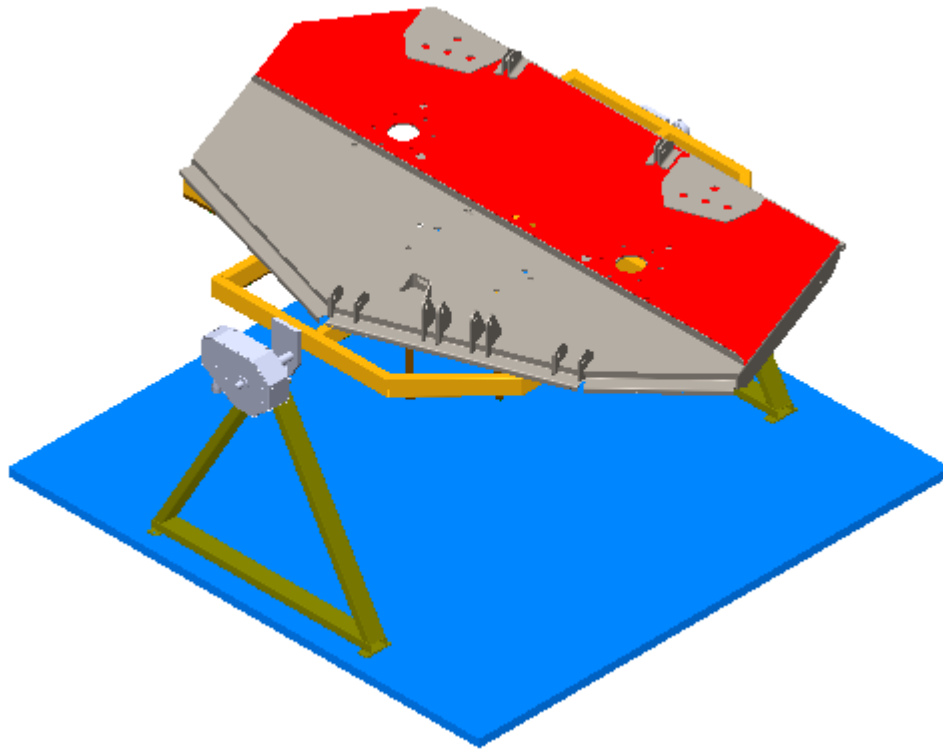


**Fonte:** Elaborado pelo autor (2019).

Quando o dispositivo estiver na posição de  $180^\circ$ , durante o processo de montagem, percebeu-se que são inseridas poucas montagens e cordões de solda, sendo assim a base do dispositivo foi elaborado pensando em todos os modelos de chassi diferentes da linha de roçadeiras que passam pelo processo de soldagem, o soldador consegue acessar sem dificuldades a todos os pontos.

Este giro de  $180^\circ$  é possível em 7 tamanhos de chassis, onde suas medidas estes variam de 1,15m até 2,2m. Em outros dois modelos de 2,9m eles são alocados no lado oposto. Por terem uma geometria diferente dos demais modelos e serem maiores, não é possível posicionar em ângulos variados e rotacionar  $180^\circ$ , ficando apenas alocados sobre o dispositivo, sendo necessário o auxílio da talha. Na Figura 23 pode-se observar o chassi sobre o dispositivo.

Figura 23 - Modelo



**Fonte:** Elaborado pelo autor (2019).

Como estes modelos de chassis são produzidos em quantidades muito menores comparado aos outros modelos, o foco maior foi de atender aos modelos que mais são produzidos, sendo assim entende-se que esta avaria não impacta nos objetivos do projeto.

## 5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Em vista dos argumentos mencionados no início do projeto, ficou o desafio de desenvolver um dispositivo de soldagem para solucionar as dificuldades encontradas no processo, e com auxílio de uma metodologia de projeto do produto para determinar e hierarquizar os requisitos do cliente. Tal metodologia demonstrou que pode ser aplicada de maneira objetiva e clara em suas fases e assim conseguir chegar a uma concepção final do produto.

Ao prosseguir com a fase informacional e aplicando as ferramentas de PDP conseguiu-se identificar os problemas e as necessidades da empresa, apresentando de maneira objetiva os requisitos mais importantes, esta fase também se demonstrou eficiente ao aplicar ferramentas como o diagrama de Mudge e o QFD onde conseguiu-se correlacionar os requisitos de cliente com os requisitos de projeto e assim determinar quais requeriam maior atenção no decorrer do projeto. A etapa de projeto conceitual mostrou-se muito eficiente na determinação das funções e na busca por concepções necessárias para as condições impostas.

Com a conclusão destas etapas foi possível chegar a uma concepção final de um dispositivo que abrange as intempéries apresentadas como problema no início do presente estudo, então podendo dar início ao modelamento 3D com o *software SolidWorks*. Após o término do modelamento do dispositivo, foi possível apresentar uma avaliação de desempenho do mesmo, que demonstrou atender os problemas de ergonomia, de segurança e de certa forma um aumento da produtividade do soldador, pois o mesmo tem capacidade de girar 180° no eixo horizontal, facilitando o processo de girar e manusear o chassi, outra característica do produto desenvolvido é que o mesmo pode ser posicionado em diversos ângulos para melhor postura do soldador, eliminando o problema de ergonomia encontrado durante a fase de análise. Outro ponto importante a ser ressaltado é a versatilidade do produto, pois o mesmo é capaz de suportar todos os nove modelos de chassi da empresa, o que era um requisito de cliente.

Analisando os sistemas e subsistemas do dispositivo, é possível observar que o mesmo provém de mecanismos simples, de baixo custo e relativamente de fácil fabricação, por contar com componentes de prateleira, fáceis de serem adquiridos e desta forma atendeu-se outro requisito do cliente, que é de desenvolver um dispositivo de baixo custo.



Com a conclusão deste trabalho pode-se observar que atingiu-se maioria dos objetivos propostos, aplicando-se uma metodologia de projeto do produto conseguiu-se desenvolver um dispositivo adequado às necessidades do processo de soldagem dos chassis da linha de roçadeiras da empresa São José Industrial. Único ponto que fica como oportunidade de melhoria é a questão de o dispositivo não ser capaz de girar com 2 modelos de roçadeiras maiores, tendo que ver a real necessidade de alterar o dispositivo para ter a capacidade de rotacionar com todos os modelos.

## REFERÊNCIAS

AMARAL, D. C. et al. **Gestão de desenvolvimento de produtos: uma referência para a melhoria do processo**. São Paulo: Saraiva, 2006.

BACK, N.; OGLIARI, A. **Desenvolvimento do Produto: Aspectos Gerais**. Florianópolis: Universidade Federal de Santa Catarina, 2000. 24p. Apostila.

BOYES, WILLIAM E.; BAKERJIN RAMON; **Handbook of Jig and Fixtures Design**. 1989 Society of Manufacturing Engineers SME.

FEBROBOTICS. **Soluções em Automação Industrial**. Disponível em: <http://www.febrobotics.com.br/produtos.htm>. Acesso em: 05 jul. 2019.

GEOMETRIC, **Dispositivo de soldagem sob mesa giratória**. Disponível em: <http://www.geometric.ind.br/produtos/25/posicionador-rotativo-para-solda/> Acesso em 25 jun. 2019.

GUROVA, T.; QUARANTA, F.; STEFEN, S. **Monitoramento do estado das tensões residuais durante fabricação de navios**. 21º Congresso Nacional de Transporte Aquaviário, Construção Naval. 2006.

HUMANTECH. **Ergonomic Design Guidelines for Engineers**. 3 ed. Ohio, EUA, 2007.

IIDA, I. **Ergonomia Projeto e Produção**. 2º Edição. São Paulo: Edgard Blücher, 2005.

JUNG, Adair José. **Desenvolvimento de um dispositivo de fixação para realização de soldagem robotizada**. FAHOR, 2015.

KIFIX. Disponível em: <https://www.kifix.com.br/sistemas-de-fixacao/>. Acesso em: 04 jul. 2019.

KINOVEA. Kinovea. 2019. Disponível em: < <https://www.kinovea.org/> >.

MACHADO, Ivan Guerra, **Soldagem e Técnicas Conexas: Processos**, editado pelo autor. Porto Alegre, 1996.

MENDONÇA, R. R. **Soldagem por Fricção e Mistura Mecânica de Aço Austenítico Alto Manganês com Efeito TRIP**. 2013, 92 p. Dissertação (Mestrado em Ciência e Engenharia de Materiais) - Programa de pós-graduação em Ciência e Engenharia de Materiais, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2015.

MOTA, J.C. **Robôs com Periferias Padronizadas Simplificam Operações em Soldagem**. Revista Soldagem & Materiais, ABS, Vol. 4 - Nº 1. P. 21 -24, Jan./Mar 1992.

MODENESI, P.; MARQUES, P.; SANTOS, D. B. **Introdução à Metalurgia da Soldagem**. Universidade Federal de Minas Gerais, 2012.

OKUMURA, T. T. **Engenharia de soldagem e aplicações**. Rio de Janeiro: LTC 1982.

PAHL, G.; BEITZ, W. **Engineering design: a systematic approach**. 2.ed. London: Springer-Verlag, 1996.

PROJECT MANAGEMENT INSTITUTE (PMI). **Um guia do conhecimento em gerenciamento de projetos (Guia PMBOK)**. 5.ed. Pensilvânia, 2013.

ROMANO, Leonardo Nabaes. **Modelo de Referência para o Processo de Desenvolvimento de Máquinas Agrícolas**. SC: PPGEM/UFSC, 2003.

SCHWEDERSKY, M. B. et al. **Soldagem TIG de Elevada Produtividade: Influência dos Gases de Proteção na Velocidade Limite para Formação de Defeitos. Soldagem e Inspeção**. São Paulo, v. 16 n. 4 p. 333-340, Oct./Dec, 2011.

SOARES H.C.G. **Estudo de sequência de soldagem para redução e eliminação de distorções**. 2006. Dissertação: Pós-Graduação – Universidade Federal de Minas Gerais UFMG, Belo Horizonte 2006. Disponível em: [www.bibliotecadigital.ufmg.br/dspace/bitstream/handle/1843/SBPSB5JET/disserta\\_o\\_de\\_mestrado\\_helio\\_coelho\\_guimaraes\\_soares\\_pdf](http://www.bibliotecadigital.ufmg.br/dspace/bitstream/handle/1843/SBPSB5JET/disserta_o_de_mestrado_helio_coelho_guimaraes_soares_pdf) Acesso em: 04 jul. 2019.

TORQUE metal. Curitiba, 2014. Disponível em: <http://www.torquemetal.com.br/?pag=dispositivos-soldas>. Acesso em: 04 jul. 2019.

VALDIERO, A. C. **Inovação e Desenvolvimento do Projeto de Produtos Industriais**. ed. Ijuí: Unijuí, 2008.

WESCHENFELDER, Charles Mateus. **Análise e gerenciamento de riscos ocupacionais em processos de manufatura**. FAHOR. p. 43, 2016.

**APÊNDICE A - QUESTIONÁRIO**

1 - Que tipo solda é empregada no (s) produto (s)?

2 - Qual material é usado na fabricação do corpo da roçadeira?

3 - Quais destes corpos de roçadeira tem maior demanda de produção?  
Qual é a quantidade produzida por mês deste item?

4 - Quais os principais problemas no processo de soldagem deste item?

5 - O que se espera do dispositivo a ser projetado para o processo em estudo?

6 - Este processo em estudo tem histórico de problemas com qualidade na montagem final do produto?

7 - Qual o investimento total que a empresa tem à disposição para construir este dispositivo?

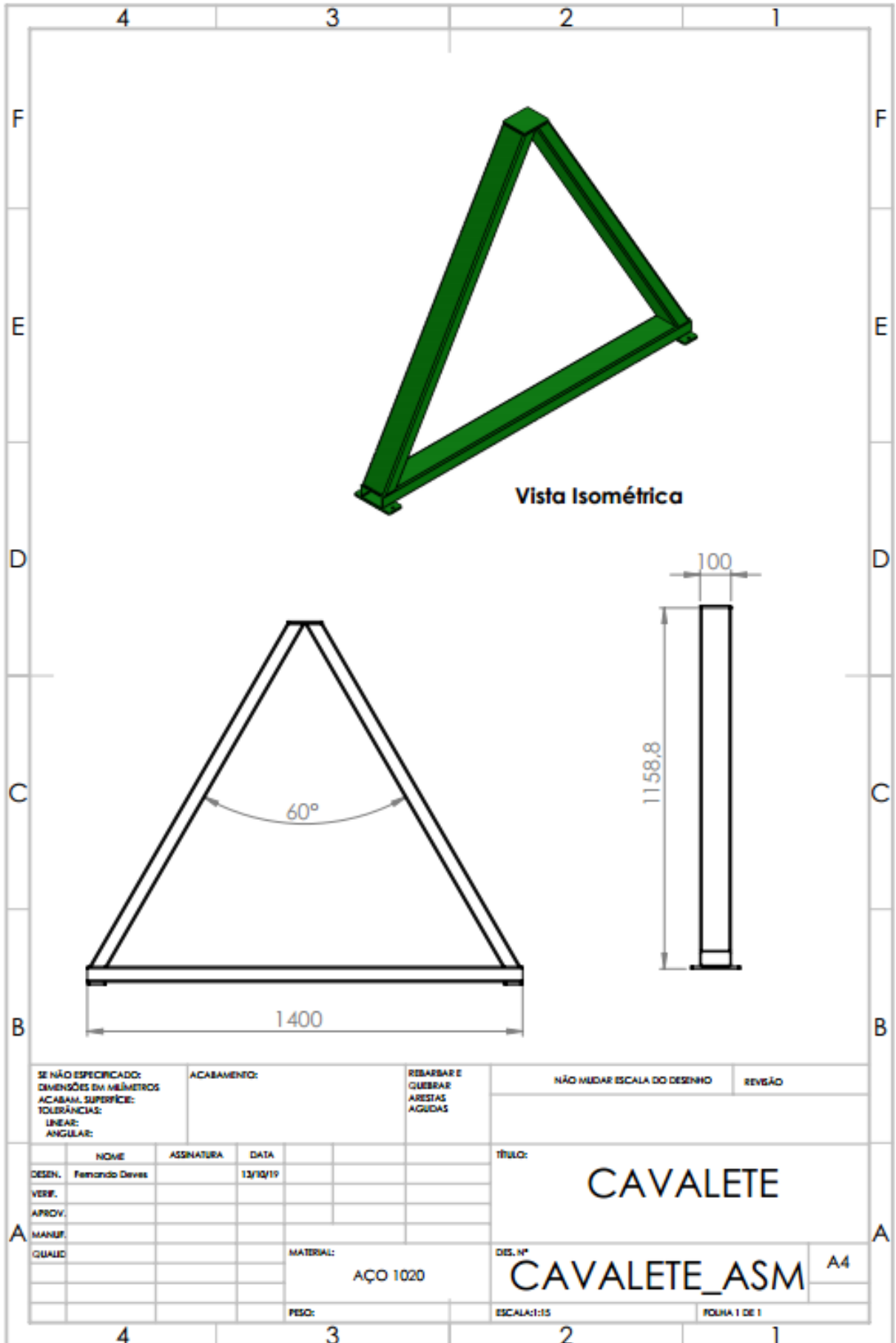
## APÊNDICE B – DESENHOS DETALHADOS DO DISPOSITIVO

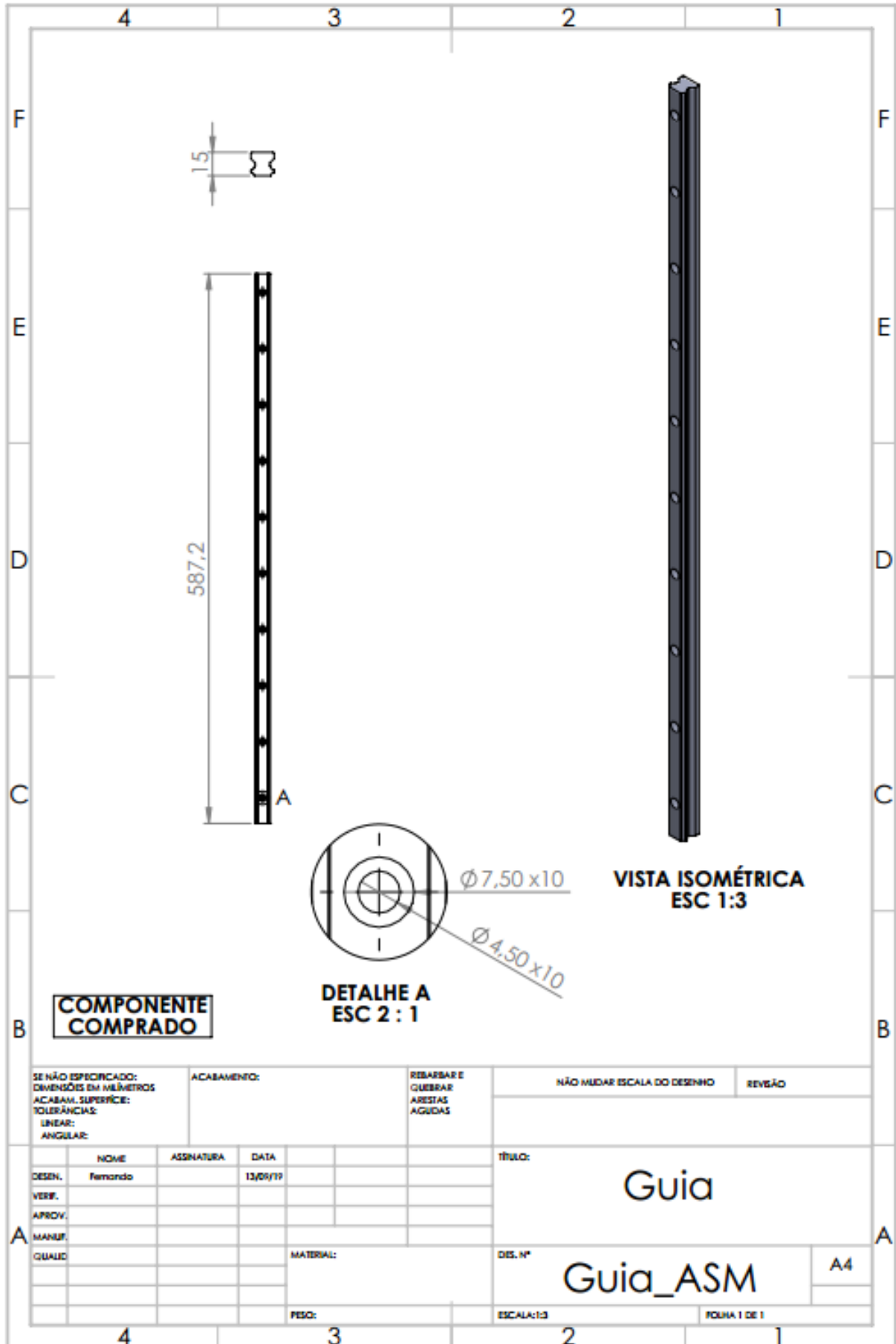
Nas próximas páginas encontram-se desenhos detalhados dos principais sistemas que compõem o dispositivo de solda desenvolvido, conforme listados na Tabela 12.

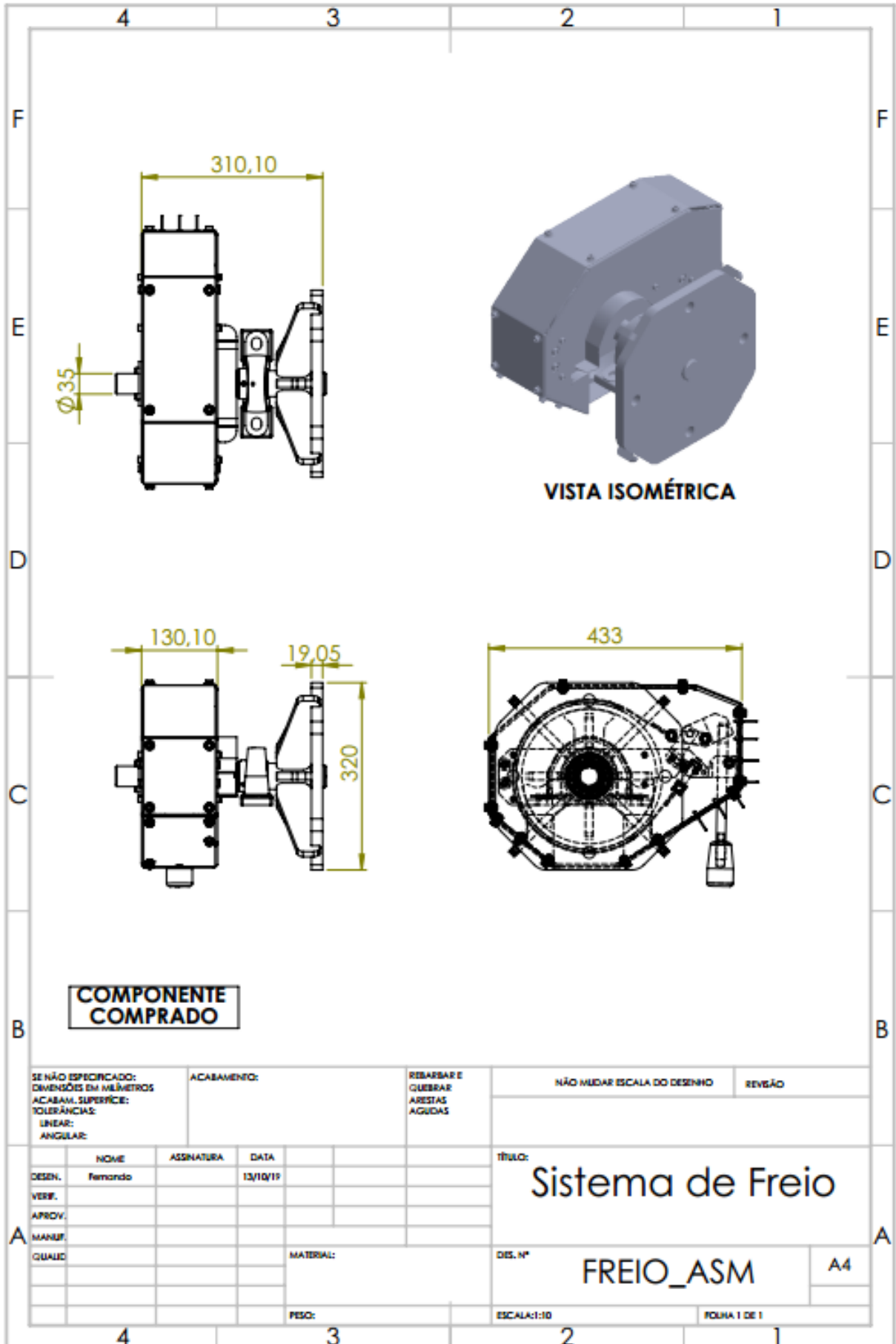
Tabela 12 - Componentes

<b>Código</b>	<b>Descrição</b>	<b>Quantidade</b>
CAVALETE_ASM	Cavalete	2
GUIA_ASM	Guias de ajuste	14
FREIO_ASM	Sistema de Freio	1
BASE_ASM	Base Giratória	1
KF-019_ASM	Grampo de fixação	14
POSIC_01A	Posicionador	1

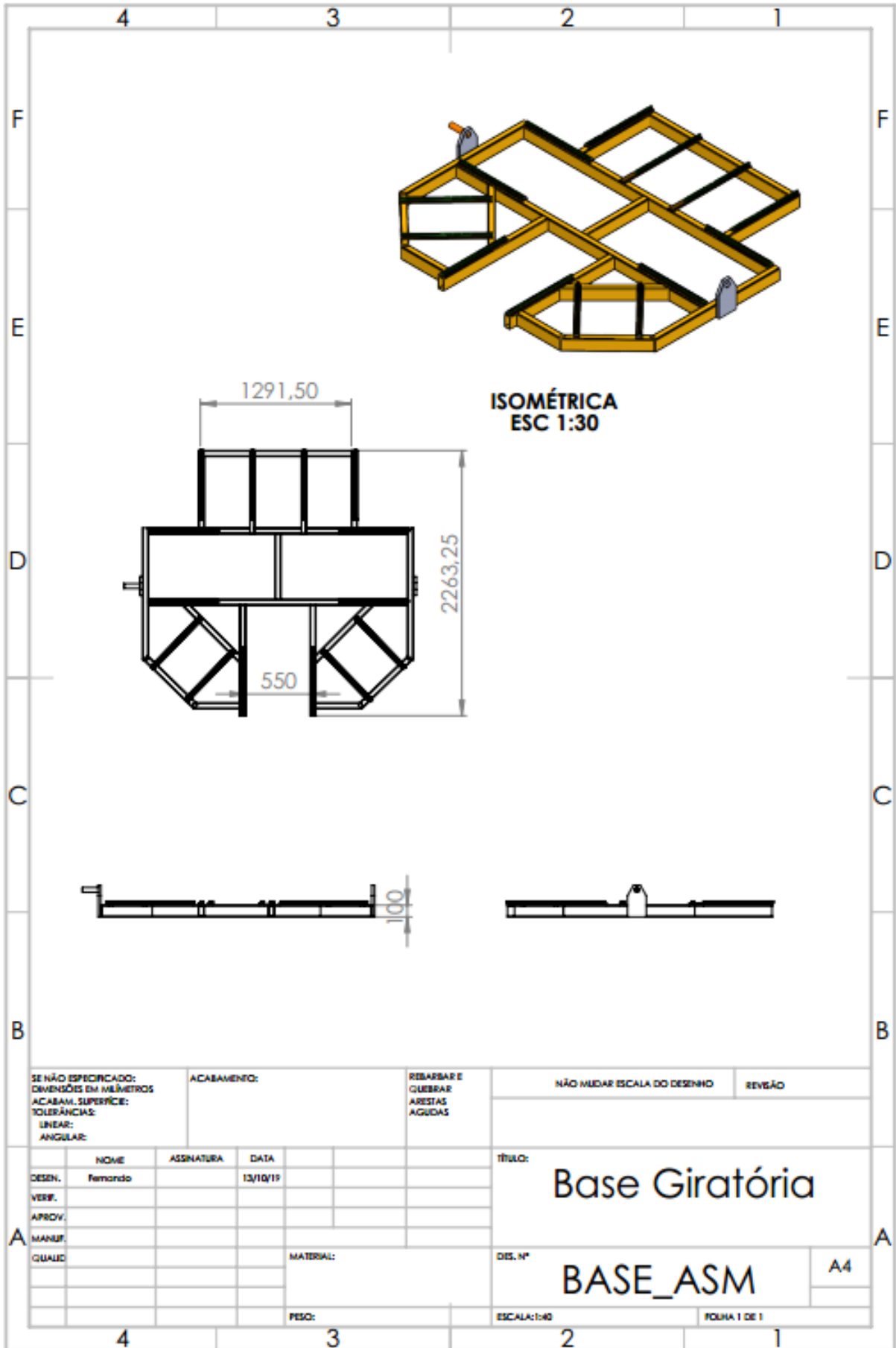
**Fonte:** Elaborado pelo autor (2019).











SE NÃO ESPECIFICADO:  
DIMENSÕES EM MILÍMETROS  
ACABAM. SUPERFÍCIE:  
TOLERÂNCIAS:  
LINEAR:  
ANGULAR:

ACABAMENTO:

REBARBAR E  
QUEBRAR  
ARESTAS  
AGUDAS

NÃO MUDAR ESCALA DO DESENHO

REVISÃO

	NOME	ASSINATURA	DATA
DESEN.	Fernando		13/10/19
VERIF.			
APROV.			
MANUF.			
QUALID.			

TÍTULO:

Base Giratória

DES. Nº

BASE\_ASM

A4

PESO:

ESCALA: 1:40

FOLHA 1 DE 1

