



Igor Daniel Böck Siqueira

**DESENVOLVIMENTO DE UM DISPOSITIVO DE SOLDAGEM
SEMIAUTOMATIZADO PARA PEÇAS CILÍNDRICAS**

Horizontina - RS

2022

Igor Daniel Böck Siqueira

**DESENVOLVIMENTO DE UM DISPOSITIVO DE SOLDAGEM
SEMIAUTOMATIZADO PARA PEÇAS CILÍNDRICAS**

Trabalho Final de Curso apresentado como requisito parcial para a o Trabalho Final de Curso na Engenharia de Mecânica da Faculdade Horizontina, sob a orientação do Prof. Dr. Rafael Luciano Dalcin.

Horizontina - RS

2022

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

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

**“Desenvolvimento de um dispositivo de soldagem semiautomatizado para
peças cilíndricas”**

**Elaborada por:
Igor Daniel Böck Siqueira**

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

Aprovado em: 30/06/2022
Pela Comissão Examinadora

Prof. Dr. Rafael Luciano Dalcin

Presidente da Comissão Examinadora - Orientador

Prof. Me. Francine Centenaro Gomes

FAHOR – Faculdade Horizontina

Prof. Dr. Geovane Webler

FAHOR – Faculdade Horizontina

Horizontina - RS

2022

Dedico a todos que acreditaram e depositaram sua confiança em mim para esta conquista.

AGRADECIMENTO

Agradeço à minha família, por sempre estar do meu lado, acreditando em mim e me dando suporte para que eu seja cada dia melhor.

“O esforço só é expresso em recompensa,
quando uma pessoa se recusa a desistir.”
(Napoleon Hill)

RESUMO

Os dispositivos de soldagem são desenvolvidos com o intuito de garantir a qualidade no produto e aumentar a produtividade. Neste contexto, o presente trabalho tem como objetivo desenvolver o projeto de um dispositivo de soldagem semiautomatizado para peças cilíndricas como oportunidade de melhoria no processo produtivo, que será utilizado em uma indústria metalúrgica. A metodologia utilizada para a realização do projeto foi por meio de avaliações do projeto do produto base, onde foram analisadas as tolerâncias especificadas nos desenhos e informações do processo de soldagem atual utilizadas para a manufatura do produto. Estas informações foram coletadas a partir de observações e os tempos de produção medidos durante o processo produtivo do produto em questão, onde foram considerados os dados seguintes: movimentações, montagem dos itens para formar o conjunto, pontos de acesso para a tocha efetuar a soldagem, adversidades durante o processo produtivo. A partir disso, foi definido o design do mesmo, as suas dimensões estruturais e conjuntos criados para a fixação e garantia das tolerâncias requisitadas no produto base. Para o desenvolvimento e modelagem do projeto do dispositivo foi utilizado o *software CAD 3D Creo* disponibilizado pela própria empresa. Os métodos utilizados e a sequência lógica desenvolvida mostraram-se eficientes para o desenvolvimento do projeto e contribuíram para atingir os objetivos propostos no trabalho. Por meio de cronoanálise dos dados coletados, foi feita uma comparação com o processo produtivo atual e supondo a implementação do dispositivo projetado. Estima-se que é possível obter o ganho de até 60 horas no ano, que resultam em mais de R\$ 10.000,00 com a utilização do dispositivo desenvolvido no presente trabalho. Além disso, os ganhos qualitativos podem ser mais significativos por conta da repetibilidade de um padrão de parâmetros e de processo que se pode obter. Por fim, o projeto foi aprovado pela empresa para ser produzido, e após a implementação do novo processo, obterá ganhos de produtividade, qualidade e custos de produção.

Palavras-chave: Dispositivo de Soldagem. Soldagem Semiautomatizada. Processo de Soldagem. Redução de Custos.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Alguns tipos de distorções	15
Figura 2: Encosto em conjunto com o componente de aperto (Grampo Torpedo)	17
Figura 3: Centrador para soldar porcas	17
Figura 4: Funcionamento de um Grampo de Fixação	18
Figura 5: Ilustração de um Grampo Fuso Rápido	18
Figura 6: Sistema pneumático para acionamento de Grampos Pneumáticos de Fixação	19
Figura 7: Dispositivo de Solda Robotizada	20
Figura 8: Dispositivo Semiautomático	20
Figura 9: Mancal	21
Figura 10: (a) rolamento de esferas; (b) rolamento de rolos cônicos	22
Figura 11: (a) guia; (b) patim; (c) fuso	22
Figura 12: Fluxograma de desenvolvimento do projeto	24
Figura 13: Peça base	27
Figura 14: Dispositivo atual	28
Figura 15: Conjunto de fixação da peça	29
Figura 16: Dimensões e tolerâncias do conjunto de fixação da peça	30
Figura 17: Conjunto do motorreductor	31
Figura 18: Vista em corte do conjunto do motorreductor e do conjunto de fixação	31
Figura 19: Dimensões e tolerâncias do conjunto do motorreductor	32
Figura 20: Conjunto mancal e guias lineares	33
Figura 21: Sentido de giro mancal	33
Figura 22: Vista em corte mancal	34
Figura 23: Dimensões e tolerâncias do conjunto do mancal e guias lineares	34
Figura 24: Conjunto do cilindro pneumático	35
Figura 25: Vista em corte do conjunto do cilindro pneumático	36
Figura 26: Dimensões e tolerâncias do conjunto do cilindro pneumático	36
Figura 27: Conjunto da tocha	37
Figura 28: Conjunto de acionamento e ajuste fino da tocha	38
Figura 29: Dimensões e tolerâncias do conjunto da tocha	38
Figura 30: Conjunto estrutural inferior do dispositivo	39
Figura 31: Estrutura de sustentação	40

Figura 32: Conjunto de chapas laterais	40
Figura 33: Estrutura de sustentação da parte superior do dispositivo	41
Figura 34: Montagem das portas	41
Figura 35: Dimensões e tolerâncias da estrutura do dispositivo	42
Figura 36: Painel elétrico e painel de comando	43
Figura 37: Dispositivo de Soldagem Semiautomatizado para Peças Cilíndricas	43
Figura 38: 1º Passo – posicionamento da peça no dispositivo	44
Figura 39: 2º Passo – posicionamento do conjunto do cilindro	45
Figura 40: 3º Passo – primeiro posicionamento do conjunto da tocha de solda	45
Figura 41: 4º Passo – início do processo de soldagem	46
Figura 42: 5º Passo – segundo posicionamento do conjunto da tocha de solda	47
Figura 43: 6º Passo – giro da peça e repetição dos passos anteriores	47
Figura 44: Gráfico de comparação do tempo de produção de peças no ano	49
Figura 45: Folha de cronoanálise do dispositivo de soldagem atual	55
Figura 46: Folha de cronoanálise do dispositivo de soldagem semiautomatizado	56

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	11
1.1	TEMA	11
1.2	DELIMITAÇÃO DO TEMA	12
1.3	PROBLEMA DE PESQUISA	12
1.4	HIPÓTESES	12
1.5	JUSTIFICATIVA	12
1.6	OBJETIVOS	13
1.6.1	Objetivo Geral	13
1.6.2	Objetivos Específicos	13
2	REVISÃO DA LITERATURA	14
2.1	PROCESSO DE DESENVOLVIMENTO DE PRODUTOS	14
2.2	INFLUÊNCIA DOS PARÂMETROS DE SOLDAGEM SOBRE O PROCESSO	14
2.3	DISPOSITIVOS DE FIXAÇÃO	16
2.3.1	Ferramentas de fixação	18
2.3.2	Dispositivos de solda robotizados	19
2.3.3	Dispositivos de solda semiautomáticos	20
2.3.4	Elementos de transmissão e movimentação	21
2.3.5	Equipamentos para automação	23
3	METODOLOGIA	24
3.1	MÉTODOS E TÉCNICAS UTILIZADOS	25
3.2	MATERIAIS E EQUIPAMENTOS	25
4	APRESENTAÇÃO E ANÁLISE DOS RESULTADOS	27
4.1	PRODUTO BASE PARA DESENVOLVIMENTO DO DISPOSITIVO DE SOLDAGEM	27
4.2	DISPOSITIVO ATUAL	28
4.3	CONJUNTO DE FIXAÇÃO DA PEÇA	29
4.4	CONJUNTO MOTOREDUTOR	30
4.5	MANCAL E GUIAS LINEARES	32
4.6	CONJUNTO DO CILÍNDRIO PNEUMÁTICO	35
4.7	CONJUNTO DA TOCHA	37
4.8	DESENVOLVIMENTO DA ESTRUTURA DO DISPOSITIVO	38
4.9	AUTOMATIZAÇÃO DO DISPOSITIVO E PROJETO ACABADO	42
4.10	FUNCIONAMENTO DO DISPOSITIVO DE SOLDAGEM	43
5	DISCUSSÃO GERAL DOS RESULTADOS	48
	CONCLUSÃO	51
	SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS	52
	REFERÊNCIAS	53
	APÊNDICE A – FOLHAS DE CRONOANÁLISE	55

1 INTRODUÇÃO

A criação de novos produtos para processos produtivos de solda são fundamentais para a melhoria dos mesmos e resultam em ganhos significativos para a indústria. Segundo Araújo *et al.* (2012), a mão de obra utilizada no processo de soldagem deve ser qualificada, como também, se adequar às mudanças naturais decorrentes das novas tecnologias. Para assegurar uma manufatura enxuta, buscase atender aos requisitos do cliente, aumentar a segurança e produtividade, assim como observar necessidades e trazer soluções. Para que a solda seja realizada de forma adequada, há a necessidade de adequação dos equipamentos e processos (GERHARDT, 2014; DEVES, 2019).

Nesta perspectiva, verifica-se que há carências do mercado, assim como do cliente, ou seja, existem ainda muitas opções tecnológicas a serem desenvolvidas, dando ao mercado um produto que atenda a demanda do consumidor. As empresas necessitam de inovações para suportarem as demandas do mercado, e de acordo com Lopes *et al.* (2015), necessitam de estratégias para que se tenha um aumento da qualidade em seus produtos. Outros fatores são referentes à produtividade eficaz, ou seja, ser mais eficiente do que seus concorrentes, além de trazer uma desenvoltura prática de produção. Logo, apresentar produtos novos e adequar já existentes são deveres dos processos produtivos da solda (DEVES, 2019).

No processo de criação e desenvolvimento de produtos a gestão organizacional é muito importante. O projeto de um novo produto passa por praticamente todas as áreas de uma empresa, criação, prototipagem, desenvolvimento, produção e venda, ou seja, precisa da organização e comprometimento de todos. Cerca de 85% do custo final do produto, advém das opções vistas no início do processo de desenvolvimento (AMARAL *et al.*, 2006). Dispositivos de soldagem apresentam redução no período de produção e, por consequência, um avanço nos processos (GERHARDT, 2014).

Desta forma, o objetivo do trabalho é projetar um dispositivo de soldagem semiautomatizado para peças cilíndricas. Neste contexto, foi estudado o produto base, quanto às tolerâncias e os requisitos desejados e elaborou-se o projeto do dispositivo utilizando o *software* CAD Creo, visando aumentar a produtividade e reduzir os custos da empresa.

1.1 TEMA

Este trabalho tem como foco o desenvolvimento de um dispositivo de soldagem semiautomatizado para peças cilíndricas.

1.2 DELIMITAÇÃO DO TEMA

O trabalho delimita-se no desenvolvimento do projeto de um dispositivo de soldagem semiautomatizado para peças cilíndricas.

1.3 PROBLEMA DE PESQUISA

Segundo Braga (2016), dispositivos de soldagem tem vida útil com tempo determinado, e são sistemas com propósito no aumento de produtividade e melhoria de qualidade nos processos de solda. Com a demanda maior, a gama de produtos aumentando, decorrente de a empresa estar em constante crescimento, pretende-se apresentar como uma solução para empresa o desenvolvimento do presente trabalho. Devido ao fato de a empresa apresentar muitos conjuntos soldados com formato cilíndrico, a proposta do trabalho é facilitar o processo, para otimizar o tempo e aumentar a produtividade ganhando também em qualidade. Neste sentido, segue o questionamento: Como o desenvolvimento do projeto de um dispositivo de soldagem semiautomatizado para peças cilíndricas pode ajudar na melhoria do processo de soldagem na empresa?

1.4 HIPÓTESES

Considerando a pesquisa e o problema relatado no presente trabalho, desenvolveram-se as seguintes hipóteses para a solução do mesmo:

- Um dispositivo de soldagem semiautomatizado que agregará em produtividade à empresa;
- Um dispositivo de soldagem semiautomatizado que agregará em melhoria de qualidade à empresa.

1.5 JUSTIFICATIVA

Segundo Soares (2006), é indicado o desenvolvimento de um dispositivo, avaliando a sua aplicação e a demanda de produção para a garantia de

padronização no processo. Neste sentido, o desenvolvimento de um dispositivo de solda semiautomatizado para peças cilíndricas se justifica pela oportunidade de melhoria de processos produtivos, onde a empresa observa um aumento de produtividade em determinados produtos, que podem ser soldados com o mesmo dispositivo que está sendo estudado, garantindo a qualidade e produtividade. A demanda do produto base em que o dispositivo está sendo desenvolvido está aumentando. Para suprir a necessidade e atender aos requisitos de projeto do produto, o projeto do dispositivo torna-se urgente.

1.6 OBJETIVOS

1.6.1 Objetivo Geral

O objetivo do trabalho é projetar um dispositivo de soldagem semiautomatizado para peças cilíndricas para aumentar a produtividade e reduzir os custos da empresa.

1.6.2 Objetivos Específicos

O trabalho propõe como objetivos específicos:

- Estudar o produto base, quanto às tolerâncias e os requisitos desejados;
- Projetar o dispositivo de soldagem utilizando o software CAD Creo;
- Apresentar o projeto para a empresa.

2 REVISÃO DA LITERATURA

Neste capítulo, serão apresentadas bibliografias para auxiliar no processo de desenvolvimento do trabalho e explicar metodologias utilizadas para projetar um dispositivo de soldagem semiautomatizado. Para isso, buscou-se bibliografias, com títulos sobre processo de desenvolvimento de produtos, soldagem, dispositivos de fixação para o processo de soldagem, elementos de transmissão e movimentação e equipamentos de automação.

2.1 PROCESSO DE DESENVOLVIMENTO DE PRODUTOS

O processo de desenvolvimento de produtos, corresponde a um grupo de atividades que, a partir delas, observam-se as demandas do mercado, assim como as limitações tecnológicas e também suas possibilidades. Observam-se os planos da empresa, na tentativa de atingir o projeto de um produto e seu desenvolvimento, para que por diante, possa-se ser realizado. É na interface do projeto que o processo de desenvolvimento de produtos se encontra, perante o mercado e a empresa, onde algumas vezes adianta-se propondo soluções ao mercado para algumas de suas necessidades, através de trabalhos relacionados.

No decorrer dos anos já se observou situações em que foram sucedidos, no desenvolvimento de projetos, os quais descreveram sobre esse processo ter a intervenção correta de gestão utilizada. Apesar de apresentarem fatores inconsistentes, é cabível organizar um processo de desenvolvimento de produto, planejando, controlando atividades para resultar em desempenho e aprendizagem boa (ROZENFELD, 2012).

2.2 INFLUÊNCIA DOS PARÂMETROS DE SOLDAGEM SOBRE O PROCESSO

De acordo com Marques *et al.* (2009) a soldagem é explicada como um processo que ocorre tanto na fabricação quanto na recuperação de peças, sendo um meio de união de duas ou mais partes. É um processo produtivo importante na indústria, pois é muito utilizado e está em constante desenvolvimento. No processo de soldagem acontece uma junção de materiais base e adição, com isso se tem a solubilidade, a qual ocorre na fase líquida ou sólida (FELIZARDO, 2016). Como cita Casarin (2018), a soldabilidade tende um material que irá ser soldado nas suas circunstâncias da sua fabricação de forma a se adaptar a determinada situação.

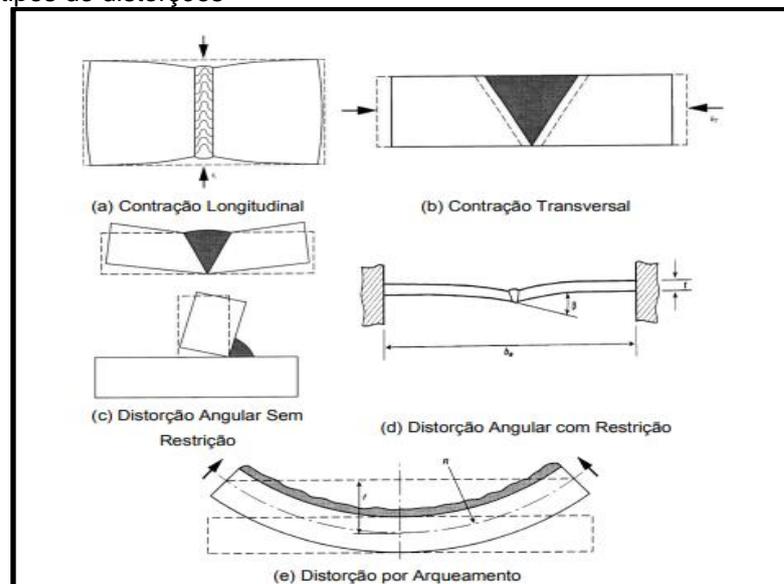
Quando realizada a soldagem por meio de fusão a arco, na superfície a ser fundida, se terá um severo aumento da temperatura e, conseqüente dilatação do material na área de fusão. Em regiões próximas à utilizada, também se percebe a sua dilatação, porém o crescimento de volume é diminuído, com isso, dentro do material observa-se uma tensão de compressão por causa do calor (CASARIN, 2018).

Conforme Soares (2006), ocorre uma distorção quando há uma alteração de dimensões e forma de itens soldados, em função das tensões térmicas durante o processo de soldagem. Visto que tais distorções decorrentes do processo podem ser reduzidas com a utilização de dispositivo de solda para melhor fixação dos itens e garantia de medidas e tolerâncias do projeto.

Nas estruturas soldadas, as distorções observadas, ocorrem devido a três fatores dimensionais vistos durante a soldagem, são eles: a contração transversal (ocorre normalmente ao eixo da solda), contração longitudinal (ocorre simultânea ao eixo da solda) e a distorção angular (modificação rotacional ao redor do eixo da solda) (ALVES, 2009).

Alguns dos principais tipos de distorções que podem ocorrer no processo de soldagem, segundo Araújo *et al.* (2012), podem ser vistos, conforme ilustra a Figura 1. Contudo, estas distorções decorrentes do processo, podem ser reduzidas com a utilização de dispositivo de fixação e, conseqüentemente, garantir a qualidade, as medidas e as tolerâncias do projeto.

Figura 1: Alguns tipos de distorções



Fonte: Araújo *et al.* (2012).

A velocidade de soldagem mostra-se com um valor linear pelo qual o arco se move ao longo do caminho da junta soldada em um período de tempo. Quando ocorre aumento de velocidade, o cordão de solda muda de geometria e há menos penetração, conseqüentemente, também fica mais fino; ao contrário quando a velocidade é menor o cordão de solda fica maior. Todavia, o metal base não tem tanta fusão, o que resulta em um cordão de solda com largura e penetração diminuídas (ALVES, 2009).

Junta de solda é o local onde são unidas as peças por soldagem. Existem alguns exemplos de juntas de solda que são essenciais e muito utilizadas, como: junta de topo, junta de canto, junta sobreposta e junta "T". Os itens que serão soldados precisam ser devidamente dimensionados através de sua utilidade, perante a seu projeto e sua resistência mecânica (ALVES, 2009).

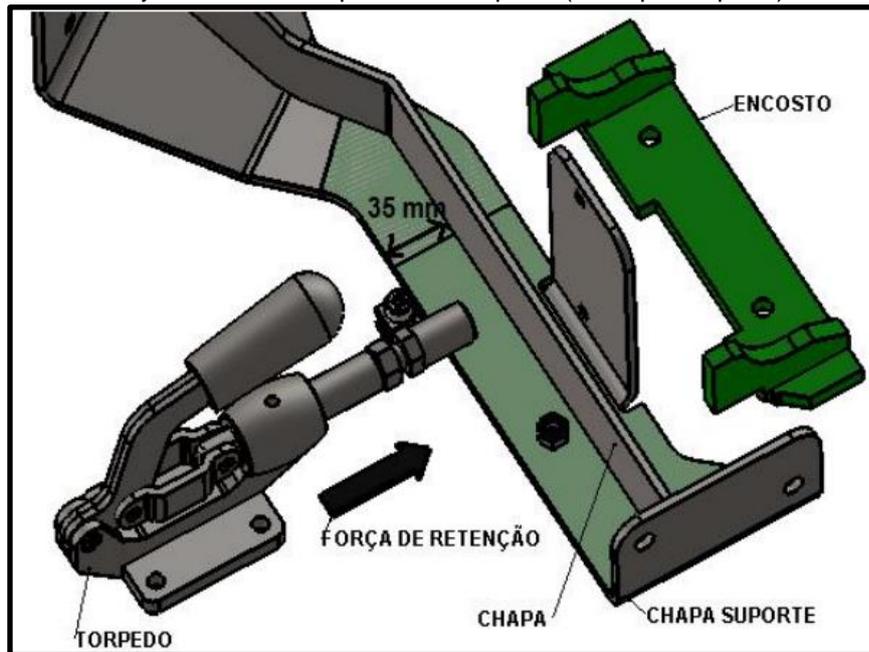
2.3 DISPOSITIVOS DE FIXAÇÃO

Como Soares (2006), para a garantia de qualidade no produto aliada com a alta produtividade dentro do processo de soldagem, devem ser aplicados vários recursos que ajudem a garantir sua integridade. Por isso, a utilização de dispositivos de fixação dentro do processo é comum, pois são responsáveis por garantir as tolerâncias dimensionais e geométricas do produto, visto que a soldagem provoca alterações devido às tensões térmicas que são geradas. Para que ocorra um maior desenvolvimento do sistema produtivo da empresa, busca-se por uma produção em grande escala e que apresente flexibilidade.

Para Casarin (2018), apresentam-se dois modelos de sistemas, o automático e o automatizado, que, respectivamente, apresentam uma facilidade em produzir tarefas pré-definidas sem necessidade de auxílio de um funcionário e, por conseguinte, necessita-se de intervenção humana, à medida que alguns parâmetros possam estar incorretos. Estes dispositivos realizam a fixação da peça e promovem movimentos que dê a quem solda o desempenho do cordão de solda, de maneira ágil.

Os encostos são responsáveis por restringir o conjunto a ser soldado de acordo com a necessidade, em conjunto com componentes de aperto, que logo mais serão citados, irão fazer a fixação do conjunto e assim, garantindo a medida requisitada no projeto (JUNG, 2015). Conforme é ilustrado na Figura 2, o exemplo de aplicação de um encosto.

Figura 2: Encosto em conjunto com o componente de aperto (Grampo Torpedo)



Fonte: Jung (2015).

Os localizadores são peças que apresentam um formato parecido ao ser encaixado, que tem como função demonstrar o item a ser soldado com posição e distância correta (JUNG, 2015). Além de garantir as medidas, facilita na hora de posicionar o item a ser soldado, tornando mais ágil o processo, ganhando em tempo e também em qualidade. A Figura 3 apresenta um exemplo de localizador utilizado em dispositivos.

Figura 3: Centrador para soldar porcas

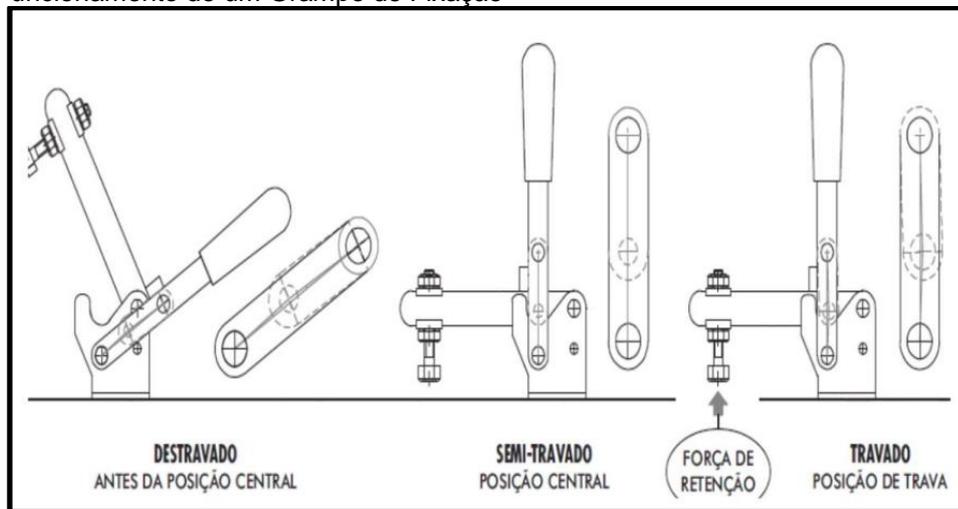


Fonte: Jung (2015).

2.3.1 Ferramentas de fixação

A seguir, apresenta-se uma descrição de alguns dos principais componentes de fixação utilizados em dispositivos de solda. Conforme a fabricante Kifix (2021), o funcionamento dos grampos de fixação consiste em um mecanismo articulado em três pontos, conhecido como ação de joelho ou cotovelo. Este mecanismo faz o travamento mecânico, gerando uma força de retenção contrária ao esforço aplicado, que só pode ser destravado manualmente, quando acionado propositalmente, conforme ilustrado na Figura 4.

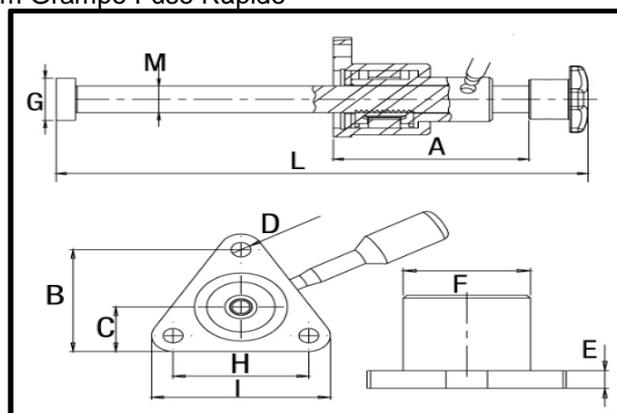
Figura 4: Funcionamento de um Grampo de Fixação



Fonte: Jung (2015).

De acordo com a fabricante Previsão (2021), os grampos fusos rápidos possuem o funcionamento com uma combinação de alavancas e pinos de articulação ligados entre si, segue um exemplo, conforme Figura 5. A alavanca é utilizada para aplicar a força de fixação, que empurra a placa de fixação contra o conjunto a ser fixado, e só pode ser destravada, quando a alavanca é liberada.

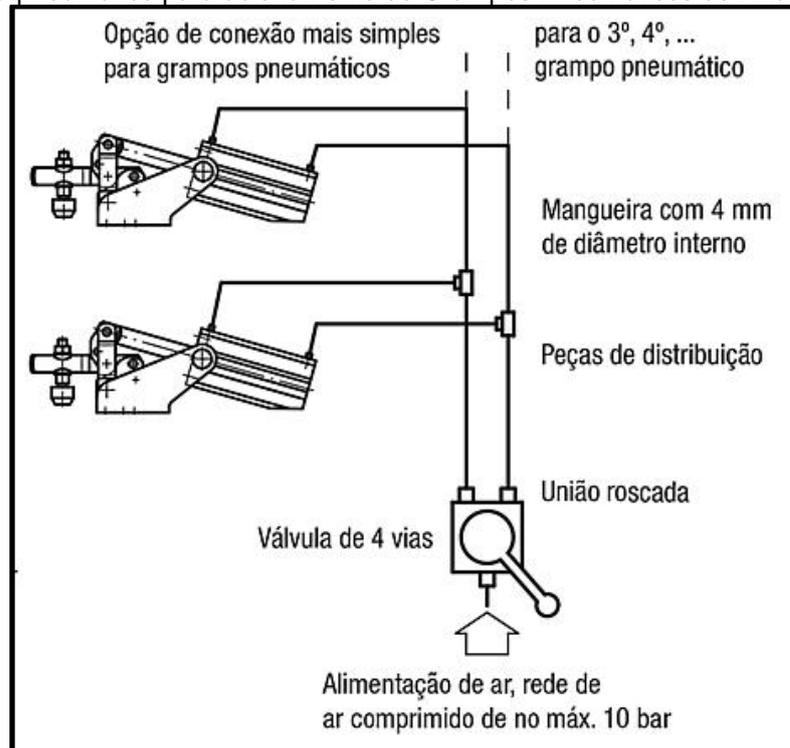
Figura 5: Ilustração de um Grampo Fuso Rápido



Fonte: Previsão (2021).

Como a fabricante Norelem (2021), os grampos pneumáticos possuem algumas vantagens em relação aos grampos manuais. Uma das vantagens é o acionamento do grampo em pontos de difícil acesso, conforme ilustra a Figura 6, o exemplo de um sistema pneumático para acionamento dos grampos.

Figura 6: Sistema pneumático para acionamento de Grampos Pneumáticos de Fixação



Fonte: Norelem (2021).

O sistema pode ser automatizado para acionar mais de um cilindro simultaneamente ou em sequências, de acordo com a necessidade e em diferentes lugares. O controle pode ser tanto programado, quanto por acionamento manual.

2.3.2 Dispositivos de solda robotizados

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 servomotorizados com alimentação e descarga automática (MOTA, 1992). Para que se leve à automatização dos processos, passa-se por condições de trabalho favoráveis, elevada capacidade de demanda e assim como de produção (ALVES; 2009).

Os dispositivos de solda para o processo de soldagem robotizado são fabricados de acordo com a necessidade do cliente, buscando sempre o melhor acesso de soldagem para o manipulador, conforme ilustra a Figura 7, um dispositivo de solda robotizado.

Figura 7: Dispositivo de Solda Robotizado

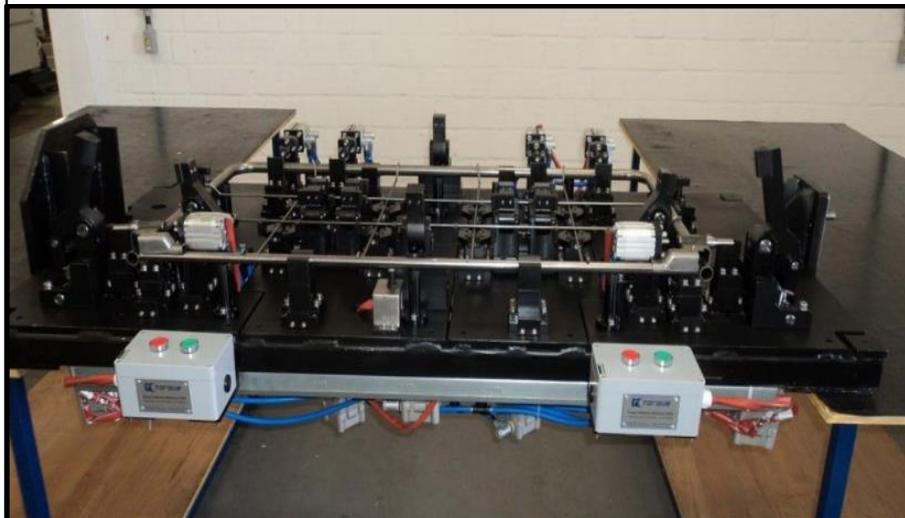


Fonte: Dalca (2021).

2.3.3 Dispositivos de solda semiautomáticos

Os dispositivos de solda semiautomáticos possuem mecanismos automáticos que acionam componentes de aperto de fixação, movimentação e posicionadores, por comandos elétricos que são pneumáticos e hidráulicos, dando eficiência e segurança ao processo (TORQUE METAL, 2014). A Figura 8 ilustra um dispositivo semiautomático, que contém um sistema pneumático para facilitar o processo de soldagem de uma peça.

Figura 8: Dispositivo Semiautomático



Fonte: Torque Metal (2021).

2.3.4 Elementos de transmissão e movimentação

O mancal é um componente utilizado em dispositivos e máquinas que tem como função a ancoragem para a transmissão mecânica em meios girantes. Geralmente são produzidos de aço ou ferro fundido e ramificado. Estão propensos a forças de atrito por causa da rotação do eixo. Para que haja uma boa transmissão de potência, deve-se obter o elemento em questão, sendo ele essencial em qualquer dispositivo. São dois os tipos de mancais, de deslizamento e rolamento; sendo, respectivamente, usada bucha presa ao suporte e para apoio do eixo (ABECOM, 2020). Na Figura 9, tem-se um exemplo de mancal.

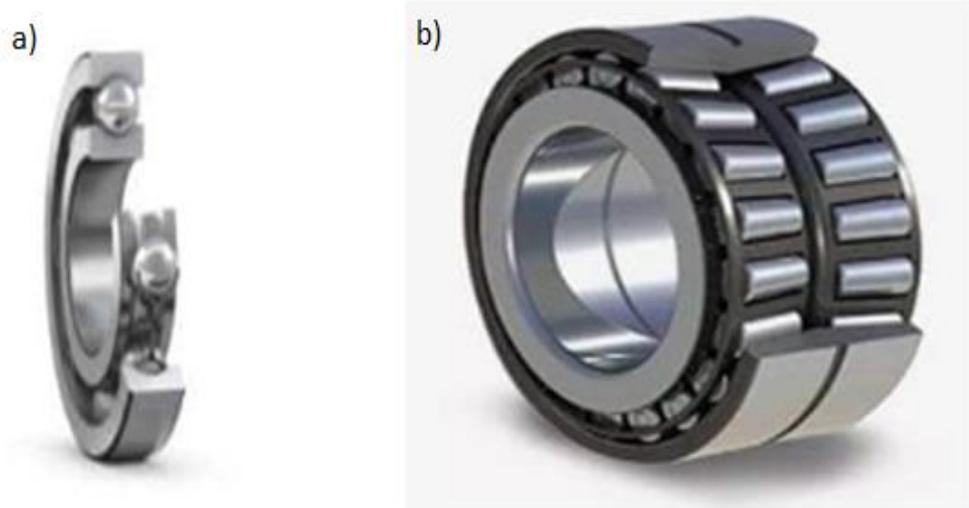
Figura 9: Mancal



Fonte: Abecom (2020).

Os rolamentos oferecem e conduzem objetos rotativos e oscilantes, apresentam alta precisão e atrito baixo e, devido a isso, suportam velocidades de rotação altas, diminuindo o calor, o ruído, o desgaste e o consumo de energia. Divide-se em esferas, que é mais frequente em aguentar cargas radiais e axiais como demonstra a Figura 10(a); rolos cônicos, que exibem pistas de anel interno e externo cônicos, aguentando pesos juntos, ou seja, cargas axiais e radiais, exemplificado na Figura 10(b) (SKF, 2020).

Figura 10: (a) rolamento de esferas; (b) rolamento de rolos cônicos



Fonte: SKF (2020).

Os guias lineares são utilizados para que o trabalhador tenha mais facilidade ao operar o dispositivo e ajustar de forma correta, o aparelho trabalha através do rolamento, onde possui as esferas, trazendo maior precisão em seu deslocamento. Os fatores citados levam a diminuição do atrito, movimento leve, com posicionamento adequado, entre outros fatores. Estão ilustradas, na Figura 11(a) o guia que é montado junto com o patim, que está ilustrado na Figura 11(b) e juntos formam o conjunto do guia linear; a Figura 11(c) ilustra o exemplo de um fuso (AVA LINAR SYSTEM, 2019).

Figura 11: (a) guia; (b) patim; (c) fuso



Fonte: Ava Linear System (2019).

Os patins propiciam maior estabilidade, pouco atrito e maior velocidade, sendo um item muito rígido e robusto. Os fusos, por sua vez, realizam a transferência linear e ajudam no transporte de uma carga com maior peso (AVA LINAR SYSTEM, 2019).

2.3.5 Equipamentos para automação

Os sensores fazem a leitura de grandezas físicas do ambiente e convertem-nas em pulsos elétricos, que se entendem através de circuitos eletrônicos. Os mais importantes sensores são: de proximidade indutiva, de proximidade capacitiva, de sensor ultrassônico e sensor óptico (SILVA, 2018). De acordo com o autor, os sensores, apresentam-se de forma digital ou analógica e realizam a análise da existência de objetos que chegam perto dele causando os pulsos elétricos que serão compreendidos pelo Controlador Lógico Programável (CLP).

O controlador lógico programável é um aparelho físico e eletrônico que possui memória interna programável e que acumula orientações lógicas binárias. É onde se realiza a obtenção de informações através do sistema automatizado, os quais se convertem os sinais físicos captados a partir de sensoriamento, como a pressão, nível da água, velocidade, em sinais analógicos. Realiza-se também a administração de atuadores, os quais fornecem o sinal de início e interrupção de motores (SILVA, 2018).

De acordo com Leite (2018), inversores de frequência ajustam a frequência dos motores elétricos, controlando a variação da rotação dos mesmos. Controlam a velocidade do motor de acordo com a sua frequência, se a frequência se apresentar maior, por consequência a velocidade do motor também será e se a frequência for baixa, a velocidade do motor também estará baixa. Isso é, a relação frequência e velocidade de rotação do motor são diretamente proporcionais. São aparelhos que exibem uma elevada habilidade para ajudar no acondicionamento de energia elétrica por meio de frequência de alimentação de motores pertinentes a demanda de carga.

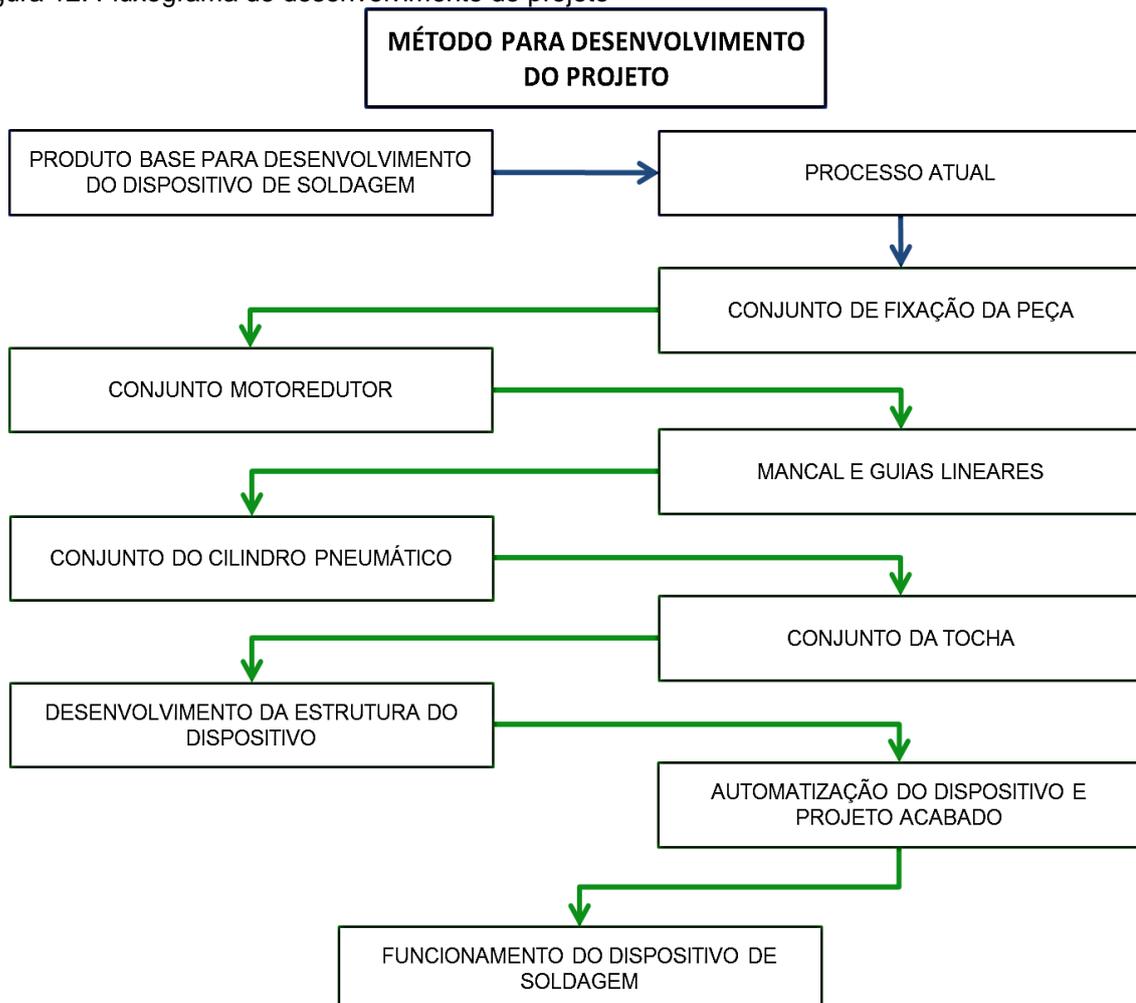
Os motorreduzores são aparelhos que possibilitam modificar a rotação de saída contínua ou simples, onde o motor está a todo o momento na rotação nominal, e por este motivo, há desperdício de energia. Apresentam bastantes benefícios, pois apontam um composto de engrenagem que possibilita mais assertividade nos ajustes. Possui propriedades construtivas, onde o seu uso é restringido por algumas faixas de rotação e potência, que por sua vez, podem melhorar condicionamento de velocidade e torque (LEITE, 2018).

3 METODOLOGIA

Para a realização do desenvolvimento do projeto do dispositivo de soldagem semiautomatizado para peças cilíndricas, foram utilizados os parâmetros baseados na oportunidade de melhoria que a Indústria Metalúrgica necessita em seus processos de soldagem. A empresa está em constante crescimento e com isso vem o aumento da produtividade e a necessidade de produzir com qualidade, garantindo as tolerâncias especificadas nos produtos.

Para tal, foi necessário buscar em bases de dados informações acerca do tema proposto, para que possam ser exemplificadas as abordagens utilizadas. Para um entendimento melhor do tema, segue o fluxograma que descreve o passo a passo do método utilizado para o desenvolvimento do projeto do dispositivo de soldagem, conforme ilustrado na Figura 12.

Figura 12: Fluxograma de desenvolvimento do projeto



Fonte: Elaborado pelo autor (2022).

3.1 MÉTODOS E TÉCNICAS UTILIZADOS

No desenvolvimento do projeto, foram feitas avaliações do projeto do produto base, onde se estudou tolerâncias especificadas nos desenhos e informações dos outros componentes que irão formar o conjunto soldado. Foi analisado o dispositivo e o processo de soldagem atual utilizado para a manufatura do produto, o mesmo ainda será necessário para pontear a peça antes de levá-la para soldar no novo dispositivo projetado. Estas informações foram coletadas a partir de observações e os tempos de produção medidos durante o processo produtivo do produto em questão, onde foram considerados os dados seguintes: movimentações, montagem dos itens para formar o conjunto, pontos de acesso para a tocha efetuar a soldagem, adversidades durante o processo produtivo.

O primeiro passo da sequência lógica utilizada no processo de desenvolvimento do dispositivo de soldagem semiautomatizado foi à definição do sistema de fixação da peça, onde foram utilizados encostos, pinos posicionadores e apertos para garantir as tolerâncias especificadas no projeto de acordo com o produto base. Para o sistema de rotação da peça, foi criado o conjunto do motoredutor e em seguida, foi desenvolvido um mancal para sustentação e movimentação da peça. Após, foi criado o conjunto de indexação da mesma, feito com acionamento pneumático por um cilindro.

Também foi definido o acionamento da tocha de solda, onde foi necessário desenvolver sistemas de regulagem por fuso e acionamento pneumático para acionar a tocha automaticamente. A parte da estrutura na qual será montado o dispositivo foi desenvolvida para a utilização de tubos de sustentação de aço carbono e chapas metálicas de aço carbono SAE 1020. Para realizar a automatização do mesmo, foram usados conjuntos elétricos e eletrônicos no dispositivo, constituído de sensores, um inversor e um CLP. Por fim, uma explicação passo a passo sobre o funcionamento do dispositivo de soldagem, de como o operador irá trabalhar no mesmo.

3.2 MATERIAIS E EQUIPAMENTOS

O dispositivo foi modelado utilizando o *software* CAD PTC CREO, onde foram utilizados os parâmetros e unidades de medida em milímetros, quilogramas e segundos. Todos os conjuntos do dispositivo de soldagem, com suas dimensões

foram detalhados nos desenhos técnicos, assim como suas tolerâncias para fabricação.

No projeto, foram considerados para a futura fabricação do dispositivo, a utilização de materiais já trabalhados pela empresa. Uma grande gama de chapas metálicas, tubos e perfis e, também outros componentes que foram feitas pesquisas com fornecedores e catálogos na internet que pudessem atender os requisitos necessários de projeto. Para que não seja necessária a terceirização dos componentes, foi pensado na melhor forma de produzi-los dentro da empresa. Isso com o intuito de deixar o projeto mais viável e que possa ser fabricado todo ele em casa, contando com os processos e máquinas que seriam necessários para a fabricação do projeto:

- a) Material de consumo (chapas, perfis, tubos, etc.);
- b) Máquina corte laser (corte de chapas metálicas);
- c) Serra (corte de tubos estruturais);
- d) Torno convencional (usinagem de buchas, pino, guias e eixos);
- e) Fresadora (usinagem de chapas, encostos e peças que precisam de furação mais precisa);
- f) Furadeira de bancada (furos e roscas em peças de acordo com a necessidade);
- g) Equipamento de soldagem MAG (unir peças que formarão conjuntos soldados);
- h) Pintura (pintar o dispositivo conforme a norma de cores da empresa).

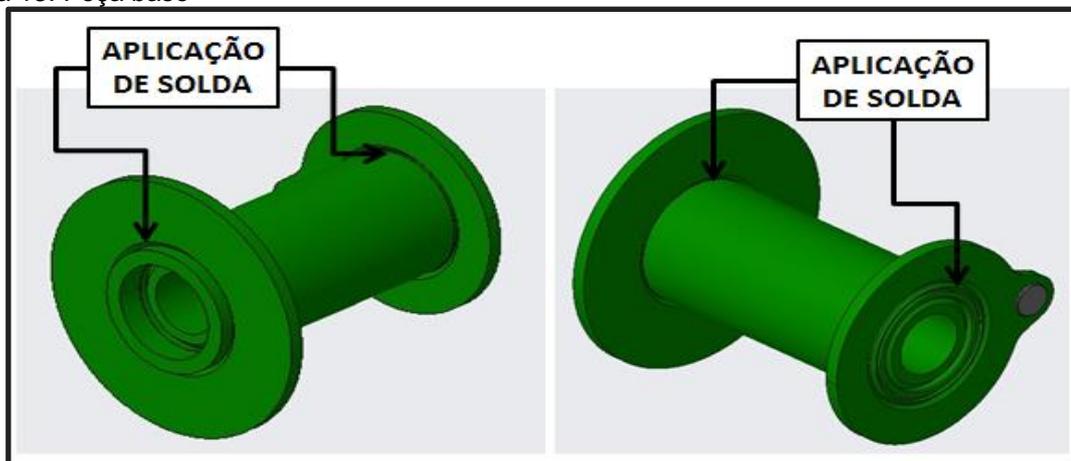
4 APRESENTAÇÃO E ANÁLISE DOS RESULTADOS

Neste capítulo estão exibidos os resultados de como foi feito o desenvolvimento do projeto do dispositivo de soldagem com base na aplicação da metodologia apresentada anteriormente.

4.1 PRODUTO BASE PARA DESENVOLVIMENTO DO DISPOSITIVO DE SOLDAGEM

Para o desenvolvimento do presente trabalho, do qual a empresa tem maior necessidade para atender sua demanda de produção e oportunidade de melhoria, foi utilizado um produto base, que pesa aproximadamente 80 kg, que terá os principais pontos de aplicação de soldagem contínua em suas juntas de canto, conforme ilustrado na Figura 13. Nele, foi feito um estudo a cerca das suas tolerâncias dimensionais, que devem atender valores máximos de até +0,1 mm e mínimos de até -0,5 mm das medidas solicitadas, e requisitos de projeto para ser aplicada a solda.

Figura 13: Peça base



Fonte: Elaborado pelo autor (2022).

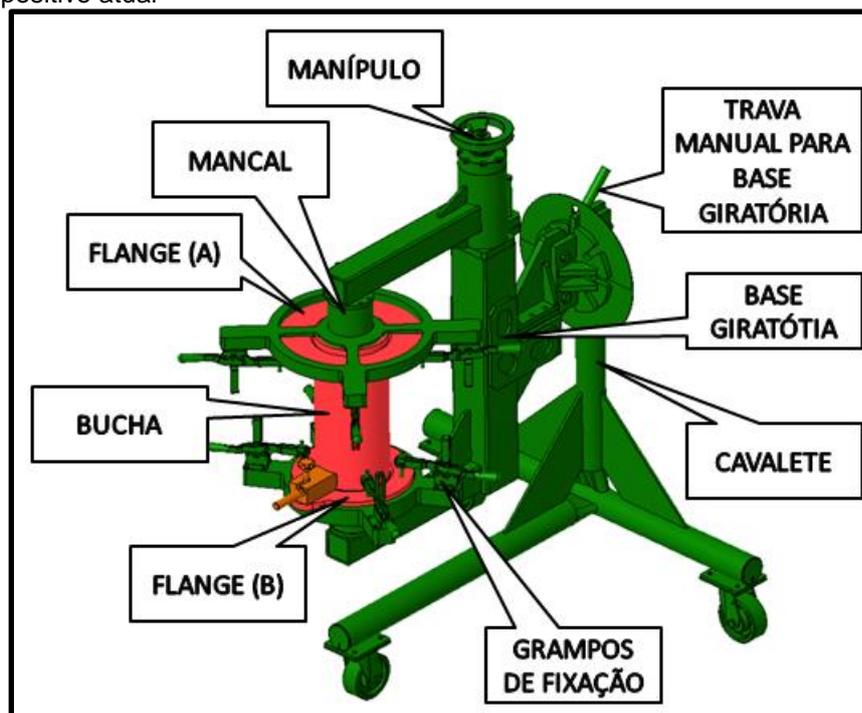
No início, o conjunto será pré-montado com suas peças, ponteadado no gabarito antes de ser soldado no dispositivo. Isso será feito para garantir as dimensões requisitadas no projeto, e assim facilitando a soldagem das mesmas no próximo processo, conforme será descrito ao decorrer do desenvolvimento do projeto.

4.2 DISPOSITIVO ATUAL

O dispositivo atual da peça, conforme Figura 14, tem o início do processo produtivo com o posicionamento do flange (A) na base do mesmo, após isso são fechados os grampos de fixação para realizar o giro da base em 180° e posicionando com a trava manual. Para posicionar o flange (B) e a bucha, é necessário utilizar o manípulo para espaçar as duas bases. Então são posicionados o flange (B) e a bucha para pontear os mesmos e poder soldar.

Primeiramente é efetuada a solda interna, entre os dois flanges, e para isso é realizado o giro da base do dispositivo em 90°, assim tendo acesso para soldar dos dois lados. A solda não é contínua, pelo fato de o soldador não ter acesso para adicionar o cordão de solda no diâmetro inteiro da bucha, logo a solda é intermitente, feita em 3 posições diferentes rotacionando o mancal. Para efetuar a solda externa, na extremidade da bucha, é necessário tirar a peça do dispositivo por não ter acesso para a tocha de solda no mesmo, e colocá-la em uma bancada. Após tirar o item do dispositivo, é adicionada a solda em um lado e depois é virada a peça novamente para soldar do outro lado. Ainda assim a solda é intermitente, por isso ela precisa ser posicionada 3 vezes para completar o cordão de solda em cada um dos lados.

Figura 14: Dispositivo atual

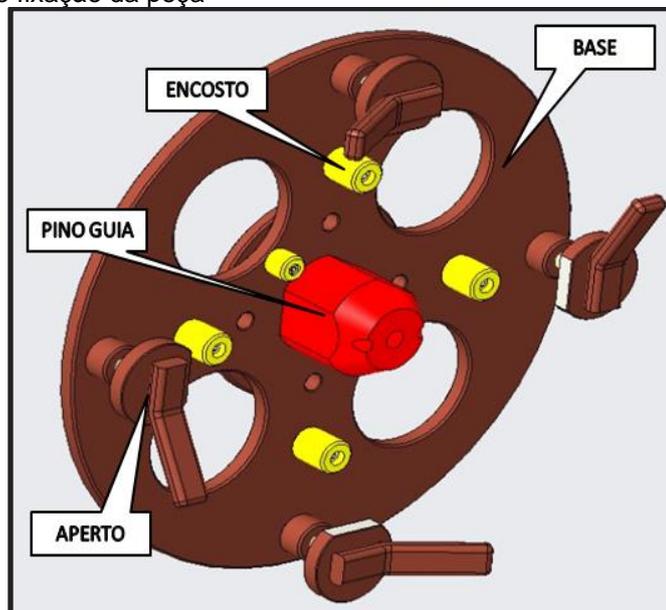


Fonte: Elaborado pelo autor (2022).

4.3 CONJUNTO DE FIXAÇÃO DA PEÇA

Com base no estudo feito do produto, com relação às suas tolerâncias e requisitos de projeto, foi desenvolvido um conjunto de fixação para acoplar a mesma no dispositivo, para evitar possíveis distorções durante o processo de soldagem. Para que isso acontecesse, foi necessária a criação de uma base de aço carbono AISI 1020 que fosse possível montar um pino posicionador e encostos de aço SAE 1045 e um conjunto de apertos que é um sistema similar ao de grampos de fusos rápidos, de aço AISI 1020, conforme ilustrado na Figura 15.

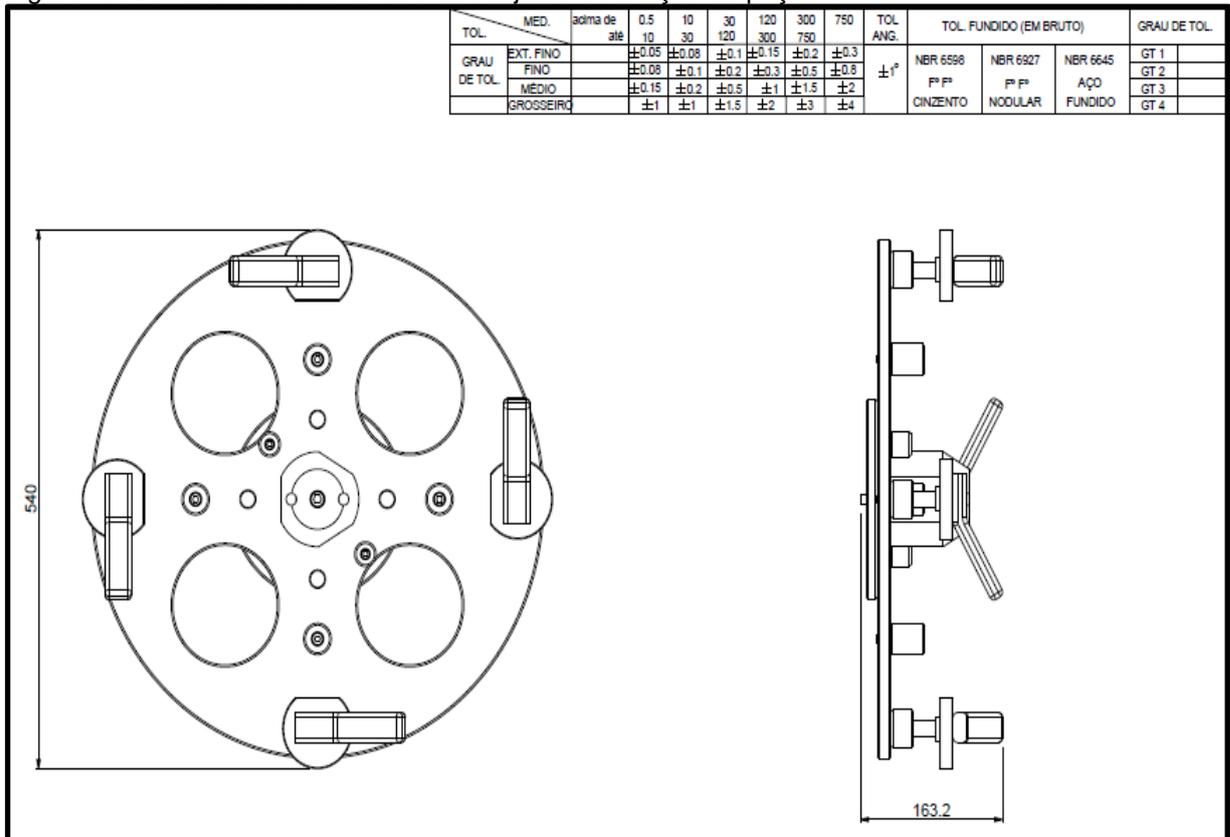
Figura 15: Conjunto de fixação da peça



Fonte: Elaborado pelo autor (2022).

O conjunto de fixação está montado junto a um suporte de fácil montagem que está acoplado ao motorreductor, que será explicado no item seguinte. Os encostos e o pino guia que deverão ser usinados, servirão para garantir o posicionamento da peça de maneira correta com suas medidas e parâmetros conforme solicita o desenho técnico do produto. Os apertos farão com que a peça não sofra deformações durante o processo de soldagem. As dimensões e tolerâncias do conjunto de fixação podem ser observadas, conforme ilustrado na Figura 16.

Figura 16: Dimensões e tolerâncias do conjunto de fixação da peça

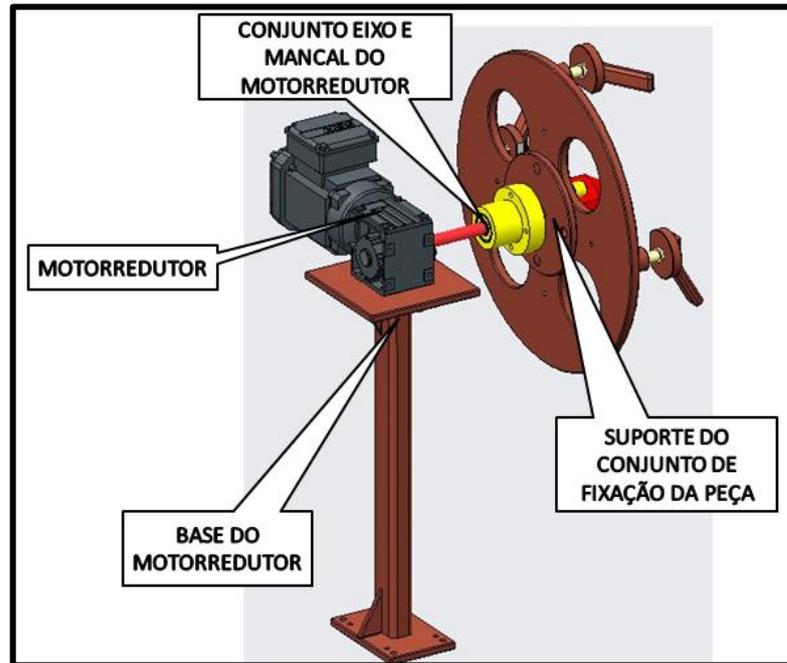


Fonte: Elaborado pelo autor (2022).

4.4 CONJUNTO MOTORREDUTOR

Para o funcionamento do dispositivo, foi necessário adaptar um motorreductor, que atenda aos requisitos de torque, para que a peça não sofra oscilações e trepidações durante a sua rotação, para não comprometer a qualidade da solda. A seleção do motorreductor foi baseada no modelo que estava disponível na empresa e que não está sendo usado, que se tornará mais barato e atende os requisitos desejados para o conjunto. O motorreductor irá exercer um torque sobre o conjunto que está montado ao eixo e ao seu mancal, onde está fixado o suporte do conjunto de fixação da peça, conforme ilustrado na Figura 17.

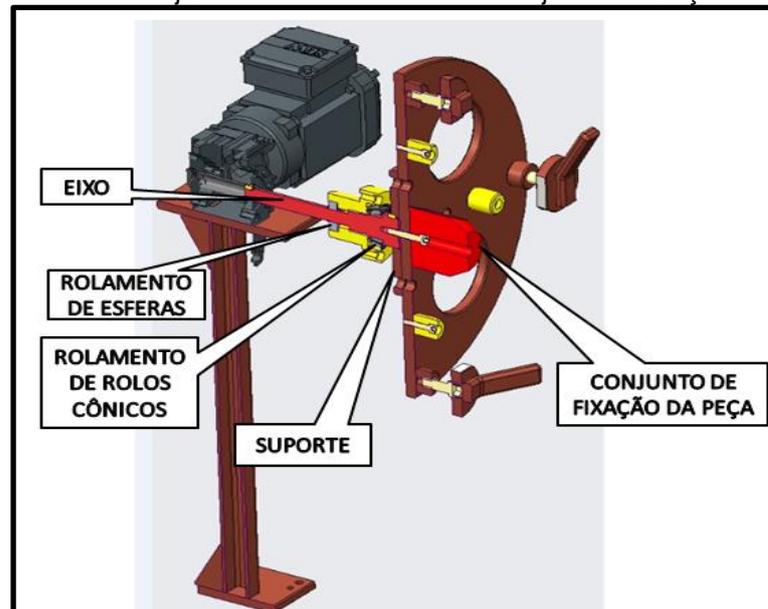
Figura 17: Conjunto do motorreductor



Fonte: Elaborado pelo autor (2022).

Na Figura 18 a seguir, podemos observar uma vista em corte da montagem dos conjuntos, onde o conjunto de fixação da peça está fixado junto ao suporte e ao eixo que liga ao motorreductor para que girem juntos. O suporte foi desenvolvido para que facilite a montagem do conjunto de fixação e também, para que no caso de haver a troca de uma peça a ser soldada e, conseqüentemente, a troca do conjunto de fixação, apenas seja necessária a cópia de furação do suporte para a montagem do novo conjunto de fixação.

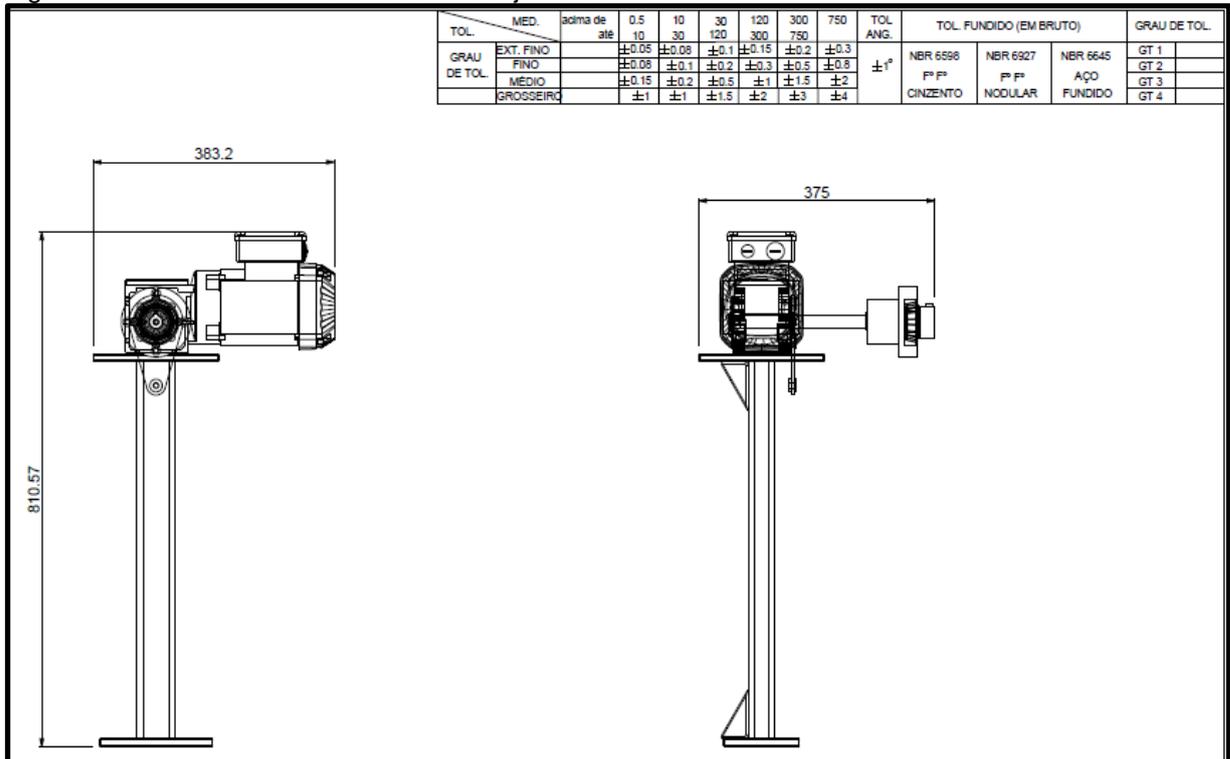
Figura 18: Vista em corte do conjunto do motorreductor e do conjunto de fixação



Fonte: Elaborado pelo autor (2022).

O eixo, de aço SAE 1045, está montado no mancal, que conta com dois rolamentos para auxiliar na rotação dos conjuntos e amenizar esforços que podem causar danos ao motorreductor. Foi necessário o uso de rolamento de rolos cônicos pelo esforço de compressão que a peça irá sofrer no momento em que o cilindro pneumático exercer sua força. As dimensões e tolerâncias do conjunto do motorreductor podem ser observadas conforme ilustrado na Figura 19.

Figura 19: Dimensões e tolerâncias do conjunto do motorreductor



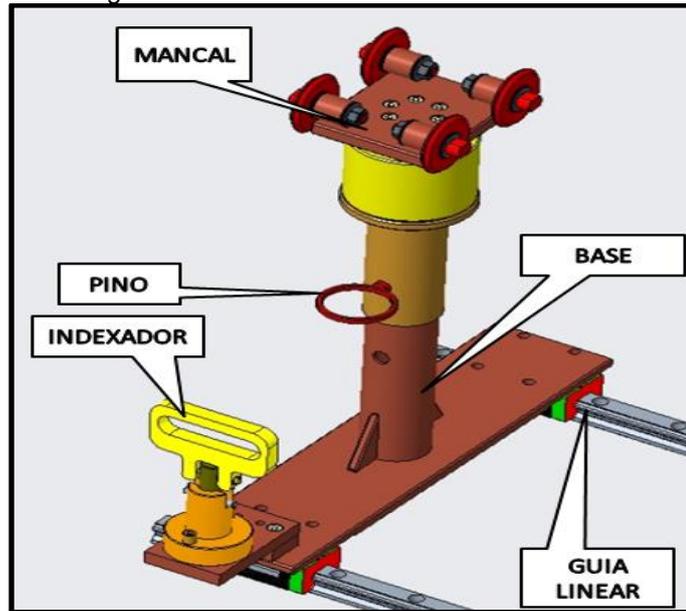
Fonte: Elaborado pelo autor (2022).

4.5 MANCAL E GUIAS LINEARES

O mancal foi projetado com o propósito de facilitar o manuseio da peça base do projeto, para o seu processo de soldagem. O operador pode apoiar o item no mancal, com o auxílio de uma talha elétrica, e posicionar o mesmo no conjunto de fixação do dispositivo. Também em sua base, foi feito um sistema de ajuste que deixa o mancal em duas posições no caso da necessidade de troca de peça para soldar no dispositivo, onde pode ser travado com um pino quando necessário.

Com o mesmo propósito do desenvolvimento do mancal, a utilização de guias lineares montados na base do conjunto, irá facilitar a movimentação e ajuste de posicionamento do carro, podendo ser travado com um indexador de acordo com a necessidade, conforme ilustrado na Figura 20.

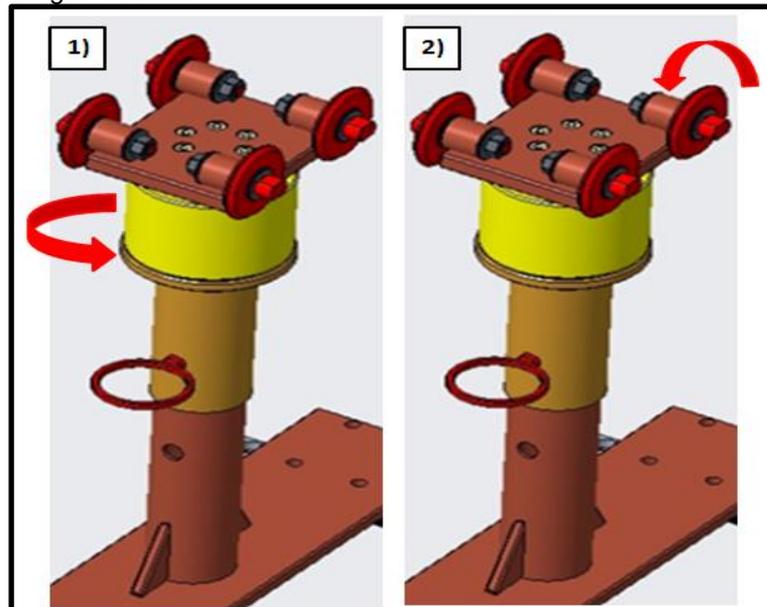
Figura 20: Conjunto mancal e guias lineares



Fonte: Elaborado pelo autor (2022).

Seu funcionamento consiste em efetuar dois giros, conforme ilustrado na Figura 21 (1) no sentido em que permite virar peça de lado para efetuar a soldagem da mesma em ambos os lados; Figura 21 (2) o outro giro é efetuado no sentido onde a peça gira conforme a rotação do motorreductor, e assim também dando sustentação ao conjunto, fazendo com que não tenha tanto esforço no eixo do motorreductor.

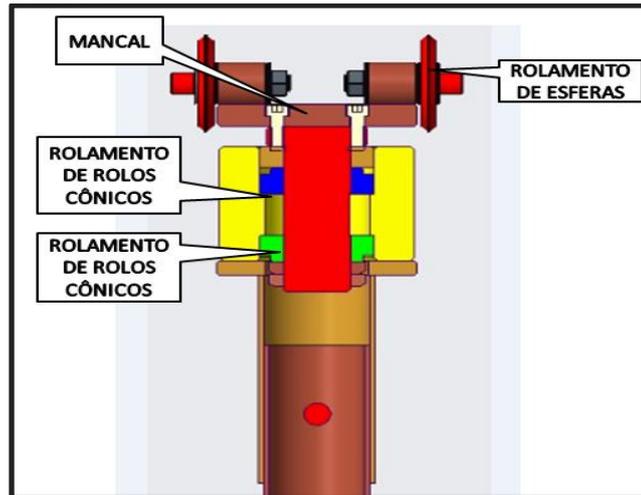
Figura 21: Sentido de giro mancal



Fonte: Elaborado pelo autor (2022).

Para efetuar os giros do mancal, foram utilizados dois tipos de rolamentos: os rolamentos de rolos cônicos e rolamentos de esferas, que são os mais usuais pela empresa, conforme ilustrado na Figura 22, uma vista em corte do conjunto. A escolha dos rolamentos foi baseada no peso da peça e de acordo com as características de cada tipo de rolamento.

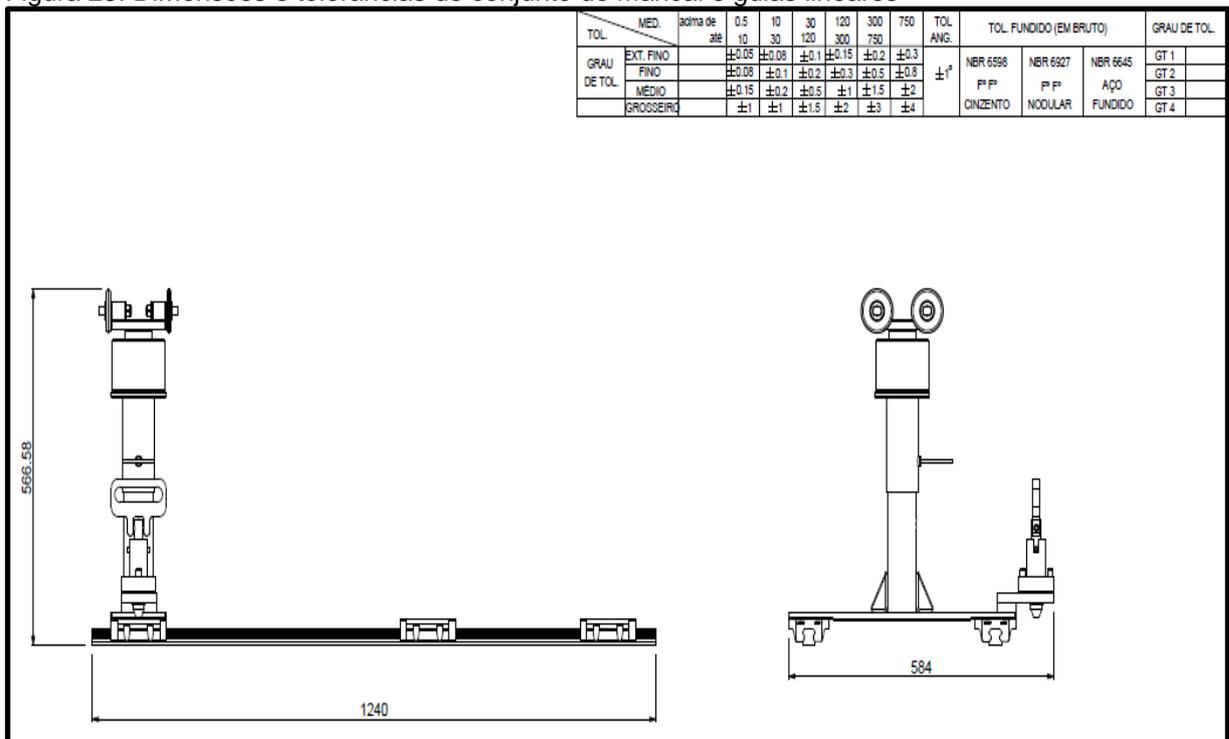
Figura 22: Vista em corte mancal



Fonte: Elaborado pelo autor (2022).

As dimensões e tolerâncias do conjunto do mancal e guias lineares podem ser observadas, conforme ilustrado na Figura 23.

Figura 23: Dimensões e tolerâncias do conjunto do mancal e guias lineares



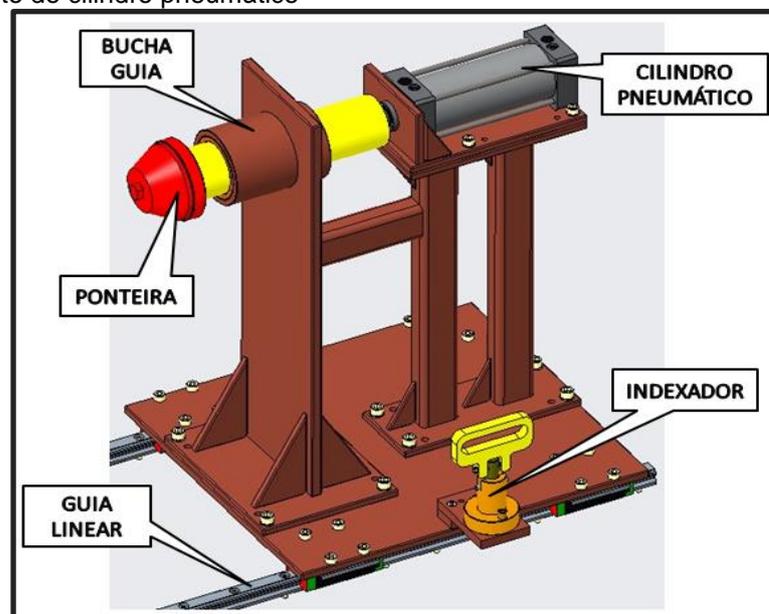
Fonte: Elaborado pelo autor (2022).

4.6 CONJUNTO DO CILÍNDRIO PNEUMÁTICO

Para fazer o aperto do item a ser soldado de forma automática e que faça uma força suficiente para que a peça gire junto com o motor, foi desenvolvido um conjunto de indexação com um cilindro pneumático. O cilindro que está sendo utilizado, assim como o motorreductor, já é usual pela empresa e atende os requisitos de força necessária para a indexação da peça.

Foi necessária uma base robusta, soldada com tubos de aço SAE 1020 de perfil retangular com de 60 x 40 x 4,75 mm e chaparia em aço SAE 1020, para a montagem do cilindro e da bucha guia. Para suportar os esforços que o conjunto sofrerá ao aplicar a força na peça. Da mesma forma como no conjunto do mancal, o carro do cilindro pneumático corre nas mesmas guias lineares para melhor ajuste de posicionamento, contando com o mesmo sistema de indexador para travar o conjunto conforme a necessidade. Para realizar o encosto da peça com cilindro, foi desenvolvida uma ponteira, de forma que o encosto gire junto com a peça conforme a rotação do motorreductor. Isso, sem deixar de fazer o esforço necessário e assim, não danificando o cilindro pneumático, conforme ilustrado na Figura 24.

Figura 24: Conjunto do cilindro pneumático

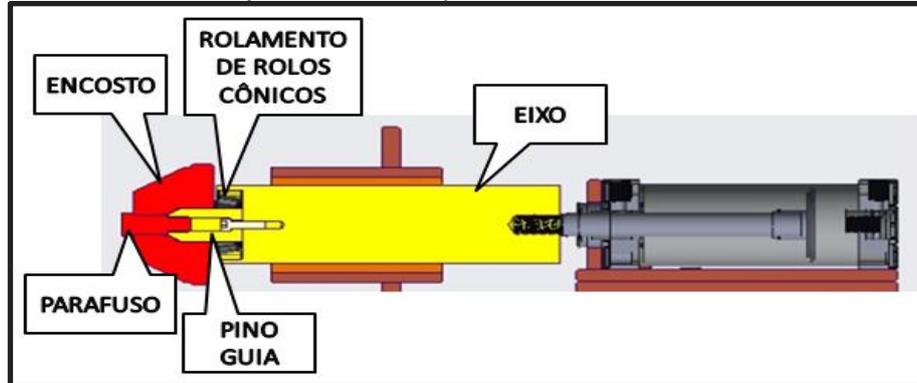


Fonte: Elaborado pelo autor (2022).

Para explicar melhor o funcionamento da ponteira e do cilindro pneumático, podemos observar a vista em corte a seguir, conforme ilustra a Figura 25. O eixo do conjunto está montado no cilindro e é guiado por uma bucha, para que não haja

esforços de cisalhamento ou de flexão, e sim, apenas o esforço de compressão que ele irá atuar sobre a peça.

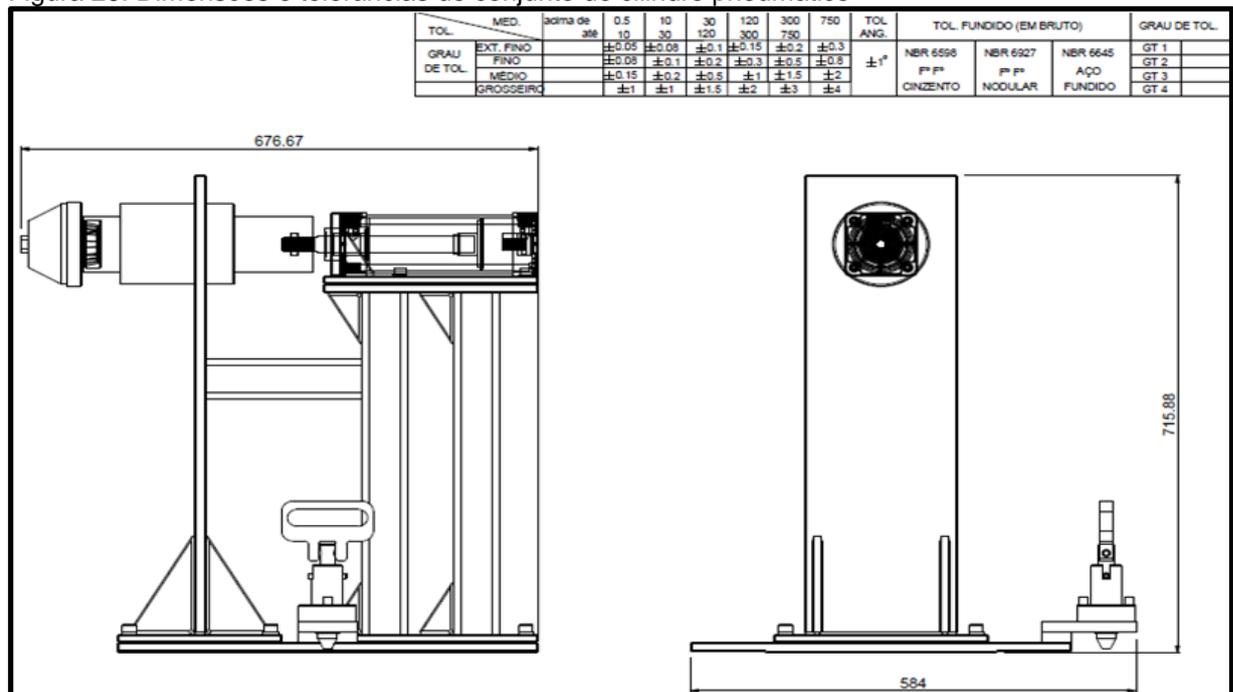
Figura 25: Vista em corte do conjunto do cilindro pneumático



Fonte: Elaborado pelo autor (2022).

Em sua montagem, para que o encosto faça o aperto sobre a peça, e que não gire junto com o cilindro, foi montado um rolamento de rolos cônicos em um rebaixo feito no cilindro. Assim, o encosto gira guiado pelo pino guia e o parafuso na montagem e o esforço fica inteiramente no rolamento, sem causar esforço de torção sobre o cilindro pneumático. O material utilizado para o conjunto da ponteira é o aço SAE 1045, e todos os componentes deverão ser usinados. As dimensões e tolerâncias do conjunto do cilindro pneumático podem ser observadas, conforme ilustrado na Figura 26.

Figura 26: Dimensões e tolerâncias do conjunto do cilindro pneumático

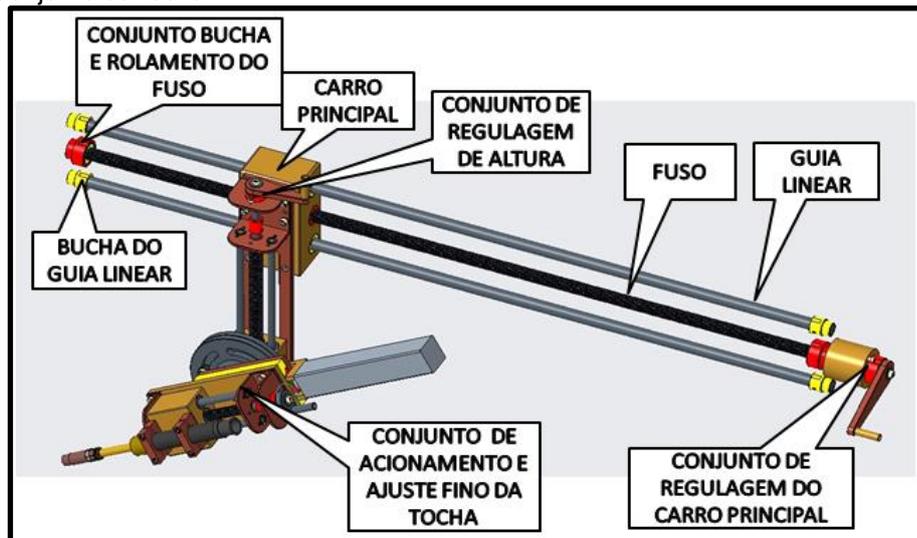


Fonte: Elaborado pelo autor (2022).

4.7 CONJUNTO DA TOCHA

O funcionamento da tocha depende do seu ajuste e regulagem de distância em relação a peça, por isso foram projetados conjuntos de regulagem por manivela, onde os ajustes são feitos manualmente, e irão movimentar os carros nos guias lineares e fusos. Todos os carros, buchas, guias e fusos, deverão ser usinados e de aço SAE 1045. Cada fuso conta com um rolamento de esferas em cada lado para auxiliar no giro e ficar mais leve para o trabalho. O conjunto do carro principal, é responsável pela aproximação horizontal junto a peça, nele estão montados o conjunto de regulagem de altura, que é responsável pela aproximação vertical junto a peça e também o conjunto de acionamento e ajuste fino da tocha, que faz a aproximação diagonal, isso pode ser observado conforme ilustra a Figura 27 a seguir.

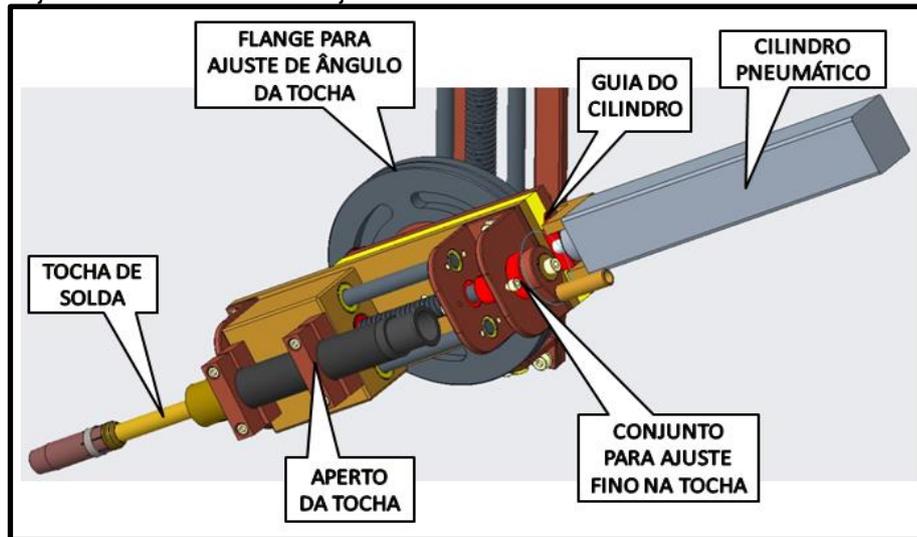
Figura 27: Conjunto da tocha



Fonte: Elaborado pelo autor (2022).

A tocha de solda funciona com acionamento automático, simultaneamente com o cilindro pneumático montado no conjunto. Para que o posicionamento da tocha tenha a distância e o ângulo correto para aplicar a solda, foram projetados alguns conjuntos de ajuste, conforme ilustrado na Figura 28. O conjunto com o flange, de aço AISI 1020, serve para ajustar o ângulo em que a tocha vai atuar para a soldagem do item. Um guia para o cilindro pneumático, para quando ser acionado o conjunto de ajuste fino e também foram projetados fusos e guias lineares, para ajustes milimétricos da tocha em relação a peça.

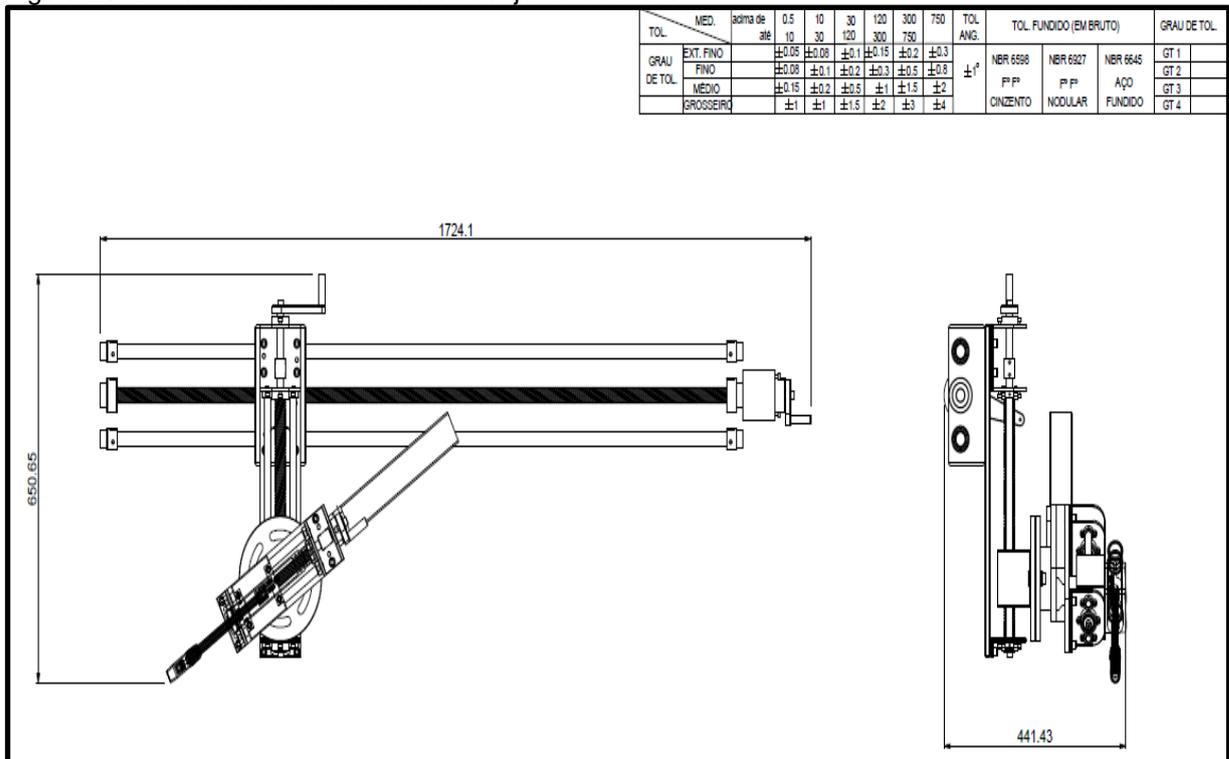
Figura 28: Conjunto de acionamento e ajuste fino da tocha



Fonte: Elaborado pelo autor (2022).

As dimensões e tolerâncias do conjunto da tocha podem ser observadas, conforme ilustrado na Figura 29.

Figura 29: Dimensões e tolerâncias do conjunto da tocha



Fonte: Elaborado pelo autor (2022).

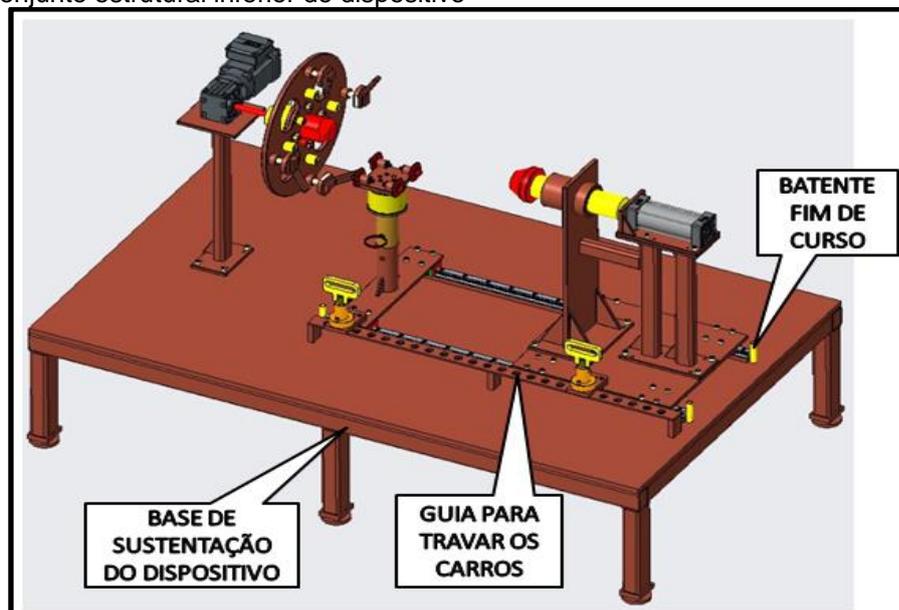
4.8 DESENVOLVIMENTO DA ESTRUTURA DO DISPOSITIVO

Após desenvolver os conjuntos principais para o funcionamento do dispositivo, foi dado início ao projeto de estruturação do mesmo. A estrutura foi

desenvolvida para ser robusta e tornar fácil o manuseio do dispositivo, deixando a uma altura correta para o operador e segura o suficiente, conforme avaliado pelo setor de segurança do trabalho. Para o projeto da estrutura do dispositivo, foram utilizados tubos de aço SAE 1020 com de perfil quadrado e dimensões 60 x 60 x 4,75 mm e tubos de aço SAE 1020 com perfil retangular de 80 x 60 x 4,75 mm. Também foi utilizada chaparia com espessuras de chapas com dimensões de 2 a 15,88 mm para que sejam cortadas em máquina laser.

Conforme ilustrado na Figura 30, primeiramente foi projetada uma base de sustentação do dispositivo, onde os conjuntos do motorredutor e que contém os guias lineares são montados no mesmo. Para o travamento dos conjuntos que utilizam guias lineares e o uso dos indexadores dos mesmos, foi projetado um guia para travar os carros, assim facilita o ajuste dos mesmos em diferentes posições, conforme necessário. Também foram projetados batentes de fim de curso, para caso o operador esquecer de travar os carros, os conjuntos não saírem fora dos guias.

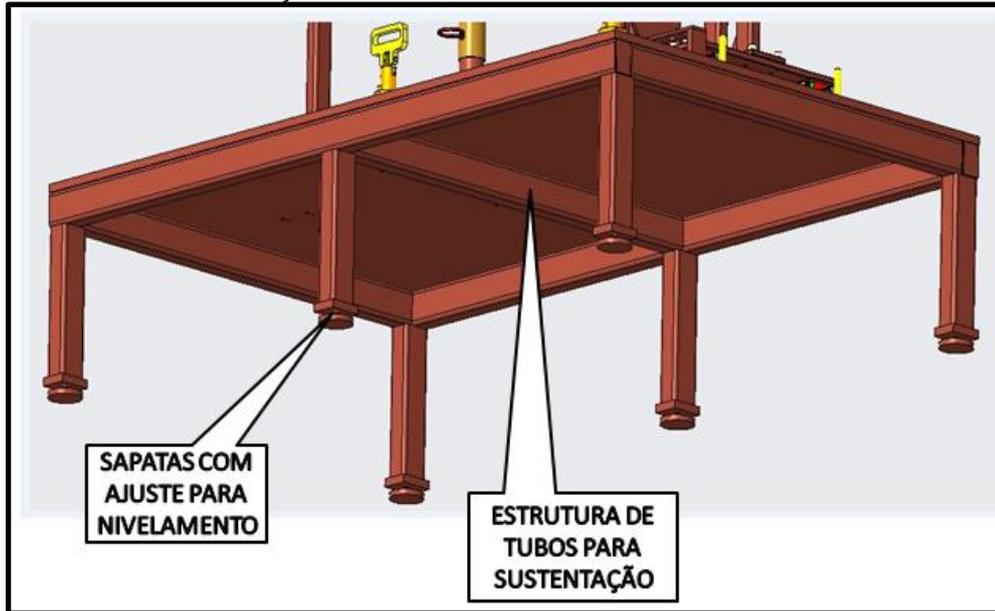
Figura 30: Conjunto estrutural inferior do dispositivo



Fonte: Elaborado pelo autor (2022).

A base do dispositivo conta com uma estrutura de tubos de aço para sustentação e conjuntos de sapatas com ajuste para nivelar o dispositivo de acordo com o piso, conforme ilustrado na Figura 31.

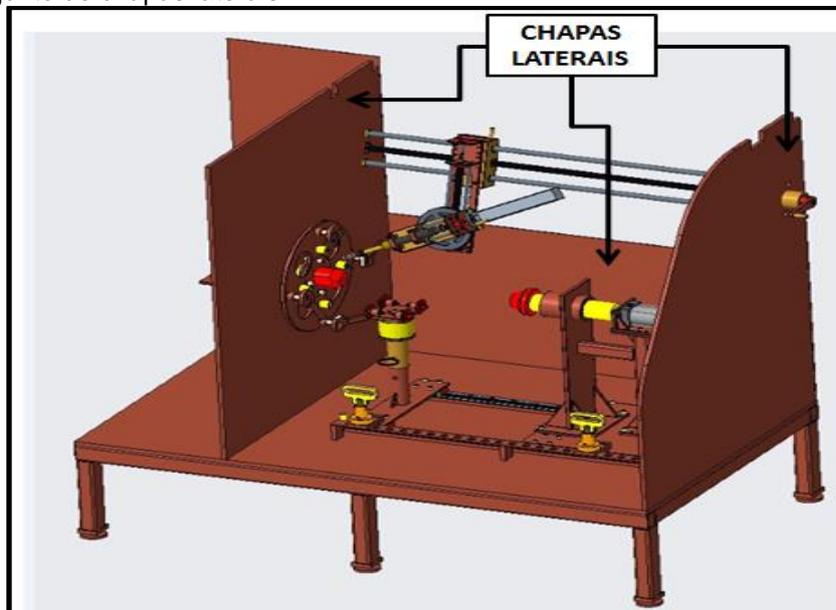
Figura 31: Estrutura de sustentação



Fonte: Elaborado pelo autor (2022).

Para a montagem e sustentação do conjunto de fixação da peça e do conjunto da tocha de solda, foram desenvolvidas chapas laterais que serão soldadas na base da estrutura, conforme ilustrado na Figura 32.

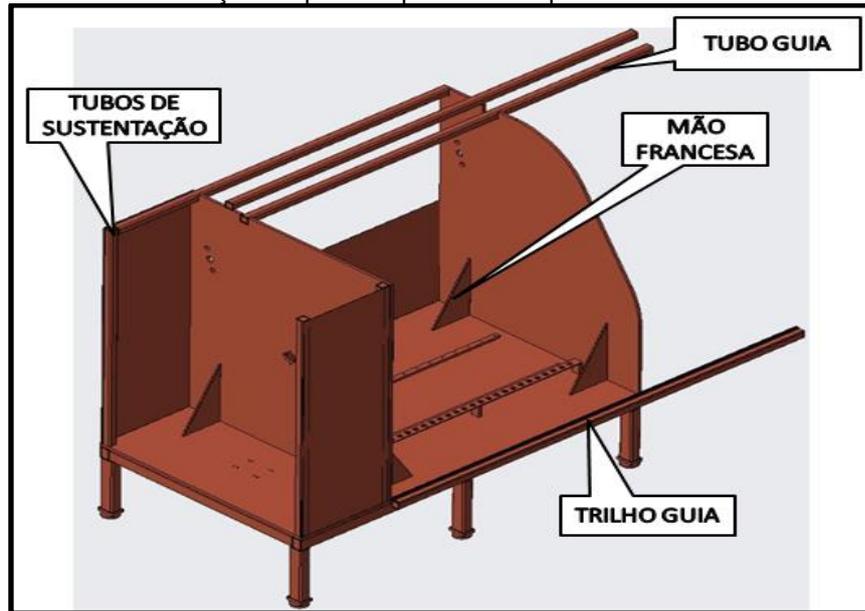
Figura 32: Conjunto de chapas laterais



Fonte: Elaborado pelo autor (2022).

Para dar maior sustentação a parte superior da estrutura, foram utilizados tubos de sustentação e mão francesa, conforme ilustrado na Figura 33. Também foram desenvolvidos tubos e trilho guia na estrutura, para a montagem das portas que serão ilustradas a seguir.

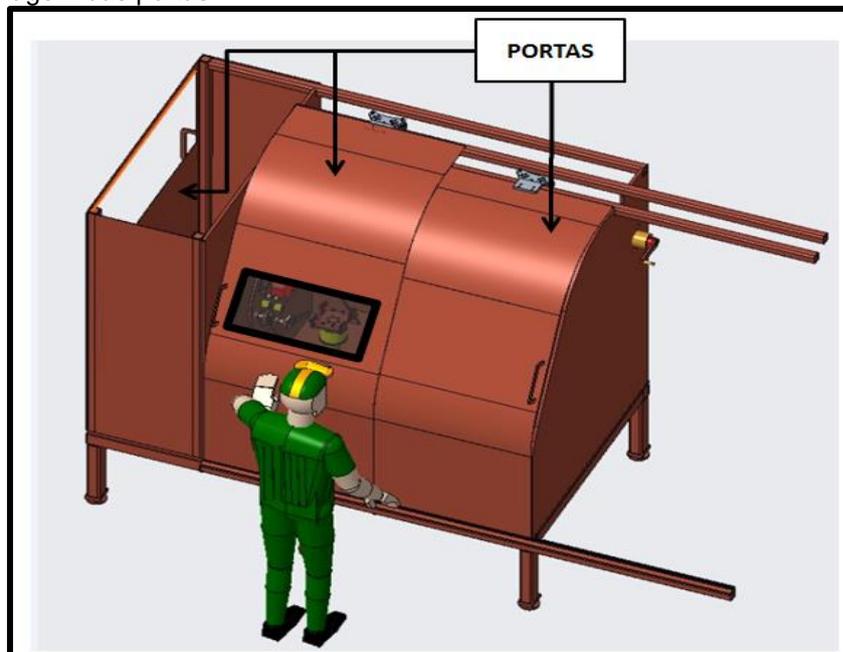
Figura 33: Estrutura de sustentação da parte superior do dispositivo



Fonte: Elaborado pelo autor (2022).

Após projetar toda a estrutura do dispositivo e dar a sustentação ao mesmo, foram colocadas portas para aumentar a segurança do dispositivo na hora da utilização, como foi orientado pelo técnico em segurança do trabalho da empresa, conforme ilustrado na Figura 34.

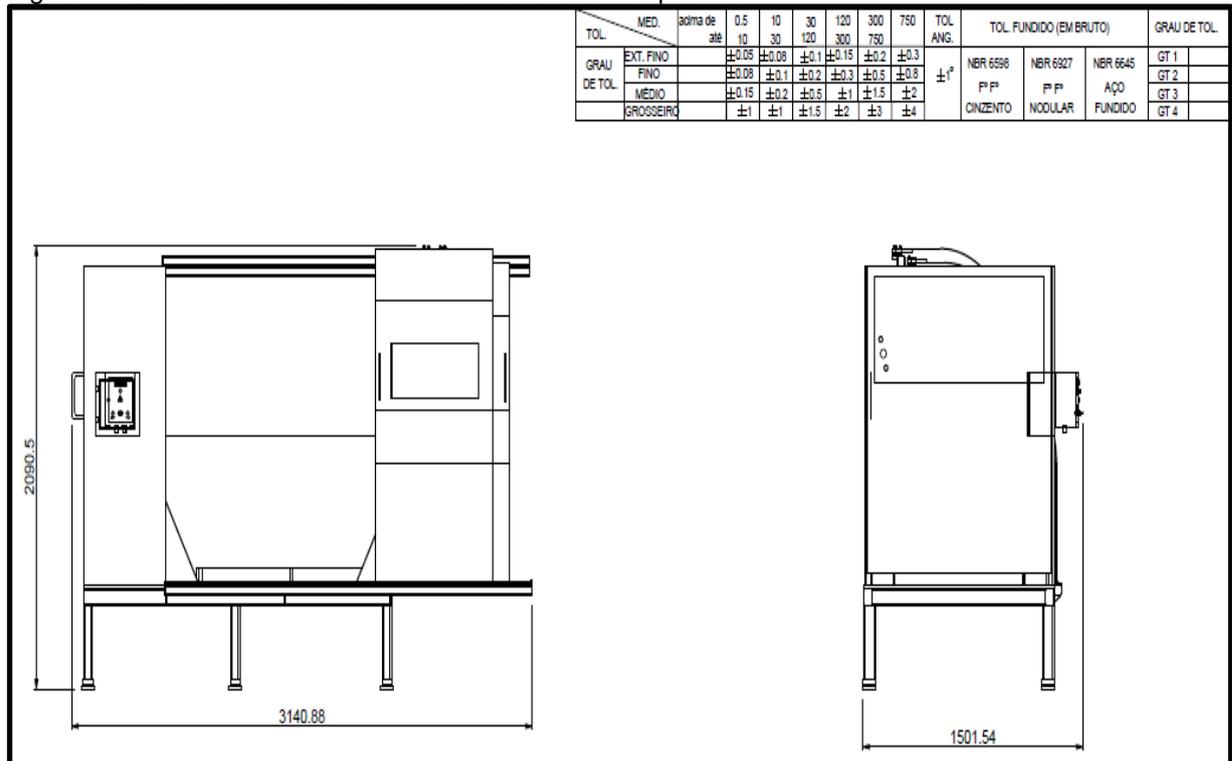
Figura 34: Montagem das portas



Fonte: Elaborado pelo autor (2022).

As dimensões e tolerâncias da estrutura do dispositivo podem ser observadas, conforme ilustrado na Figura 35.

Figura 35: Dimensões e tolerâncias da estrutura do dispositivo



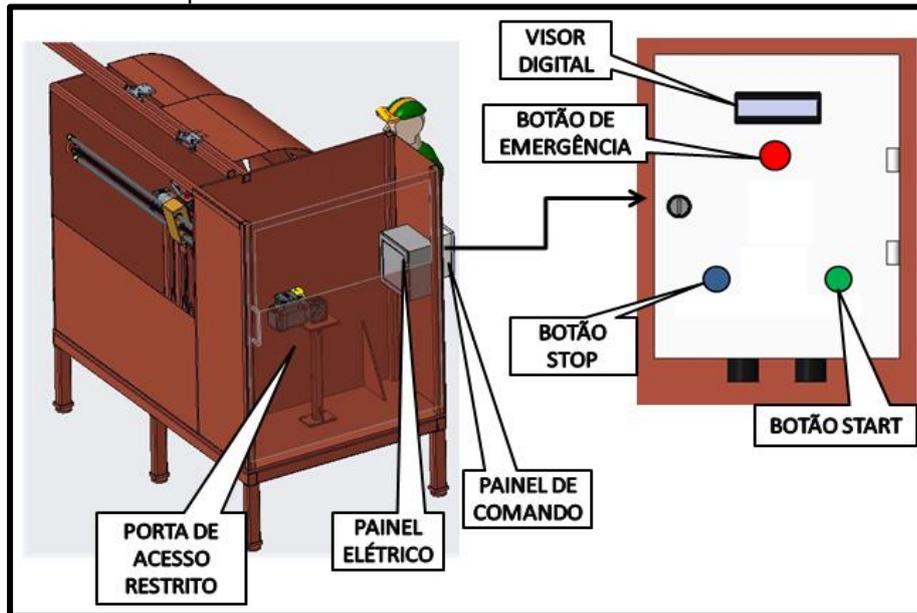
Fonte: Elaborado pelo autor (2022).

4.9 AUTOMATIZAÇÃO DO DISPOSITIVO E PROJETO ACABADO

Por fim, o painel elétrico foi montado ao lado do motorreductor, para que apenas o setor de manutenção tenha acesso ao local e ao lado do operador foi montado o painel de comando, conforme ilustrado na Figura 36. No painel elétrico estarão contidos todos os componentes necessários para a programação elétrica e eletrônica para o funcionamento do dispositivo, assim como, o inversor para controlar a velocidade de rotação do motorreductor e o Controle Lógico Programável (CLP) que será programado de acordo com a necessidade de funcionamento do dispositivo. O painel de comando conta com um visor digital, botão de emergência, botão start e botão stop.

O dispositivo também irá contar com alguns sensores para controle e funcionamento do mesmo, dentre os principais estão: um sensor indutivo junto ao motorreductor, para monitorar quando ele irá completar uma volta e um sensor magnético, para garantir que o dispositivo só entrará em funcionamento se as portas estiverem fechadas. Toda a parte de programação e instalação dos componentes elétricos e eletrônicos será terceirizada.

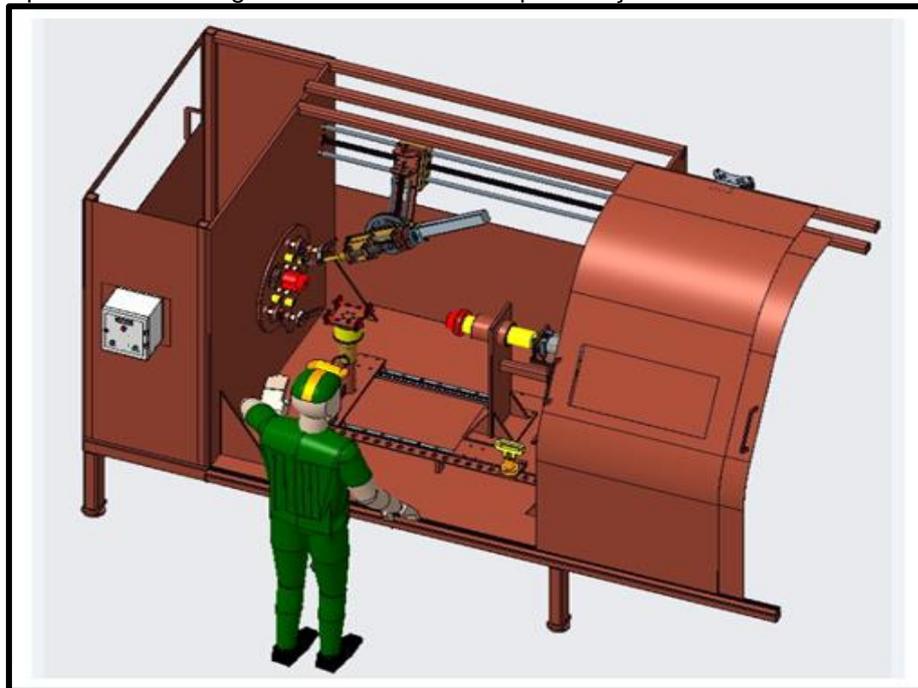
Figura 36: Painel elétrico e painel de comando



Fonte: Elaborado pelo autor (2022).

Na Figura 37, é possível ver o projeto do dispositivo pronto, com todos os conjuntos montados em suas posições.

Figura 37: Dispositivo de Soldagem Semiautomatizado para Peças Cilíndricas



Fonte: Elaborado pelo autor (2022).

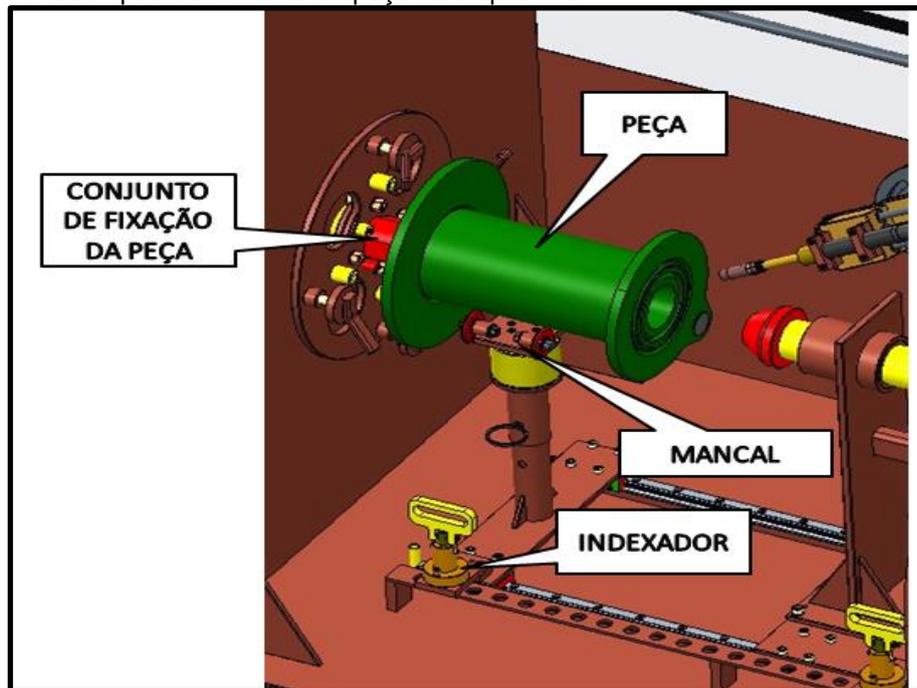
4.10 FUNCIONAMENTO DO DISPOSITIVO DE SOLDAGEM

Para executar o processo de soldagem utilizando o dispositivo projetado, foi elaborado um passo a passo para explicar de forma detalhada, como o operador irá

fazer sua atividade. A seguir, uma sequência operacional do dispositivo desde a montagem da peça até o processo de soldagem final do item:

1° Passo - Para dar início ao processo de soldagem da peça, o operador irá pegar o item já ponteadado e com uma talha elétrica, colocá-lo em cima do mancal, conforme ilustrado na Figura 38. Depois, irá aproximar a peça, utilizando o conjunto do mancal com seus guias lineares, até o conjunto de fixação da peça e acionar o indexador de forma que o carro do mancal fique preso.

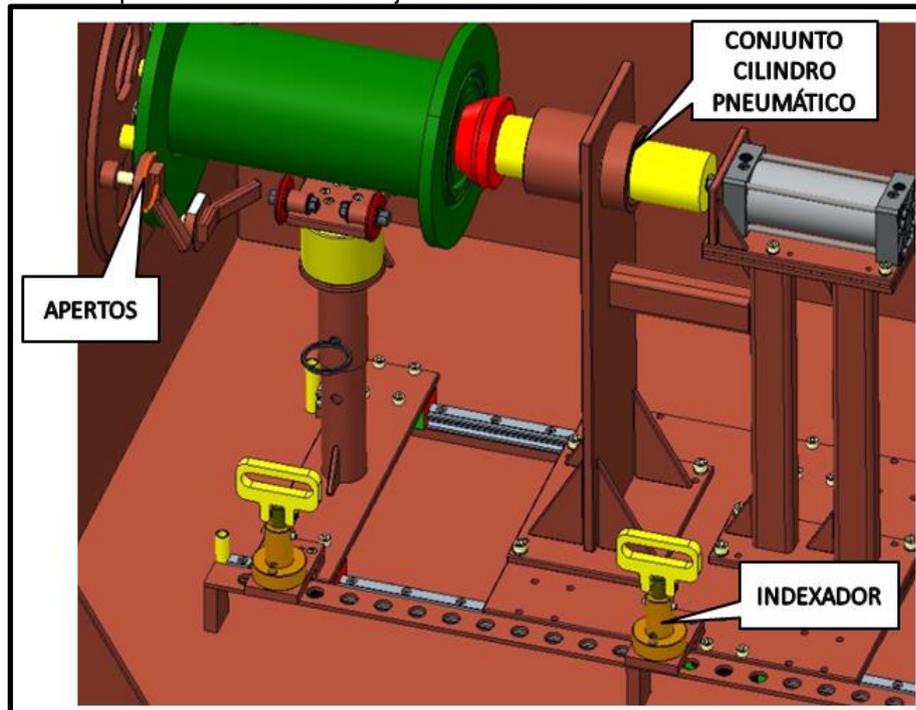
Figura 38: 1° Passo - posicionamento da peça no dispositivo



Fonte: Elaborado pelo autor (2022).

2° Passo - Assim que a peça já estiver posicionada no conjunto de fixação, ela já pode ser presa pelos apertos do conjunto e logo em seguida, aproximar o conjunto do cilindro pneumático e acionar o indexador para que o carro do conjunto fique preso, conforme ilustrado na Figura 39.

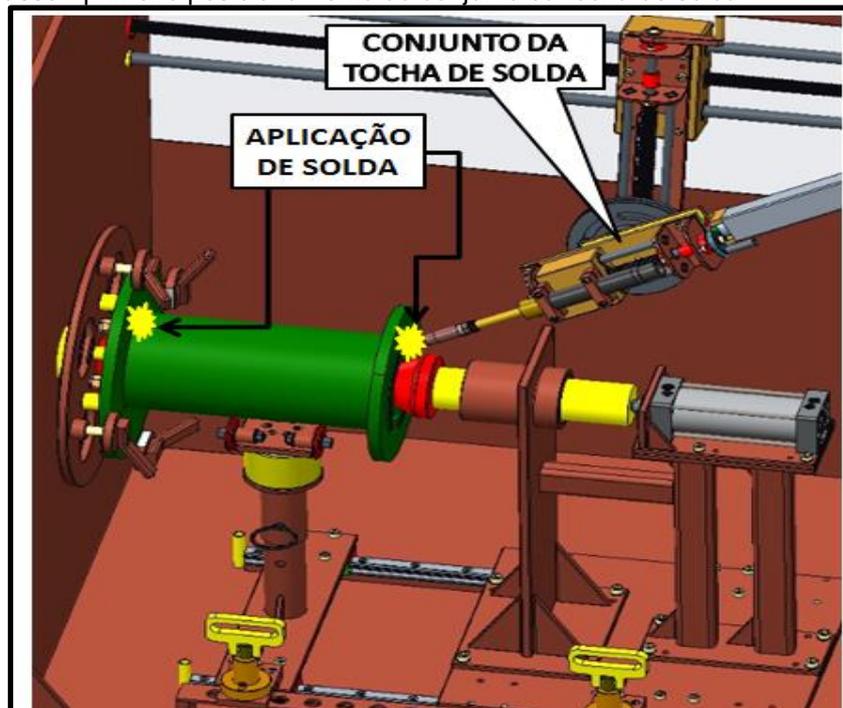
Figura 39: 2º Passo - posicionamento do conjunto do cilindro



Fonte: Elaborado pelo autor (2022).

3º Passo - A aplicação de solda na peça, será em dois pontos, conforme ilustrado na Figura 40. Para que isso seja feito, o conjunto da tocha de solda terá que ser ajustado duas vezes, uma vez em cada ponto de solda.

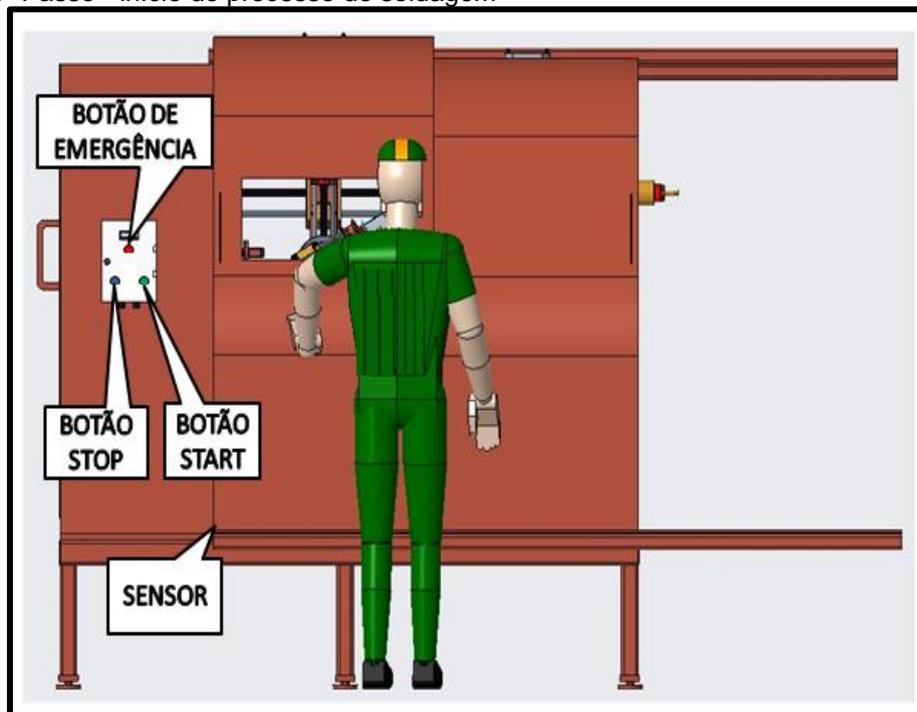
Figura 40: 3º Passo - primeiro posicionamento do conjunto da tocha de solda



Fonte: Elaborado pelo autor (2022).

4° Passo - Feitos todos os ajustes de distância e ângulo de soldagem da tocha, para dar início ao processo de soldagem da peça, é necessário que as portas do dispositivo estejam fechadas, por conta de um sensor de segurança instalado. O sensor irá impedir que o operador iniciasse o processo se as portas estiverem abertas. Para iniciar o processo, o operador deverá apertar o botão de “*start*”, caso ele quiser parar o processo para fazer algum tipo de ajuste, ele terá o botão de “*stop*” e apenas para emergência, ele pode utilizar o botão de “*emergência*” que irá desarmar todo o sistema elétrico do dispositivo, conforme ilustrado na Figura 41.

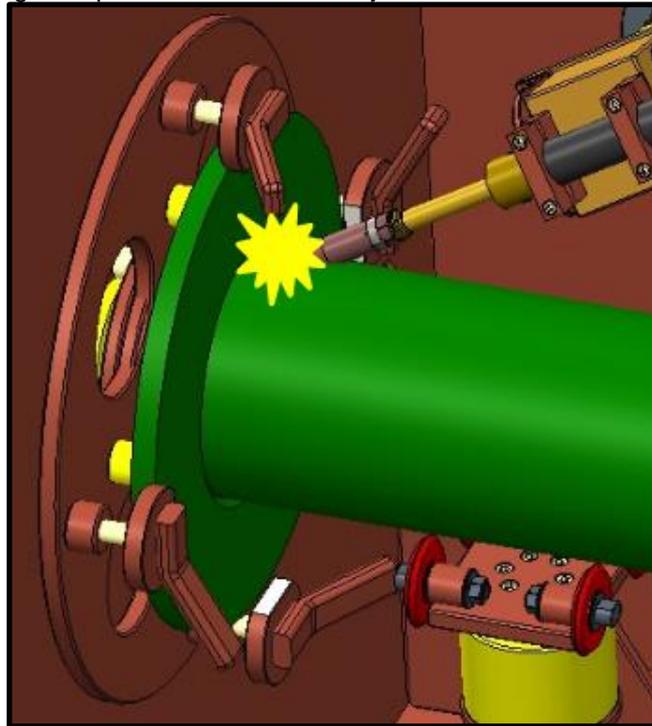
Figura 41: 4° Passo - início do processo de soldagem



Fonte: Elaborado pelo autor (2022).

5° Passo - Ao iniciar o processo com o operador apertando o botão *start*, os cilindros pneumáticos (do conjunto de aperto da peça e o da tocha de solda) irão acionar e o motorreductor vai dar uma volta completa com a tocha de solda acionada, soldando a peça. Quando o motorreductor completar a volta, o dispositivo vai parar automaticamente, o que quer dizer que uma das soldas já terá sido realizada e o operador terá que ajustar novamente o conjunto da tocha para aplicar a solda no outro ponto desejado, conforme ilustrado na Figura 42.

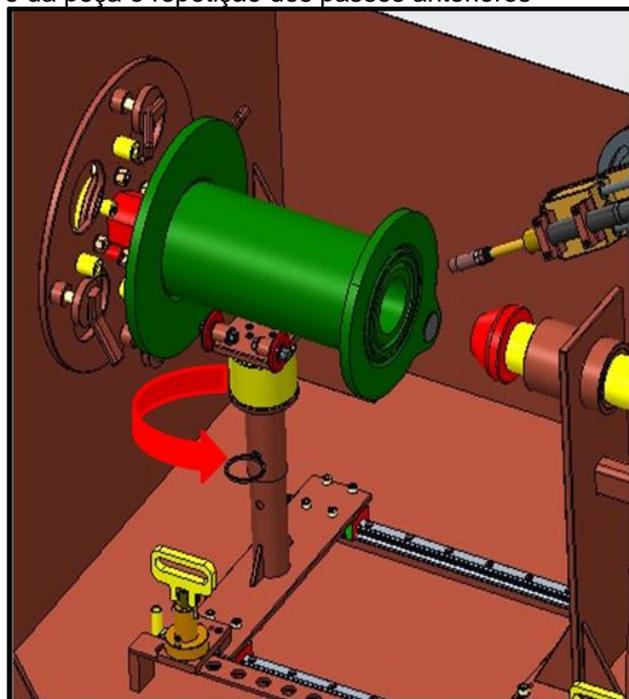
Figura 42: 5º Passo - segundo posicionamento do conjunto da tocha de solda



Fonte: Elaborado pelo autor (2022).

6º Passo - Aplicada a solda nos pontos iniciais, basta girar a peça no próprio mancal, conforme ilustrado na Figura 43, e repetir os passos anteriores para adicionar a solda nos pontos restantes.

Figura 43: 6º Passo - giro da peça e repetição dos passos anteriores



Fonte: Elaborado pelo autor (2022).

5 DISCUSSÃO GERAL DOS RESULTADOS

Diante do problema de pesquisa apresentado no início do trabalho e dos resultados obtidos, com a ajuda de toda a base teórica pesquisada e os métodos utilizados, foi possível desenvolver todo o projeto do dispositivo de soldagem semiautomatizado para peças cilíndricas. A análise do produto base escolhido para o desenvolvimento do projeto do dispositivo foi fundamental para a definição do design do mesmo, das suas dimensões estruturais e conjuntos criados para sua fixação e garantia das tolerâncias requisitadas. Superando todas as dificuldades encontradas no projeto do dispositivo, a sequência lógica desenvolvida foi eficiente, ajudando a atingir o objetivo geral do trabalho.

Para análise de ganho em produtividade que se pode obter com a implementação do dispositivo projetado, em comparação com o processo atual, foi verificada a demanda da empresa, que hoje requer a produção de 6 peças por dia. Em comparação dos tempos registrados nas cronoanálises em apêndice no trabalho, do processo produtivo atual, supondo com tempos que podem ser obtidos com a fabricação do dispositivo projetado e que no ano terão 254 dias úteis para trabalho, obtém-se os dados coletados, conforme ilustrado na Tabela 1.

Tabela 1: Dados coletados

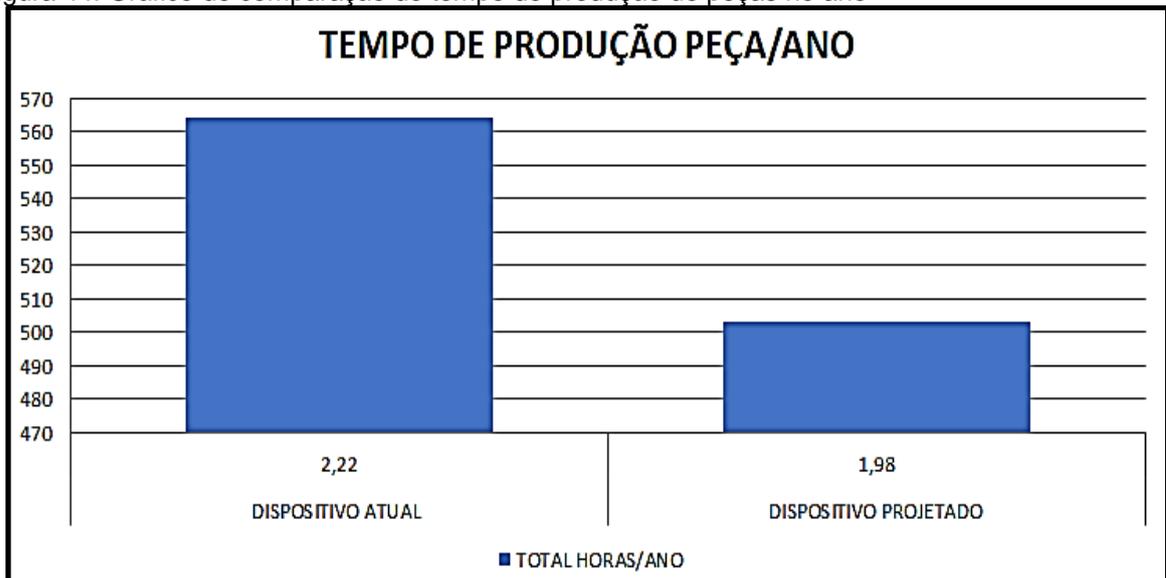
PRODUÇÃO PEÇA / ANO				
TEMPOS DE PRODUÇÃO	DISPOSITIVO ATUAL (HORA)	DISPOSITIVO PROJETADO (HORA)	DIAS ÚTEIS / ANO	VALOR / HORA SETOR DE SOLDA
PRODUÇÃO DIA (6 PEÇAS)	2,22 HORAS	1,98 HORAS	254	R\$ 181,62
TOTAL HORAS / ANO	563,88		502,92	
TOTAL VALOR / ANO	R\$ 102.411,89		R\$ 91.340,33	

Fonte: Elaborado pelo autor (2022).

A obtenção dos dados advém de tempos coletados durante a produção atual da peça, onde foram considerados os mesmos tempos para o processo com o novo dispositivo de montagem do conjunto. O tempo de processo de pontear a peça foi considerado igual, pois resulta no mesmo procedimento. No processo de soldagem, também foi considerado o mesmo tempo, pois a bucha possui o mesmo diâmetro, portanto, o tempo de soldagem para garantia de parâmetros de solda e tamanho de cordão pode ser igual. Conforme já citado por Alves (2009), quando ocorre aumento

de velocidade, o cordão de solda muda de geometria e há menos penetração, conseqüentemente, também fica mais fino. Únicos processos considerados com tempos diferentes são aqueles durante o processo de soldagem da peça, pois no novo dispositivo não é necessário ter paradas para o posicionamento da peça ou do dispositivo durante a aplicação de solda. Com estes dados, foi possível chegar no resultado, conforme ilustrado na Figura 44 a seguir.

Figura 44: Gráfico de comparação do tempo de produção de peças no ano



Fonte: Elaborado pelo autor (2022).

É possível estimar o ganho de até 60 horas no ano, que resultam em mais de R\$ 10.000,00 com a utilização do dispositivo desenvolvido no presente trabalho. Essa diferença advém, em sua grande maioria, da soldagem intermitente que o soldador precisa fazer no dispositivo atual, pelos problemas já mencionados. Conforme já citado por Mota (1992), os produtos devem ser fixados e posicionados adequadamente, para que o soldador ou sistema de soldagem possa executar a soldagem sem interrupção. Os ganhos qualitativos podem ser mais significativos. Onde há repetibilidade de um padrão de parâmetros e de processo, que uma vez o dispositivo programado para produzir o produto em questão, sempre irá garantir a mesma qualidade.

Tendo em vista que toda a gama de produtos produzidos na empresa irá aumentar, a produção do dispositivo torna-se ainda mais relevante. Uma vez que produzido o dispositivo de soldagem, podem ser analisados novos produtos de formato cilíndrico para soldar no mesmo. Seguindo o conceito de projeto do dispositivo, de que só é necessária a troca do conjunto de fixação, que será

projetado de acordo com cada peça diferente que será soldada, o dispositivo pode trazer ganhos não só de produtividade e qualidade, mas também em custos de produção de novos dispositivos de soldagem que não serão mais necessários.

CONCLUSÃO

De acordo com os resultados obtidos ao longo do desenvolvimento do trabalho, conclui-se que:

- Foi possível desenvolver um dispositivo de soldagem semiautomatizado através de um estudo detalhado do produto base que irá aumentar a sua demanda;
- O resultado do projeto foi apresentado para a empresa e foi aprovado para ser detalhado e produzido, cumprindo com o objetivo mais importante do trabalho. Podendo já ser realizado o estudo para soldar mais produtos que possam ser adaptados no dispositivo;
- Conforme mostrado na discussão geral dos resultados, com a produção do dispositivo, pode-se estimar um ganho em produtividade de até 60 horas no ano, que resultam em mais de R\$ 10.000,00;
- Podem ser apresentados ganhos qualitativos, tendo repetibilidade de um padrão de parâmetros e de processo produtivo.

Como conclusão do presente trabalho, foi possível atingir os objetivos gerais e específicos propostos e respondem as duas hipóteses maneira positiva. Também foi possível observar que, projetos mecânicos que visam ganhos em processos produtivos, como a garantia de qualidade e a produtividade, são imprescindíveis para empresas que buscam constante crescimento. Fica como sugestão de melhoria do projeto, apenas a criação de um espaçador entre os flanges, caso no processo produtivo da peça, haja distorções e variações de medida.

SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

Como sugestões para trabalhos futuros, seguem em tópicos os itens a seguir:

- Produção do dispositivo de soldagem;
- Análise de custo de produção do dispositivo;
- Criação do manual de manutenção do dispositivo;
- Análise Ergonômica;
- Análise de elementos finitos em pontos considerados críticos do dispositivo, para afirmar se está coerente com os esforços que irão atuar, sem risco de comprometer o mesmo;
- Análise de automação do conjunto da tocha de solda, podendo ser utilizado servo motores no lugar das manivelas, e sensores em pontos específicos para os ajustes de posição. Assim o conjunto pode ser totalmente programável pelo CLP e ajustado automaticamente de acordo com cada peça que será soldada.

REFERÊNCIAS

- ABECOM. **O que é um mancal? Quais os principais tipos?** ABECOM, 2020. <Disponível em: <https://www.abecom.com.br/o-que-e-um-mancal-quais-os-principais-tipos/#>.> Acesso em: 8 mai. 2022.
- ALVES, V. de J. **Desenvolvimento de envelopes operacionais para processo MIG/MAG robotizado com diferentes gases de proteção.** Dissertação, Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Minas, Metalúrgica e de Materiais, UFRGS, 2009.
- AMARAL, D. C. *et al.* **Gestão de desenvolvimento de produtos: uma referência para a melhoria do processo.** São Paulo: Saraiva, 2006.
- ARAÚJO, D. B. *et al.* Estudo de distorções em soldagem com uso de técnicas numéricas e de otimização. 2012.
- AVA LINEAR SYSTEM. **Patins Lineares.** 2019. Disponível em: <<https://www.avasistema.com.br/patins-lineares.php>>. Acesso em: 9 mai. 2022.
- BRAGA, J. Sistema De Fixação: Posição De Soldagem. **Centro Estadual De Educação Tecnológica Paula Souza**, Sorocaba, vol. 1, n. 1, p. 1-61, jun./2016.
- CASARIN, S. J. **Manufatura Mecânica: Soldagem.** 1. ed. Londrina: Editora e Distribuidora Educacional S.A, 2018. p. 1-245.
- DALCA BRASIL. Dispositivos de Solda Robotizados. Disponível em: <https://www.dalcabrasil.com.br/solucoes/soldagem/>. Acesso em: 8 out. 2021.
- DEVES, F. L. H. **Desenvolvimento de um dispositivo de solda para um implemento agrícola utilizando metodologia de projeto de produto.** Trabalho Final de Curso, Engenharia Mecânica, FAHOR, 2021.
- FELIZARDO, I. Apostila Tecnologia da Soldagem. **CEFET Minas Gerais: Departamento de Engenharia Mecânica**, 2016.
- GERHARDT, D. R. **Desenvolvimento de um dispositivo de fixação de soldagem para o piso da cabine de um pulverizador.** Trabalho Final de Curso, Engenharia Mecânica, FAHOR, 2014.
- JUNG, A. J. **Desenvolvimento de um dispositivo de fixação para a realização de soldagem robotizada.** Trabalho Final de Curso, Engenharia Mecânica, FAHOR, 2015.
- KIFIX. **Sistemas de Fixação.** Disponível em: <<https://www.kifix.com.br/sistemas-de-fixacao/>>. Acesso em: 20 nov. 2021.
- LEITE, F. A. **Comparativo Entre Variadores De Velocidade E Inversores De Frequência.** Trabalho de Conclusão de Curso, Centro Federal De Educação Tecnológica De Minas Gerais, Araxá, 2018.

LOPES, D. E. S. et al. **Dispositivo inteligente, aplicado para o estudo de falhas em processos artesanais de solda a ponto, em microempresas metalúrgicas.** XII SEGeT, 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.

NORELEM. Grampos Pneumáticos. Disponível em: <https://www.norelem.com/pt/pt/Produtos/Vis%C3%A3o-geral-de-produtos/Sistema-flex%C3%ADvel-de-pe%C3%A7as-normalizadas/05000-Grampos-r%C3%A1pidos-Grampos-pneum%C3%A1ticos-Acess%C3%B3rios-para-grampos-de-fixa%C3%A7%C3%A3o-Fechos-de-engates-Fechos-ling%C3%BCetas/Grampos-pneum%C3%A1ticos.html>. Acesso em: 20 out. 2021.

PREVISÃO. Grampos Fusos Rápidos. Disponível em: <https://previsao.ind.br/categoria-produto/grampos-rapidos-2/grampo-fusos-rapidos-2/>. Acesso em: 20 out. 2021.

ROZENFELD, H. et al. **Gestão de Desenvolvimento de Produtos:** uma referência para melhoria de processos. 1. ed. [S.l.]: Saraiva, 2012. p. 3-35.

TORQUE METAL. **Dispositivos Soldas.** Disponível em: <http://www.torquemetal.com.br/?pag=dispositivos-soldas>>. Acesso em: 20 nov. 2021.

SILVA, A. D. N. **Automação de Dispositivos de Solda.** Trabalho de Conclusão de Curso, Fundação Municipal de Ensino de Piracicaba, 2018.

SKF. **Rolamentos.** 2020. Disponível em: <https://www.skf.com/pt/products/rolling-bearings>>. Acesso em: 8 mai. 2022.

SOARES H. C. G. **Estudo de sequência de soldagem para redução e eliminação de distorções.** Dissertação: Pós-Graduação – Universidade Federal de Minas Gerais UFMG, Belo Horizonte 2006.

APÊNDICE A – FOLHAS DE CRONOANÁLISE

Figura 45: Folha de cronoanálise do dispositivo de soldagem atual

FOLHA DE CRONOANÁLISE																
Setor:		Solda		Operador:				-					IGOR			
Posto:		Máquina:				DISPOSITIVO DE SOLDAGEM ATUAL				Data:		-				
Operação:		Solda		Código item:				-					Hora:		-	
DESCRICHÃO DOS ELEMENTOS	CICLOS (Segundos)								CÁLCULOS							
	Buscar item	Posicionar no dispositivo	Posicionar componentes	Pontear	Soldar	Retirar do dispositivo	Rebarbagem	Somatório	Ritmo (%)	Tempo Normalizado (TN)	Tolerâncias (%)	Tempo Padrão (TP)				
1	Destocamento até o Dispositivo	195						195	100%	195	25.0%	243,75				
2	Posicionar item (Flange A)	5	10					15	100%	15	25.0%	18,75				
3	Posicionar Dispositivo			10				10	100%	10	25.0%	12,50				
4	Posicionar item (Flange B)	5	10					15	100%	15	25.0%	18,75				
5	Posicionar Dispositivo			10				10	100%	10	25.0%	12,50				
6	Posicionar item (Buchá)	5	35	10				50	100%	50	25.0%	62,50				
7	Posicionar Dispositivo			10				10	100%	10	25.0%	12,50				
8	Pontear Conjunto				40			40	100%	40	25.0%	50,00				
9	Posicionar Dispositivo			40				40	100%	40	25.0%	50,00				
10	Soldar interna (Solda 1) Conjunto				84			84	100%	84	25.0%	105,00				
11	Posicionar Dispositivo (3 vezes)			25				25	100%	25	25.0%	31,25				
12	Soldar interna (Solda 2) Conjunto				84			84	100%	84	25.0%	105,00				
13	Retirar do Dispositivo					70		70	100%	70	25.0%	87,50				
14	Posicionar Item (3 vezes)			30				30	100%	30	25.0%	37,50				
15	Soldar externa (Solda 3) Conjunto				84			84	100%	84	25.0%	105,00				
16	Posicionar Item (3 vezes)			30				30	100%	30	25.0%	37,50				
17	Soldar externa (Solda 4) Conjunto				84			84	100%	84	25.0%	105,00				
18	Rebarbagem						130	130	100%	130	25.0%	162,50				
19	Posicionar Conjunto no Pallet					50		50	100%	50	25.0%	62,50				
TOTAL								1056	#REF!	1056	TOTAL:	1320,00				
											Tempo(min)	22,00				
											Tempo(h)	0,37				

Fonte: Elaborado pelo autor (2022).

Figura 46: Folha de cronoanálise do dispositivo de soldagem semiautomatizado

FOLHA DE CRONOANÁLISE												
Setor:		Solda		Operador:		-		Analista:		IGOR		
Posto:		Máquina:		DISPOSITIVO DE SOLDAGEM SEMIAUTOMATIZADO		Data:		-				
Operação:		Solda		Código item:		-		Hora:		-		
DESCRÇÃO DOS ELEMENTOS	CICLOS (Segundos)								CÁLCULOS			
	Buscar item	Posicionar no dispositivo	Posicionar componentes	Pontear	Soldar	Retirar do dispositivo	Rebarbagem	Somatório	Ritmo (%)	Tempo Normalizado (TN)	Tolerâncias (%)	Tempo Padrão (TP)
1	Deslocamento até o Dispositivo	195						195	100%	195	25,0%	243,75
2	Posicionar item (Flange A)	5	10					15	100%	15	25,0%	18,75
3	Posicionar Dispositivo			10				10	100%	10	25,0%	12,50
4	Posicionar item (Flange B)	5	10					15	100%	15	25,0%	18,75
5	Posicionar Dispositivo			10				10	100%	10	25,0%	12,50
6	Posicionar item (Bucha)	5	35	10				50	100%	50	25,0%	62,50
7	Posicionar Dispositivo			10				10	100%	10	25,0%	12,50
8	Pontear Conjunto				40			40	0%	0	25,0%	0,00
9	Posicionar Dispositivo			40				40	0%	0	25,0%	0,00
10	Soldar interna (Solda 1) Conjunto					84		84	100%	84	25,0%	105,00
11	Posicionar Dispositivo (Tocha)			10				10	100%	10	25,0%	12,50
12	Soldar externa (Solda 2) Conjunto					84		84	100%	84	25,0%	105,00
13	Posicionar Dispositivo (Tocha)			10				10	100%	10	25,0%	12,50
14	Posicionar Dispositivo (Girar Peça)			20				20	100%	20	25,0%	25,00
15	Soldar interna (Solda 3) Conjunto					84		84	100%	84	25,0%	105,00
16	Posicionar Dispositivo (Tocha)			10				10	100%	10	25,0%	12,50
17	Soldar interna (Solda 4) Conjunto					84		84	100%	84	25,0%	105,00
18	Retirar do Dispositivo					70		70	100%	70	25,0%	87,50
19	Rebarbagem						130	130	100%	130	25,0%	162,50
20	Posicionar Conjunto no Pallet					50		50	100%	50	25,0%	62,50
TOTAL								1021	#REF!	941	TOTAL:	1176,25
											Tempo(min)	19,60
											Tempo(h)	0,33

Fonte: Elaborado pelo autor (2022)