

**UNIVERSIDADE DO ESTADO DO AMAZONAS - UEA  
ESCOLA SUPERIOR DE TECNOLOGIA - EST  
ENGENHARIA ELÉTRICA BACHARELADO**

**KAIKY SHINJI LIMA OTANI**

**MODELAGEM DE SISTEMA PARA PRENSA PNEUMÁTICA COM  
PROGRAMAÇÃO INTERATIVA E COMPORTAMENTO ADAPTÁVEL  
UTILIZANDO AUTOMAÇÃO INDUSTRIAL**

**Manaus - AM  
2021**

KAIKY SHINJI LIMA OTANI

**MODELAGEM DE SISTEMA PARA PRENSA PNEUMÁTICA COM  
PROGRAMAÇÃO INTERATIVA E COMPORTAMENTO ADAPTÁVEL  
UTILIZANDO AUTOMAÇÃO INDUSTRIAL**

Pesquisa desenvolvida durante a disciplina de Trabalho de Conclusão de Curso II e apresentada a banca avaliadora do Curso de Engenharia Elétrica da Escola Superior de Tecnologia da Universidade do Estado do Amazonas como pré-requisito para obtenção do título de Engenheiro Eletricista.

Orientador: Walter Prado de Souza Guimarães.

**Manaus - AM  
2021**

**Universidade do Estado do Amazonas – UEA**  
**Escola Superior de Tecnologia - EST**

Reitor:

**Cleinaldo de Almeida Costa**

Vice-Reitor:

**Cleto Cavalcante de Souza Leal**

Diretor da Escola Superior de Tecnologia:

**Ingrid Sammyne Gadelha Figueiredo**

Coordenador do Curso de Engenharia Elétrica:

**Israel Gondres Torné**

Banca Avaliadora composta por:

Data da defesa: 30/07/2021.

**Prof. Walter Prado de Souza Guimarães, Dr** (Orientador)

**Prof. Jozias Parente de Oliveira, Dr**

**Prof. Daniel Gúzman Del Río, Dr**

## **CIP – Catalogação na Publicação**

Otani, Kaiky Shinji Lima

Modelagem de sistema para prensa pneumática com programação interativa e comportamento adaptável utilizando automação industrial / Kaiky Shinji Lima Otani; [orientado por] Walter Prado de Souza Guimarães. – Manaus: 2021.

70 p.: il.

Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Elétrica). Universidade do Estado do Amazonas, 2021.

1. Prensa Pneumático. 2. Automação Industrial. 3. Programação Interativa. I. Guimarães, Walter Prado de Souza.

KAIKY SHINJI LIMA OTANI

MODELAGEM DE SISTEMA PARA PRENSA PNEUMÁTICA COM  
PROGRAMAÇÃO INTERATIVA E COMPORTAMENTO ADAPTÁVEL UTILIZANDO  
AUTOMAÇÃO INDUSTRIAL

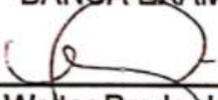
Pesquisa desenvolvida durante a disciplina de Trabalho de Conclusão de Curso II e apresentada à banca avaliadora do Curso de Engenharia Elétrica da Escola Superior de Tecnologia da Universidade do Estado do Amazonas, como pré-requisito para a obtenção do título de Engenheiro Eletricista.

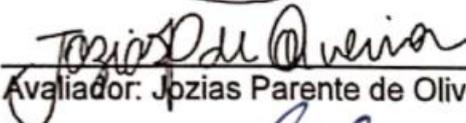
Nota obtida: 10,0 dez virgula zero

Aprovada em 30/07/21.

Área de concentração: Automação Industrial

BANCA-EXAMINADORA

  
Orientador: Walter Prado de Souza Guimarães, Dr.

  
Avaliador: Jozias Parente de Oliveira, Dr.

  
Avaliador: Daniel Gúzman Del Río, Dr.

Manaus 2021

## **Dedicatória**

Aos meus pais, por terem dedicado suas vidas para me tornar a pessoa que sou hoje. Agradeço imensamente por todo o amor, suporte e auxílio que me foram dados para chegar a este momento tão importante. Dedico-lhes essa conquista, como forma de gratidão.

## **Agradecimentos**

Agradeço aos meus pais, por todo o apoio e incentivo.

Agradeço ao meu orientador Walter, por ter me aceito e orientado.

Agradeço aos meus amigos Matheus Nery, Tiago Patrício e Gedalias, além de todos os colegas de classe por todos os ensinamentos ao longo dos anos.

## RESUMO

As prensas pneumáticas tem por função realizar a prensagem, estampagem, puncionamento, curvatura e embutimento de componentes em peças, dessa forma, torna-se um equipamento utilizado no âmbito industrial de manufaturas. Devido ao seu conceito amplo, gera-se uma gama de modelos de prensa pneumática, com: fabricantes, especificações e comportamentos diferentes. Este trabalho tem por objetivo o desenvolvimento e teste de um modelo base de prensa pneumático de pequeno porte, ou seja, uma prensa pneumática de 4 cilindros, que seja capaz de reproduzir o comportamento dos demais modelos, porém com um *design* mais compacto e uma maior flexibilidade em comparação aos demais. Para isso, a pesquisa utilizou um Controlador Lógico Programável com a função controlar os demais dispositivos do sistema, e uma Interface Homem-Máquina que servirá de interface para que o usuário consiga programar o seu comportamento e visualizar informações relevantes para o processo. Para programar o sistema, foi utilizado a linguagem *Ladder*, buscando um sistema completo e robusto, a fim de atender todas as premissas estabelecidas. Após o desenvolvimento da pesquisa, foi obtido um modelo de prensa pneumática de 4 cilindros, com *design* compacto, e capaz de reproduzir o comportamento dos demais modelos apresentados no decorrer do trabalho, como visto nos testes simulados e práticos. O modelo desenvolvido trouxe a aplicação dos principais conceitos objetivados: compacto, por ser um modelo com volume físico ligeiramente menor se comparado aos maiores modelos; versatilidade, no sentido de conseguir substituir qualquer um dos modelos apresentados; praticidade, no segmento de ser capaz de fazer todos os processos já existentes com facilidade.

**Palavras-Chave:** Prensa Pneumática, Automação Industrial, Programação Interativa, Comportamento Adaptável.

## ABSTRACT

Pneumatic presses have the function of performing the pressing, stamping, punching, bending and embedding of components and parts, thus, it becomes an equipment used in the industrial scope of manufactures. Due to its broad concept, a range of pneumatic press models is generated, with: different manufacturers, specifications and behaviors. This work aims to develop and test a small pneumatic press base model, that is, a 4-cylinder pneumatic press, which is capable of reproducing the behavior of the other models, but with a more compact design and a larger flexibility compared to others. For this, the research was used a Programmable Logic Controller with the function to control the other devices of the system, and a Human-Machine Interface that will serve as an interface for the user to be able to program his behavior and visualize information relevant to the process. To program the system, the Ladder language was used, seeking a complete and robust system, in order to meet all established premises. After the development of the research, a 4-cylinder pneumatic press model was obtained, with a compact design, and capable of reproducing the behavior of the other models presented during the work, as seen in the simulated and practical tests. The developed model brought the application of the main concepts aimed at: compact, for being a model with a slightly smaller physical volume compared to the larger models; versatility, in the sense of being able to replace any of the models presented; practicality, in the segment of being able to do all the existing processes with ease.

**Key-words:** Pneumatic Press, Industrial Automation, Interactive Programming, Adaptable Behavior.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Representação de rede em anel.....	15
Figura 2 - Unidade de Conservação do Tipo Modular.....	16
Figura 3 - Esquema de um atuador pneumático linear com retorno por mola.....	17
Figura 4 - Diagrama de Válvula com Acionamento Combinado.....	18
Figura 5 - Ciclo de varredura de um CLP.....	19
Figura 6 - Simbologia básica <i>ladder</i> .....	20
Figura 7 - Exemplo de bloco de instrução <i>ladder</i> .....	21
Figura 8 - Exemplo de uma tela da IHM.....	22
Figura 9 - Exemplo de Proteções Fixas.....	23
Figura 10 - Relé de segurança e CLP de segurança, respectivamente.....	24
Figura 11 - Parada de emergência.....	24
Figura 12 - Comando bimanual com parada de emergência.....	25
Figura 13 - Cortina de Luz.....	26
Figura 14 - Sensor de Proximidade Magnético: Tipo Reed Switch.....	27
Figura 15 - Atuador Pneumático da Série CP96.....	29
Figura 16 - Válvula Direcional Série VFS.....	30
Figura 17 - Simbologia Válvula Direcional.....	30
Figura 18 - CLP Série FX5UC.....	31
Figura 19 - IHM Série GT21.....	32
Figura 20 - Relé de Segurança: Modelo HR1S-AF.....	32
Figura 21 - Relé de Segurança: Modelo MSR125HP.....	33
Figura 22 - Relé de Segurança: UE48-20S.....	34
Figura 23 - Cortina de Luz: 445L-T4S0360YD.....	34
Figura 24 - Ilustração do Software GX Works3.....	35
Figura 25 - Ilustração do Software GT Designer3.....	36
Figura 26 - Fluxograma: Condição de Segurança.....	38
Figura 27 - Fluxograma: Condição Inicial.....	38
Figura 28 - Fluxograma: Condição de Modo Manual.....	39
Figura 29 - Fluxograma: Lógica de Comportamento.....	40
Figura 30 - Diagrama de Potência.....	41
Figura 31 - Diagrama Relé de Emergência.....	42

Figura 32 - Diagrama Relé do Bimanual .....	43
Figura 33 - Diagrama Relé de Cortina de Luz .....	44
Figura 34 - Diagrama da Cortina de Luz .....	44
Figura 35 - Tela Principal .....	45
Figura 36 - Tela Modo Manual .....	46
Figura 37 - Tela de Rotina.....	47
Figura 38 - <i>Ladder</i> : Modo Manual .....	48
Figura 39 - <i>Ladder</i> : Condição de Emergência.....	49
Figura 40 - <i>Ladder</i> : Posição Inicial .....	50
Figura 41 - <i>Ladder</i> : Deslocamento de Código.....	51
Figura 42 - <i>Ladder</i> : Execução do Código .....	52
Figura 43 - Exemplo Prensa de 1 Cilindro.....	53
Figura 44 - Exemplo Prensa de 3 Cilindros .....	53
Figura 45 - Foto do Painel Elétrico Elaborado.....	54
Figura 46 - Prensa Desenvolvida .....	55
Figura 47 - Rotina Usada em Simulação.....	55
Figura 48 - Estrutura de Simulação.....	56
Figura 49 - Simulação do Código 98 .....	56
Figura 50 - Simulação do Código 01 .....	57
Figura 51 - Simulação do Código 81 .....	57

## SUMÁRIO

<b>INTRODUÇÃO</b> .....	<b>12</b>
<b>1 REFERENCIAL TEÓRICO</b> .....	<b>14</b>
1.1 SISTEMA PNEUMÁTICO .....	14
1.1.1 Redes de Ar Comprimido .....	15
1.1.2 Atuadores Pneumáticos .....	16
1.1.3 Controle Direcional de Fluxo .....	17
1.2 AUTOMAÇÃO INDUSTRIAL.....	18
1.2.1 Controlador Lógico Programável (CLP).....	18
1.2.2 Linguagem Ladder.....	20
1.2.3 Interface Homem-Máquina .....	21
1.2.4 Dispositivos Segurança .....	22
1.2.5 Sensores Elétricos.....	26
<b>2 METODOLOGIA</b> .....	<b>28</b>
2.1 ESPECIFICAÇÃO DOS COMPONENTES E SOFTWARES UTILIZADOS NO PROJETO .....	29
2.1.1 Atuador Pneumático - CP96SDB100-35C 1Mpa.....	29
2.1.2 Válvula Direcional - VFS2230-5DZ-02.....	30
2.1.3 CLP - FX5UC-32MT/DSS-TS .....	31
2.1.4 IHM - GT2104-RTBD.....	31
2.1.5 Dispositivos de Segurança .....	32
2.1.6 GX Works3.....	35
2.1.7 GT Designer3.....	36
2.2 FLUXOGRAMA DO PROJETO .....	37
2.2.1 Condição de Segurança .....	37
2.2.2 Condição Inicial.....	38
2.2.4 Lógica de Comportamento .....	40
<b>3 IMPLEMENTAÇÃO</b> .....	<b>41</b>
3.1 DIAGRAMA DE POTÊNCIA.....	41
3.2 DIAGRAMAS DOS DISPOSITIVOS DE SEGURANÇA .....	42
3.2.1 Relé do Botão de Emergência.....	42
3.2.2 Relé do Comando Bimanual.....	42
3.2.3 Relé da Cortina de Luz.....	43
3.2.4 Cortina de Luz.....	44
3.3 TELAS IHM .....	45
3.3.1 Principal.....	45

3.3.2 Modo Manual.....	46
3.3.1 Configuração de Rotina.....	46
3.4 PROGRAMAÇÃO EM LADDER.....	47
3.4.1 Modo Manual.....	47
3.4.2 Condição de Emergência .....	49
3.4.3 Condição Inicial .....	50
3.4.4 Rotina Programada .....	51
3.5 EXEMPLO DE MODELOS EXISTENTES .....	52
3.5.1 Modelo com 1 Atuador .....	52
3.5.2 Modelo com 3 Atuadores.....	53
<b>4 RESULTADOS E DISCUSSÃO .....</b>	<b>54</b>
<b>CONCLUSÃO .....</b>	<b>59</b>
<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....</b>	<b>61</b>
<b>APÊNDICE A – DIAGRAMA DE POTÊNCIA .....</b>	<b>65</b>
<b>APÊNDICE B – DIAGRAMA DE CONTROLE.....</b>	<b>66</b>
<b>APÊNDICE C – DIAGRAMA DE SEGURANÇA.....</b>	<b>67</b>
<b>APÊNDICE D – ENTRADAS DO CLP .....</b>	<b>68</b>
<b>APÊNDICE E – SAÍDAS DO CLP .....</b>	<b>69</b>
<b>APÊNDICE F – DIAGRAMA DE VÁLVULAS PNEUMÁTICAS.....</b>	<b>70</b>

## INTRODUÇÃO

O tema desta pesquisa é o desenvolvimento de um modelo de prensa pneumática com programação interativa e comportamento adaptável utilizando automação industrial.

Segundo Fialho (2003), a automação é um conjunto de elementos (Ferramentas, máquina, meio, etc.) capazes de potencializar ou reduzir a necessidade de ação humana, dentro de um processo produtivo, buscando uma otimização na produtividade, valendo ressaltar que não busca mera substituição do quesito Homem no processo fabril, mas sim uma forma de consolidar uma larga produtividade, com alta eficiência e mantendo o padrão de qualidade.

A prensa é um equipamento cuja função é desenvolver os processos de estampagem (Corte, cunhagem, dobramento, etc.) ou montagem de peças, podendo ser caracterizada como pneumática, hidráulica, mecânica e eletrônica. Dentro do âmbito industrial, faz-se necessário o uso de prensas pneumáticas para prensagem de componentes de uma determinada peça (FIALHO, 2003).

A implementação de uma prensa programável torna-se interessante devido à variedade de possíveis comportamentos, ou seja, a alteração de sua forma de trabalho sem a necessidade da alteração do seu comando elétrico, além disso, conta com uma melhor atuação da manutenção, oriundo da padronização de modelos, e compactação do sistema elétrico, por meio da programação digital.

Esta pesquisa tem por hipótese a ideia de que é possível desenvolver um modelo de sistema de prensas pneumáticas com comportamento interativo e programável capaz de reproduzir qualquer outros modelos de prensa pneumática, utilizando um controlador lógico programável, que será responsável por grande parte do comando da prensa, e uma interface Homem-máquina, cuja função é receber as informações e parâmetros definidos pelo operador, e exibir informações relacionadas ao equipamento.

O objetivo dessa pesquisa é desenvolver um modelo de prensa pneumática que tenha um comportamento programável, que seja capaz de reproduzir qualquer comportamento das demais prensas de até 4 cilindros, visto que uma fábrica pode

possuir diversos modelos diferentes, com fabricantes distintos. E tendo em vista que esse modelo pretende substituir os demais modelos existentes, é válido esperar uma flexibilidade e operação intuitiva para o usuário, podendo ter vários comportamentos de prensas em um único equipamento.

A elaboração de um equipamento que possui a possibilidade de se adaptar conforme a necessidade do usuário se mostra importante no âmbito industrial, visto que é um equipamento industrial, devido ao fato de reduzir custos com manutenção, e aquisição de outros modelos.

Além da importância na indústria, este trabalho trata-se de um tema de automação industrial, área que envolve diversas outras áreas da Engenharia Elétrica, como por exemplo Eletromagnetismo, na aplicação de sensores e válvulas pneumáticas, Linguagem de programação, no desenvolvimento do programa a ser aplicado, Máquinas Elétricas e seus Acionamentos, na utilização de comandos elétricos para controle do equipamento, Microcontroladores na utilização do microcontrolador para processamento dos dados e Mecânica dos Fluidos na utilização de ar comprimido como uma das utilidades do projeto.

Buscando uma apresentação de forma clara e objetiva, a pesquisa está ordenada em 4 capítulos principais, além das referências.

Capítulo 1 – Referencial Teórico: Apresentar os principais conceitos relacionados ao tema, funcionamento das redes de ar comprimido, definição de atuadores pneumáticos e como funciona o controle direcional de fluxo, princípios básicos dos controladores lógicos programáveis, linguagem *Ladder*, interface Homem-máquina, principais dispositivos de segurança e sensores elétricos.

Capítulo 2 – Metodologia: O foco desse capítulo são as descrições de todos os componentes e softwares utilizados para implementação e o conceito utilizado para o funcionamento do projeto.

Capítulo 3 – Implementação: Descreve os procedimentos feitos, passo-a-passo, durante a implantação do projeto.

Capítulo 4 – Resultados e Discussão: Demonstração dos resultados obtidos a partir da implantação, produzindo as informações a serem utilizadas para geração de uma conclusão, que será apresentada no fim do trabalho.

## 1 REFERENCIAL TEÓRICO

Tendo em mente o problema em questão e a hipótese levantada, é necessário estruturar o trabalho de tal forma a conseguir produzir um modelo que atenda as especificações demandadas. Dada que a hipótese é o desenvolvimento de um modelo de prensa pneumática com comportamento programável, é de suma importância alguns conceitos relacionados ao funcionamento da prensa, sistemas elétricos, sistemas pneumáticos e segurança.

Vendo a importância destes conceitos para o estudo em questão, será feita uma revisão, de modo a auxiliar no entendimento da pesquisa. Porém, devido a vastidão de áreas que o tema engloba, será feita uma revisão de forma sucinta em cada tópico, principalmente na seção de sistema pneumático, já que este não é o enfoque do trabalho.

### 1.1 SISTEMA PNEUMÁTICO

O princípio de utilizar ar comprimido no âmbito industrial surgiu na metade do século XIX. O método fora se aperfeiçoando conforme a tecnologia e a indústria evoluíam, desde o uso da dilatação do ar aquecido, até a atualidade, no qual o ar é uma técnica com um dos melhores graus de eficiência do mercado, fornecendo segurança ao trabalho e executando operações sem fadiga (HANNIFIN, 2007).

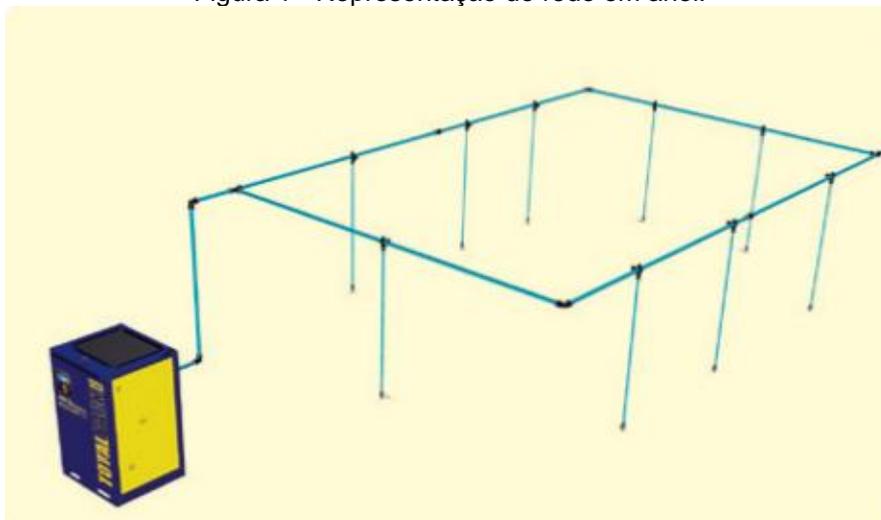
Dentre as vantagens do uso de ar comprimido na indústria, vale ressaltar o investimento relativamente baixo, uma facilidade de introdução nas máquinas convencionais, possui uma grande resistência à ambientes hostis como poeira, umidade e submersão em líquidos, não necessita de operários especializados e, pelo fato de possuir pressões moderadas, torna-se seguro tanto para o elemento Homem quanto para o próprio equipamento (HANNIFIN, 2007).

### 1.1.1 Redes de Ar Comprimido

O ar, por se tratar de um fluido, pode ser comprimido, e utilizado como força para exercer pressão e gerar trabalho. Geralmente o ar comprimido é gerado por meio de compressores, que comprimem, resfriam e tratam desse ar, por diversas técnicas e com diversos modelos de equipamento. E para distribuição, é necessário que haja tratamento, para que reduza perdas na rede de distribuição ou problemas nos equipamentos, sendo estes a redução de umidade, filtragem de contaminantes e controle de temperatura (HANNIFIN, 2006).

A rede de ar comprimido é uma rede de tubulações que conectam a geração e o consumo. O layout ideal da rede de ar comprimido é o de anel fechado, ou seja, com as suas extremidades interligadas, para que haja uma equalização da pressão por todo o sistema, de forma que os equipamentos mais distantes não sofram tanto por perda de pressão, como representado na Figura 1.

Figura 1 - Representação de rede em anel.

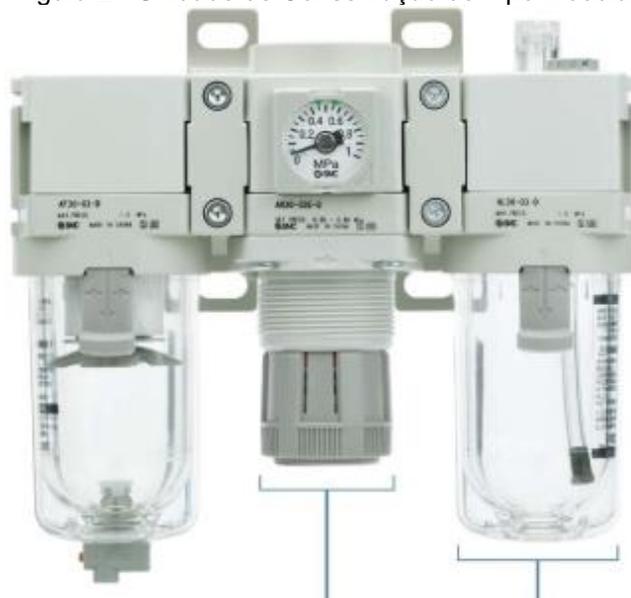


Fonte: Metalplan (2017).

São instaladas as chamadas unidades de conservação (Figura 2) nos pontos de utilização para: Filtragem de partículas sólidas e líquidas, por meio de força centrífuga e elemento filtrante; Controle da pressão, limitando um possível aumento

na pressão do sistema; Lubrificação dos aparelhos pneumáticos ao utilizar um lubrificador para inserir pequenas quantidades de óleo no ar (SILVA, 2002).

Figura 2 - Unidade de Conservação do Tipo Modular.



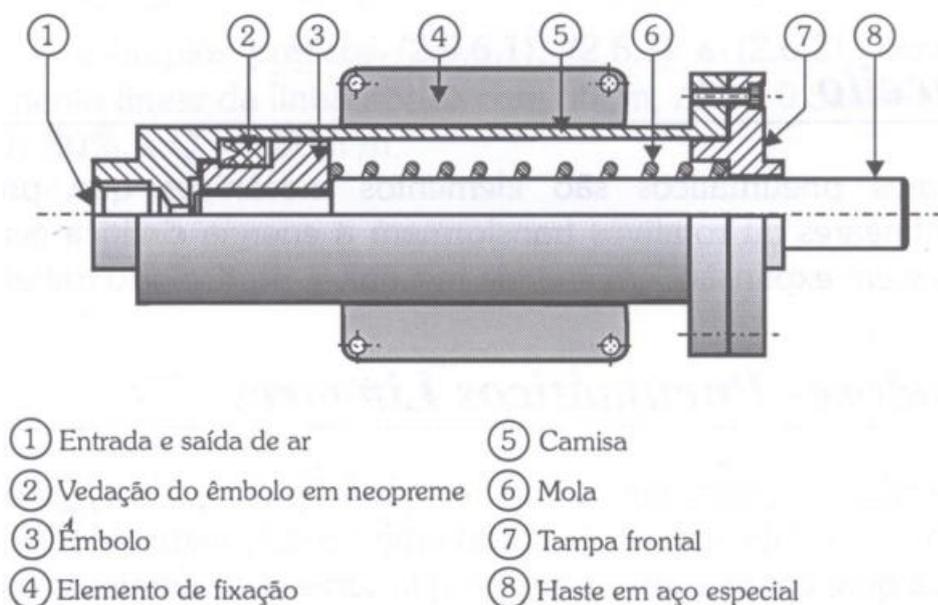
Fonte: SMC (2021a).

As tubulações buscam ser de materiais resistentes a oxidação, como aço galvanizado, aço inoxidável, alumínio, cobre ou plástico de engenharia. E, se possível, utilizando conexões de raio longo, buscando a minimização de perda de carga (METALPLAN, 2017).

### 1.1.2 Atuadores Pneumáticos

Os atuadores pneumáticos lineares, também conhecidos como cilindros pneumáticos, são componentes que utilizam ar comprimido para realizar algum trabalho. Os atuadores são compostos por um tubo cilíndrico em seu centro, com um dos seus lados vedado por uma tampa, e outro com um furo central, no qual se movimentará uma haste, haste que possuirá um êmbolo com vedação na extremidade interna do cilindro, que, devido a pressão exercida pelo ar, pode-se expandir ou retrair esta haste, como representada na Figura 3 (FIALHO, 2003).

Figura 3 - Esquema de um atuador pneumático linear com retorno por mola



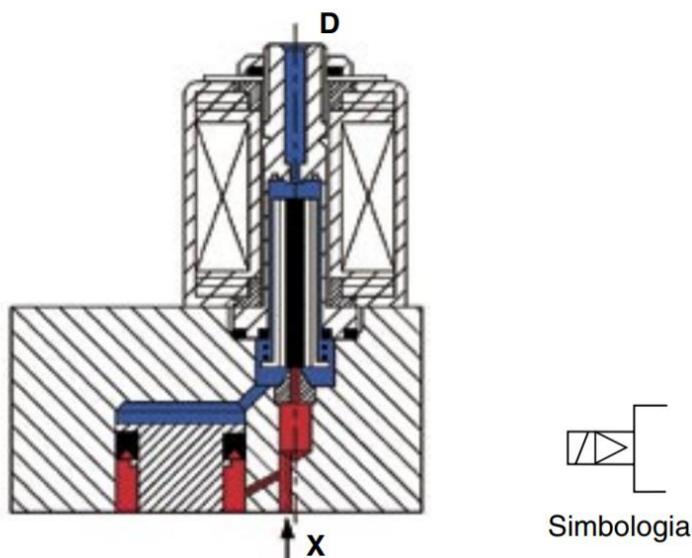
Fonte: Fialho (2003).

### 1.1.3 Controle Direcional de Fluxo

Segundo Hannifin (2007) “as válvulas servem para orientar os fluxos de ar, impor bloqueios, controlar suas intensidades de vazão ou pressão.” Ou seja, para o trabalho com cilindros, as válvulas serão utilizadas como controle, para operar o trabalho realizado pelo cilindro. As válvulas possuem diversos tipos de acionamentos: Musculares, mecânicos, pneumáticos e elétricos, porém o enfoque será dado nas válvulas com acionamento elétrico.

Dentre a variedade de tipos de válvulas, a mais comum e a que será abordada, é a de retornos combinados (Figura 4), que funciona com o princípio de que a própria energia do ar comprimido será utilizada para acionar a válvula, utilizando de um acionamento auxiliar com solenoides para o comando da válvula. Este tipo de válvula pode ser caracterizado como solenoide e piloto interno, no qual o suprimento de ar comprimido é fornecido internamente, o solenoide e piloto externo, que é tal qual o interno, a diferença está que a pressão piloto é suprida externamente e o solenoide e piloto ou botão, a válvula é comandada de forma elétrica ou por acionamento do botão (PAVANI, 2010).

Figura 4 - Diagrama de Válvula com Acionamento Combinado  
**Acionamento Combinado - Elétrico e Pneumático**



Fonte: Hannifin (2007)

## 1.2 AUTOMAÇÃO INDUSTRIAL

Segundo Silveira e Santos (2009), a automação está intimamente ligada com o avanço da tecnologia, o desenvolvimento da microeletrônica, pneumática e hidráulica impulsionaram de forma expressiva a indústria moderna. Dentre as tecnologias que auxiliaram no avanço da automação, é notória a participação dos controladores lógicos programáveis, elemento que revolucionou as máquinas da época e otimizou o trabalho da manutenção, visto que substituiriam centenas de relé e contadores, reduzindo então espaço demandado e consumo energético.

### 1.2.1 Controlador Lógico Programável (CLP)

Os controladores lógicos programáveis são equipamentos eletrônicos amplamente utilizado no âmbito industrial, por sua capacidade, flexibilidade, tamanho e custo, torna-se ideal para automação industrial. O funcionamento do CLP é definido pela sua programação, que é definida pelo usuário, que, juntamente com os sinais de entrada, gerará o comportamento definido previamente.

De forma geral, é possível dividir o funcionamento do CLP em 4 partes. Conforme Silva (2005), após a inicialização do controlador, ocorrerá uma verificação do estado das entradas, chamado de ciclo de varredura, após esse ciclo, os dados serão transferidos para a memória no qual ocorrerá a comparação com o programa do usuário, tomando cada ação pré-determinada a partir do programa e dos dados de entrada, por fim, será feita a atualização das saídas, de acordo com as tomadas de decisão do programa, então um novo ciclo é iniciado, como é possível ver na Figura 5.

Figura 5 - Ciclo de varredura de um CLP



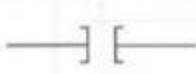
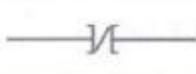
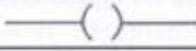
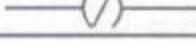
Fonte: Silva (2005).

Mais detalhadamente, as entradas são as informações, analógicas ou digitais, provenientes de sensores, sendo estes: indutivos, capacitivos, fotoelétricos e mecânicos, fornecendo, em geral, nível lógico alto e baixo. Segundo Silva (2005), as entradas podem ser por tensão ou corrente. As entradas por tensão contínua aceitam 12 V e 24 V, e por corrente, 4 a 20 mA.

### 1.2.2 Linguagem Ladder

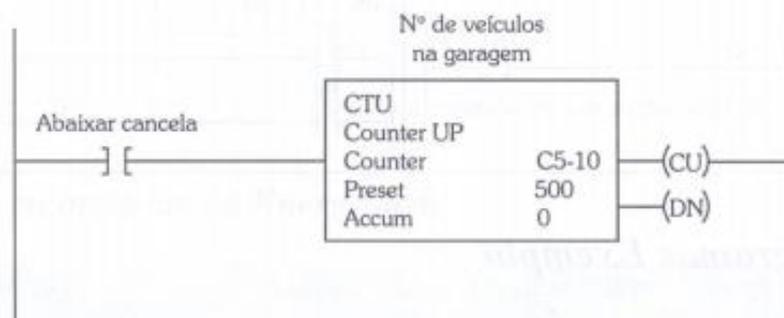
O *Ladder*, é uma linguagem de programação gráfica, utilizada nos CLP's, que tem por base a estrutura lógica dos relés, ou seja, utiliza dos conceitos de circuitos de acionamento com a simbologia de bobinas e contatos. De forma geral, cada símbolo e contato na linha representa uma condição para acionamento, sendo elas Normalmente Abertas (NA) e Normalmente Fechadas (NF) (FRANCHI; CAMARGO, 2008). Como expresso na Figura 6.

Figura 6 - Simbologia básica *ladder*

Símbolo	Descrição
	Contato NA (Aberto) Função SIM
	Contato NF (Fechado) Função NÃO
	Saída (Energizada)
	Saída (Não Energizada)

Fonte: Fialho (2003).

O código em *Ladder* é disposto em uma linha horizontal, limitada por dois trilhos verticais. Os elementos são verificados da esquerda para a direita, sendo que, normalmente, os elementos mais próximos a direita são as cargas, bobinas ou saídas. Apesar do código utilizar majoritariamente os símbolos de contato e bobina, como mostrado na Figura 7, é possível também utilizar blocos de função, como visto na Figura 7, que, variando de acordo com cada fabricante, é possível fazer operações lógicas e aritméticas (FIALHO, 2003).

Figura 7 - Exemplo de bloco de instrução *ladder*

Fonte: Fialho (2003).

### 1.2.3 Interface Homem-Máquina

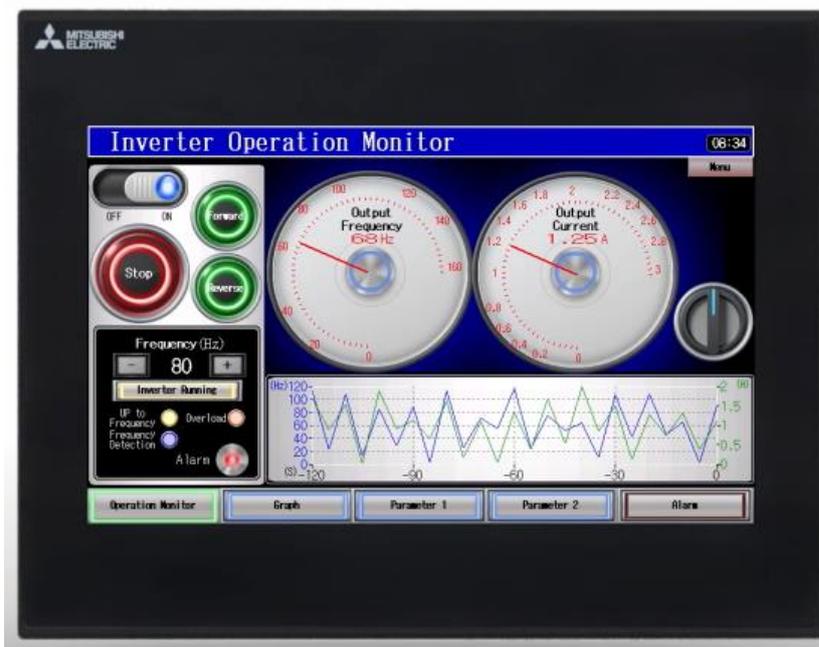
Segundo a Mitsubishi (2014a), a interface homem-máquina é um equipamento que busca substituir comutadores, lâmpadas e medidores de painéis, através de uma tela que reproduz esses componentes digitalmente. Devido a sua característica digital, além das estruturas de controle, a IHM também fornece opções de informação de texto, exibição de gráficos, inserção de dados, dentre outras funcionalidades. As interfaces são utilizadas em três aplicações: painel de controle, terminal de controle de informações e terminal de dado de informações.

A aplicação da IHM como painel de controle se dá ao substituir botões, comutadores, sinaleiros e outros componentes de um painel elétrico. As IHM's também podem ser utilizadas na coleta de dados em tempo real, podendo fornecer esses dados para um sistema de controle de produção, através de uma rede direta. E, por fim, as interfaces também podem servir como terminal de dados de informação, podendo exibir dados de um processo, troca e/ou coleta de informação para um terminal e transferência de dados para CLP's ou computadores.

Devida a versatilidade da interface, como representado na Figura 8, é possível citar diversas vantagens em sua utilização, como por exemplo: A redução no tamanho do painel de controle, ao digitalizar as funções de controle; Redução nos custos de fiação, pois tem-se uma drástica redução com os demais componentes; Padronização dos painéis de controle, reduzindo a variabilidade de componentes no mesmo;

Melhoria do painel de controle, devido a possibilidade de uso de ferramentas gráficas e outras funções específicas.

Figura 8 - Exemplo de uma tela da IHM



Fonte: Mitsubishi (2014a).

#### 1.2.4 Dispositivos Segurança

A segurança é um item crucial na projeção de um equipamento ou maquinário. Visto que diversos processos possuem riscos, é imprescindível que o equipamento esteja adequadamente seguro para sua utilização. Conforme a NR-12 (BRASIL, 2019), todas as máquinas e equipamentos com acionamento repetitivo deverão receber uma proteção adequada. Dentre os dispositivos e equipamentos de segurança, enfatiza-se os seguintes: relés e CLP's de segurança, parada de emergência, comando bimanual, cortina de luz e proteção fixa.

##### 1.2.4.1 Proteções Fixas

As proteções fixas (Figura 9) são estruturas de material metálico ou policarbonato, cuja função é impedir fisicamente o contato com determinada parte do equipamento. Essas proteções devem ser fixadas no corpo ou na estrutura da máquina, de forma a possuir uma difícil remoção, através de solda ou parafusos (FEDERAÇÃO, 2003).

Figura 9 - Exemplo de Proteções Fixas



Fonte: Soluções Industriais (2020)

#### 1.2.4.2 Relés de Segurança

Os relés de segurança (Figura 10) são unidades eletrônicas que monitoram diversos tipos de dispositivos de segurança individualmente, como: parada de emergência, bimanual, cortina de luz, dentre outros. Tais relés possuem dois canais abertos e em série, com intuito de aumentar a redundância e garantir a segurança. Já os CLP's de segurança (Figura 10) são um sistema computadorizado que monitoram vários dispositivos de segurança ao mesmo tempo. Para garantir sua eficácia, o CLP de segurança utiliza também da segurança, em acréscimo a um sistema de verificação de conformidade e prevenção da alteração do *software* básico pelo usuário (SCHNEIDER, 2011).

Figura 10 - Relé de segurança e CLP de segurança, respectivamente



Fonte: SICK (2020a)

#### 1.2.4.2 Parada de Emergência

A parada de emergência (Figura 11) é um dispositivo com acionador, cuja função é parar o movimento da máquina e desabilitar o seu comando. Normalmente utiliza-se um botão vermelho do tipo cogumelo com trava, e uma etiqueta amarela ao seu redor. É obrigatório o uso de um botão de emergência no painel, e, caso tenha bimanual, um botão de emergência no comando do bimanual (BITTENCOURT, 2012).

Figura 11 - Parada de emergência



Fonte: Schneider Eletric (2021).

#### 1.2.4.3 Comando Bimanual

O comando bimanual (Figura 12) é um dispositivo que necessita da atuação de dois botões de forma simultânea, com uma diferença de no máximo 0,5 segundos. Dessa forma, é garantido a segurança do operador no sentido de ter ambas as mãos longe da área de risco. Os comandos bimanuais devem ser ergonômicos, resistentes, robustos e possuir autoteste, para prevenção de falhas. Devem também ser monitorados por CLP's de segurança ou relés de segurança (FEDERAÇÃO DAS INDÚSTRIAS DO ESTADO RS, 2003).

Figura 12 - Comando bimanual com parada de emergência



Fonte: WEG (2020).

#### 1.2.4.4 Cortina de Luz

A cortina de luz (Figura 13) é um sistema de segurança baseado em três partes: transmissor, receptor e um sistema de controle. O transmissor emitirá vários feixes de luz infravermelho para o receptor, que captará por meio de sensores ópticos. Caso haja a interrupção de um desses feixes, o sistema de controle emitirá um sinal de falha (SCHNEIDER, 2011).

Figura 13 - Cortina de Luz



Fonte: SICK (2021b).

Outro ponto importante que é necessário ressaltar, é a resolução. A resolução de uma cortina de luz é a distância entre seus feixes, e isso influencia diretamente na sua aplicação, podendo aumentar o nível de segurança. Os modelos que possuem resolução de 30 mm e 40 mm, servem para evitar acesso de mãos, já os modelos de 50 mm e 90 mm são adequados para prevenir acesso do corpo ou partes do corpo (IFM, 2018).

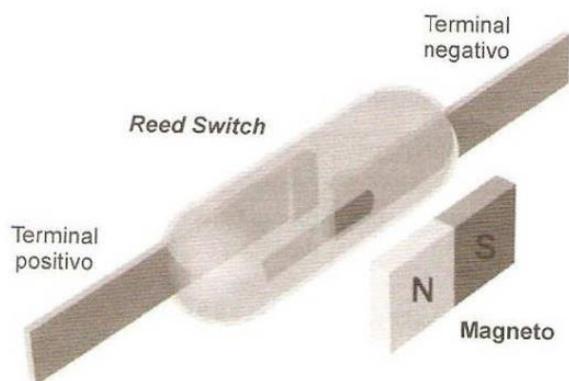
#### 1.2.5 Sensores Elétricos

Segundo Thomazini e Albuquerque (2009) a definição do termo sensor é “dispositivos sensíveis a alguma forma de energia do ambiente que pode ser luminosa, térmica, elétrica, cinética, relacionando informações sobre uma grandeza que precisa ser medida [...]”. Estes sensores podem ser analógicos e digitais, e atuando na forma de comando ou quantificação.

No meio de uma diversidade de sensores, destacam-se os sensores de proximidade magnéticos. Este tipo de sensor que se baseiam na conversão de um campo magnético em um sinal elétrico e pode ser classificado em dois tipos: eletrônicos e ampola *reed*. O sensor magnético do tipo ampola *reed*, utiliza um *reed switch* (Figura 14) que fechará contato com a proximidade do campo magnético. O

sensor do tipo eletrônico utiliza o efeito *Hall*, ou seja, o campo magnético gera uma corrente elétrica que emitirá o sinal elétrico para o comando (THOMAZINI; ALBUQUERQUE, 2009).

Figura 14 - Sensor de Proximidade Magnético: Tipo Reed Switch



Fonte: Thomazini e Albuquerque (2009).

## 2 METODOLOGIA

O presente trabalho é uma Pesquisa Aplicada, cujo objetivo é a realização de uma pesquisa exploratória e explicativa sobre o material bibliográfico e o desenvolvimento de um modelo prático. Os procedimentos técnicos utilizados são os de pesquisa bibliográfica e experimental. Como método de abordagem, foi utilizado o hipotético-dedutivo e a elaboração seguiu o método de procedimento monográfico. A coleta de dados foi feita através da observação direta intensiva e documentação indireta, sendo estes dados qualitativos e interpretados de forma global.

Foram feitas pesquisas bibliográficas nas áreas de sistemas pneumáticos, automação industrial, uso de controladores lógicos programáveis, máquinas elétricas e seus acionamentos e microcontroladores. As Pesquisas bibliográficas foram realizadas para coletar dados sobre o estado da arte e as técnicas mais recentes, que sejam viáveis para a elaboração do projeto.

A construção do modelo de prensa foi efetuada em 4 etapas:

1. A primeira etapa foi a elaboração do diagrama elétrico e do diagrama do painel que será utilizado no modelo. O desenho dos diagramas foi feito inicialmente à mão, para base do desenvolvimento, e posteriormente digitalizados no AutoCAD *Electrical* e *Illustrator*.
2. A segunda etapa foi a construção e montagem do painel elétrico. Foi montado o painel de acordo com os diagramas elaborados, segundo Brasil (2019), utilizando relés, relés de segurança, régua de borne, fonte chaveada, disjuntores, chaves comutadoras, sinaleiros e chave seccionadora.
3. A terceira etapa foi a programação do CLP e da IHM utilizando os *softwares* fornecidos pelos fabricantes. Para programar o CLP utilizou-se a linguagem *Ladder*, e nele está contida toda a parte de comandos elétricos, juntamente com a IHM.
4. Por fim, o modelo passou por diversos testes, para averiguar, se, de fato, conseguiu atender a todas as expectativas de funcionamento. Os testes envolveram principalmente a segurança da prensa, verificando qualquer

possível risco ao operador, e, testes do comportamento programável, configurando diversos comportamentos de outros modelos já existentes.

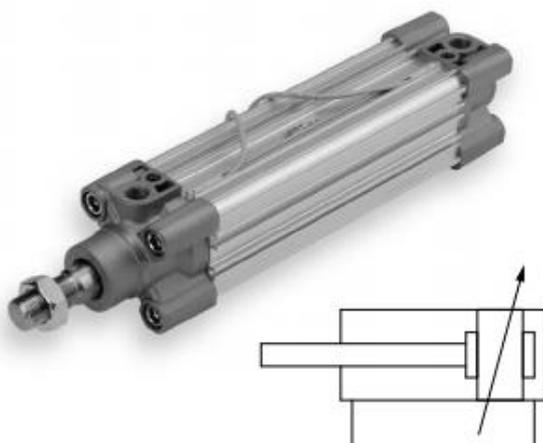
## 2.1 ESPECIFICAÇÃO DOS COMPONENTES E SOFTWARES UTILIZADOS NO PROJETO

Este tópico tem por objetivo detalhar cada componente utilizado na elaboração do projeto em questão, desde os componentes mecânicos responsáveis por realizar trabalho, até os componentes elétricos, responsáveis pelo controle e atuação dos componentes mecânicos. Além dos componentes, também serão abordados os softwares utilizados para o desenvolvimento do trabalho.

### 2.1.1 Atuador Pneumático - CP96SDB100-35C 1Mpa

O atuador pneumático da série CP96 (Figura 15) possui selos substituíveis, que facilitam a manutenção, além de possuir ranhuras em todos os lados, buscando uma facilidade no posicionamento dos sensores magnéticos. O modelo em questão, possui uma pressão máxima de trabalho de 1 Mpa, e uma pressão mínima de trabalho de 0.05 Mpa e não necessita de lubrificação. A velocidade de acionamento do pistão pode variar de 50 até 1000 mm/s, dependendo do modelo (SMC, 2021b).

Figura 15 - Atuador Pneumático da Série CP96



Fonte: SMC (2021b).

### 2.1.2 Válvula Direcional - VFS2230-5DZ-02

A válvula direcional da série VFS (Figura 16) é um modelo compacto e que provê uma alta capacidade de fluxo, além de consumir apenas 1.8 W. O dispositivo utilizado no projeto possui uma pressão máxima de operação de 1.0 Mpa e uma pressão mínima de operação de 0.1 Mpa, não necessita de lubrificação e aprova de poeira (Equivalente ao IP50). A alimentação da bobina pode ser tanto alternada quanto contínua, porém, fora escolhido o modelo de bobina de 24 VDC (SMC, 2021c).

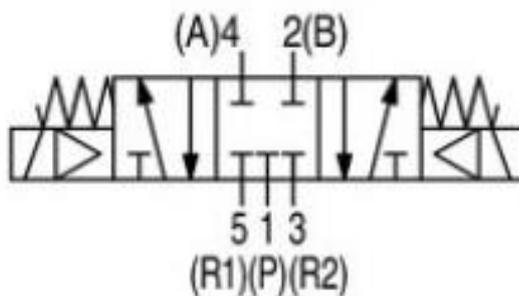
Figura 16 - Válvula Direcional Série VFS



Fonte: SMC (2021c).

Outra especificação importante é a simbologia da válvula. Para o projeto em questão, foi escolhido uma válvula de 3 posições, com centro fechado, atuada por solenoide e piloto, com retorno por mola, como visto na Figura 17 (SMC, 2021c).

Figura 17 - Simbologia Válvula Direcional



Fonte: SMC (2021c).

### 2.1.3 CLP - FX5UC-32MT/DSS-TS

O CLP do modelo FX5UC (Figura 18) utiliza de bornes por conexão *push-in*, ou seja, os bornes fazem pressão por meio de molas internas, impedindo desconexão por vibração e eliminando a necessidade de terminais nos cabos. O modelo trabalha com uma alimentação 24 VDC, consumindo em média 5 W, e tendo uma capacidade de corrente de 500 mA. Tal modelo trabalho com 32 pontos de E/S, ou seja, 16 pontos de entrada com uma resposta de até 30  $\mu$ s, e 16 pontos de saída com uma resposta de até 0,2 ms (MITSUBISHI, 2021a).

Figura 18 - CLP Série FX5UC



Fonte: Mitsubishi (2021a).

### 2.1.4 IHM - GT2104-RTBD

O modelo GT21 (Figura 19) é um modelo panorâmico compacto. Possuindo 65536 cores, TFT LCD display e largura de 4.3", o modelo conta com entradas: ethernet, RS-232, RS-422/485 e USB mini-B. O modelo tem uma resolução de 480 x 272 pontos, e uma memória de armazenamento de 9 MB (MITSUBISHI, 2021b).

Figura 19 - IHM Série GT21



Fonte: Mitsubishi (2021b).

## 2.1.5 Dispositivos de Segurança

### 2.1.5.1 Relé de Segurança – HR1S-AF

O relé do modelo HR1S-AF (Figura 20) possui: terminais removíveis, facilitando uma troca fácil do módulo, diagnóstico de falha com circuitos duplos de segurança e LED's que indicam o modo de operação. A tensão de alimentação utilizada foi de 24 VDC, com uma potência de consumo máxima de 5 VA, possui 3 contatos normalmente abertos, um tempo de resposta de abertura dos contatos de no máximo 20 ms e tempo de respostas quando a energia é interrompida de até 60 ms (IDEC, 2021).

Figura 20 - Relé de Segurança: Modelo HR1S-AF



Fonte: IDEC (2021).

No caso, este modelo será aplicado nas botoeiras de emergência. Serão dois contatos normalmente fechados que serão conectados no relé, e caso haja o acionamento da botoeira, os contatos abrirão, conseqüentemente o relé irá abrir os seus contatos e cortar a alimentação do que estava conectado a ele.

#### 2.1.5.2 Relé de Segurança – MSR125HP

O relé de segurança MSR125HP (Figura 21) tem como principal função fazer a leitura do comando bimanual, ou seja, verificar se há um acionamento de dois botões normalmente abertos com uma diferença de tempo de até 0.5 segundos. Este modelo conta com dois contatos normalmente abertos, uma tensão de alimentação de 24 VDC, configuração de *reset* tanto manual quanto automático e terminais removíveis (ROCKWELL, 2021a).

Figura 21 - Relé de Segurança: Modelo MSR125HP



Fonte: ROCKWELL (2021a).

#### 2.1.5.3 Relé de Segurança – UE48-20S

Por fim, o modelo da série UE48 (Figura 22), um relé capaz de conectar diversas soluções de segurança. Nesse caso, sua aplicação será voltada para cortina de luz. Este modelo possui um sistema de monitoramento de sequência com um

controle de dois canais, possuindo a configuração de *reset* manual e automático, duas saídas de segurança e uma saída de aviso. O dispositivo trabalha com uma tensão de 24 VDC e possui 2 canais de entrada para a cortina de luz (SICK, 2021c).

Figura 22 - Relé de Segurança: UE48-20S



Fonte: SICK (2021c).

#### 2.1.5.4 Cortina de Luz – 445L-T4S0360YD

Dentro os diversos modelos de cortina de luz, fora escolhido o modelo 445L-T4S0360YD (Figura 23). Este modelo possui uma altura de proteção de 360 mm, uma resolução de 30 mm (Resolução voltado para proteção de mãos), tempo de resposta de até 13.1 ms e um comprimento total de 568 mm (ROCKWELL, 2021b).

Figura 23 - Cortina de Luz: 445L-T4S0360YD



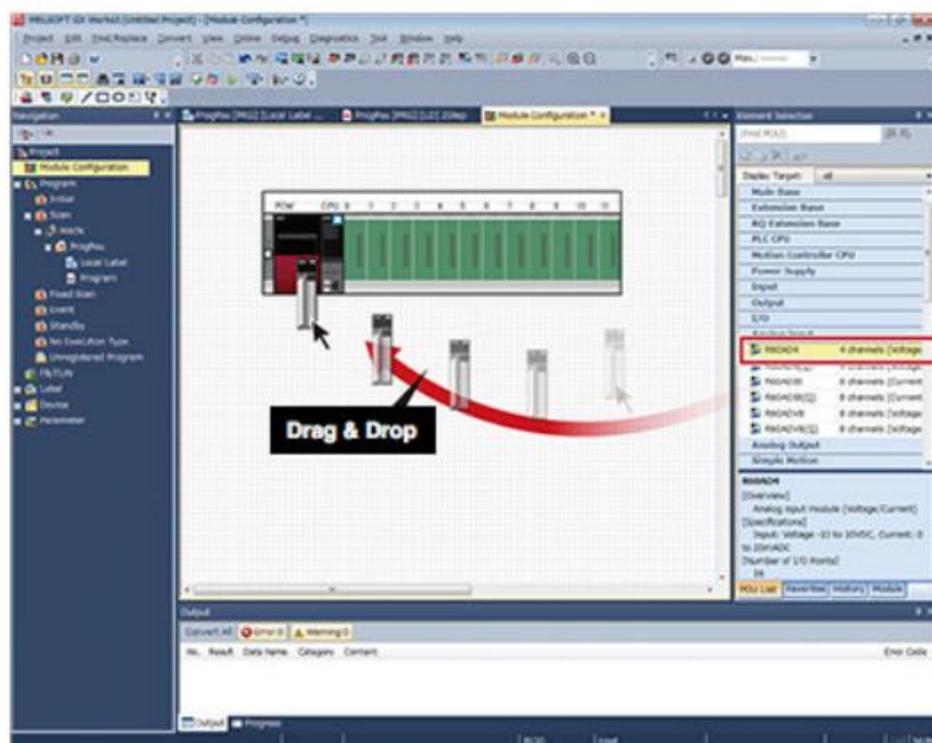
Fonte: ROCKWELL (2021b).

### 2.1.6 GX Works3

O GX Works3 é um software de engenharia cujo objetivo é reduzir custos de desenvolvimento por meio de engenharia intuitiva. O software utiliza conceitos fáceis de serem usados, buscando um padrão para a necessidade da manufatura moderna. O GX Works3 é a última geração de software de programação e manutenção oferecida, desenhado para as séries MELSEC iQ-R e MELSEC iQ-F (MITSUBISHI, 2021c).

O *software* utiliza de uma arquitetura de programação baseada no simples apontar e clicar (Figura 24). Possui um sistema de configuração direto para cada módulo, onde as mudanças de layout ocorrem automaticamente, refletindo suas alterações. É possível programar com as linguagens: *ladder*, diagrama de blocos, diagrama sequencial funcional e texto estruturado. Além disso, o próprio software disponibiliza a função de simulação, a qual auxilia na visualização da operação e no processo de depuração (MITSUBISHI, 2014c).

Figura 24 - Ilustração do Software GX Works3

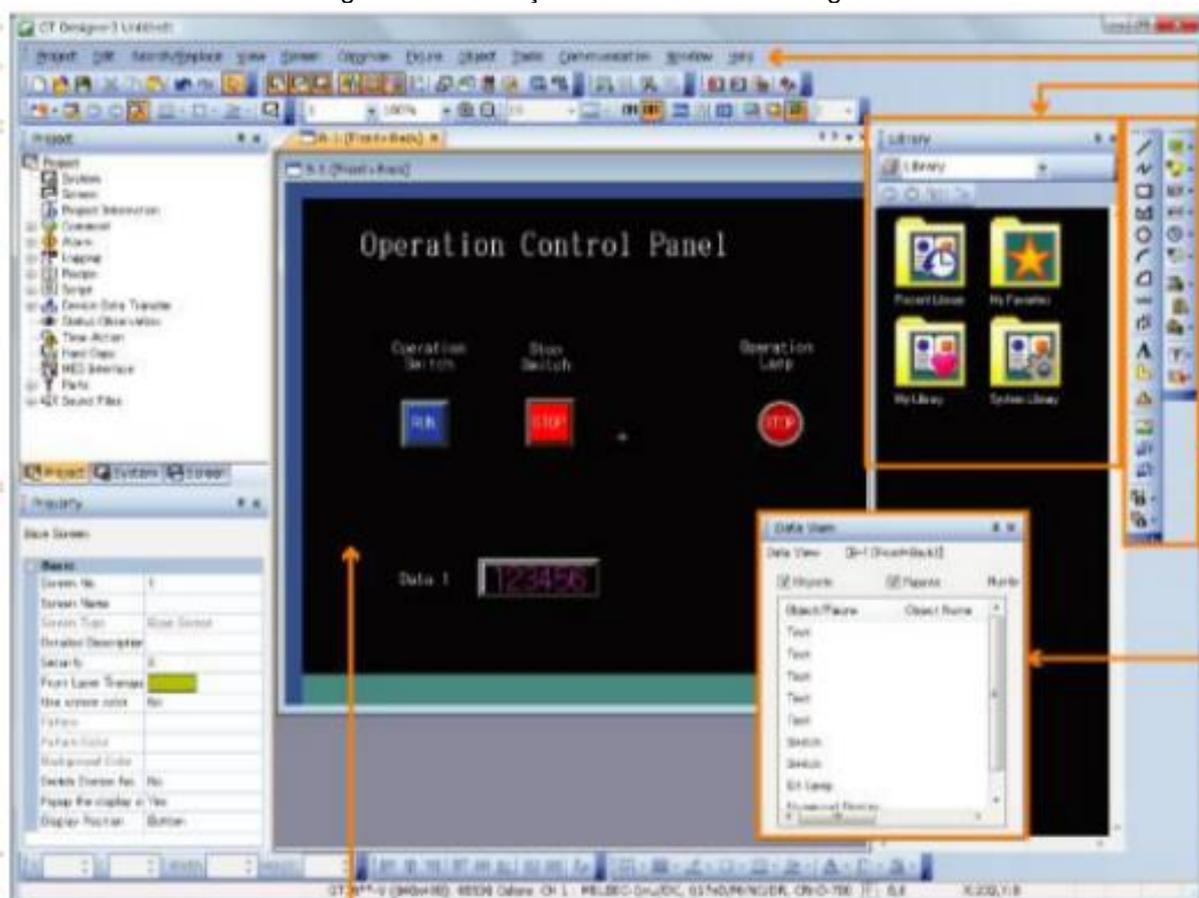


Fonte: MITSUBISHI (2014c).

### 2.1.7 GT Designer3

O software GT Designer3 permite que o usuário crie telas que refletem a imagem do atual painel de controle. O software trabalha basicamente com alocação de figuras, chamadas de objetos, na tela, sendo que essas figuras podem ser chaves, botões, lâmpadas e display numéricos, podendo ser visualizado na Figura 25. A configuração do da tela será feita de acordo com a configuração do modelo de CLP, que é definida na criação de um projeto (MITSUBISHI, 2021c).

Figura 25 - Ilustração do Software GT Designer3



Fonte: MITSUBISHI (2021c).

Além das funções de criação de tela, assim como o GX Works3, o GT Designer3 também conta com a função de simulação. A função de simulação desse software torna possível realizar testes das telas, porém, no caso do GT Designer3, é

necessário que a simulação do GX Works3 esteja ligada, pois irá ocorrer uma comunicação entre os softwares, para realização dos testes (MITSUBISHI, 2021c).

## 2.2 FLUXOGRAMA DO PROJETO

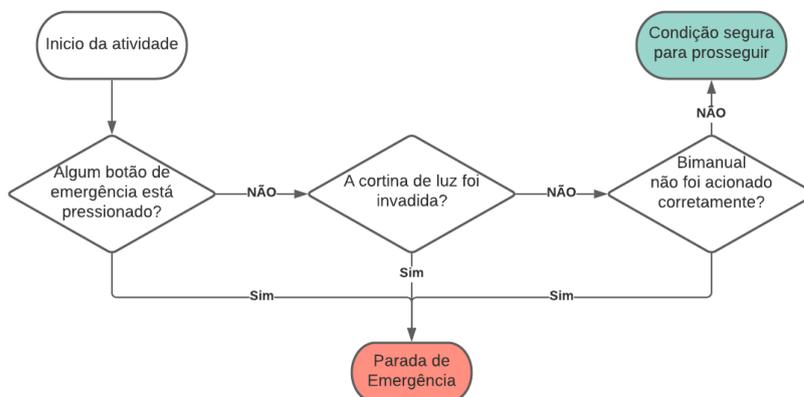
Este tópico tem por objetivo detalhar cada condição de trabalho e o funcionamento da rotina de trabalho do equipamento. Neste caso, serão abordados 4 fluxogramas: a condição de segurança, visando todos os aspectos de segurança para que o equipamento trabalhe; a condição inicial, ou seja, todos as condições necessárias para que seja possível dar início a atividade do equipamento; condição de modo manual, que é basicamente operar o equipamento acionando individualmente cada atuador; E, por fim, a lógica de comportamento, que terá foco em definir o funcionamento da lógica de rotina do equipamento.

### 2.2.1 *Condição de Segurança*

Para iniciar a atividade, o equipamento terá que verificar a condição de segurança. Como condição segura, foram definidas 3 condições necessárias: botoeira de emergência, cortina de luz e bimanual, com ilustrado na Figura 26. Os relés de botoeira de emergência irão verificar se alguma botoeira está pressionada, caso esteja, o sistema entrará em modo de emergência. Após isso, o relé da cortina de luz, irá verificar se está ocorrendo alguma invasão da cortina, caso esteja, o sistema entrará em modo de emergência.

Caso ambas condições estejam adequadas, o usuário poderá colocar o equipamento em modo automático, e acionar o comando bimanual, ou seja, pressionar duas botoeiras com uma diferença de no máximo 0.5 segundos, e, se acionado corretamente, o equipamento estará em condição para prosseguir.

Figura 26 - Fluxograma: Condição de Segurança

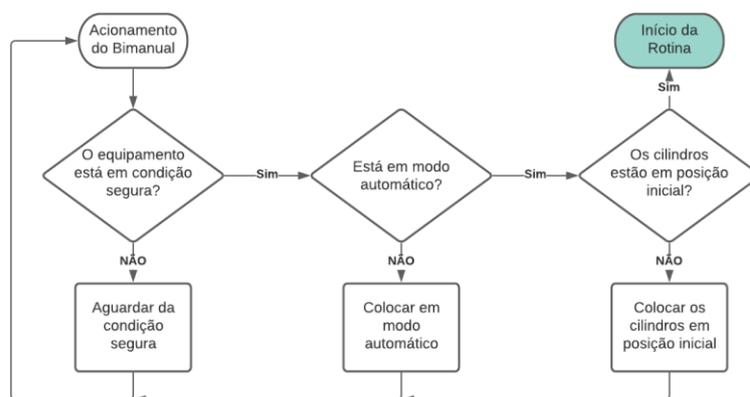


Fonte: Autoria Própria (2021).

### 2.2.2 Condição Inicial

A condição inicial, será necessária para quando o equipamento for trabalhar em modo automático, ou seja, quando o equipamento for desempenhar a rotina definida pelo usuário. Para condição inicial o equipamento deverá estar em condição segura (Botão de emergência e cortina de luz), em modo automático e os cilindros deverão estar em posição inicial, se todas as condições estiverem conformes, a rotina dará início assim que o bimanual for acionado, conforme a Figura 27.

Figura 27 - Fluxograma: Condição Inicial



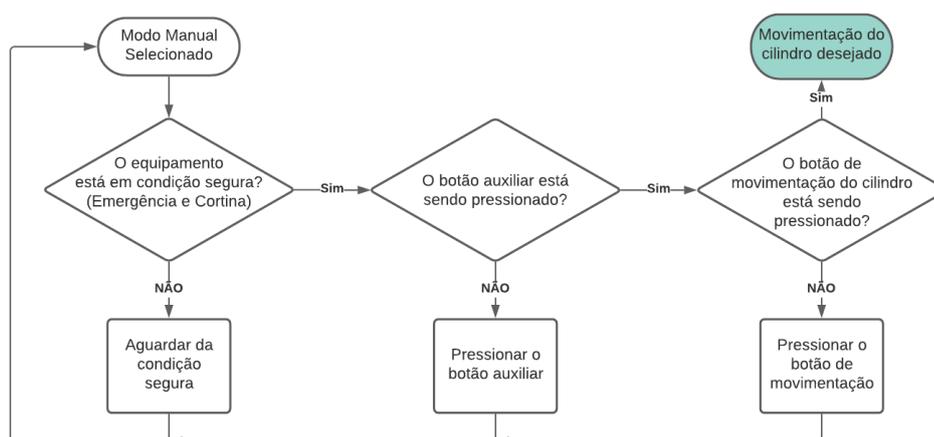
Fonte: Autoria Própria (2021).

### 2.2.3 Condição de Modo Manual

O modo manual será utilizado quando ocorrer alguma parada de emergência do equipamento, ou seja, quando os cilindros pararem em posições aleatórias durante uma execução de rotina. O objetivo desse modo é movimentar os cilindros individualmente a fim de retorná-los a condição inicial e dar prosseguimento a atividade em modo automático.

Para se utilizar do modo manual, deve-se colocar o equipamento em modo manual pela IHM, colocar o equipamento em condição segura (retirar os alarmes ou qualquer outra condição que gere o modo emergência), pressionar o botão auxiliar (buscando uma condição segura para o operar, em outras palavras, manter suas mãos ocupadas enquanto os cilindros são acionados) e pressionar o botão de movimentação na IHM (podendo ser avanço ou retorno, dependendo da necessidade), caso todas as condições forem cumpridas, ocorrerá a movimentação dos cilindros. Tal fluxo pode ser visto na Figura 28.

Figura 28 - Fluxograma: Condição de Modo Manual



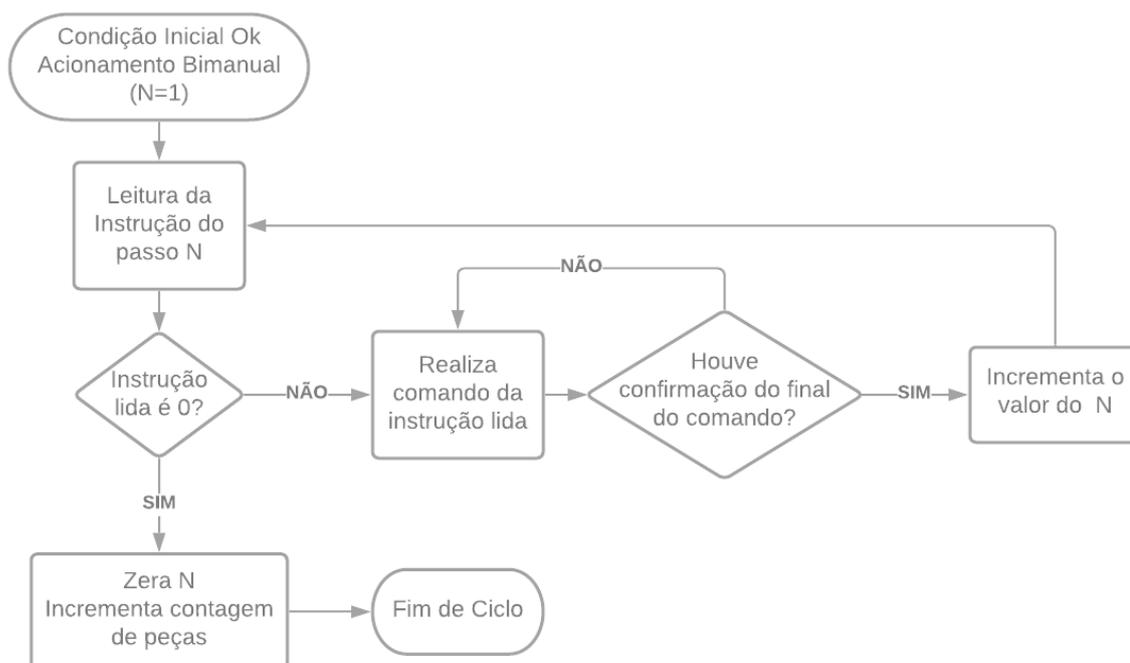
Fonte: Autoria Própria (2021).

### 2.2.4 Lógica de Comportamento

O funcionamento do sistema é dado pelo fluxograma abaixo, Figura 29, onde existirão 10 passos, pelos quais a varredura irá passar. Em cada passo, será lido a instrução desse passo (que foi definido pela usuário na IHM), então, caso a instrução não seja 00, será realizado o comando de acordo com a instrução lida, após a finalização, será feita a confirmação (seja esta por meio dos sensores ou por lógica interna no caso do timer ou instrução 00).

Após a confirmação de fim da instrução, será feita a incrementação do n, em outras palavras, será lida a instrução definida no próximo passo. Como mencionado anteriormente, esse processo ocorrerá até que seja lido a instrução 00, sempre seguindo uma contagem crescente (Passo 1, passo 2 e assim por diante). Caso ocorra uma parada de emergência por algum dos dispositivos, será feito o fim do ciclo, e zerado a variável N sem que haja a incrementação na contagem de peças.

Figura 29 - Fluxograma: Lógica de Comportamento



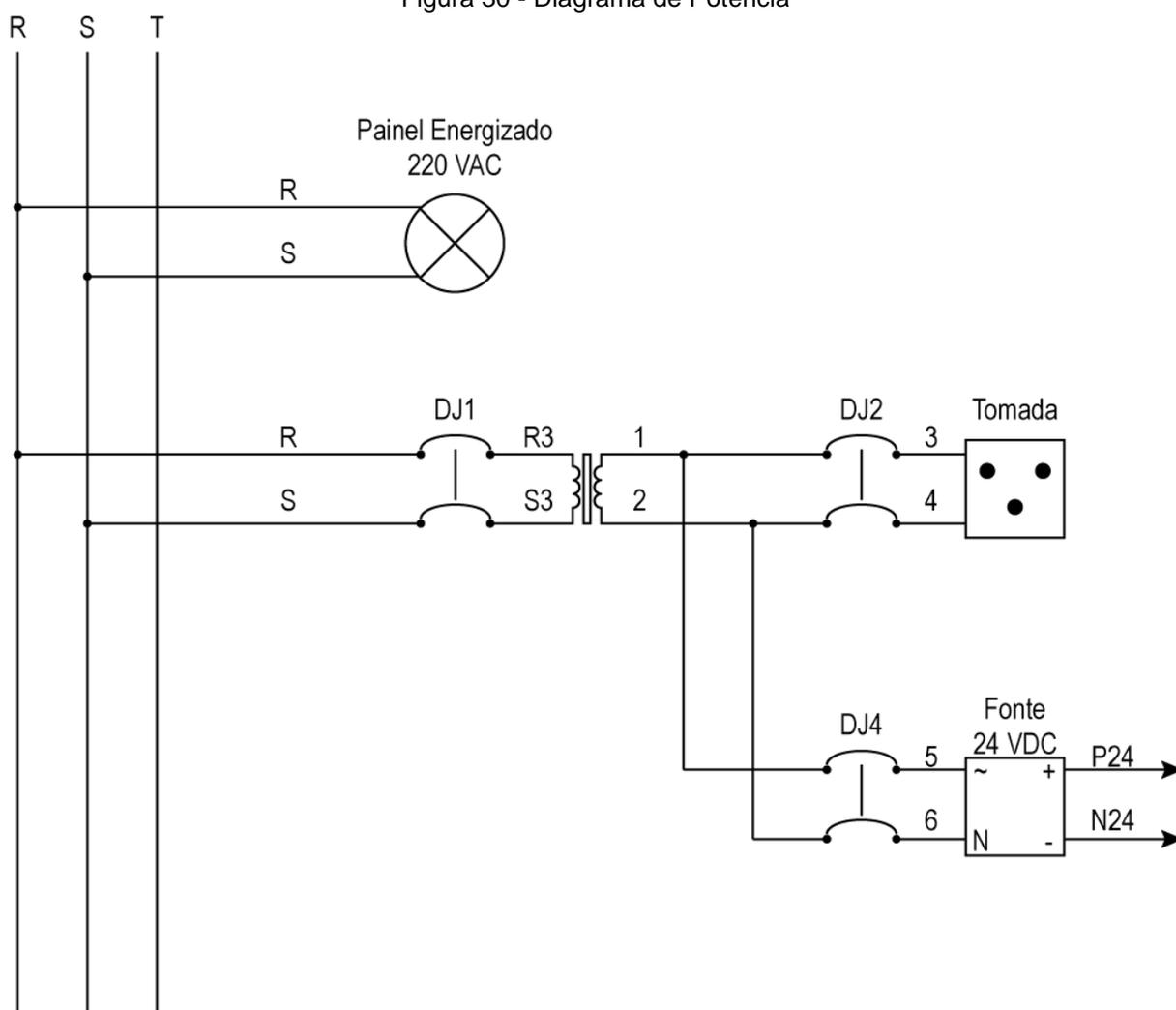
Fonte: Autoria Própria (2021).

### 3 IMPLEMENTAÇÃO

#### 3.1 DIAGRAMA DE POTÊNCIA

A Figura 30 ilustra o diagrama de potência utilizado na implementação. O circuito utilizou uma entrada trifásica, com uma lâmpada para a sinalização de painel energizado. Um disjuntor DJ1 de entrada, em seguida um transformador para 127 VAC. A partir do transformador, foi utilizado o disjuntor DJ2 para uma tomada interna no painel e o disjuntor DJ4 para a fonte de 24 VDC.

Figura 30 - Diagrama de Potência



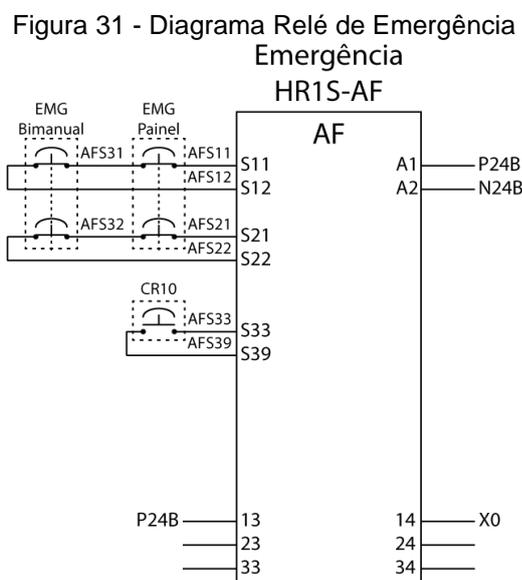
Fonte: Autoria Própria (2021).

## 3.2 DIAGRAMAS DOS DISPOSITIVOS DE SEGURANÇA

Essa seção tratará do diagrama de conexões dos relés de segurança e da configuração da cortina de luz utilizada na implementação do projeto.

### 3.2.1 Relé do Botão de Emergência

O relé utilizado para o controle dos botões de emergência, foi o HR1S-AF da IDEC. O diagrama pode ser visto na Figura 31, onde foram inseridos dois botões de emergência do tipo cogumelo com trava em série nos canais S11-S12 e S21-S22, a alimentação foi inserida nas entradas A1-A2, e o botão de reset do relé foi inserido como contato do relé CR10, acionado pelo CLP.



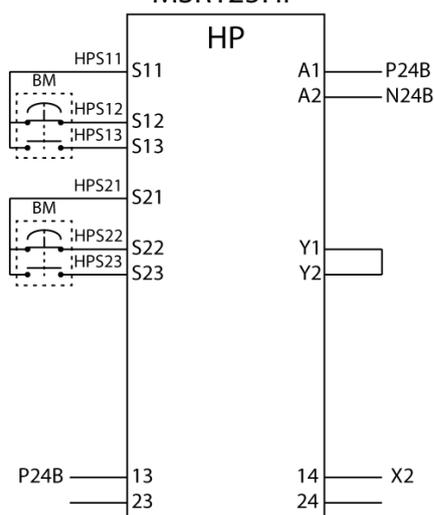
Fonte: Autoria Própria (2021).

### 3.2.2 Relé do Comando Bimanual

O relé de segurança utilizado para o controle do comando bimanual, foi o MSR125HP da Rockwell. O diagrama pode ser visto na Figura 32, onde foram

inseridos dois botões de acionamento nos canais S11-S12-S13 e S21-S22-S23 respectivamente, a alimentação foi inserida nas entradas A1-A2. Foi optado o uso de reset automático, ao fazer um curto nas saídas Y1-Y2 para evitar paradas desnecessárias do equipamento.

Figura 32 - Diagrama Relé do Bimanual  
Bi-Manual  
MSR125HP

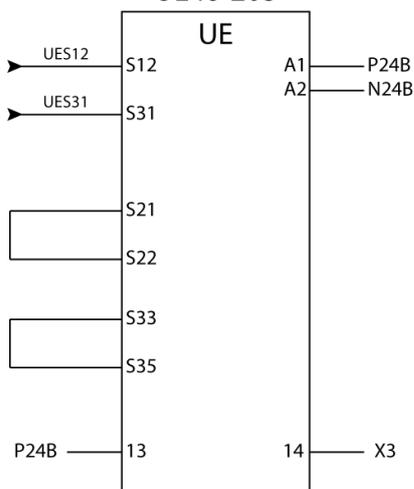


Fonte: Autoria Própria (2021).

### 3.2.3 Relé da Cortina de Luz

O relé de segurança utilizado para o controle da cortina de luz, foi o UE48-20S da Siemens. O diagrama pode ser visto na Figura 33, onde a alimentação foi inserida nas entradas A1-A2, e os sinais da cortina de luz (OSSD1 e OSSD2) foram inseridos nas entradas S12-S31, com a referência UES12 e UES31, respectivamente. Visando a redução de paradas desnecessárias no equipamento, optou-se pelo modo de reset automático, sendo feito um curto nos terminais S21-S22 e S33-S35, ou seja, quando a causa da invasão da cortina for retirada, ela entrará em modo de operação normal.

Figura 33 - Diagrama Relé de Cortina de Luz  
Cortina de luz  
UE48-20S

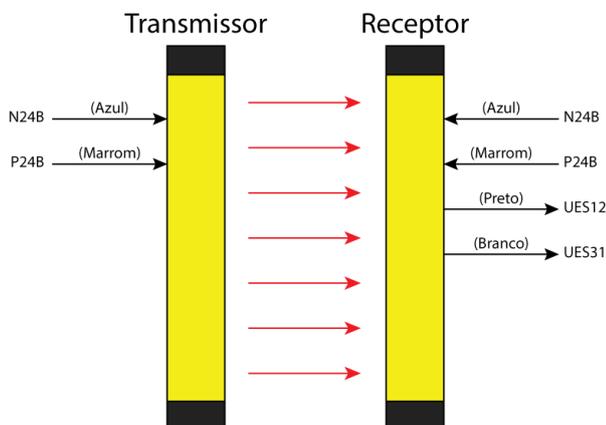


Fonte: Autoria Própria (2021).

### 3.2.4 Cortina de Luz

A cortina de luz é dividida em duas partes: o transmissor e o receptor. O transmissor receberá apenas a alimentação, e emitirá o feixe para o receptor, onde o mesmo irá gerar os sinais de acordo com a recepção ou não do sinal emitido. Já o receptor receberá a alimentação de 24 VDC, e emitirá dois sinais, OSSD1 e OSSD2, que foram referenciados como o UES12 e UES31, como pode ser visto na Figura 34.

Figura 34 - Diagrama da Cortina de Luz



Fonte: Autoria Própria (2021).

### 3.3 TELAS IHM

Esta seção é destinada a introduzir e expor as telas desenvolvidas e suas respectivas funções durante o processo de implantação do projeto.

#### 3.3.1 Principal

A tela principal, podendo ser visualizada na Figura 35, é composta por: 3 botões, 2 lâmpadas, 1 chave seletora e 1 display numérico. A chave seletora serve para ir para tela de modo manual, a lâmpada azul indica que todos os cilindros estão retornados, a lâmpada vermelha indica que alguma emergência foi acionada, o display numérico mostra a quantidade de peças finalizadas. Os botões dessa tela são, respectivamente, o acesso a tela de configuração de rotina, reset da emergência ocorrida e reinicialização do contador de peças.

Figura 35 - Tela Principal



Fonte: Autoria Própria (2021).

### 3.3.2 Modo Manual

A tela de modo manual (Figura 36) possui 9 botões. Cada par de botões alinhados no centro da tela vai fazer o avanço e retorno de seus respectivos cilindros, que, nesse caso foram 4. O botão do canto superior esquerdo tem como função retornar a tela principal. O modo manual tem por objetivo fazer a movimentação da prensa em forma independente, afim de prepara-la na condição inicial, possibilitando o funcionamento normal, quando ocorrerem de paradas de emergência por acionamento de emergência ou invasão da cortina de luz.

Figura 36 - Tela Modo Manual



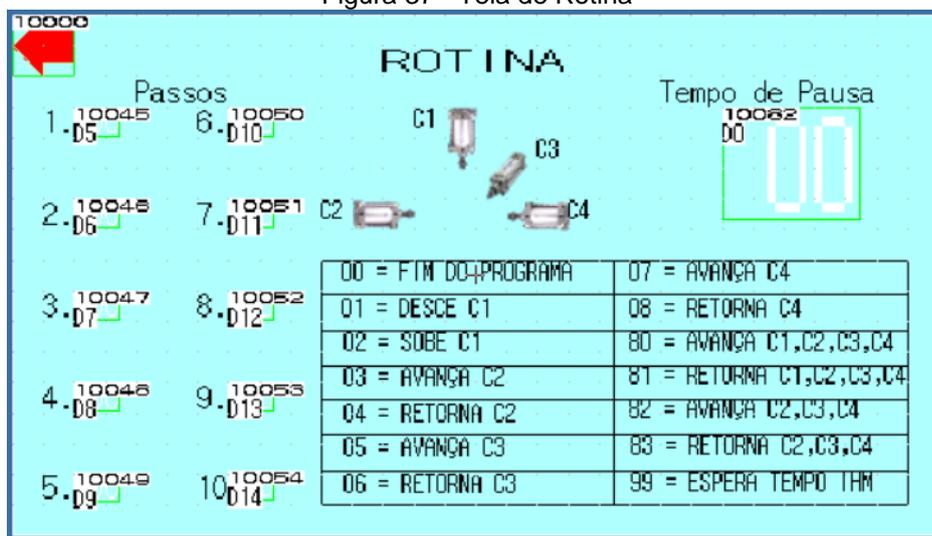
Fonte: Autoria Própria (2021).

### 3.3.1 Configuração de Rotina

Por fim, a tela de configuração de rotina, como vista na Figura 37, onde possui 9 displays numéricos e um botão. Os oito displays numéricos a esquerda servem para dar entrada de dado dos códigos relativos à rotina de funcionamento da prensa, seguindo a tabela exposta. Já o display a direita, tem como objetivo definir o parâmetro de tempo do código 99, que será utilizado durante a rotina, caso o usuário deseje. Por fim, o botão tem como função retornar a tela principal.

Para o caso dessa modelagem em específico, foi definido a estrutura de cilindros exposto nessa tela, ou seja, 4 cilindros C1 a C4, e os códigos da tabela vinculados a essa estrutura.

Figura 37 - Tela de Rotina



Fonte: Autoria Própria (2021).

### 3.4 PROGRAMAÇÃO EM *LADDER*

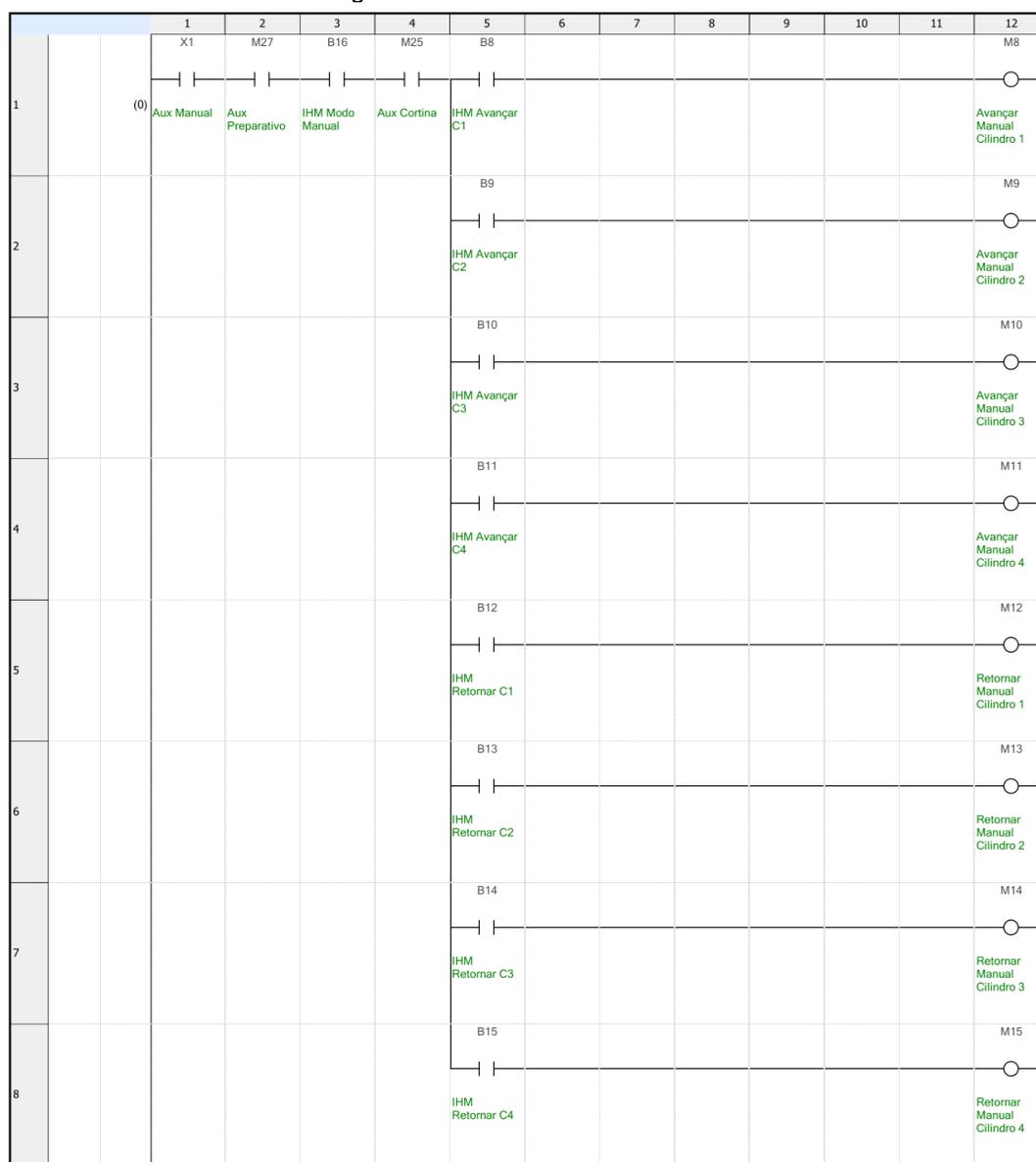
Esta seção é destinada a detalhar as principais partes do código desenvolvido em *Ladder* e utilizado no CLP, além de suas respectivas funções durante o processo de implantação do projeto. O intuito é fazer o detalhamento de partes importantes do código e definir qual o objetivo da estrutura.

#### 3.4.1 Modo Manual

O modo manual tem como objetivo fazer o acionamento individual de cada cilindro, buscando o posicionamento inicial deles, principalmente quando ocorrerem paradas de emergências durante o processo, ou para testes de posicionamento tanto de formas quanto de sensores.

O modo manual teve diversas condições para ser acionado: deve-se pressionar o botão auxiliar no painel de comando (X1), o comando de preparativo deve estar acionado (M27), deve-se selecionar a tela de modo manual da IHM (B16), a cortina de luz não deve ser invadida (M25) e por fim, pressionado algum botão de avanço ou retorno na tela de modo manual (B5, B9 ~ B15), como visto na Figura 38.

Figura 38 - Ladder: Modo Manual

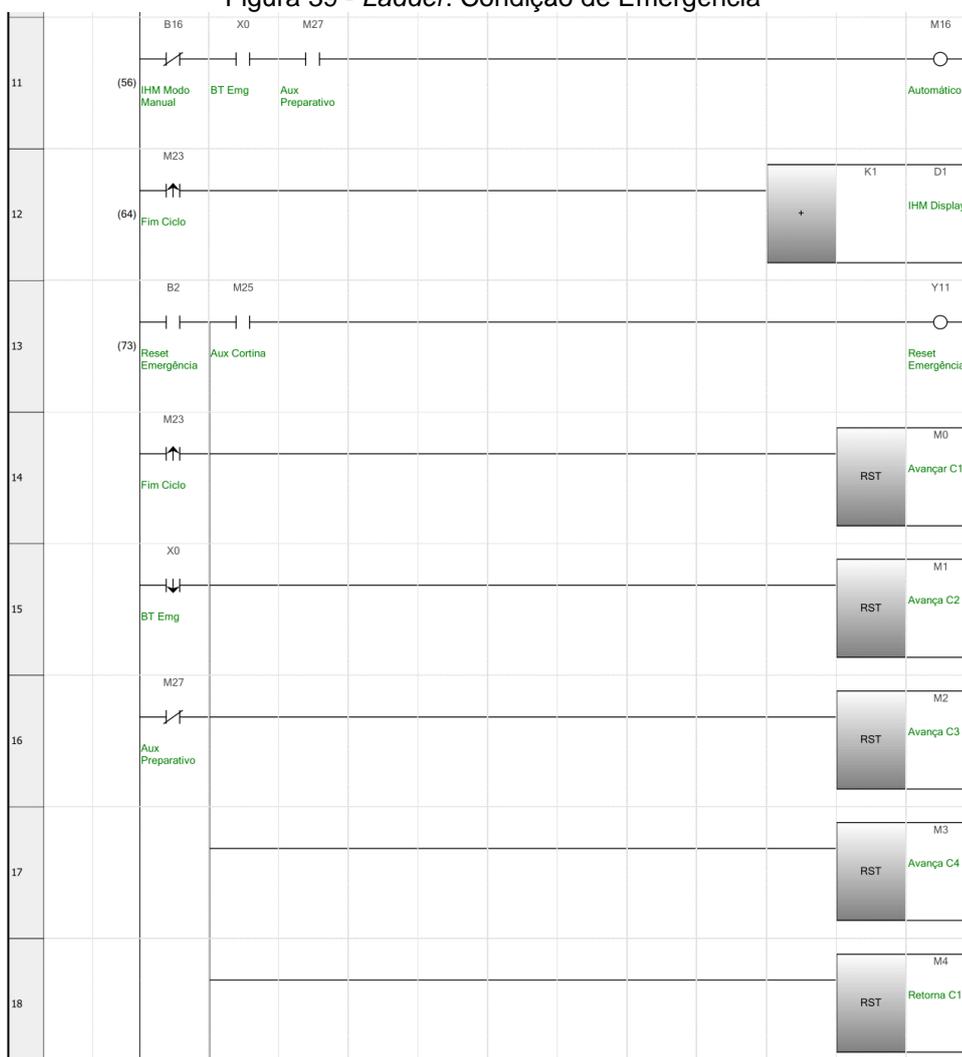


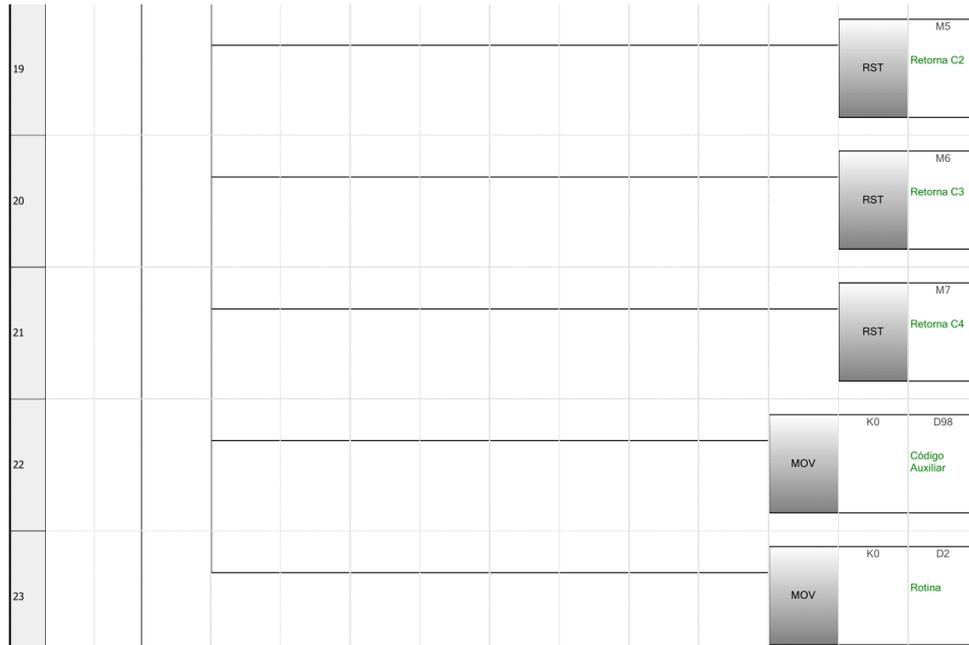
Fonte: Autoria Própria (2021).

### 3.4.2 Condição de Emergência

A condição de emergência é dada para o acionamento ou falha de qualquer um dos dispositivos de segurança, desligando o comando principal e acionando a lâmpada de sinalização de emergência, além de bloquear o comando de acionamento até que o alarme seja reinicializado, com visto na Figura 39.

Figura 39 - Ladder: Condição de Emergência





Fonte: Aatoria Própria (2021).

### 3.4.3 Condição Inicial

A condição inicial se refere a posição no qual todos os cilindros estão recuados, isto é, onde todos os sensores de retorno estão acionados, logo o equipamento estaria nas condições ideais, contando com os dispositivos de segurança, para o funcionamento em modo automático, podendo ser visto na Figura 40.



Fonte: Aatoria Própria (2021).

### 3.4.4 Rotina Programada

A rotina programada é dividida em dois estágios: deslocamento do código e execução. A etapa de deslocamento é a qual os códigos serão transferidos para a memória auxiliar (D98) onde serão comparados com execução, como na Figura 41.

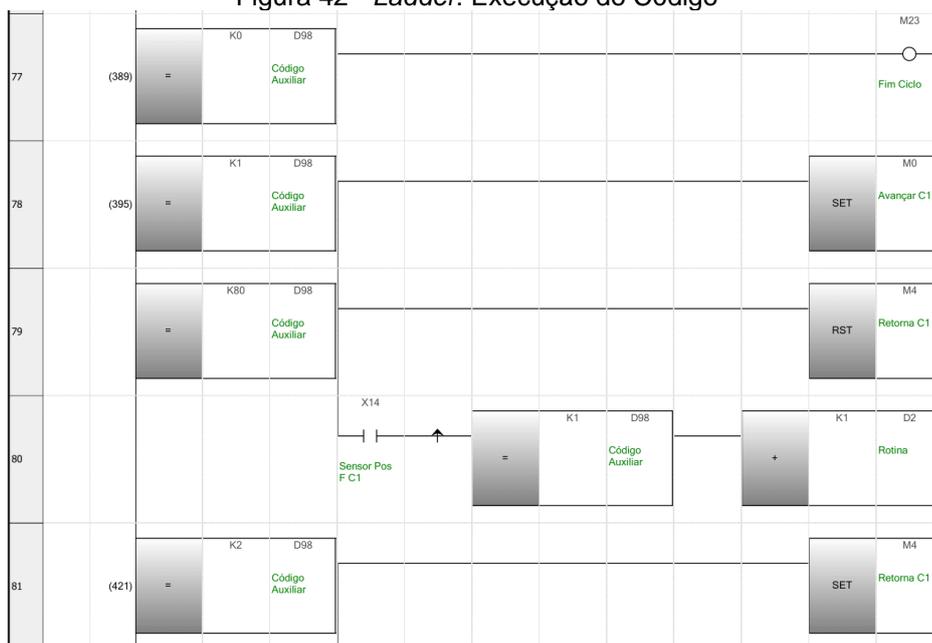
Figura 41 - Ladder: Deslocamento de Código



Fonte: Autoria Própria (2021).

A comparação de código consiste em comparar a instrução no código auxiliar com o valor, e tal instrução é finalizada de acordo com a sua aplicação. Como exemplo tem-se o código 0, no qual fará o fim de ciclo, e o código 1 e código 80, que farão o avanço do cilindro C1, e será confirmado com o sensor de avanço do cilindro C1. Após a confirmação, será incrementado a memória da rotina, podendo ser visto na Figura 42.

Figura 42 - Ladder: Execução do Código



Fonte: Autoria Própria (2021).

### 3.5 EXEMPLO DE MODELOS EXISTENTES

Essa seção tratará alguns exemplos de modelos de prensa existentes, utilizados como modelos base de desenvolvimento na implementação do projeto.

#### 3.5.1 Modelo com 1 Atuador

Para começar, o modelo mais simples, uma prensa pneumática de um cilindro. Esse modelo tem o objetivo tanto de fazer encaixe de componentes, quanto de fazer a compactação de algum material. Nesse caso, o objetivo da prensa apresentada na Figura 43 é a de encaixe de componente.

Figura 43 - Exemplo Prensa de 1 Cilindro



Fonte: Autoria Própria (2021).

### 3.5.2 Modelo com 3 Atuadores

Esse modelo já utiliza 3 cilindros, no qual um vai fazer a fixação da peça por cima, outro vai fazer o encaixe do componente pela lateral, e o terceiro vai fazer o deslocamento da peça para que o cilindro da lateral possa encaixar outro componente, como visto na Figura 44.

Figura 44 - Exemplo Prensa de 3 Cilindros



Fonte: Autoria Própria (2021).

## 4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Durante o processo de implementação, foram desenvolvidos e construídos o painel elétrico, circuito pneumático e a estrutura da prensa. A premissa foi recriar o modelo de prensa mais robusto, no caso o de 4 cilindros e desenvolvidos testes de rotina variadas, semelhantes aos demais modelos.

Na construção do painel elétrico, foram utilizados: 1 disjuntor geral, 5 disjuntores, 1 fonte de 24 Vdc, 1 CLP Série FX5U, 3 relés de segurança, 1 transformador de 220 V para 127 V, 11 relés de 24 Vdc, 1 IHM Série GT21, 1 plug de tomada fêmea, 3 botões, 1 lâmpadas, 1 chave seccionadora e borneiras. O painel desenvolvido pode ser observado na Figura 45.

Figura 45 - Foto do Painel Elétrico Elaborado



Fonte: Autoria Própria (2021).

Como mencionado anteriormente, o modelo foi desenvolvido com 4 cilindros (que podem ser desativados ou não), e foi utilizado para prensa de cilindro em uma peça do motor. Os três cilindros da horizontal são responsáveis por manter a peça parada e em posição, e o cilindro da vertical é responsável pelo encaixe do cilindro na peça, podendo ser vista na Figura 46.

Figura 46 - Prensa Desenvolvida



Fonte: Autoria Própria (2021).

Foram realizados testes utilizando a seguinte rotina: 82; 01; 99; 81. Podendo ser visualizado na Figura 47.

Figura 47 - Rotina Usada em Simulação

Passos	Tempo de Pausa
1. 82	6. 00
2. 01	7. 00
3. 99	8. 00
4. 81	9. 00
5. 00	10.00

**ROTINA**

Tempo de Pausa

**10**

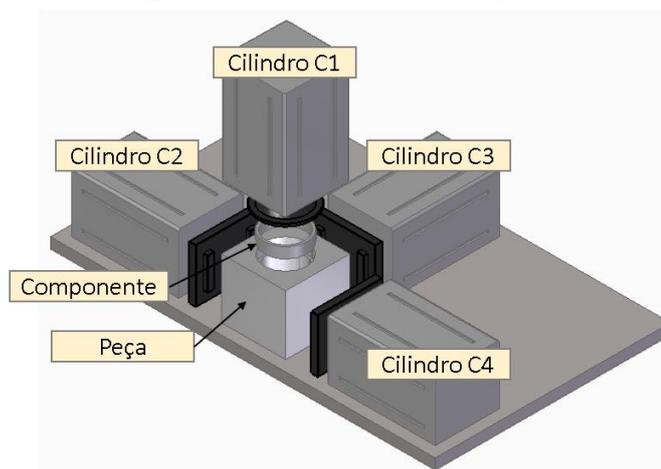
00 = FIM DO PROGRAMA	07 = AVANÇA C4
01 = DESCE C1	08 = RETORNA C4
02 = SOBE C1	80 = AVANÇA C1,C2,C3,C4
03 = AVANÇA C2	81 = RETORNA C1,C2,C3,C4
04 = RETORNA C2	82 = AVANÇA C2,C3,C4
05 = AVANÇA C3	83 = RETORNA C2,C3,C4
06 = RETORNA C3	99 = ESPERA TEMPO TMM

Fonte: Autoria Própria (2021).

Para melhor visualização, foi utilizando um *software* de modelagem 3D para simular o comportamento que foi testado na prática. Como citado anteriormente, a rotina foi definida com 4 passos, que serão ilustrados a seguir. A estrutura utilizada foi

a da Figura 48 a seguir, com 4 atuadores pneumáticos para fazer o encaixe de um componente em uma peça.

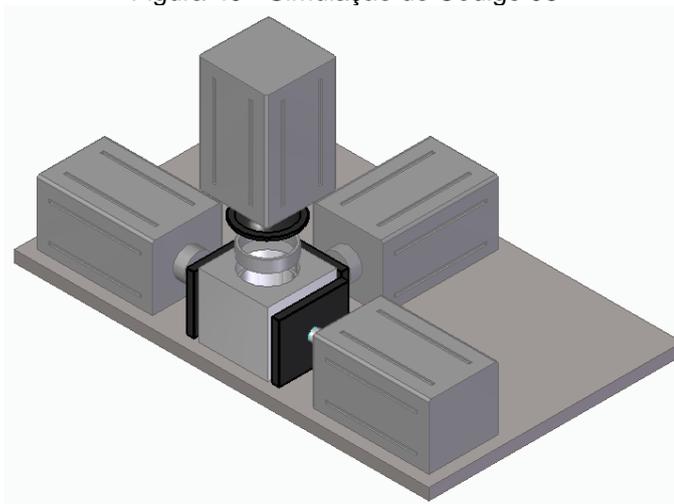
Figura 48 - Estrutura de Simulação



Fonte: Autoria Própria (2021).

O primeiro código utilizado, foi o código 82. Este código se refere ao avanço dos cilindros C2, C3 e C4, ao mesmo tempo, com o intuito de fazer a fixação a peça e reduzir quebras no encaixe do componente, podendo ser visto na Figura 49.

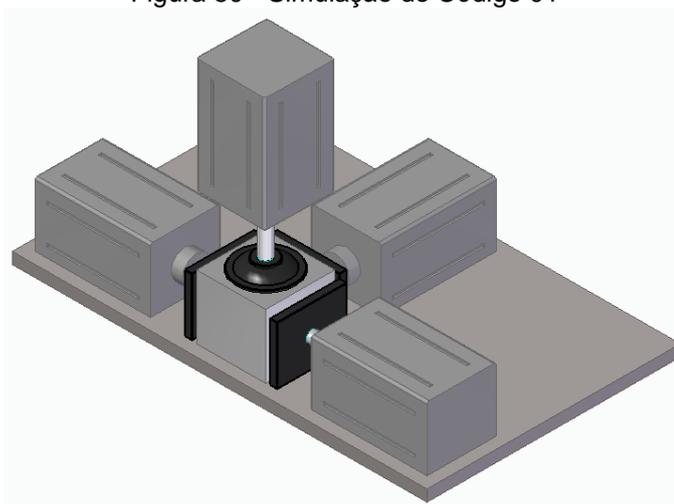
Figura 49 - Simulação do Código 98



Fonte: Autoria Própria (2021).

O código seguinte é o 01, que é responsável por fazer o avanço do cilindro C1. Este avanço é responsável pelo encaixe do componente na peça, podendo ser visto na Figura 50.

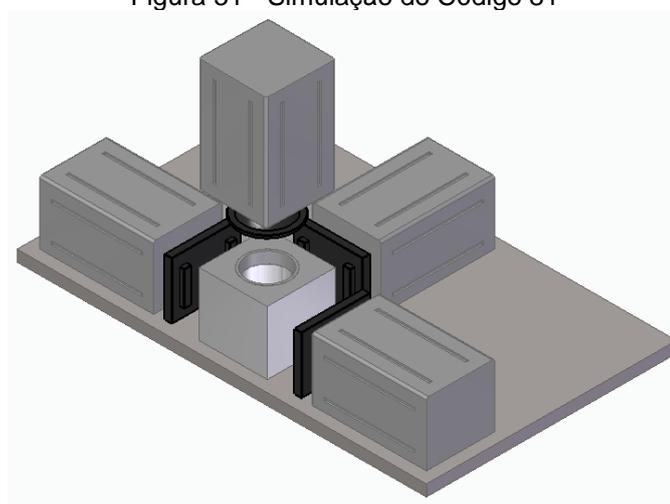
Figura 50 - Simulação do Código 01



Fonte: Autoria Própria (2021).

Em seguida, é utilizado o código 99, para dar uma pausa de 10 segundos e garantir o aperto do componente. Por fim, é utilizado o código 81, para retornar todos os cilindros ao mesmo tempo a posição inicial, podendo ser ilustrado na Figura 51.

Figura 51 - Simulação do Código 81



Fonte: Autoria Própria (2021).

Além dos testes de rotina, foram feitos testes com a segurança do equipamento, como: invasão da cortina de luz, acionamento do botão de emergência e o acionamento do comando bimanual, onde todos os testes apresentaram resultados positivos, gerando falha/parada do equipamento durante o processo. Portanto, após os testes, foi possível afirmar que a simulação teve êxito e que a aplicação foi bem sucedida.

Após a finalização dos testes, o modelo foi implantado na linha de produção e teve seu comportamento avaliado por um período de 3 meses, onde não apresentou falhas, ou qualquer outro demérito em relação ao modelo que foi substituído, no caso de 4 atuadores pneumáticos.

## CONCLUSÃO

Este trabalho teve o intuito de desenvolver um modelo de prensa pneumática que fosse capaz de reproduzir o comportamento de outros modelos existentes, de forma simples e intuitiva para o usuário, utilizando de conceitos da automação industrial e utilizando componentes como CLP e IHM.

Foi apresentado um breve referencial teórico acerca dos principais conceitos utilizados no desenvolvimento da pesquisa e na concepção do modelo, abrangendo temas como: Sistemas pneumáticos, automação industrial, linguagem *ladder*, dispositivos de segurança e sensores elétricos.

O método proposto consistiu no desenvolvimento da lógica de programação do CLP, elaboração das interfaces na IHM e integração de ambos por rede ethernet. Em seguida, foram elaborados os diagramas elétricos relacionados ao equipamento, levando em considerações as especificações de 4 cilindros e a quantidade de entradas e saídas do CLP. Após isso, foi construído o modelo e feitos testes, tanto da rotina, quanto da parte de segurança.

Pelo fato de se desenvolver o projeto utilizando o modelo de CLP mais compacto, no caso a série FX5U, teve por consequência uma redução de número de entradas e saídas, ou seja, uma menor capacidade em relação aos modelos com mais entradas e saídas. Porém, pela rotina desenvolvida, não se apresentou nenhuma dificuldade, tanto de construção do modelo, quanto de simulações e desenvolvimento da lógica de programação. O mesmo se aplica a IHM, onde, já que a tela de interface não demandou de muitas informações, não ocorreram dificuldades ao utilizar uma IHM relativamente pequena.

Avaliando os resultados com os objetivos definidos no início do projeto, pode-se considerar que foram satisfatórios, visto que foi possível:

- Projetar o sistema elétrico da prensa pneumática, especificando os elementos e componentes utilizados
- Projetar e construir o painel elétrico do equipamento
- Elaborar a programação em *ladder* para o CLP do comportamento, além dos itens de segurança e a integração com a IHM

- Simular os comportamentos com as funcionalidades e funções de segurança
- Implementar o modelo na linha.

Por fim, sugere-se a continuidade deste trabalho, desenvolver uma estrutura física mais adaptável, no sentido de criar dispositivos de fixação e conexão de fácil manipulação dos atuadores, gerando uma flexibilidade de montagem e adaptação do modelo, para o caso de comportamentos excêntricos. Outro adendo seria a criação de um sistema de histórico, tanto de paradas por componentes de segurança, quanto de histórico de qualidade de peças, e gerando um banco de dados, trazendo mais conceitos da indústria 4.0 para o modelo.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BITTENCOURT, S. D. **Segurança em Prensas e Similares**. Trabalho de Conclusão de Curso de Especialização em Engenharia de Segurança do Trabalho – Escola de Engenharia da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Departamento de Engenharia Mecânica, Porto Alegre, 2012.

BRASIL. MINISTÉRIO DO TRABALHO E EMPREGO. Portaria SEPRT nº916, de 30 de julho de 2019. **NR-12 – Segurança no Trabalho em Máquinas e Equipamentos**. Diário Oficial União. 31 de Jul de 2019.

FEDERAÇÃO DAS INDÚSTRIAS DO ESTADO RS - FIERGS. **Manual de Segurança em Prensas e Similares**. Porto Alegre, 2003. 134p.

FIALHO, A. B. **Automação Pneumática: Projetos, Dimensionamento e Análise de Circuitos**. 2. ed. São Paulo: Érica, 2003.

FRANCHI, C. M.; CAMARGO, V. L. A. de. **Controladores Lógicos Programáveis: Sistemas Discretos**. São Paulo: Érica, 2008.

HANNIFIN, P. **Dimensionamento de Redes de Ar Comprimido: Apostila M1004 BR**. Jacareí, 2006. 75p. Disponível em: <[https://lcsimeifiles.wordpress.com/2012/09/parker\\_dimensionamento-de-redes-de-ar-comprimido.pdf](https://lcsimeifiles.wordpress.com/2012/09/parker_dimensionamento-de-redes-de-ar-comprimido.pdf)>. Acesso em: 07 de Set. de 2020.

HANNIFIN, P. **Tecnologia Pneumática Industrial: Apostila M1001-1 BR**. Jacareí, 2007. 195p. Disponível em: <[https://www.parker.com/literature/Brazil/apostila\\_M1001\\_1\\_BR.pdf](https://www.parker.com/literature/Brazil/apostila_M1001_1_BR.pdf)>. Acesso em: 08 de Set. de 2020.

IDEC. **Safety Relay Modules: HR Series**. Disponível em: <[https://eu.idec.com/en/s/c30RD\\_zF01/#series\\_navi](https://eu.idec.com/en/s/c30RD_zF01/#series_navi)>. Acesso em: 03 de Mai. de 2021.

IFM. **Manual de operação original sensores de segurança fotoelétricos (Cortina e barreira de luz de segurança)**. 2018. 40p. Disponível em: <<https://www.ifm.com/mounting/704555PT.pdf>>. Acesso em 05 de Out. de 2020.

METALPLAN. **Manual de Ar Comprimido**. 6. ed. 2017. Disponível em: <<http://metalplan.com.br/wp-content/uploads/2018/04/manual-de-ar-comprimido.pdf>>. Acesso em: 03 de Set. de 2020.

MITSUBISHI ELECTRIC. **e-Learning Courses: FA Equipment for Beginners – HMIs**. 2014a. 27p. Disponível em: <[https://www.mitsubishielectric.com/fa/assist/e-learning/pdf/por/FA\\_Equip\\_for\\_Begin\\_por\\_HMIs.pdf](https://www.mitsubishielectric.com/fa/assist/e-learning/pdf/por/FA_Equip_for_Begin_por_HMIs.pdf)>. Acesso em: 17 de Set. de 2020.

MITSUBISHI ELECTRIC. **e-Learning Courses: GOT Basics (GT16, GT Designer3)**. 2014b. 27p. Disponível em: <[https://www.mitsubishielectric.com/fa/assist/e-learning/pdf/eng/2-GOT\\_Basics\\_GT16\\_GT\\_D3\\_na\\_eng.pdf](https://www.mitsubishielectric.com/fa/assist/e-learning/pdf/eng/2-GOT_Basics_GT16_GT_D3_na_eng.pdf)>. Acesso em: 07 de Jun. de 2021.

MITSUBISHI ELECTRIC. **GRAPHIC OPERATION TERMINAL / SCADA**. 2021b . Disponível em: <<https://www.mitsubishielectric.com/fa/dctlg/catalog/03/pdf/hmi.pdf>>. Acesso em: 03 de Mai. de 2021.

MITSUBISHI ELECTRIC. **MELSEC Série iQ-F: FX5UC-32MT/DS(S)-TS, FX5-C32E □/D□-TS**. 2021a. Disponível em: <[www.mitsubishielectric.com.br/download/catalogs/Folheto\\_FX5U.pdf](http://www.mitsubishielectric.com.br/download/catalogs/Folheto_FX5U.pdf)>. Acesso em: 03 de Mai. de 2021.

MITSUBISHI ELECTRIC. **Software Features: GX Works 3**. 2014c. 27p. Disponível em: <[https://www.mitsubishielectric.com/fa/products/cnt/plceng/smerit/gx\\_works3/index.html](https://www.mitsubishielectric.com/fa/products/cnt/plceng/smerit/gx_works3/index.html)>. Acesso em: 07 de Jun. de 2021.

PAVANI, S. A. **Comandos Pneumáticos e Hidráulicos**. Colégio Técnico Industrial de Santa Maria: Santa Maria, 2010. 185p. Disponível em: <[http://redeetec.mec.gov.br/images/stories/pdf/eixo\\_ctrl\\_proc\\_indust/tec\\_autoam\\_ind/comand\\_pneum/161012\\_com\\_pneu\\_hidr.pdf](http://redeetec.mec.gov.br/images/stories/pdf/eixo_ctrl_proc_indust/tec_autoam_ind/comand_pneum/161012_com_pneu_hidr.pdf)>. Acesso em: 04 de Set. de 2020.

ROCKWELL AUTOMATION. **440R Specialty Safety Relay, Two Hand Control**. 2021a. Disponível em: <<https://configurator.rockwellautomation.com/#/browse>>. Acesso em: 03 de Mai. de 2021.

ROCKWELL AUTOMATION. **445L-T4S0360YD**. 2021b. Disponível em: <<https://configurator.rockwellautomation.com/#/browse>>. Acesso em: 07 de Mai. de 2021.

SCHNEIDER ELETRIC. **Botoeira 22mm Plástica 1 Botão Emerg Soco Girar Destruar 1NA 2NF Vermelho**. 2021. Disponível em: <<https://www.se.com/br/pt/product/XALK178G/botoeira-22mm-plastica-1-botao-emerg-soco-girar-destruar-1na-2nf-vermelho/>>. Acesso em: 16 de Set. de 2020.

SCHNEIDER, E. E. **Instalações de Dispositivos de Segurança para Máquinas Operatrizes Conforme a Norma Regulamentadora N°12 com Ênfase em Dispositivos Elétricos**. Trabalho de Conclusão de Curso de Pós em Engenharia de Segurança do Trabalho - Universidade Regional do Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul, Departamento de Ciências Exatas e Engenharias, Ijuí, 2011.

SICK. **Catálogo: Controladores de Segurança**. 2021a. Disponível em: <<https://www.sick.com/br/pt/senscontrol-solucoes-de-controle-seguras/controladores-de-seguranca/c/g186154>>. Acesso em: 16 de Set. de 2020.

SICK. **Catálogo: Cortinas de Luz de Segurança**. 2021b. Disponível em: <<https://www.sick.com/br/pt/equipamentos-de-seguranca-optoeletronicos/cortinas-de-luz-de-seguranca/c/g185751>>. Acesso em: 17 de Set. de 2020.

SICK. **Catálogo: Relés de Segurança**. 2021d. Disponível em: <<https://www.sick.com/br/pt/senscontrol-solucoes-de-controle-seguras/relés-de-seguranca/c/g186153>>. Acesso em: 16 de Set. de 2020.

SICK. **Relés de segurança: UE48-20S**. 2021c. Disponível em: <<https://configurator.rockwellautomation.com/#/configurator/36CBC07AB9F145DFB058617F9CDF7F81/summary>>. Acesso em: 03 de Mai. de 2021.

SILVA, E. C. N. S. **Apostila de Pneumática**. São Paulo: Departamento de Engenharia Mecatrônica e de Sistemas Mecânicos da Poli (USP), 2002. 114p.

SILVA, M. E. **Apostila de Automação Industrial**. Piracicaba: 2005. Disponível em: <<http://vieiraevarela.com.br/arquivos/3020515-Apostila-Automacao-Industrial.pdf>> Acessado em: 10 de Set. de 2020.

SILVEIRA, P. R. da; SANTOS, W. E. dos. **Automação e Controle Discreto**. 9. Ed. São Paulo: Érica, 2009. 256p.

SMC. **Catálogo: 5 Port Pilot Operated Solenoid Valve**. 2021c. Disponível em: <[http://ca01.smcworld.com/catalog/en/directional/VFS-E/6-1-2-p0883-1013-vfs1000\\_en/index.html#target/page\\_no=1](http://ca01.smcworld.com/catalog/en/directional/VFS-E/6-1-2-p0883-1013-vfs1000_en/index.html#target/page_no=1)>. Acesso em: 03 de Abr. de 2021.

SMC. **Catálogo: ISO CYLINDER**. 2021b. Disponível em: <<http://ca01.smcworld.com/catalog/ISO/mpv/p-e10-2a-isocy/data/p-e10-2a-isocy.pdf>>. Acesso em: 03 de Mai. de 2021.

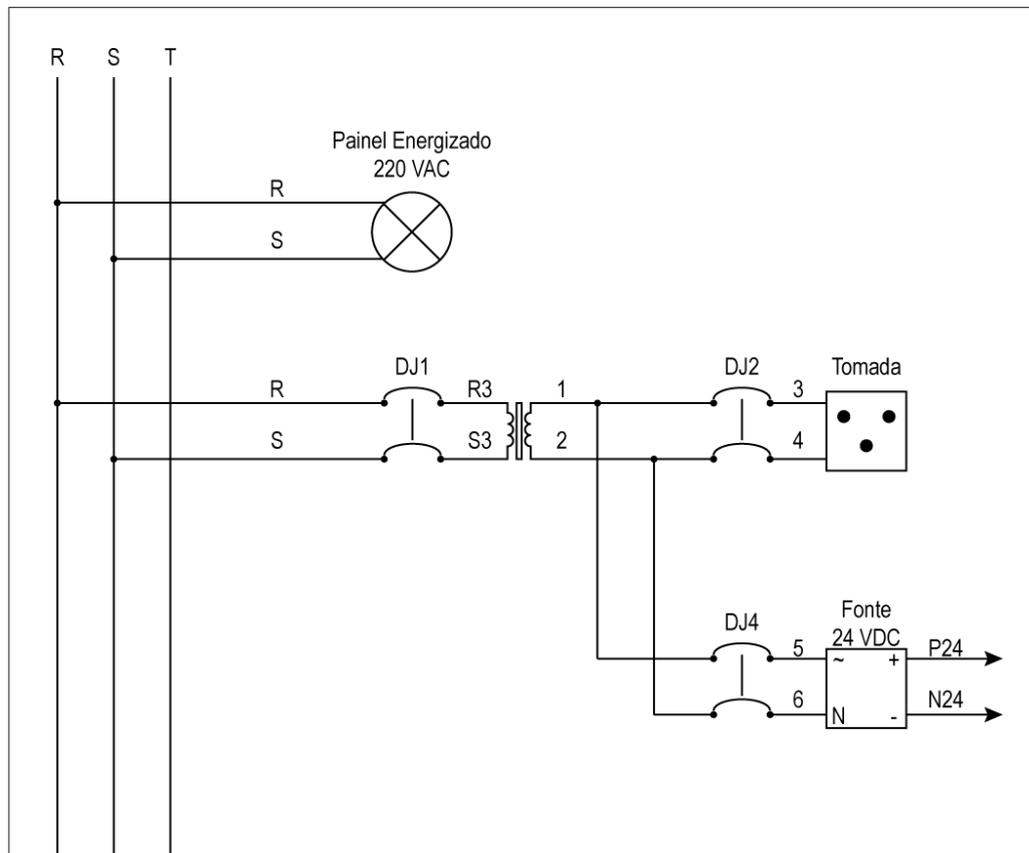
SMC. **Catálogo: Unidades de Conservação**. 2021a. Disponível em: <[http://ca01.smcworld.com/catalog/New-products-en/mpv/es40-69-AC-D/index.html#target/page\\_no=1](http://ca01.smcworld.com/catalog/New-products-en/mpv/es40-69-AC-D/index.html#target/page_no=1)>. Acesso em: 20 de Set. de 2020.

SOLUÇÕES INDUSTRIAIS. **Proteção Fixa**. Disponível em: <<https://www.solucoesindustriais.com.br/empresa/maquinas-e-equipamentos/a3-servicos-industriais/produtos/seguranca-e-protecao/proteco-es-para-maquinas>>. Acesso em: 01 de Out. de 2020.

THOMAZINI, D; ALBUQUERQUE, P. U. B. **Sensores Industriais – Fundamentos e Aplicações**. 4º ed. São Paulo: Érica, 2009. 222p.

WEG. **Kit para Automação**. Disponível em: <[https://www.weg.net/catalog/weg/BR/pt/Seguran%C3%A7a-de-M%C3%A1quinas-e-Sensores-Industriais/Kits-para-Automa%C3%A7%C3%A3o/Kit-para-Automa%C3%A7%C3%A3o/p/MKT\\_WDC\\_BRAZIL\\_SAFETY\\_LINE\\_AUTOMATION\\_KIT](https://www.weg.net/catalog/weg/BR/pt/Seguran%C3%A7a-de-M%C3%A1quinas-e-Sensores-Industriais/Kits-para-Automa%C3%A7%C3%A3o/Kit-para-Automa%C3%A7%C3%A3o/p/MKT_WDC_BRAZIL_SAFETY_LINE_AUTOMATION_KIT)>. Acesso em: 17 de Set. de 2020.

## APÊNDICE A – DIAGRAMA DE POTÊNCIA



### PROJETO DE PRENSA PNEUMÁTICA - Manaus/AM

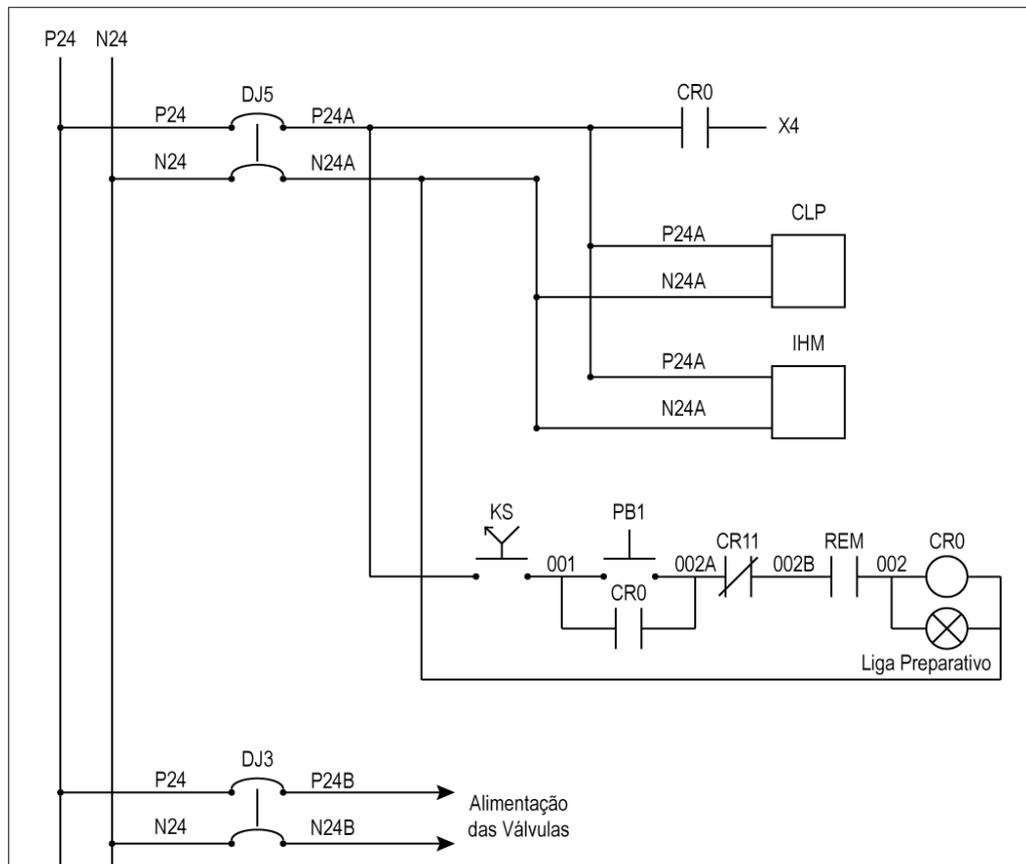
Título: Diagrama de Potência

Autor: Kaiky Shinji Lima Otani

Data: 07/07/2021

01/06

## APÊNDICE B – DIAGRAMA DE CONTROLE



### PROJETO DE PRENSA PNEUMÁTICA - Manaus/AM

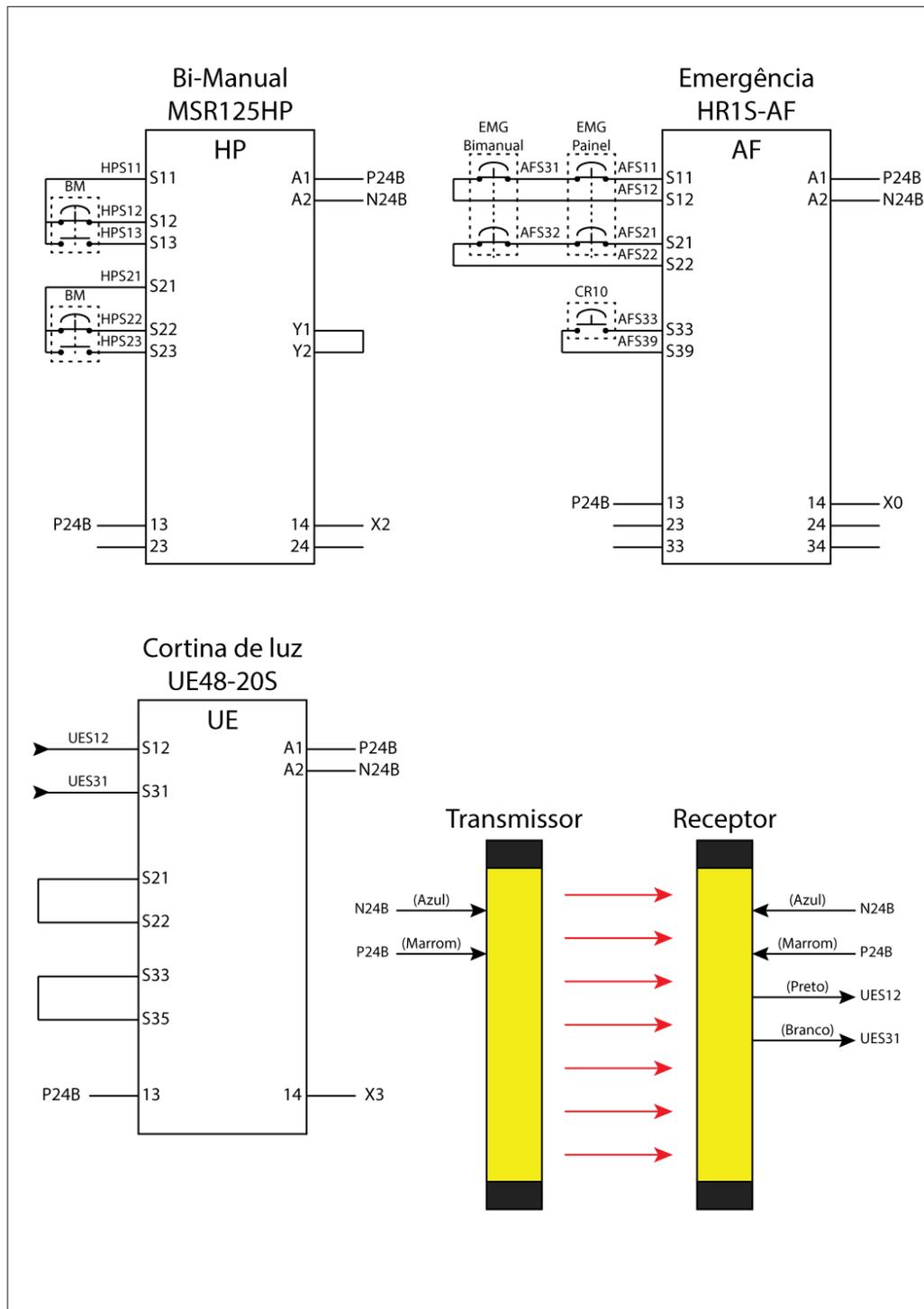
Título: Diagrama de Controle

Autor: Kaiky Shinji Lima Otani

Data: 07/07/2021

02/06

## APÊNDICE C – DIAGRAMA DE SEGURANÇA



### PROJETO DE PRENSA PNEUMÁTICA - Manaus/AM

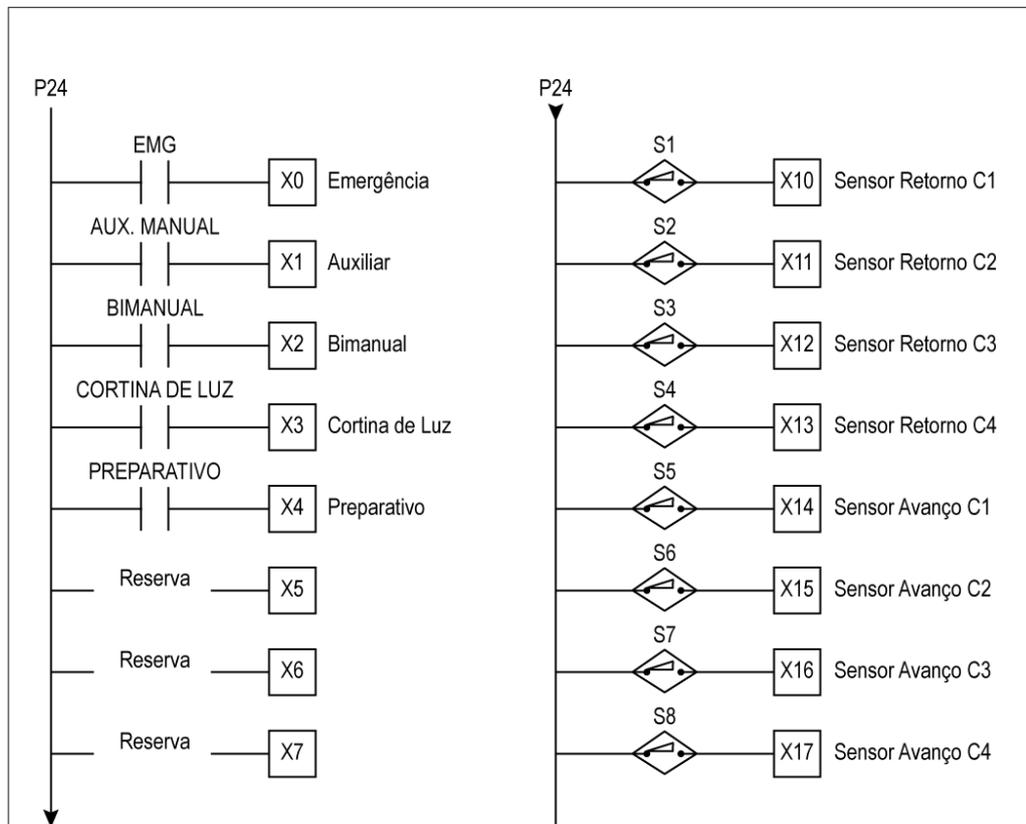
Título: Diagrama de Segurança

Autor: Kaiky Shinji Lima Otani

Data: 07/07/2021

03/06

## APÊNDICE D – ENTRADAS DO CLP



### PROJETO DE PRENSA PNEUMÁTICA - Manaus/AM

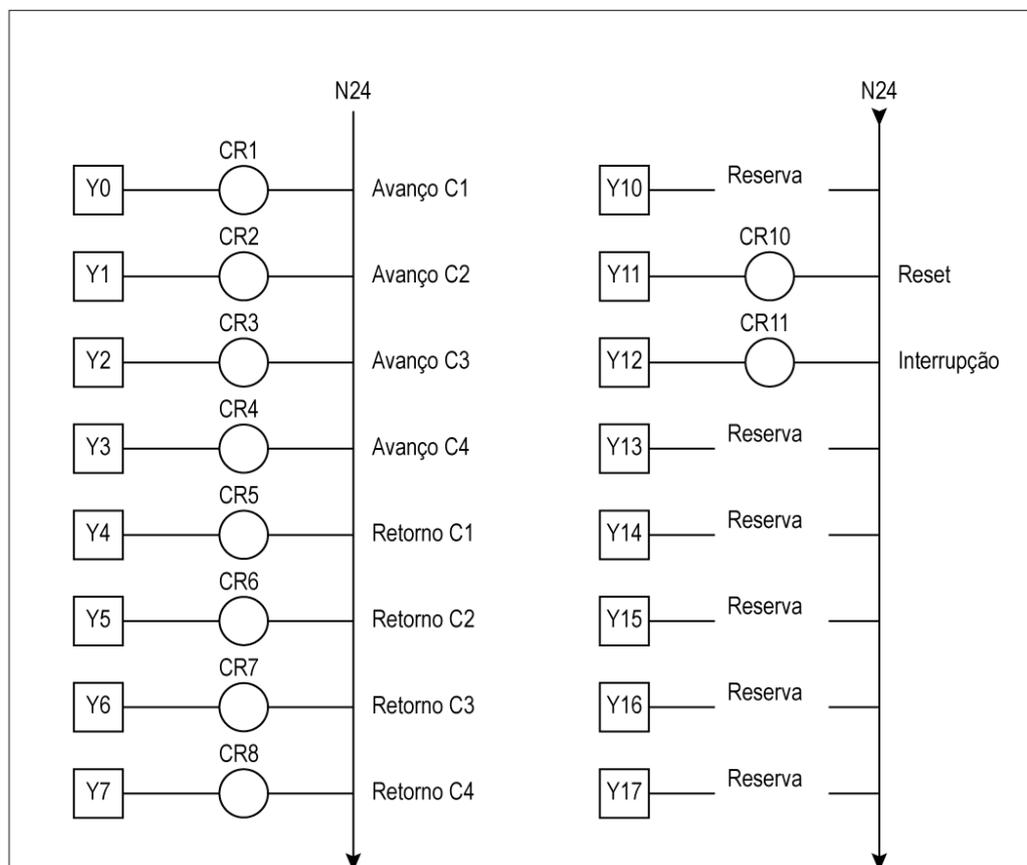
Título: Entradas do CLP

Autor: Kaiky Shinji Lima Otani

Data: 07/07/2021

04/06

## APÊNDICE E – SAÍDAS DO CLP



### PROJETO DE PRENSA PNEUMÁTICA - Manaus/AM

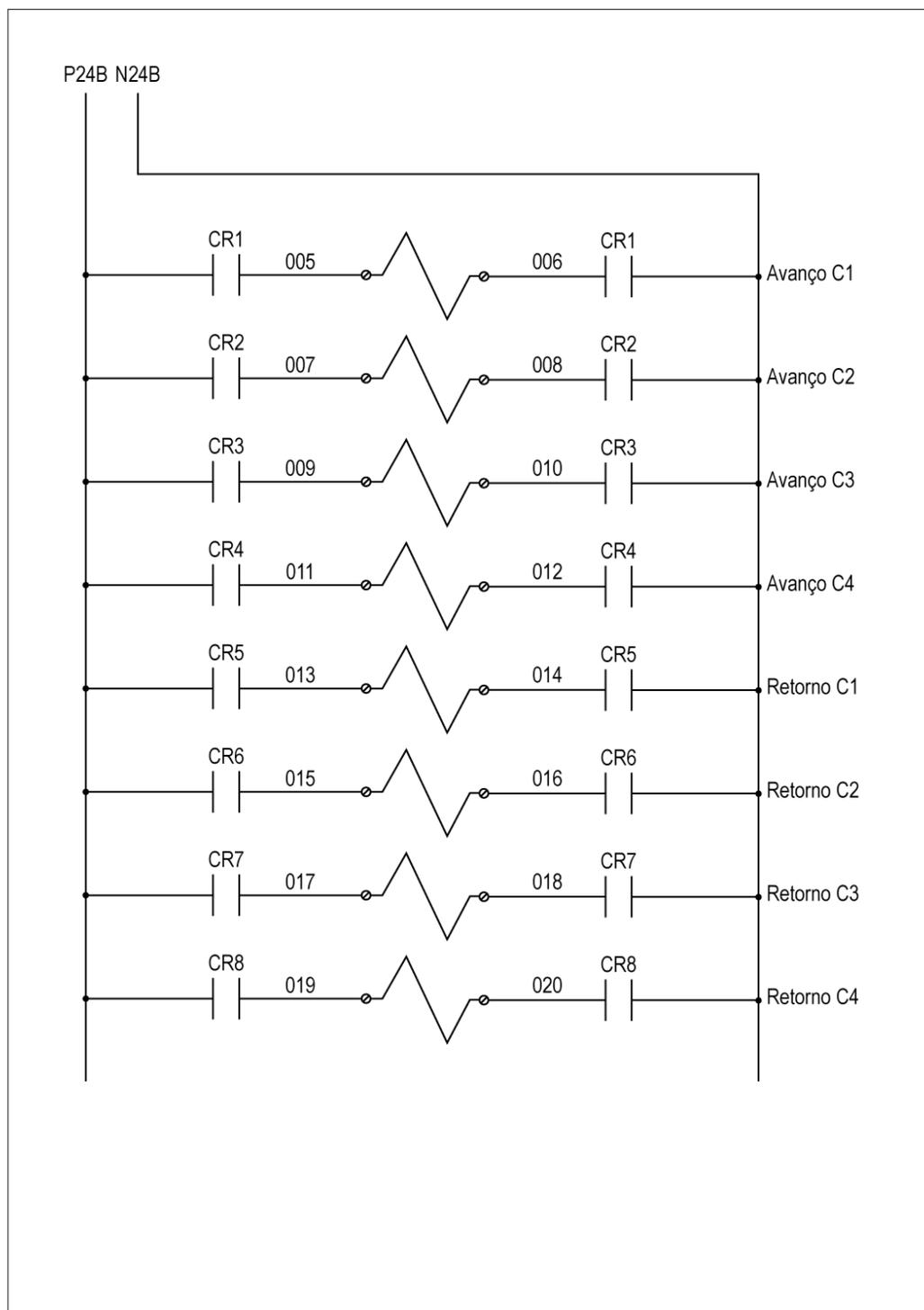
Título: Saídas do CLP

Autor: Kaiky Shinji Lima Otani

Data: 07/07/2021

05/06

## APÊNDICE F – DIAGRAMA DE VÁLVULAS PNEUMÁTICAS



### PROJETO DE PRENSA PNEUMÁTICA - Manaus/AM

Título: Diagrama de Válvulas Pneumáticas

Autor: Kaiky Shinji Lima Otani

Data: 07/07/2021

06/06