



Rodrigo Pettorini Santos

**PROJETO DE UM DISPOSITIVO AUTOMATIZADO PARA FIXAÇÃO DE
COMPONENTES SOLDADOS EM PROCESSO INDUSTRIAL**

Horizontina - RS

2019

Rodrigo Pettorini Santos

**PROJETO DE UM DISPOSITIVO AUTOMATIZADO PARA FIXAÇÃO DE
COMPONENTES SOLDADOS EM PROCESSO INDUSTRIAL**

Trabalho Final de Curso apresentado como requisito parcial para a obtenção do título de bacharel em engenharia de Controle e Automação na Faculdade Horizontina, sob a orientação do Prof. Alexandre Kunkel, Me.

Horizontina - RS

2019

FAHOR - FACULDADE HORIZONTINA
CURSO DE ENGENHARIA DE CONTROLE E AUTOMAÇÃO

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

Dispositivo automatizado para fixação de componentes soldados

**Elaborada por:
Rodrigo Pettorini Santos**

Como requisito parcial para a obtenção do grau de Bacharel em
Engenharia de Controle e Automação

Aprovado em: 25/06/2019
Pela Comissão Examinadora

Me. Alexandre Kunkel da Costa
Presidente da Comissão Examinadora - Orientador

Me. Adalberto Lovato
FAHOR – Faculdade Horizontina

Me. Jonathan Felipe Camargo
FAHOR – Faculdade Horizontina

Horizontina - RS

2019

Dedicatória

À minha família, em especial aos meus pais Valdecir de Oliveira Santos e Alciane Pettorini Santos por todo apoio, dedicação e esforço durante a minha caminhada até aqui. Sou muito grato a vocês.

AGRADECIMENTO

Agradeço a todos que estiveram presentes ao meu lado em toda essa caminhada e que de alguma forma me apoiaram e contribuíram para que eu alcançasse meus objetivos.

Primeira mente aos meus pais por tudo que fizeram para que esse sonho fosse alcançado, pois sem eles nada disso seria possível.

Aos meus colegas que me forneceram sempre o auxílio e suporte necessário, pelo conhecimento que estes me ajudaram a adquirir, pela paciência e a disposição em sempre me ajudar a crescer e me desenvolver.

Aos meus professores por todo o conhecimento me proporcionaram ter, em especial aos que me auxiliaram no projeto final de curso.

Muito obrigado!

“Procure ser um homem de valor, em vez de ser um homem de sucesso”.

(Albert Einstein)

RESUMO

O trabalho analisa e propõe um projeto de melhoria para o processo de manufatura na área de solda, investigando se por meio da automação pode-se ter a solução para o problema encontrado ao soldar o item. Objetiva-se, portanto, projetar um dispositivo, e propor como solução para os problemas de qualidade, segurança e ergonomia encontrados no processo que consiste em um elevado risco ergonômico e um moderado risco de acidente. Para realizar tal trabalho a metodologia utilizada foi de natureza exploratória, com sua classificação de um estudo de caso com suposições de soluções. O referido tema foi trabalhado, pois é por meio da automatização que se busca o aperfeiçoamento do processo para eliminar desperdícios e alcançar a excelência em qualidade no produto final. Portanto verificou-se que o uso da automação como ferramenta principal do novo processo, a partir do uso da eletropneumática, pode ser uma opção para a solução dos problemas encontrados ao manufaturar o item.

Palavras-chave: Automação. Dispositivo de solda. Manufatura.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Kit Lubrifil	15
Figura 2 – Válvulas direcionais.....	17
Figura 3 – Simbologia válvula direcional 5/2	17
Figura 4 – Válvula de controle de fluxo	18
Figura 5 – Válvula de sequência	19
Figura 6 – Simbologia válvula de sequência	19
Figura 7 – Atuadores.....	20
Figura 8 – Simbologia atuador dupla ação.....	20
Figura 9 – Pressostato	21
Figura 10 – Simbologia Pressostato.....	21
Figura 11 – Silenciador	22
Figura 12 – Simbologia silenciador	22
Figura 13 – Botoeiras	23
Figura 14 – Simbologia botoeiras.....	23
Figura 15 – Simbologia contato NA.....	24
Figura 16 – Simbologia contato NF	24
Figura 17 – Fim de curso	25
Figura 18 – Simbologia fim de curso	25
Figura 19 – Contatores.....	26
Figura 20 – Relés	26
Figura 21 – Fusíveis.....	27
Figura 22 – Disjuntores	28
Figura 23 – Metodologia.....	30
Figura 24 – Conjunto Soldado e Dispositivo atual (Vista 1)	32
Figura 25 – Conjunto Soldado e Dispositivo atual (Vista 2)	32
Figura 26 – Processo atual (Vista 3)	33
Figura 27 – Processo atual (Vista 4)	33
Figura 28 – Desenho 2D do conjunto 057753S1.....	34
Figura 29 – Detalhamento do conjunto 3D.....	35
Figura 30 – Dois botões S1 e S3 de acionamentos pressionados	40
Figura 31 – Troca de posição da válvula direcional para avanço.....	40
Figura 32 – Retorno da válvula a sua posição original.....	41

Figura 33 – Acionamento do botão S2 para recuo dos atuadores	42
Figura 34 – Troca de posição da válvula direcional para recuo.	42
Figura 35 – Fim do ciclo	43
Figura 36 – Atuação do botão de emergência.....	44
Figura 37 – Botão de emergência em uso.....	44
Figura 38 - Orçamento dos componentes.	45
Figura 39 - Orçamento dispositivo.....	45

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Tabela de itens pneumáticos.....	37
Tabela 2: Componentes do comando elétrico	38

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	10
1.1 TEMA	10
1.2 DELIMITAÇÃO DO TEMA.....	10
1.3 PROBLEMA DE PESQUISA	10
1.4 HIPÓTESES.....	11
1.5 JUSTIFICATIVA	11
1.6 OBJETIVOS	12
1.6.1 Objetivo Geral	12
1.6.2 Objetivos Específicos	12
2 REVISÃO DA LITERATURA	13
2.1 AUTOMAÇÃO	13
2.2 PNEUMÁTICA.....	14
2.2.1 Eletropneumática	14
2.2.2 Vantagens da pneumática	14
2.2.3 Desvantagens da pneumática	14
2.2.4 Dimensionamento do diâmetro do atuador	15
2.3 COMPONENTES PNEUMÁTICOS	15
2.3.1 Unidade de Condicionamento ou Lubrefil/Lubriful	15
2.3.2 Válvulas	16
2.3.3 Atuadores	19
2.3.4 Pressostato	21
2.3.5 Silenciador ou Abafador	22
2.4 COMANDOS ELÉTRICOS	22
2.4.1 Botões	22
2.4.2 Contato normalmente aberto	24
2.4.3 Contato normalmente fechado	24
2.4.4 Chave de fim de curso	24
2.4.5 Contatores	25
2.4.6 Relés	26
2.4.7 Fusíveis	27
2.4.8 Disjuntores	28
2.4.9 Selo	28
2.4.10 Intertravamento	28
3 METODOLOGIA	29
3.1 MÉTODOS E TÉCNICAS UTILIZADOS.....	29
3.2 MATERIAIS E EQUIPAMENTOS	30
4 APRESENTAÇÃO E ANÁLISE DOS RESULTADOS	31
4.1 IDENTIFICAÇÃO DO PROBLEMA E ESTADO ATUAL.....	31
4.2 ELABORAÇÃO DO PROJETO 3D E SEU DETALHAMENTO	35
4.3 PROJETO PNEUMÁTICO.....	35
4.4 PROJETO ELÉTRICO.....	38
4.5 FUNCIONAMENTO E SIMULAÇÃO	39
4.6 ORÇAMENTOS.....	45
CONCLUSÃO	46
REFERÊNCIAS	47

1 INTRODUÇÃO

Devido ao aumento de demanda de produções e o mercado atual cada vez mais exigente no que se refere à produtividade, lucratividade e qualidade o produto, a procura por tecnologia e conseqüentemente a automação, busca suprir da melhor maneira essas necessidades. Com isso também há o ganho não só de eficiência, como também de segurança e redução de custos ao se automatizar um processo, pois nas indústrias, o *setup* das ferramentas ou itens é um dos grandes desperdícios que encontramos.

Portanto viu-se uma grande oportunidade para o uso dos conhecimentos em automação para desenvolver um projeto em uma indústria de máquinas agrícolas. O projeto consiste em uma melhoria na área de solda da manufatura, mais especificamente em um dispositivo de solda, com o uso de um sistema pneumático, e o acionamento por meio de um sistema de comandos elétricos.

1.1 TEMA

O presente trabalho tem como foco uma proposta para a automatização de um gabarito de solda.

1.2 DELIMITAÇÃO DO TEMA

Este trabalho delimita-se a projetar um dispositivo de solda em uma empresa de grande porte no ramo de máquinas agrícolas do noroeste do estado do Rio Grande do Sul, na área de manufatura dessa indústria. Para o presente trabalho, dimensionam-se os cilindros pneumáticos a partir da pressão da rede encontrada no local onde será manufaturado, e os comandos elétricos não serão aprofundados em dimensionamento, apenas detalhando cada componente a ser usado no sistema.

1.3 PROBLEMA DE PESQUISA

Considera um conjunto soldado de uma máquina agrícola, em que há uma baixa produtividade devido ao dispositivo, devido à alta demanda do item relacionado, a um alto tempo de *setup*, a falta de qualidade encontrada ao soldar manualmente, a falta de ergonomia e segurança ao operador que deve bater no item para posicioná-lo, podendo ocasionar defeitos de solda e erros de posicionamento da peça.

Considerando estes requisitos de demanda e produtividade que o processo deve atender, bem como a sua qualidade do item final, a automação pode se tornar a melhor opção para a solução para o problema encontrado no processo de solda do conjunto?

1.4 HIPÓTESES

- a) A automatização dos meios de fixação de um dispositivo de solda pode garantir ganhos de produtividade e qualidade do produto final;
- b) A automação do processo, por meio do gabarito de solda, pode garantir maior segurança e ergonomia no processo.

1.5 JUSTIFICATIVA

A busca pela eficiência dos processos de manufatura é uma busca constante em todas as indústrias. Fala-se muito em melhoria contínua, em eliminar desperdícios e garantir qualidade, a área da automação busca, portanto, alinhar esses três pilares da manufatura e atender à exigência cada vez maior por qualidade do produto final.

Conhecendo o problema de manufaturar esse conjunto pertencente a cabine de um trator, o projeto busca fornecer essa solução de uma maneira simples, mas efetiva por meio de um dispositivo automatizado.

Portanto esse projeto se justifica para que a empresa se beneficie e não fique para trás de suas concorrentes em qualidade do produto. Viu-se então uma oportunidade de melhoria e crescimento. Analisando a demanda futura de produção do item para os próximos 11 meses, que está prevista no sistema da empresa para um total de 516 pares do conjunto, ou seja, 1032 conjuntos do qual está se propondo a melhoria. Pode-se assim ver o quão necessário e útil será o desenvolvimento da proposta de melhoria para o processo.

Para a realização desse projeto, irão ser utilizados cilindros pneumáticos como forma de fixadores, acionamentos elétricos, por meio de botoeiras e estruturas metálicas que servirão de base para o gabarito final.

1.6 OBJETIVOS

O presente item busca apresentar o objetivo geral e os objetivos específicos que serão abordados durante o projeto.

1.6.1 Objetivo Geral

O presente trabalho tem como objetivo geral projetar um gabarito de solda para o conjunto *Roll Over Protective Structure* (Estrutura Protetora Contra Capotamento) de um trator.

1.6.2 Objetivos Específicos

- a) Elaborar o projeto 3D do dispositivo por meio de um *software* de CAD;
- b) Elaborar o projeto do comando elétrico do dispositivo;
- c) Elaborar o esquema pneumático do dispositivo.

2 REVISÃO DA LITERATURA

O presente item busca apresentar alguns conceitos básicos usados em um projeto de automação.

2.1 AUTOMAÇÃO

Segundo Ribeiro (2005, p. 1) “Automação é a substituição do trabalho humano ou animal por máquina. Automação é a operação de máquina ou sistema automaticamente ou por controle remoto humano”.

A partir da potência elétrica ou mecânica podem-se acionar máquinas, com uma combinação dessa energia à inteligência para execução de tarefas, temos um sistema com mais eficiência, segurança e econômico (RIBEIRO, 2005).

A automação com o passar dos anos foi capaz de reduzir os custos de mão de obra, apesar de ainda necessitar de operador para controlar a máquina ou supervisionar suas ações e desempenho, tudo isso só foi possível com os avanços da tecnologia, principalmente o avanço da eletrônica e seus microprocessadores, que nos proporcionou um sistema de controle a baixo custo, também muito se deve ao surgimento dos controladores lógicos programáveis e a robótica. (RIBEIRO, 2005)

O termo automação foi criado na década de 1940 por um engenheiro da *Ford Motor Company*, este descreveu a automação como vários sistemas nos quais ações e controles automáticos substituíam o esforço e a inteligência humana (LAMB, 2015).

Dentre as vantagens da automação, podem ser citadas a substituição de operadores humanos em atividades pesada ou monótonas, a troca de operadores que trabalham em ambientes perigosos como aqueles com extremas temperaturas ou atmosferas radioativas e tóxicas. A produção com uma frequência mais rápida e com menos custos de obras, também são um diferencial positivo para a automação (LAMB, 2015).

No que condiz com desvantagens, tem-se o custo inicial para se automatizar um processo, que pode muitas vezes ser elevado, e a tecnologia atual, não nos permite ainda automatizar todos os processos que necessitamos ou esse processo não é facilmente realizado. Como a produção ou a montagem de produtos cujos componentes tem inconsistência de tamanhos ou tarefas que a habilidade manual é necessária.

2.2 PNEUMÁTICA

De acordo com Fialho (2003) pneumática provém da palavra grega “PNEUMA”, que significa fôlego, vento, sopro. Portanto, a pneumática refere-se a matéria que trata dos movimentos e fenômenos dos gases.

2.2.1 Eletropneumática

A eletropneumática conforme Fialho (2003) utiliza-se da energia elétrica como fonte de energia para acionar as válvulas direcionais e válvulas proporcionais, energizando também sensores magnéticos de posicionamento e fim de curso, pressostatos, *micro-switchs* e outros.

2.2.2 Vantagens da pneumática

Para Fialho (2003) os sistemas pneumáticos possuem algumas vantagens como:

- a. O ar comprimido existe em quantidades ilimitadas, portanto torna-se mais barato comparado ao sistema hidráulico;
- b. O modo de armazenamento, pois o ar é comprimido por um compressor e armazenado em um reservatório;
- c. Seu transporte em relação ao sistema hidráulico, pois é transportado por tubulações não existindo a necessidade de linhas de retorno;
- d. Permite altas velocidades de deslocamento;
- e. Segurança, pois com sistemas pneumáticos trabalha-se com pressões relativamente baixas, entre 6 a 12 bar, já os sistemas hidráulicos chegam à ordem de 350 bar.

2.2.3 Desvantagens da pneumática

Para Fialho (2003) os sistemas pneumáticos possuem algumas desvantagens como:

- a. Devido a pressão normal de trabalho das redes pneumáticas industriais conseguimos chegar a forças bem menores comparadas a sistemas hidráulicos.

- b. A sua preparação também pode ser considerada uma desvantagem, pois para que se tenha um excelente rendimento e uma prolongada vida útil dos componentes, o ar comprimido deve ter uma boa preparação do ar, para que o mesmo tenha qualidade e seja isento de impurezas.

2.2.4 Dimensionamento do diâmetro do atuador

Fialho (2003) apresenta que o diâmetro do atuador é determinado em função da força de avanço F , e da pressão de trabalho P_t (normalmente 6 kp/cm^2). Esse diâmetro refere-se ao diâmetro interno do cilindro que é obtido da equação da área do pistão, para o caso de força aplicada durante a fase de avanço. Se, no entanto, a força for aplicada durante a fase de retorno do atuador, a variável A_p na equação deve ser mudada pela variável A_c (área da coroa).

2.3 COMPONENTES PNEUMÁTICOS

2.3.1 Unidade de Condicionamento ou Lubrefil/Lubrífil

De acordo com Fialho (2003) o conjunto “LUBRIFIL” é composto por válvula reguladora de pressão, manômetro e lubrificador (Figura 1). Tem por função filtrar e lubrificar o ar, além de possibilitar a regulação da pressão de alimentação do sistema.

Figura 1 – Kit Lubrifil



Fonte: Parker, 2000, p. 25

2.3.1.1 Manômetro

De acordo com Festo (2004) os manômetros são componentes para a preparação do ar que permitem medição e indicação precisa da pressão.

2.3.1.2 Lubrificador

Conforme Fialho (2003) o lubrificador é a unidade à qual se adicionam pequenas quantidades de óleo ao ar passantes para a lubrificação dos equipamentos.

2.3.2 Válvulas

Segundo Parker (2000), as válvulas são componentes do circuito pneumático que se destinam a controlar a direção, a pressão e/ou a vazão do ar comprimido. Podendo elas serem de controle direcional com 2, 3, 4 ou 5 vias, reguladoras de vazão ou pressão e de bloqueio. De acordo com Fialho (2003) são todas as válvulas as que ao receberem um impulso, seja ele pneumático, elétrico ou mecânico, sejam capazes de permitir que haja fluxo do ar pressurizado para alimentar o sistema.

2.3.2.1 Válvula redutora de pressão

Segundo Festo (2004) as válvulas reguladoras de pressão se encarregam de manter um nível de pressão reativamente constante no circuito de trabalho, independentemente das oscilações de pressão da rede.

2.3.2.2 Válvula direcional ou válvula de controle direcional

Parker (2000) e Fialho (2003) definem como válvula direcional, as válvulas que possuem a função de orientar direção que o fluxo de ar deve seguir, a fim de realizar o trabalho proposto. As válvulas direcionais são identificadas por algumas características como número de vias, posições e comando (Figura 2). Podem ter 2, 3, 4 e 5 vias, o número de vias segundo Parker (2000) é a quantidade de conexões de trabalho que a válvula possui, sendo consideradas as entradas e saídas. Referente as posições podem ser de 2 e 3 posições que representam a quantidade de manobras que uma válvula pode executar ou permanecer sob ação do seu acionamento (Figura 3). Possui diversas configurações para seu acionamento, estes podem ser

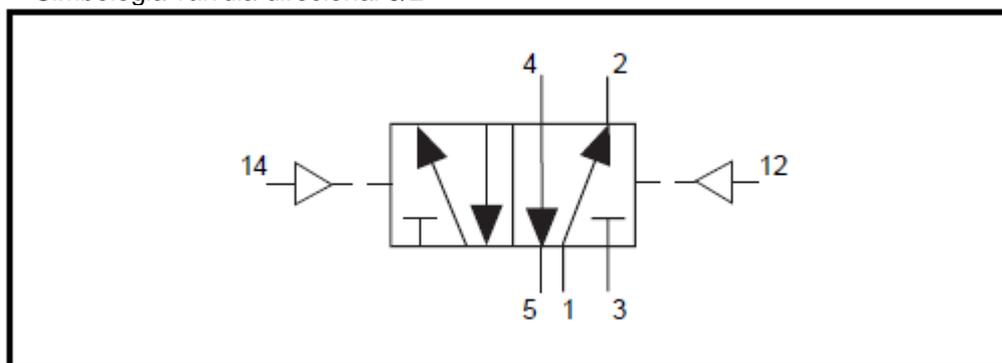
acionamentos musculares, acionamentos mecânicos, acionamentos elétricos por solenoide e outros.

Figura 2 – Válvulas direcionais



Fonte: Parker, 2000, p. 39

Figura 3 – Simbologia válvula direcional 5/2

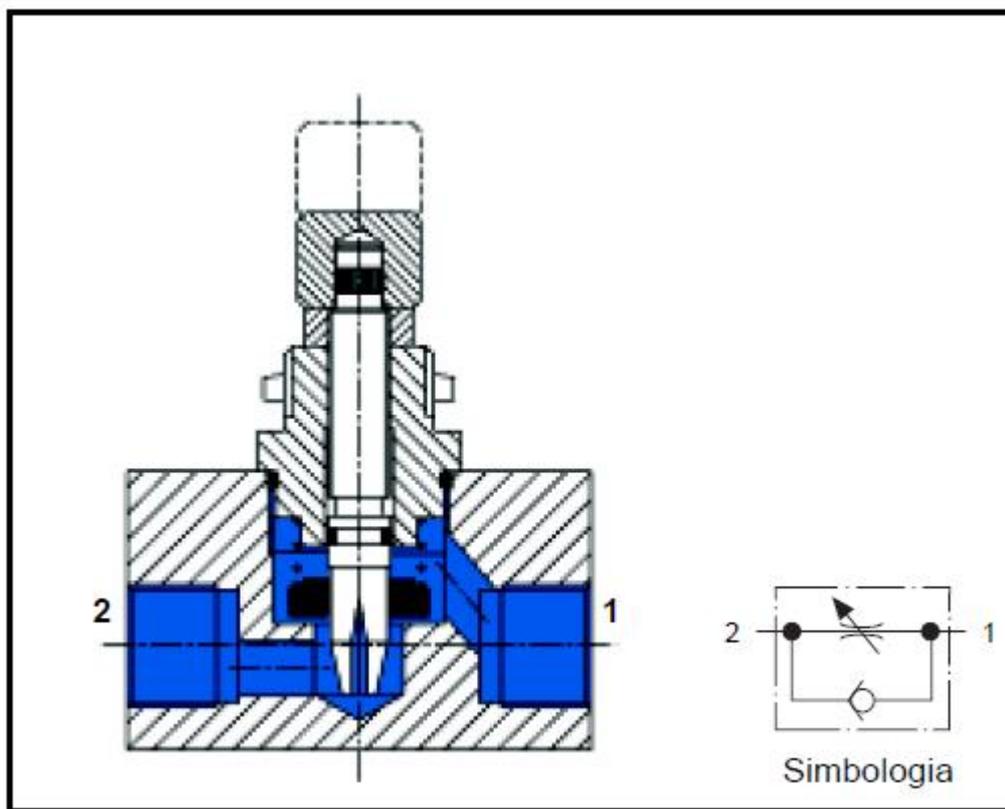


Fonte: Parker, 2000, p. 40

2.3.2.3 Válvula de controle de fluxo

De acordo com Parker (2000) as válvulas de controle de fluxo, são válvulas usadas quando se há a necessidade de influenciar o fluxo de ar comprimido, podendo ser fixa ou variável, unidirecional ou bidirecional (Figura 4). Usadas quando há a necessidade de regular a velocidade de avanço ou retorno de um cilindro ou formar condições de temporização pneumática no sistema.

Figura 4 – Válvula de controle de fluxo



Fonte: Parker, 2000, p. 70

2.3.2.4 Válvula de sequência

São válvulas que possuem o mesmo funcionamento da válvula de alívio, porém a saída de ar é utilizada para comandos ou emissão de sinais, segundo Fialho (2003), e demonstrado na figura 5.

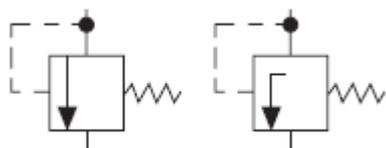
Para, Festo (2004) são válvulas que quando o ar vencer a força da mola, ela se abre, permitindo o fluxo para outro circuito através da conexão e saída (Figura 6).

Figura 5 – Válvula de sequência



Fonte: Festo, 2019

Figura 6 – Simbologia válvula de sequência

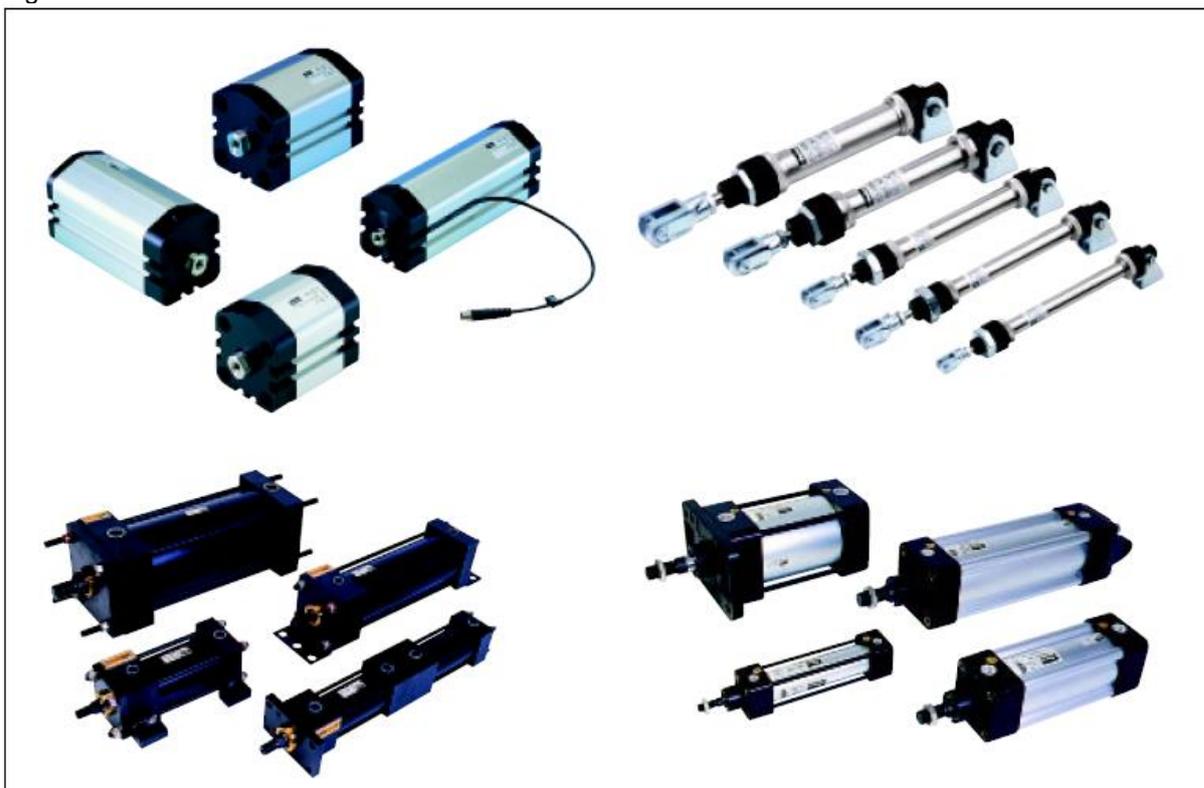


Fonte: Parker, 2000, p. 157

2.3.3 Atuadores

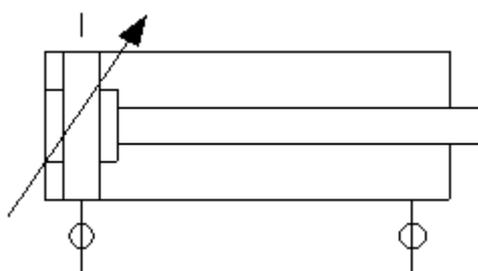
São componentes que convertem a energia pneumática em energia mecânica, podem ser classificados em Lineares, Rotativos e Oscilantes (Figuras 7 e 8).

Figura 7 – Atuadores



Fonte: Parker, 2000, p. 85

Figura 8 – Simbologia atuador dupla ação



Fonte: Festo, 2005

2.3.3.1 Atuadores Lineares

De acordo com Fialho (2003), são conhecidos como cilindros pneumáticos, que são constituídos por um tubo cilíndrico, com uma das extremidades fechada por uma tampa, a qual contém uma conexão que serve para a entrada e saída de ar, e outra tampa com as mesmas características. Porém com um furo central pelo qual se movimenta a haste, internamente há um êmbolo de vedação que por meio da ação do ar expande-se permitindo a movimentação da haste. Os mais comuns são de simples e dupla ação com diversas variações de configurações. Os cilindros de simples ação, são atuadores que possuem o movimento de avanço ou recuo é feito pela expansão

de uma mola interna ao tubo cilíndrico. Já os de dupla ação, possuem avanço e recuo através da entrada de ar em suas conexões em ambas as extremidades.

2.3.4 Pressostato

De acordo com Festo (2004) o pressostato permite que um pulso pneumático seja convertido em um pulso elétrico, usado para automatizar sistemas conforme figura 9, seu funcionamento é simples, quando a pressão é maior que a da mola de retenção, seu sistema comuta, enviando um pulso elétrico ao sistema de comando, conforme simbologia demonstrada na figura 10.

Figura 9 – Pressostato



Fonte: Festo, 2019

Figura 10 – Simbologia Pressostato



Fonte: Festo, 2006

2.3.5 Silenciador ou Abafador

Usado nas saídas de ar dos componentes para reduzir ruídos (Figuras 11 e 12).

Figura 11 – Silenciador



Fonte: Festo, 2019

Figura 12 – Simbologia silenciador



Fonte: Parker, 2000, p. 159

2.4 COMANDOS ELÉTRICOS

Segundo Franchi (2008) os dispositivos elétricos são componentes do sistema automatizado que recebem os comandos do circuito, que permitem que o acionamento de máquinas elétricas seja feito.

2.4.1 Botoeiras

As botoeiras são comandadas manualmente com o propósito de interromper ou estabelecer, por pulso, para um comando de circuito iniciar, interromper ou comandar um processo. Possuem cores padrões definidas para cada função exercida (Figuras 13 e 14).

De acordo com Franchi (2008) a cor vermelha é usada para parar, desligar ou como botão de emergência. Amarela é usada para iniciar um retorno, a verde ou preta

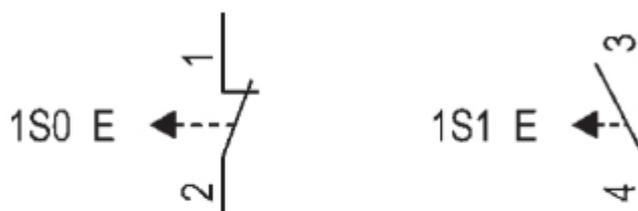
é usada para, ligar ou dar uma partida, e por fim a branca ou azul, é usada para qualquer função diferente das anteriores.

Figura 13 – Botoeiras



Fonte: Athos Eletronics, 2019

Figura 14 – Simbologia botoeiras



Símbolos

Fonte: Nascimento Junior, 2011, p. 60

2.4.2 Contato normalmente aberto

Conforme Franchi (2008) os contatos normalmente abertos são assim denominados, pois sua posição original é aberta, ou seja, permanece aberto até que uma força externa seja aplicada, assim comutando para fechado, permitindo a passagem da corrente elétrica (Figura 15).

Figura 15 – Simbologia contato NA

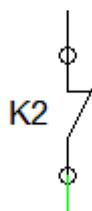


Fonte: Festo, 2006

2.4.3 Contato normalmente fechado

São contatos que possuem a função ao contrária dos abertos, conforme demonstrado na figura 16, segundo Franchi (2008), possuem a sua posição original fechada, ou seja, permanecem fechados até que uma força externa atue sobre, abrindo o contato e encerrando a passagem da corrente elétrica pelo sistema.

Figura 16 – Simbologia contato NF



Fonte: Festo, 2006

2.4.4 Chave de fim de curso

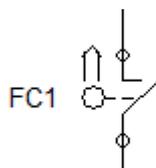
São contatos usados para indicar a posição de um elemento, em circuitos elétricos tem função de controle, para sinalizar início ou parada de um determinado processo, e segurança, segundo Franchi (2008) e demonstrado nas figuras 17 e 18.

Figura 17 – Fim de curso



Fonte: Nascimento Junior, 2011, p. 69

Figura 18 – Simbologia fim de curso

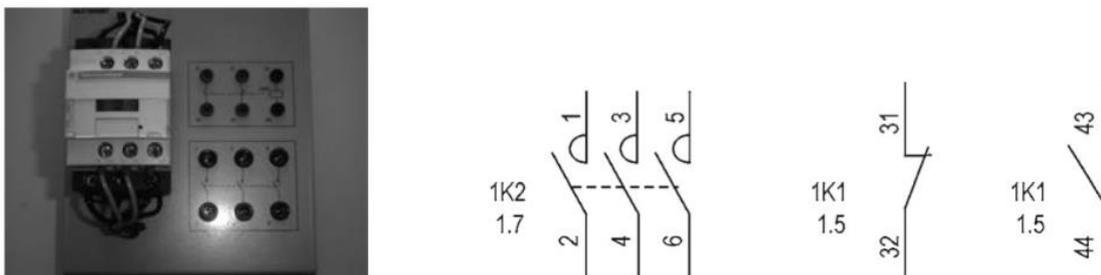


Fonte: Festo, 2006

2.4.5 Contatores

Segundo Franchi (2008). Os contatores são os elementos principais de comandos eletromecânicos, que permitem o controle de elevadas correntes por meio de um circuito de baixa corrente. O contator é caracterizado como uma chave de operação não manual, eletromagnética, com uma única posição de repouso, capaz de estabelecer, conduzir e interromper correntes em condições normais do circuito. É constituído de uma bobina que, quando é alimentada, cria um campo magnético no núcleo fixo que atrai o núcleo móvel que fecha o circuito. Cessando a alimentação da bobina, é interrompido o campo magnético, provocando o retorno do núcleo por molas, demonstrado na figura 19. De acordo com Nascimento Junior (2011), o contator é um eletroímã em um invólucro que, quando energizado, atrai um conjunto mecânico no qual está presa uma série de contatos elétricos, sendo normalmente três contatos abertos de força e outros abertos e/ou fechados, utilizados na lógica de comutação.

Figura 19 – Contatores

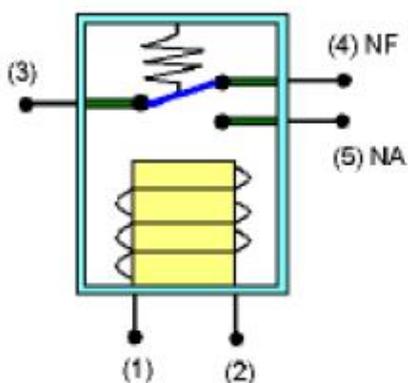
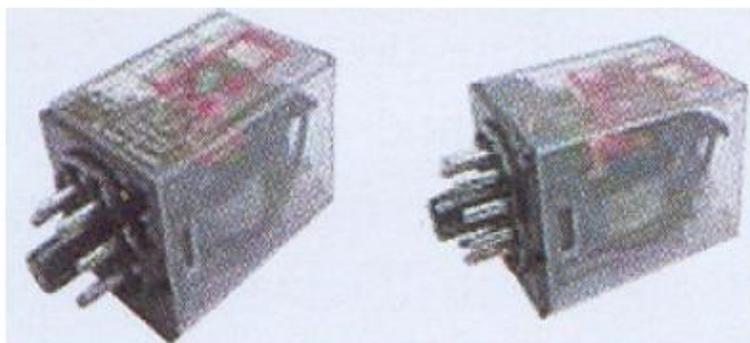


Fonte: Nascimento Junior, 2011, p. 63

2.4.6 Relés

Segundo Souza (2009), são elementos fundamentais que compõem o circuito de comando, pois permitem a manobra das cargas elétricas, sendo assim conseguidas combinações lógicas no comando, bem como a separação dos circuitos de potência e comando (Figura 20).

Figura 20 – Relés



Fonte: Souza, 2009, p. 14

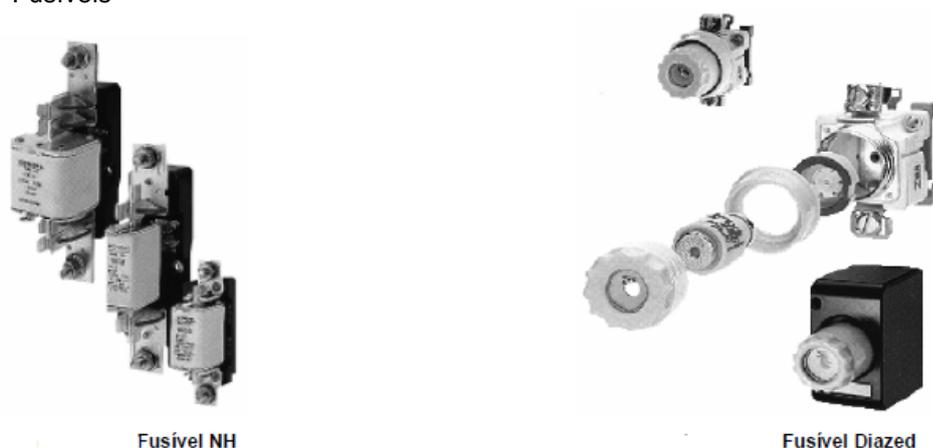
De acordo com Lorencini (2017) há 3 principais tipos de relés, que são:

- Relés temporizadores: utilizados em operações de chaveamento com manipulação de tempo, eles são bastante aplicados em processos industriais como quadros de comando e partida de motores;
- Relés térmicos: aplicados em locais em que uma elevação de temperatura pode ser sentida. Esses dispositivos servem de proteção de sobrecarga elétrica e geralmente são utilizados em motores elétricos, evitando o superaquecimento do componente;
- Relés de proteção: trabalham por meio do funcionamento de correntes elétricas, podendo desenvolver campos eletromagnéticos que podem ocasionar mudanças de estados dos componentes para ligar ou desligar dispositivos. Eles ainda são responsáveis por mensurar grandezas de tensão, corrente, isolamento, temperatura, sequências de fase, entre outros.

2.4.7 Fusíveis

De acordo com Souza (2009) os fusíveis são dispositivos usados com o objetivo de limitar a corrente de um circuito, proporcionando sua interrupção em casos de curtos-circuitos ou sobrecargas de longa duração (Figura 21).

Figura 21 – Fusíveis

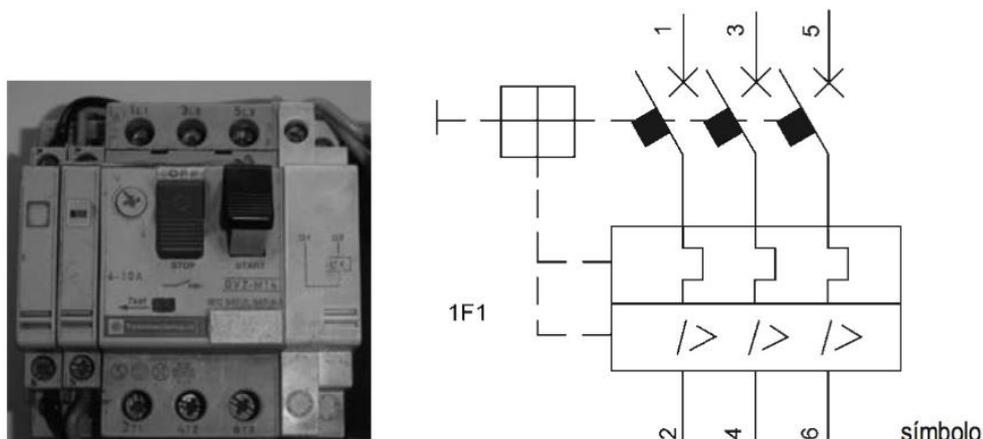


Fonte: Souza, 2009, p. 18

2.4.8 Disjuntores

De acordo com Souza (2009), os disjuntores são dispositivos magneto-térmicos que são usados para proteger instalações e equipamentos elétricos contra a sobrecarga e o curto-circuito (Figura 22). Possuem um disparador térmico que atua nas situações de sobrecarga, e um disparador eletromagnético que atua nos casos de curto-circuito.

Figura 22 – Disjuntores



Fonte: Nascimento Junior, 2011, p. 41

2.4.9 Selo

Para Souza (2009) o contato de selo é sempre ligado em paralelo com o contato da botoeira, para que possa manter a corrente circulando pelo contator, mesmo após o operador não estar mais pressionando o botão.

2.4.10 Intertravamento

Conforme Souza (2009) é o processo de ligação entre os contatos auxiliares de vários dispositivos, onde a posição de operação de um depende da outra. Através do intertravamento, pode-se evitar que se liguem certos dispositivos antes que outros permitam essa ligação.

3 METODOLOGIA

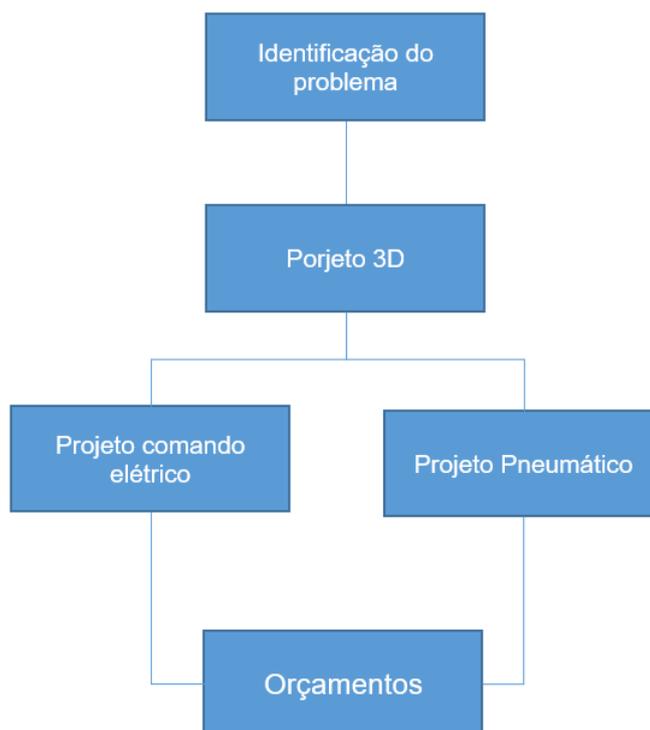
3.1 MÉTODOS E TÉCNICAS UTILIZADOS

O presente trabalho de conclusão de curso será realizado em uma empresa do ramo de máquinas agrícolas, situada no noroeste do estado do Rio Grande do Sul, e irá possuir o processo de manufatura de um conjunto soldado como foco para a execução do estudo.

Terá a sequência cronológica, como primeiramente irá ser levantado informações sobre problema e a dificuldade encontrada no processo de manufatura o item. Após mapeada essas informações, parte-se para o processo de desenvolvimento do projeto 3D do dispositivo de solda, seguindo fez-se o projeto para o comando elétrico e pneumático, com os respectivos dimensionamentos necessários para a escolha dos componentes pneumáticos. Pois a partir da força necessária para a operação, conseguiu-se então dimensionar o cilindro necessário. Por fim realizou-se o pedido de orçamentos para os componentes e para um projeto inteiramente novo, para que o ganho de lucratividade possa ser apresentado, devido a diferença de valores entre ser projetado e desenvolvido na empresa ou por terceiros.

Segundo o exposto acima, a metodologia deste trabalho é de natureza exploratória e quanto a sua classificação, refere-se à um estudo de caso com proposição de soluções. De acordo com Gil (2002), o estudo é uma modalidade de pesquisa amplamente utilizada nas ciências biomédicas e sociais. Para Gil (2002), trata-se de um estudo profundo e exaustivo de um ou poucos objetivos, de maneira que permita seu amplo e detalhado conhecimento.

Figura 23 – Metodologia



Fonte: Autor

3.2 MATERIAIS E EQUIPAMENTOS

Os materiais necessários para o desenvolvimento do projeto foram, chapas metálicas e tubos metálicos para a estrutura do dispositivo. Além, foi necessário *software* CAD 3D e 2D, *software* para a simulação dos sistemas elétricos e pneumáticos. Além, fez-se necessário os componentes pneumáticos e componentes do comando elétrico. Por fim, materiais como pacote *Office*, Google Drive e câmera fotográfica.

4 APRESENTAÇÃO E ANÁLISE DOS RESULTADOS

No vigente capítulo serão apresentados os resultados oriundos alcançados durante a pesquisa realizada. Buscou-se, com base na bibliografia já apresentada, demonstrar proposta de solução para o problema inicialmente apresentado, que é: A automação pode se tornar a melhor opção para a solução para o problema encontrado no processo de solda do conjunto?

Constata-se que os objetivos propostos no presente relatório foram alcançados, pois foi possível a partir da identificação do problema, desenvolver um projeto como proposta de solução para o devido problema de processo e qualidade, encontrados ao soldar o conjunto. A proposta tem como fim não só a solução do processo e da qualidade final do conjunto, como também a melhora na segurança do operador ao realizar a operação.

4.1 IDENTIFICAÇÃO DO PROBLEMA E ESTADO ATUAL

O tema aprofundado foi fixado a partir de uma análise realizada no processo de solda de conjuntos soldados no local estudado, trata-se do conjunto de código 057753S1. Durante essa análise detectou-se que em média o operador deve realizar 50 batidas por conjunto soldado, para que a operação se conclua, essas batidas são feitas pois o item não encaixa perfeitamente para que o cordão de solda possa ser feito. Portanto operador deve bater o martelo em um instrumento chamado talhadeira, a fim de conformar a peça para que encaixe da melhor maneira possível. Conforme Figuras 24 a 27, pode-se encontrar como é feito o processo, e segundo avaliações de segurança do trabalho, apresenta-se um estado de risco ao operador para sua ergonomia devido ao esforço feito durante o processo, e um risco de acidentes devido as batidas necessárias no processo.

Figura 24 – Conjunto Soldado e Dispositivo atual (Vista 1)



Fonte: Autor

Figura 25 – Conjunto Soldado e Dispositivo atual (Vista 2)



Fonte: Autor

Figura 26 – Processo atual (Vista 3)



Fonte: Autor

Figura 27 – Processo atual (Vista 4)

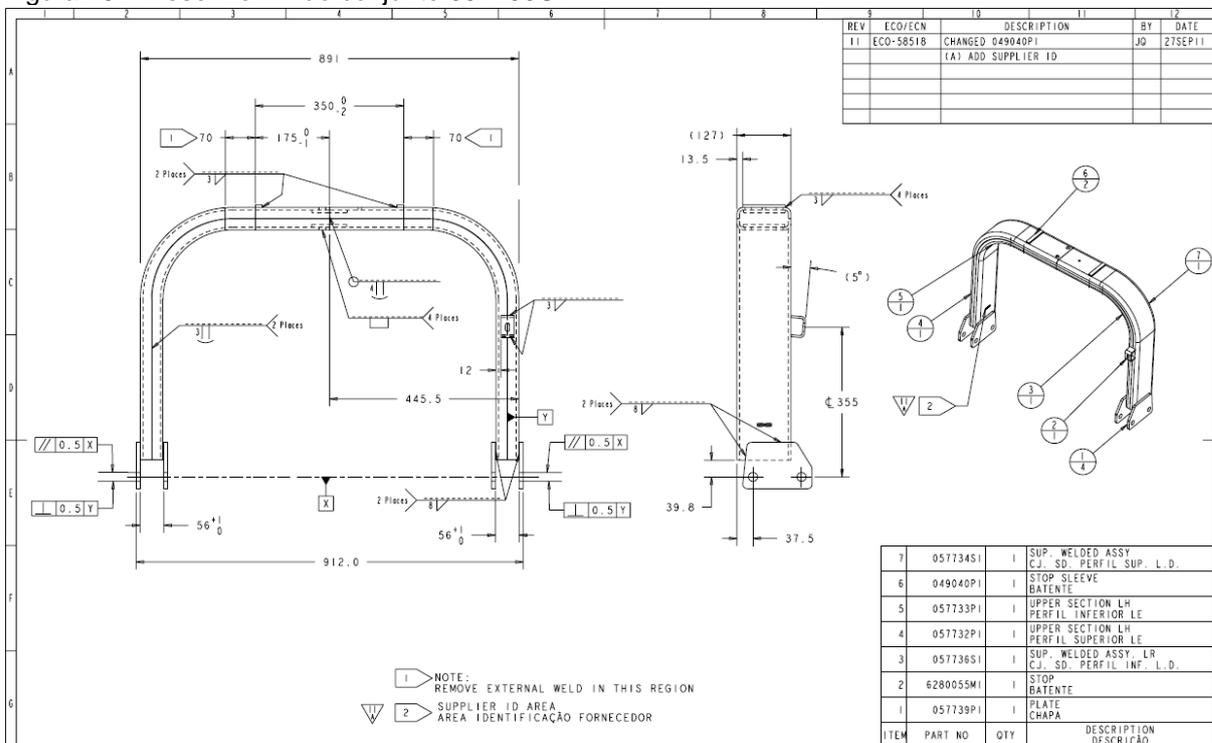


Fonte: Autor

Como pode ser visto, essa operação pode acarretar em muitos desvios de qualidade e segurança.

A figura 28 mostra o desenho 2D do conjunto fornecido pela engenharia do produto da empresa a qual foi realizado o projeto.

Figura 28 – Desenho 2D do conjunto 057753S1



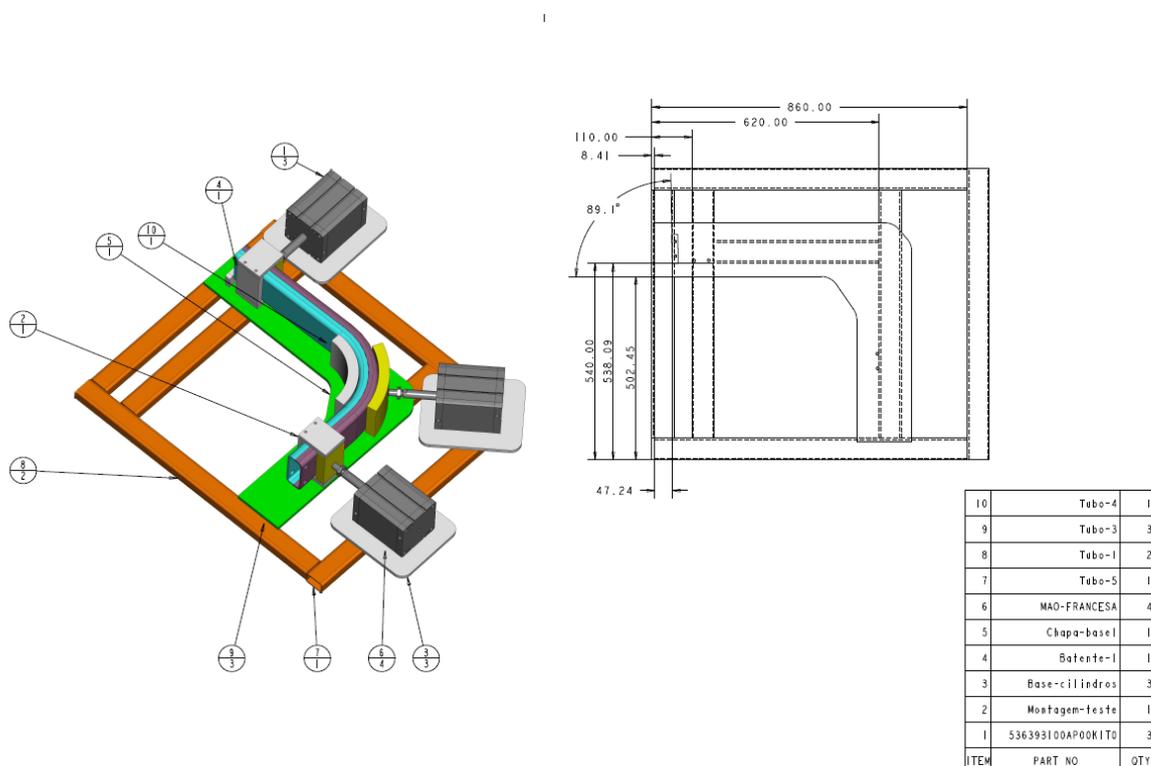
Fonte: A empresa.

4.2 ELABORAÇÃO DO PROJETO 3D E SEU DETALHAMENTO

Após a segura identificação do problema e do que seria necessário melhorar, partiu-se então para o design de um novo dispositivo que pudesse comportar o sistema automatizado, como os cilindros e a caixa de comandos elétricos.

Para o desenvolvimento do projeto 3D foi feito o uso do programa Creo Parametric Engineer 3.0, PTC (2014), onde pode ser projetado um novo dispositivo, dividido em subconjuntos e uma montagem final, com seu detalhamento de posições, cotas e vistas, para poder ser manufaturado posteriormente (Figura 30).

Figura 29 – Detalhamento do conjunto 3D



Fonte: Autor

4.3 PROJETO PNEUMÁTICO

Em seguida, iniciou-se o processo de desenvolvimento do projeto pneumático, para isso consultou-se o setor de manutenção da empresa e seus técnicos para a escolha dos melhores componentes baseado em seus fornecedores já cadastrados.

Portanto o primeiro passo foi medir a pressão da rede de ar, verificou-se que ela varia entre 6,8 e 7,2 bar, portanto para o cálculo de dimensionamento do cilindro mais adequado, optou-se usar uma pressão de 6,5 bar, para que não haja riscos de faltar pressão e assim o sistema perder sua força.

Para a escolha do cilindro adequado, usou-se as fórmulas básicas de dimensionamento pneumático, para encontrarmos o diâmetro aproximado do cilindro e então fazer a melhor escolha, usando um cilindro de diâmetro aproximado que há comercialmente.

Dados de entrada:

Pressão (P) = 650000 N/m²

Força (F) = 8000 N

O cálculo da área é dado pela equação 1.

(1)

$$P = \frac{F}{A}$$

$$A = \frac{8000 \text{ N}}{650000 \text{ N/m}^2}$$

$$A = 0,0123 \text{ m}^2$$

$$A = 0,123\text{m}^2 * 10^6$$

$$A = 12300 \text{ mm}$$

O cálculo do diâmetro do cilindro é dado pela equação 2.

(2)

$$D = \frac{\sqrt{4A}}{\pi}$$

$$D = \frac{\sqrt{4 * 12300}}{\pi}$$

$$D = 125,14 \text{ mm}$$

Após a resolução da equação, optou-se pela escolha de um cilindro de 125 Ø que proporcionou a quantidade de força de aproximadamente 8000N ao sistema e um curso de 100 mm devido ao posicionamento assim proposto no projeto 3D, com esse dado pode-se ir aos catálogos de fabricantes e adotar como melhor opção os cilindros compactos pneumáticos da Festo de dupla ação para o proposto projeto.

Os demais componentes usados para o sistema pneumático tabela 1.

Tabela 1: Tabela de itens pneumáticos

Item	Quantidade	Descrição
Alimentação de ar comprimido	1	Tratamento do ar e compressão
Kitl Lubrefil	1	Limpeza do ar comprimido e regulagem da pressão
Válvula direcional	1	5/3 duplo solenoide com centro fechado
Chave fim de curso	1	Parada do sistema indicando posição final do atuador
Manômetro	2	
Válvula de sequência	1	Válvula de sequência pneumática
Atuador pneumático	3	Atuador pneumático dupla ação
Pressostato	1	Pressostato com saída digital e entrada analógica
Válvula reguladora de fluxo	5	Válvula reguladora de fluxo unidirecional para regulagem de vazão
Abafador	2	Abafadores/Silenciadores para redução de ruídos

Fonte: O autor

4.4 PROJETO ELÉTRICO

Após o projeto pneumático do sistema estar pronto, começou-se então a parte para o acionamento então de todo o sistema. O local onde o gabarito será instalado, possui como fonte de energia, uma tensão de 220 Volts, para o sistema de comando então, usou-se uma fonte para converter os 220 V da rede em 24 V onde encontramos componentes para o circuito de comandos comerciais com essa tensão.

Para a construção do comando elétrico utilizou-se os seguintes componentes tabela 2:

Tabela 2: Componentes do comando elétrico

Item	Quantidade	Descrição
Quadro de comando	2	Quadro de comando 300x200x200 mm
Relé	2	Relé de proteção
Solenóide	2	Solenóide de válvula
Contato NA	4	Contatos normalmente abertos para o circuito
Contato NF	4	Contatos normalmente fechados para o circuito
Botão NA	3	Botoeiras de acionamentos normalmente abertas
Botão NF	1	Botoeiras de acionamentos normalmente fechadas

Fonte: O autor

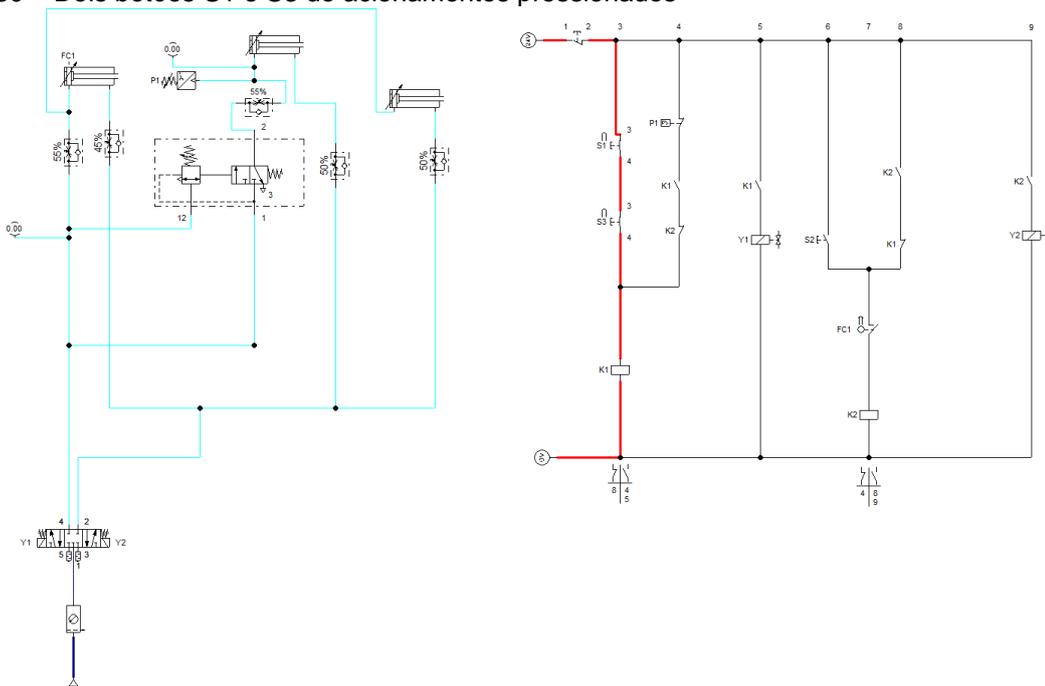
4.5 FUNCIONAMENTO E SIMULAÇÃO

Com o projeto 3D definido, o esquema do comando elétrico e o pneumático, seguiu-se então para a próxima fase, com o auxílio do software *FluidSim*, Festo (2006), foi-se capaz de simular e analisar o funcionamento que o dispositivo terá na prática, trabalhando em conjunto a parte do projeto pneumático sendo acionada pelos comandos que o operador terá disponível em seu processo.

O processo ocorre da seguinte forma. O operador terá quatro botões à sua disposição, dois para o acionamento do avanço dos cilindros, um para o acionamento do retorno dos cilindros, e por fim, um botão de emergência.

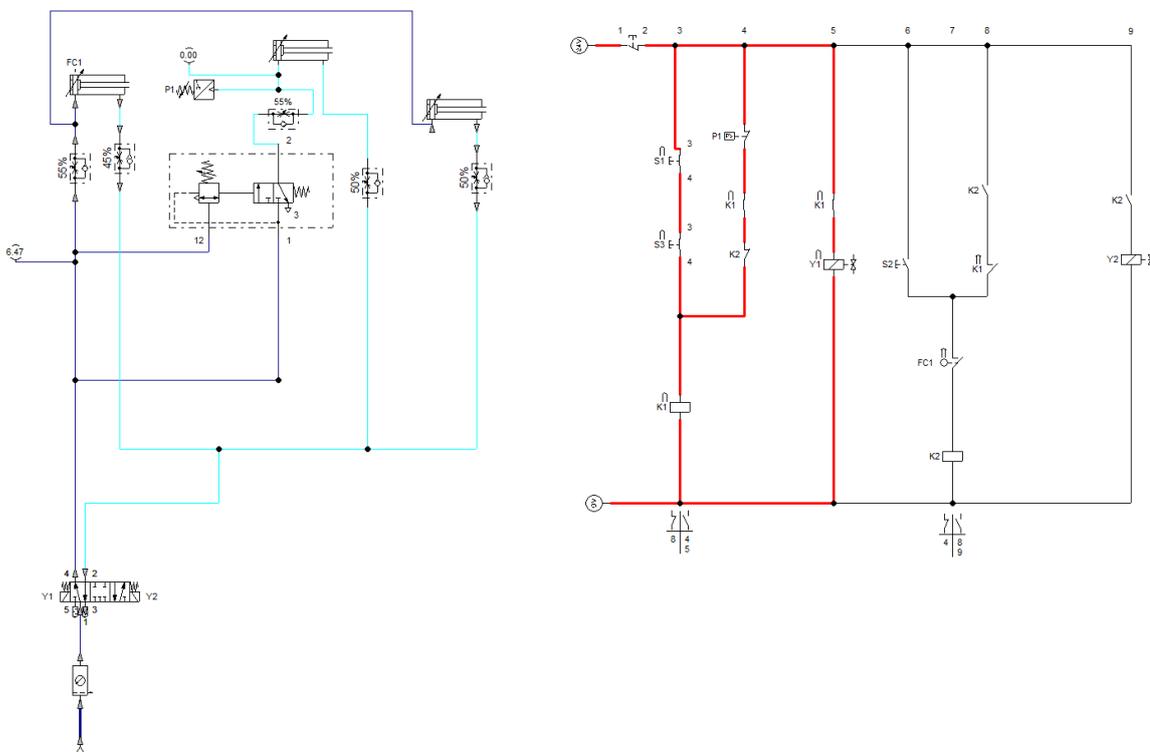
Para que o processo de avanço se inicie, pensando na segurança, o operador deve pressionar ao mesmo tempo os botões S1 e S3 que estão normalmente abertos, ao dar o pulso, ao fazer isso o operador permite que a energia passe pelos dois botões, que pelo método de selo, irão fechar K1 que está em paralelo e K2 normalmente fechado, irá assim permanecer até que o botão de retorno seja pressionado, assim evitando que avanço e recuo sejam acionados ao mesmo tempo, estes permanecerão fechados mesmo que após os botões S1 e S3 não estejam mais pressionados, esse processo irá ativar a solenoide Y1, responsável por ligar a válvula direcional para a posição 1, assim permitindo a passagem do ar para os cilindros. Os dois cilindros das extremidades avançam, e quando chegam em sua pressão máxima estabelecida, a pressão abre a válvula de sequência, que irá então permitir que o cilindro do centro avance para fixar o item onde há o raio da peça. Ao chegar no fim de curso e a pressão máxima estabelecida do último pistão pneumático, um pressostato, ligado na entrada do cilindro irá enviar um sinal digital ao sistema de comando, informando que a pressão do último cilindro chegou ao máximo desejável, portanto o sistema de comando irá desligar, retornando a válvula direcional a sua posição inicial, essa por ser de centro fechado irá reter o ar nos cilindros, assim mantendo a pressão até que o próximo passo seja realizado. Todo esse avanço, é regulado por válvulas reguladoras unidirecionais que estão nas entradas de cada cilindro, assim irão permitir o controle da velocidade de avanço de cada cilindro, conforme demonstrado nas figuras 31 a 33.

Figura 30 – Dois botões S1 e S3 de acionamentos pressionados



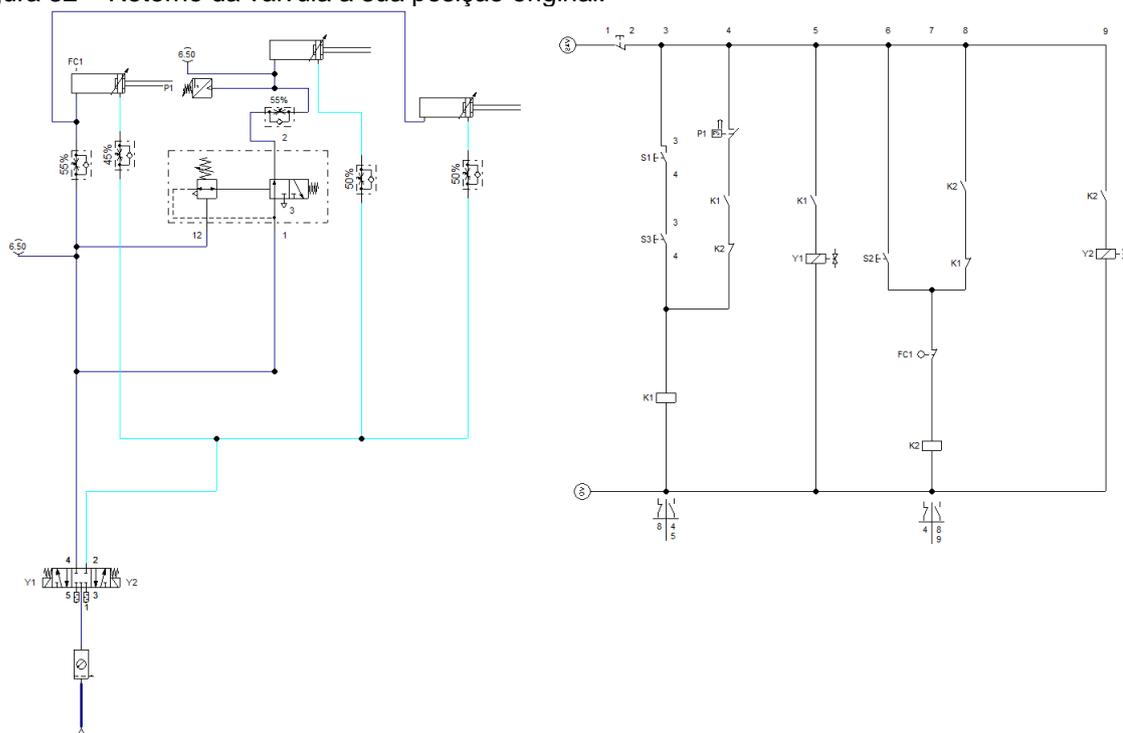
Fonte: O autor.

Figura 31 – Troca de posição da válvula direcional para avanço.



Fonte: O autor.

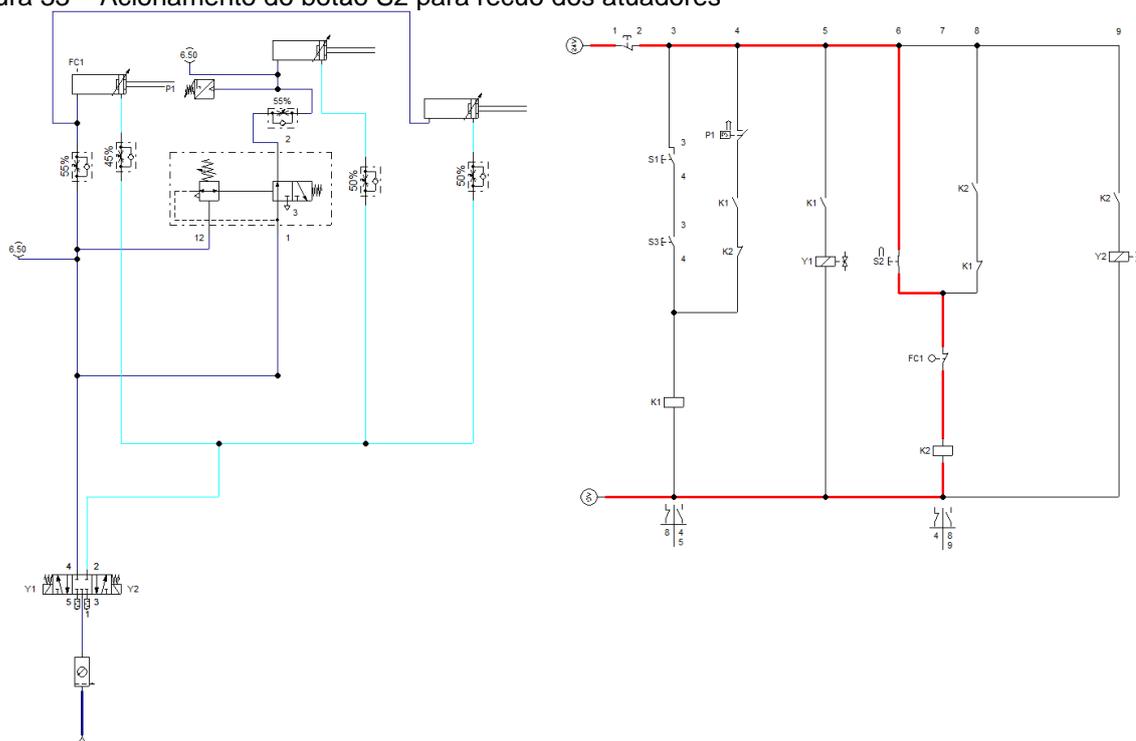
Figura 32 – Retorno da válvula a sua posição original.



Fonte: O autor.

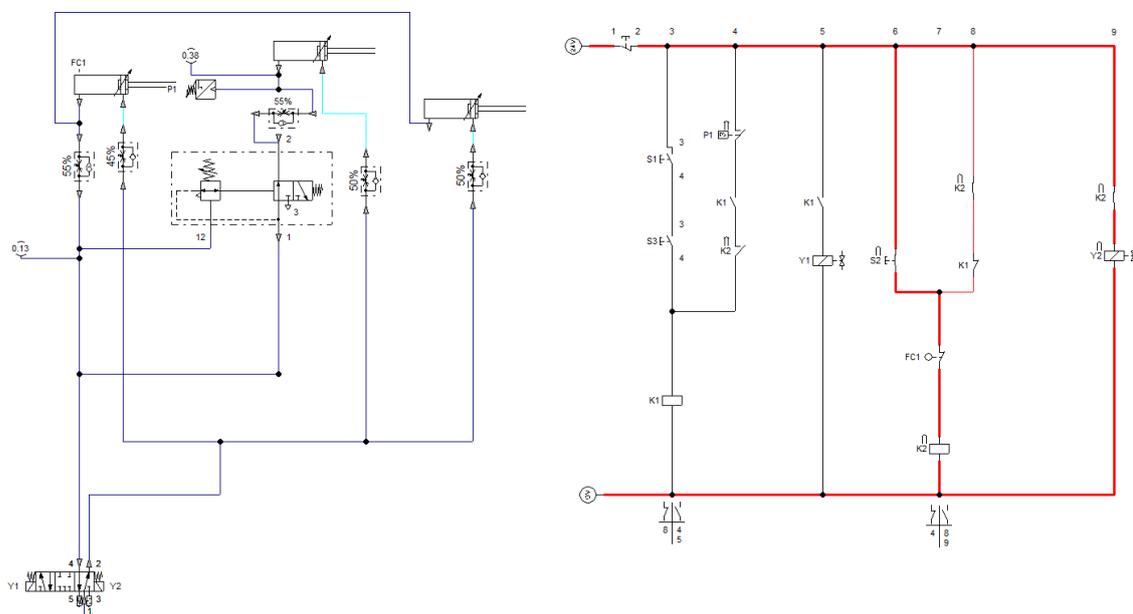
Depois que o operador encerrou o processo de soldagem, então ele terá a opção de retornar os cilindros, para isso ele irá pressionar o botão S2, ao dar o pulso, o contato normalmente aberto do botão S2 fecha e o seu contato K2 em paralelo fecha, formando o selo da mesma forma feita para o acionamento do avanço. Ao soltar o botão S2, o K2 permanece energizado com um K1 normalmente fechado em série, assim assegurando que o avanço e o recuo não estão ativados ao mesmo tempo. Portanto com K2 energizando a solenoide Y2 da válvula direcional é energizada, mudando a posição da válvula e permitindo que o ar passe pelo outro lado do cilindro, então o recuo dos pistões se inicia. Por meio de uma chave fim de curso no primeiro atuador, identifica-se que os cilindros recuaram totalmente e então o fim de curso abre, tirando a energia do sistema, a válvula direcional retorna a sua posição inicial e o processo chega ao fim, pronto para ser iniciado novamente. Por meio da válvula reguladora de vazão na saída do primeiro cilindro, consegue-se regular sua velocidade de recuo para que seja menor do que os outros atuadores, garantindo que todos os cilindros estejam recuados para que o sistema de comando possa ser desligado, conforme demonstrado nas figuras 34 a 36.

Figura 33 – Acionamento do botão S2 para recuo dos atuadores



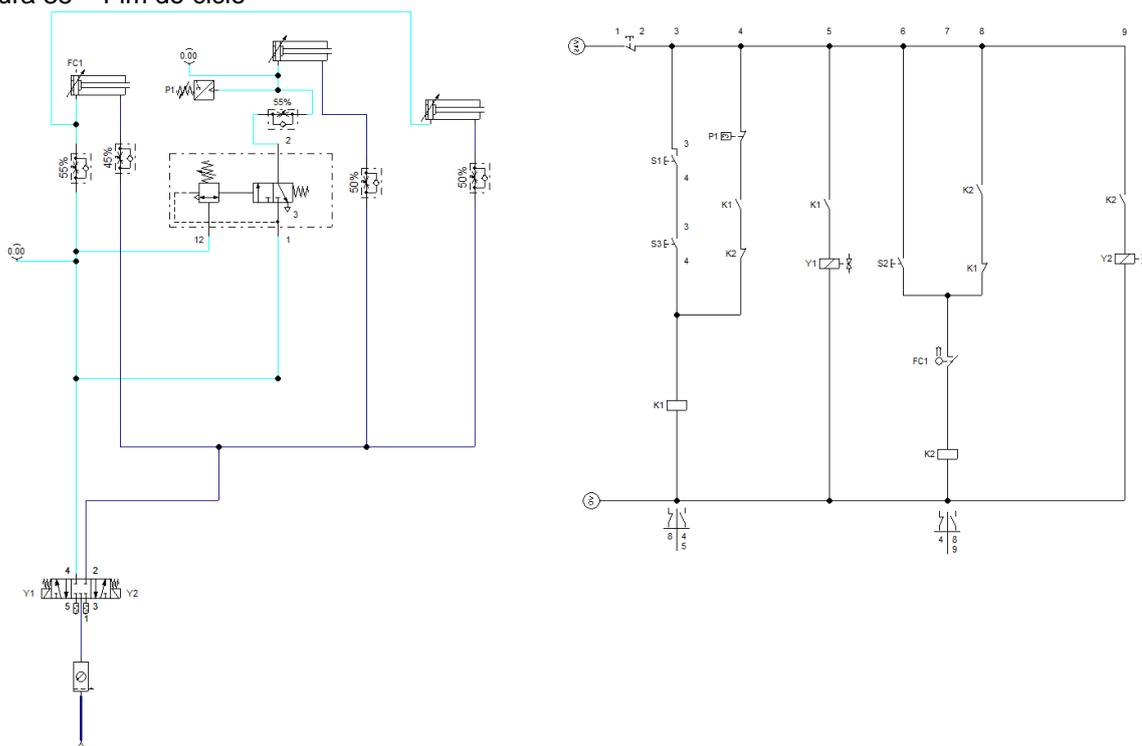
Fonte: O autor.

Figura 34 – Troca de posição da válvula direcional para recuo.



Fonte: O autor.

Figura 35 – Fim do ciclo



Fonte: O autor.

Para questões de segurança, há um botão de emergência, este é uma botoeira normalmente fechada que está ligada na saída da fonte de 24 V, quando pressionada ela abre, impedindo a passagem de corrente elétrica para o sistema e interrompendo o movimento de avanço ou recuo instantaneamente. Para que o movimento retorne, basta acionar os botões S1 e S3 em caso de avanço e S2 para recuo, conforme demonstrado nas figuras 37 e 38.

Assim encerra-se o ciclo completo com todas as suas opções, podendo o operador iniciá-lo novamente.

4.6 ORÇAMENTOS

Por fim, realizou-se orçamentos para comparar o custo que o projeto teria se fosse feito por uma empresa terceirizada, ou se fosse apenas adquirido os componentes e então desenvolvido em casa. Chegou-se a alguns valores, como menor custo orçado e previsto, tem-se o valor de R\$ 7.822,76, conforme demonstrado na figura 39, para a compra dos componentes e posteriormente a manufatura do dispositivo na própria empresa, e o valor de R\$ 63.800,00, conforme demonstrado na figura 40 para que o projeto e o dispositivo fossem realizados completamente por um fornecedor autorizado da empresa.

Figura 38 - Orçamento dos componentes.

Ref.	Produto	NCM	Prazo Entrega	Qtde.	Unid	Vlr. Unit.	Vlr. Total
CP96SDB125-80*BR	Cilindro Pneumático Básico	8412.31.10	8 dias úteis	2,00	UN	1.161,21	2.322,42
CP96SDB125-200*BR	Cilindro Pneumático Básico	8412.31.10	8 dias úteis	1,00	UN	1.287,03	1.287,03
ISE30A-01-P-L	Pressostato	9032.20.00	25 dias úteis	1,00	UN	793,60	793,60
SY7120-5DZ-02	Válvula Direcional Solenoide	8481.80.92	25 dias úteis	1,00	UN	486,40	486,40
B-02	Bujão 1/4"	7412.20.00	5 dias úteis	1,00	UN	5,44	5,44
AN20-02	Silenciador	8481.90.90	5 dias úteis	2,00	UN	16,22	32,44
SY9320-5DZ-03	Válvula Direcional Solenoide	8481.80.92	5 dias úteis	1,00	UN	930,16	930,16
AN20-02	Silenciador	8481.90.90	5 dias úteis	2,00	UN	19,14	38,28
G50-16-01-ART	Manômetro	9026.20.10	5 dias úteis	1,00	UN	72,90	72,90
ISE30A-01-P-L	Pressostato	9032.20.00	5 dias úteis	1,00	UN	793,60	793,60
D-M9BL	Sensor Magnético	8536.50.90	5 dias úteis	1,00	UN	192,65	192,65
AS4201F-U04-10A	Reg. de Fluxo	8481.10.00	5 dias úteis	6,00	UN	144,64	867,84
Valor Total dos Itens do Orçamento:							7.822,76
Valor Total do Orçamento:							7.822,76

Fonte: A empresa.

Figura 39 - Orçamento dispositivo.

Item	Qtd	Especificação do Produto ou serviço	NCM	UN.	R\$ Unit.	%IPI	R\$ Total
1	1	Projeto, fabricação, try-out e instalação de dispositivo de solda do ROPS. Dispositivo desenvolvido com estrutura tubular soldada, encostos temperados, retificados e com regulagem através de schimpacks para os 3 sentidos. Fixação desenvolvida com cilindros pneumáticos com sistema de aperto com alavanca para triplicar a força de execução para posicionar e fechar corretamente para soldagem. Todo sistema de acionamento será pneumático, inclusive o bimanual de segurança. Todos os componentes pneumáticos serão Metalwork. Esta incluso no orçamento o cavalete giratório com rodízios. O giro poderá ser de até 360°.	8426.99.00	UN.	R\$ 63.800,00	0	R\$ 63.800,00

Fonte: A empresa.

CONCLUSÃO

A busca incansável e constante pela melhoria contínua dos processos de produção e a melhor qualidade de um produto final é de grande importância nas melhores empresas, pois é por meio das melhorias que se torna possível reduzir custos, eliminar desperdícios e diminuir problemas de qualidade. Para que tudo isso seja possível, a automatização entra como uma ferramenta importante que nos auxilia na resolução dos problemas encontrados.

O trabalho foi estruturado na necessidade encontrada de uma melhoria no processo de solda do item 057753S1, que se trata da estrutura de proteção contra capotamento encontrada nos tratores.

De início buscou-se entender o real problema e qual suas necessidades para melhoria. Como estado atual, encontrou-se um processo rudimentar e ultrapassado, sujeito a muitas falhas, falta de segurança e ergonomia. Portanto uma proposta de evolução foi iniciada, como primeira etapa o projeto 3D do dispositivo foi desenvolvido e apresentado ao líder de manufatura da empresa responsável pelo local. Depois de aceita a proposta, então os projetos pneumáticos e do comando elétrico foram desenvolvidos e simulados por meio de *softwares* para se ter uma boa ideia do futuro funcionamento e estado do processo.

Portanto, conclui-se que a automatização pode ser uma excelente ferramenta para ganhos e melhorias nos processos de solda, e que o projeto pode sim atender os requisitos para que haja uma boa evolução na execução do processo de solda e diminuição dos riscos de acidentes e de problemas de qualidade ao soldar o conjunto estudado. Também pode ser estudado e proposto valores para que esse projeto possa ser desenvolvido e testado em sua prática, deixando assim aberto a melhorias e validações.

REFERÊNCIAS

ATHOS ELECTRONICS. **Botoeiras: tipos e aplicações**. 2019. Disponível em: <<https://athoselectronics.com/botoeiras-tipos-e-aplicacoes/>>. Acesso em: 20 abr. 2019.

FESTO. **Programa de fornecimento 2004**. São Paulo: Festo, 2004.

_____. **Pressostatos e vacuostatos Série SDE5**. São Paulo: Festo, 2019. Disponível em: <https://www.festo.com/cat/pt-br_br/data/doc_ptbr/PDF/PT/SDE5_PT.PDF>.

_____. **Tipos de relés**. Equipe Lorencini, 2017. Disponível em: <http://www.lorencini.com.br/blog/conheca-os-principais-tipos-de-reles-e-suas-funcoes/>. Acesso em: 29/06/2019.

Acesso em: 14 maio 2019.

_____. **Silenciador**. São Paulo: Festo, 2019. Disponível em: <https://www.festo.com/cat/pt-br_br/products_080100>. Acesso em: 19 maio 2019.

_____. **Válvula de sequência 3/2 vias – NF**. São Paulo: Festo, 2019. Disponível em: <<https://www.festo-didactic.com/br-pt/bancadas-de-treinamento/pneumatica/pneumatica/valvula-de-sequencia-3-2-vias-nf.htm?fbid=YnluchHQuNTM3LjZLjE4LjEwMTguNTI5Ng>>. Acesso em: 14 maio 2019.

FIALHO, Arivelto Bustamante. **Automação hidráulica**: projetos, dimensionamento e análise de circuitos. São Paulo: Érica, 2003.

FRANCHI, Claiton Moro. **Acionamentos elétricos**. 4. ed. São Paulo: Érica, 2008. [Minha Biblioteca].

GIL, Antonio Carlos. **Técnicas de pesquisa em economia e elaboração de monografias**. 4. ed. São Paulo: Atlas, 2002.

LAMB, Frank. **Automação Industrial na Prática - Série Tekne**. Porto Alegre: AMGH, 2015.

NASCIMENTO JUNIOR, Geraldo Carvalho do. **Comandos elétricos**: teoria e atividades. São Paulo: Érica, 2011.

PARKER. **Tecnologia pneumática industrial**: Apostila M1001 BR. Jacareí: Parker, 2000.

RIBEIRO, Marco Antonio. **Automação**. 5. ed. Salvador: Tek Treinamento e Consultoria, 2005. Apostila. Disponível em: <<https://www.ebah.com.br/content/ABAAAE4XUAA/apostila-automacao-marco-antonio>>. Acesso em: 23 abr. 2019.

SOUZA, Neemias S. **Apostila de acionamentos elétricos**. Natal: Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnológica do Rio Grande do Norte, 2009.