

**UNIVERSIDADE ESTADUAL DO MARANHÃO  
CENTRO DE CIÊNCIAS TECNOLÓGICAS  
CURSO DE ENGENHARIA MECÂNICA  
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA MECÂNICA E PRODUÇÃO**

**WANDERSON CINTRA GALDINO**

**UMA BREVE ABORDAGEM NO EMPREGO DE CLP NA  
AUTOMAÇÃO PNEUMÁTICA**

**São Luís**

**2017**

**WANDERSON CINTRA GALDINO**

**UMA BREVE ABORDAGEM DO EMPREGO DE CLP NA  
AUTOMAÇÃO PNEUMÁTICA**

Monografia de graduação apresentada ao curso de Engenharia Mecânica da Universidade Estadual do Maranhão como parte dos requisitos exigidos para obtenção do título de Bacharel em Engenharia Mecânica.

**Orientador: Prof. Me. Valdirson Pereira Mendes.**

**São Luís**

**2017**

Galdino, Wanderson Cintra.

Uma breve abordagem do emprego de CLP na automação Pneumática. /  
Wanderson Cintra Galdino. – São Luís, 2017.

72 f.

Monografia (Graduação) – Curso de Engenharia Mecânica, Universidade  
Estadual do Maranhão, 2017.

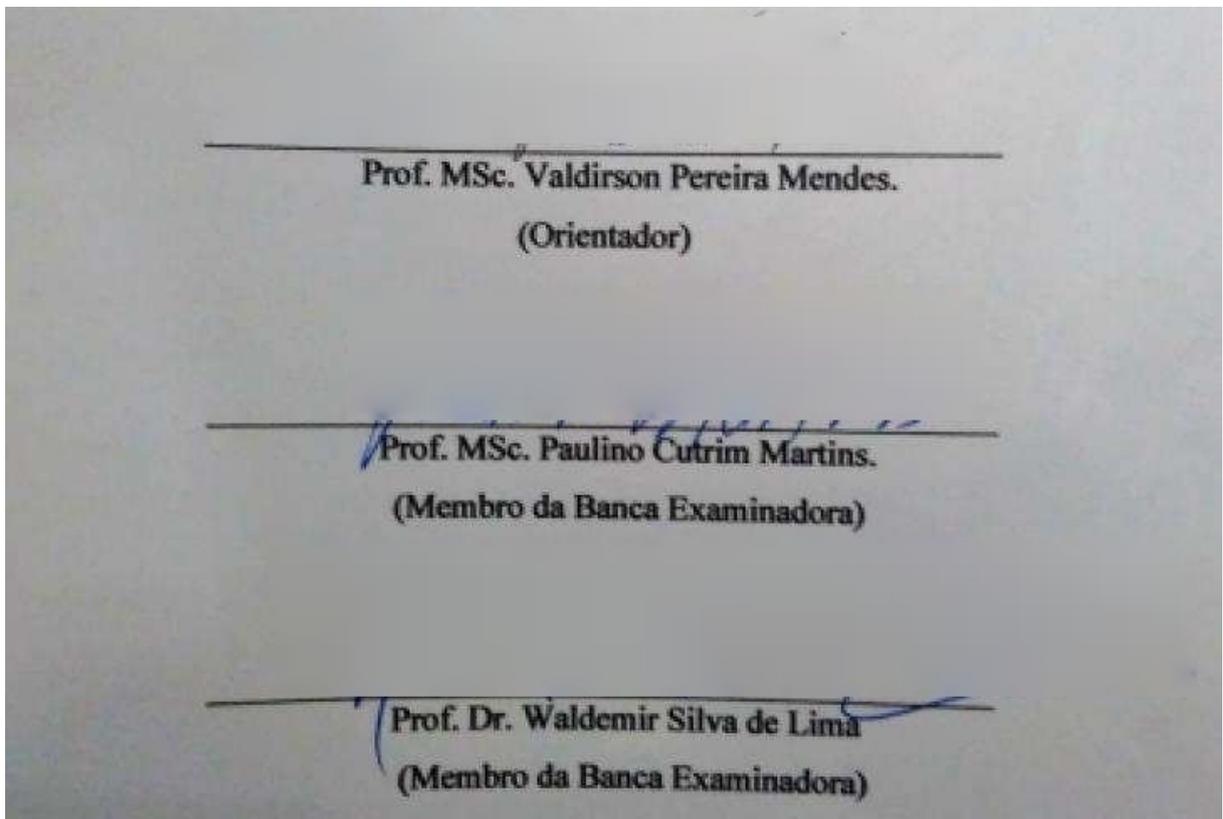
Orientador: Prof.Me. Valdirson Pereira Mendes.

# **UMA BREVE ABORDAGEM DO EMPREGO DE CLP NA AUTOMAÇÃO PNEUMÁTICA**

**WANDERSON CINTRA GALDINO**

Monografia aprovada em: \_\_\_\_ de \_\_\_\_\_ de 2017.

A Banca Examinadora composta pelos membros abaixo aprovou esta monografia:



A Ata de defesa com as respectivas assinaturas dos membros encontra-se no processo de vida acadêmica do aluno.

São Luís/MA \_\_\_\_ de \_\_\_\_\_ de 2017.

Dedico esse trabalho primeiramente à Deus, aos meus pais Aderson e Maria Lucia, pois apesar da distância e as dificuldades encontradas sempre me apoiaram e incentivaram a essa formação, e a meus irmãos Hirléia e Jerry.

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço primeiramente a Deus, autor da vida, que até aqui tem demonstrado seu grande amor para comigo, através de bênçãos maravilhosas nesta longa caminhada.

Aos meus amados pais, Aderson e Maria Lucia que sempre me incentivaram, apoiaram e nunca deixaram de acreditar em nenhum momento.

Agradeço também a meu orientador professor MSc. Valdirson Pereira Mendes, pelo apoio e dedicação para que esse trabalho se concretizar.

Agradeço ao Professor Dr. Waldemir Silva de Lima por fazer parte da banca examinadora e por seus apontamentos e correções.

Agradeço ao Professor MSc. Paulino Cutrim Martins por ser parta da banca examinadora e contribuindo com suas devidas correções.

Agradeço aos meus amigos e colegas de turma, pela paciência e companheirismo durante a vida acadêmica.

Agradeço em especial aos amigos; Erykson Marconny, Lucas Lima, Alex Fernando, Wesley Candeira, Gabriel Aguiar e Josué Rodrigues e Victor Barreto.

Agradeço a UEMA e a todo seu corpo docente por esses anos de aprendizagem.

*“O Senhor é meu pastor: nada me faltará  
Deitar-me faz em verdes pastos, guia-me mansamente  
a águas tranquilas”*

**Salmos 23, v 1 e 2**

## RESUMO

Esse projeto tem como foco a introdução de alguns circuitos de pneumática controlados por um CLP a nível didático, realizados no laboratório de automação de pneumática e hidráulica do NUTENGE-UEMA. Fazendo uso do software “FluidSim-p” para simulação do funcionamento dos circuitos antes de montarmos de forma física nas bancadas o que possibilita também a verificação de possíveis mudanças a fim de aumentar a eficiência do circuito. Com o desenvolvimento e avanço da automação, sistemas mais complexo foram desenvolvidos, dessa forma, a quantidade elevada de componentes torna-o menos confiável. Nesse contexto a utilização do CLP passou a aumentar a confiabilidade, pois reduz a quantidade de elementos e sua lógica pode ser alterada a qualquer momento sem gastos e perda de tempo.

Palavras-chave: CLP. FluidSim. Automação. Confiabilidade.

## **ABSTRACT**

This project focuses on the introduction of some pneumatic circuits controlled by a CLP at didactic level, carried out in the NUTENGE-UEMA hydraulic and pneumatic automation laboratory. Using the "FluidSim-p" software to simulate the operation of the circuits before physically installing the stands, which also allows the verification of changes to increase the efficiency of the circuit. With the development and advancement of automation, more complex systems have been developed, this way many components make it less reliable. In this context, the use of PLC has increased reliability because it reduces a number of elements and its logic can be changed at any time without loss of cost and time.

Keywords: PLC. FluidSim. Automation. Reliability.

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1: Composição do ar atmosférico.....	19
Figura 2: Recipiente com ar comprimido .....	20
Figura 3: Pressão em um atuador pneumático.....	20
Figura 4: Compressibilidade do ar.....	21
Figura 5: Elasticidade do ar.....	21
Figura 6: Difusibilidade do ar.....	21
Figura 7: Expansibilidade do ar.....	22
Figura 8: Compressor de ar .....	23
Figura 9: Princípios de funcionamento.....	24
Figura 10: Compressor dinâmico com fluxo radial .....	25
Figura 11: Compressor dinâmico de fluxo axial .....	25
Figura 12: Compressores alternativos de simples e duplo efeito .....	26
Figura 13: Compressor rotativo duplo parafuso .....	28
Figura 14: Compressor rotativo de palheta .....	28
Figura 15: Compressor roots .....	29
Figura 16: Esquema de tratamento do ar comprimido .....	30
Figura 17: Resfriador posterior.....	31
Figura 18: Filtro de ar comprimido .....	32
Figura 19: Secagem por absorção.....	33
Figura 20: Secagem por adsorção.....	34
Figura 21: Secagem por refrigeração.....	35
Figura 22: Unidade de conservação.....	35
Figura 23: Cilindro pneumático.....	36
Figura 24: Motor pneumático .....	36
Figura 25: Válvula de retenção por mola .....	41
Figura 26: Válvula alternadora ou elemento OU.....	41
Figura 27: Válvula de simultaneidade ou elemento “E” .....	42
Figura 28: Válvula controladora de fluxo unidirecional .....	43
Figura 29: Válvula de alívio .....	44
Figura 30: CLP (Controlador Logico Programavel).....	44

Figura 31: Iniciação e Ciclo de Varredura.....	47
Figura 32: Arquitetura básica de um CLP .....	48
Figura 33: Diagrama elétrico de uma partida direta .....	50
Figura 34: Diagrama elétrico de uma partida direta em programação Ladder .....	51
Figura 35: Compressor alternativo de simples estágio .....	52
Figura 36: Banca didática de automação pneumática .....	53
Figura 37: Cilindro de dupla ação .....	53
Figura 38: Válvula reguladora de fluxo unidirecional.....	54
Figura 39: Válvula direcional 5/2 com duplo solenoide.....	54
Figura 40: CLP Festo fec 20.....	54
Figura 41: Diagrama funcional elétrico .....	55
Figura 42: Prgramação Ladder A+A- .....	56
Figura 43: Ligação CLP com computador através do cabo serial .....	56
Figura 44: Compilar .....	57
Figura 45: Fazer projeto .....	57
Figura 46: Projeto de construção .....	57
Figura 47: Carregar.....	57
Figura 48: Teste 2, entrada I0.2, saída O0.2.....	58
Figura 49: Teste 1, entra I.01 , saída O0.1.....	58
Figura 50: Esquema A+ A-.....	59
Figura 51: Programação em Ladder A+A- .....	59
Figura 52: Esquema conectado ao CLP.....	60
Figura 53: Acionando o botão 1, cilindro avança.....	60
Figura 54: Acionando o botão 2, o cilindro retorna .....	61
Figura 55: Esquema pneumático de uma prensa .....	61
Figura 56: Programação em Ladder para prensa pneumática.....	62
Figura 57: Ligação física do sistema da prensa .....	62
Figura 58: Cilindro avança após os dois botões serem acionados simultaneamente.....	63
Figura 59: Elevador de carga pneumático .....	63
Figura 60: Simulação do elevador no FluidSim .....	64
Figura 61: Programação Ladder para o elevador.....	64
Figura 62: Montagem física do elevador pneumático .....	65
Figura 63: Cilindro B avança no momento em que rolete 2 é acionado .....	65

Figura 64: Cilindro A recua no momento em que rolete 4 é acionado.....	66
Figura 65: Cilindro B recua no momento em que rolete 1 é acionado .....	66
Figura 66: Montagem do elevador puramente pneumático .....	67
Figura 67: Montagem do elevador em eletropneumática .....	67

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Aparelhos da técnica pneumática .....	37
Tabela 2: Denominações das conexões .....	38
Tabela 3: Tipos de acionadores de válvulas direcionais.....	38
Tabela 4: Tipos de válvulas direcionais .....	39
Tabela 5: Simbologia utilizada para indicar utilização das vias.....	40
Tabela 6: Simbologia de instruções básicas .....	50

## LISTA DE ABREVIACÕES, SIGLAS E SÍMBOLOS

A.	–Area
C.L.P.	– Controlador Logico Programável
C.V.	– Cavalo a Vapor
Cm.	– Centímetros
E.E.P.R.O.M.	– Electrical Erasable Programmable Read-Only Memory
E.P.R.O.M.	– Erasable Programmable Read-Only
F.	–Força
K.Pa.	– Kilopascals
L.A.P.H.	– Laboratório de Automação Pneumática e Hidráulica
Lt.	– Litro
mA.	– Miliampère
Min.	– Minuto
N.A.	– Normalmente Aberta
N.F.	– Normalmente Fechada
P.	–Pressão
P.R.O.M.	– Programmable Read-Only Memory
R.A.M.	– Random Access Memory
R.P.M.	– Rotação por Minuto
V.	– Volts
V.C.A.	– Tensão Corrente Alternada
V.C.C.	– Tensão Corrente Continua

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO</b> .....	17
1.1 Objetivos Geral.....	18
1.2 Objetivos Específicos .....	18
<b>2 REVISÃO DA LITERATURA</b> .....	19
2.1 Pneumática .....	19
2.2 Ar comprimido .....	19
2.3 Pressão.....	20
2.4 Principais características e propriedades do Ar.....	20
2.5 Vantagens do uso do ar comprimido .....	22
2.6 Limitações do uso do ar comprimido .....	22
2.7 Compressores .....	23
2.7.1 Compressores deslocamento dinâmico.....	24
2.7.2 Compressores de deslocamento positivo.....	26
2.8 Tratamento do ar comprimido .....	29
2.9 Resfriador .....	30
2.10 Filtros de Ar.....	31
2.11 Secador do Ar comprimido .....	32
2.11.1 Secagem por absorção .....	32
2.11.2 Secagem por Adsorção .....	33
2.11.3 Secagem por refrigeração .....	34
2.12 Unidade de Conservação ( Lubrefil ) .....	35
2.13 Atuadores Pneumáticos .....	36
2.14 Válvulas Pneumáticas.....	37
2.14.1 Válvulas direcionais .....	38
2.14.2 Válvulas de bloqueio .....	40

2.15 – CLP – Controlador Logico Programável.....	44
2.15.1 Classificação histórica dos CLPs.....	45
2.15.2 Vantagens do uso de controlador logico programável .....	46
2.15.3 Princípio de Funcionamento .....	46
2.15.4 Linguagem de Programação do CLP.....	49
<b>3 MATERIAIS E MÉTODOS .....</b>	<b>52</b>
3.1 Máquinas e equipamentos .....	52
3.2 Metodologia.....	55
<b>4 RESULTADOS E DISCUSSÕES .....</b>	<b>59</b>
<b>5 CONCLUSÃO E SUGESTÃO PARA PRÓXIMOS TRABALHOS.....</b>	<b>68</b>
<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....</b>	<b>69</b>
<b>ANEXO A – ATUADORES LINEARES .....</b>	<b>71</b>
<b>ANEXO B – VÁLVULAS DIRECIONAIS MAIS UTILIZADAS.....</b>	<b>72</b>

## 1 INTRODUÇÃO

Com os grandes avanços e a busca por espaço em um mercado bastante competitivo, empresas são estimuladas a uma constante evolução na qualidade e produtividade. Levando a soluções tecnológicas cada vez mais aprimoradas que permitam alcançar melhoras quantitativas e qualitativas significantes na produção. Por meio desse cenário, surge a automação. (MOURA, 2013)

Automação significa dinâmica organizada dos automatismos, ou seja, suas combinações de forma organizada e direcionada a obtenção dos objetivos do processo humano. Logo, não foi e não será uma substituição do elemento homem dentro do crescimento fabril, mas sim, um meio de garantir maior produtividade e conseqüentemente uma excelente qualidade na produção, permitindo dessa forma, um baixo custo do produto, menor perda de tempo e maior quantidade. (FIALHO, 2003)

Automatismo são os meios, os instrumentos, máquinas, processo de trabalho, ferramenta ou recursos capazes de elevar, diminuir, ou até mesmo evitar a ação do homem dentro de um determinado processo produtivo, pretendendo dessa forma, uma otimização e um conseqüente avanço na produtividade. (FIALHO, 2003)

Automatização pneumática, assim como hidráulicos, mecânicos e elétricos estão sempre passando por constantes e novas remodelações a fim de facilitar a ação do homem.

A utilização dos controladores lógicos programáveis surgiu pela dificuldade apresentada em mudar uma linha de processo produtivo, pois dessa forma, desperdiçava bastante tempo e dinheiro.

Deste modo, analisaremos a construção de alguns projetos pneumáticos com a utilização do CLP. Procederemos com análise teórica das propriedades físicas e químicas do ar, a fim de compreender seu comportamento quando submetido a altas pressões e ou até mesmo a vácuo. O emprego do *software FluidSim* para criação e simulação dos circuitos em diferentes arranjos. Buscando dessa forma o maior aproveitamento didático do laboratório de automação.

## **1.1 Objetivos Geral**

Este trabalho tem como objetivo analisar, construir e simular sistemas pneumáticos com a utilização de CLP nos principais circuitos de automação pneumática. Obtendo dessa forma, uma maior compreensão e aproximação com a tecnologia pneumática. Fazendo uso do laboratório didático de automação da UEMA.

## **1.2 Objetivos Específicos**

- Unir a teoria e a prática de alguns sistemas pneumáticos;
- Projetar e simular circuitos pneumáticos através do software FuidSim-p;
- Especificar válvulas e atuadores;
- Compreender o correto tratamento do ar comprimido;
- Compreender conceitos básicos da linguagem Ladder, utilizada no CLP;
- Entender a comunicação entre CLP e o computador;
- Desenvolver programações em Ladder.

## 2 REVISÃO DA LITERATURA

### 2.1 Pneumática

Pneumática provém da raiz grega “Pneuma”, que significa folego, vento, sopro e filosoficamente, alma; a partir de então surgiu o conceito de pneumática. Logo, pneumática, é conceituada como a matéria que trata os movimentos e fenômenos dos gases. (FIALHO, 2003)

Pneumática é o ramo da engenharia que estuda aplicações do ar comprimido para a tecnologia de acionamento e comando. (HASEBRINK, 2010, pg.9).

### 2.2 Ar comprimido

O ar comprimido é resultado a compressão do ar atmosférico livre, o mesmo é composto por vários gases em uma proporção de aproximadamente 78% de nitrogênio, 21% de oxigênio e 1% de gases nobres, além de vapor de água. (SILVA, 2002)

Figura 1: Composição do ar atmosférico

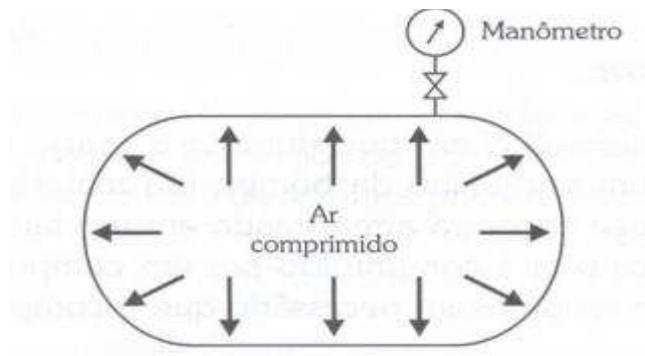


Fonte: Silva, 2002

## 2.3 Pressão

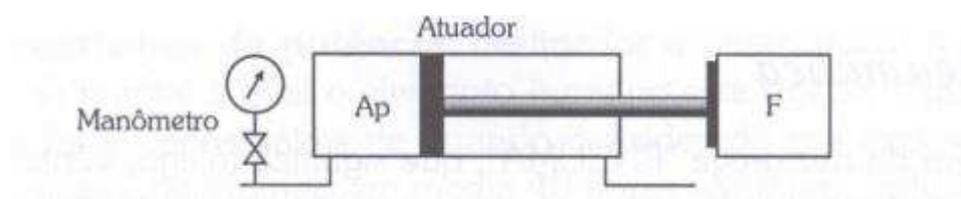
A pressão pode ser definida como uma que força exercida em função da compressão do ar em um recipiente, por unidade de área interna dele. Sua unidade no S.I. é dada por N/m<sup>2</sup> ou Pa. (FIALHO, 2003)

Figura 2: Recipiente com ar comprimido



Fonte: Fialho 2003

Figura 3: Pressão em um atuador pneumático



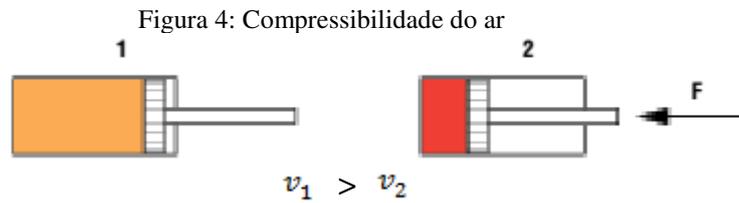
Fonte: Fialho 2003

$$P = F/A$$

(3.1)

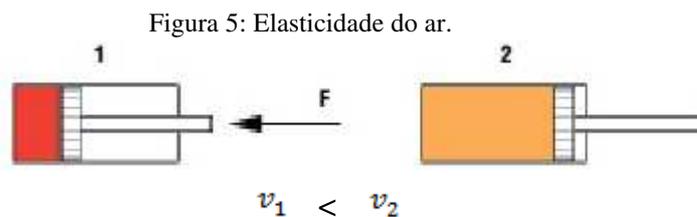
## 2.4 Principais características e propriedades do Ar

**Compressibilidade:** o ar reduz de volume quando submetida a uma força externa.



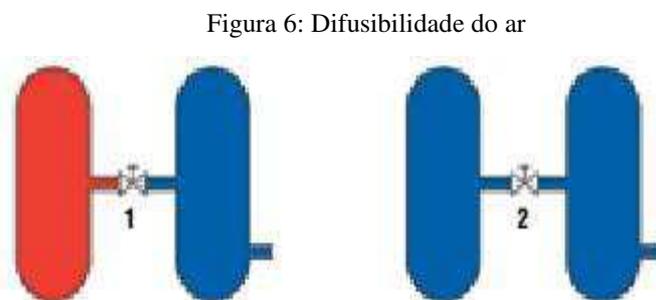
Fonte: Tecnologia Pneumática Industrial. 2001.

**Elasticidade:** Quando aliviada a força que diminui seu volume, o ar retorna a seu volume inicial.



Fonte: Tecnologia Pneumática Industrial. 2001.

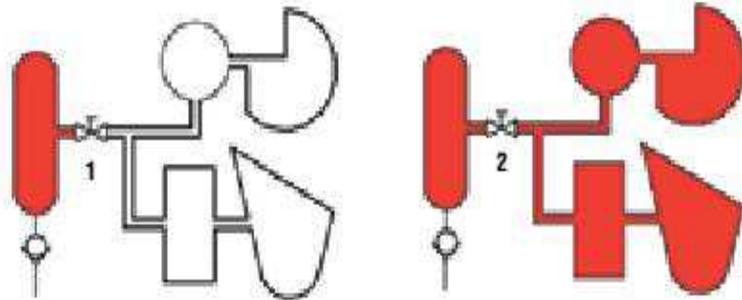
**Difusibilidade:** Propriedade que permite misturar-se homogeneamente com qualquer meio gasoso que não esteja saturado (PAKER TRAINING, 2001).



Fonte: PAKER TRAINING, 2001

**Expansibilidade:** Propriedade que permite tomar de conta de qualquer recipiente, seja, ele que qualquer geometria. (PARKER TRAINING, 2011)

Figura 7: Expansibilidade do ar



Fonte: PARKER TRAINING, 2001.

## 2.5 Vantagens do uso do ar comprimido

Segundo FARIA (2007) São colocadas como características vantajosas para utilização do ar comprimido e da tecnologia pneumática, dentre outras;

- O ar pode ser encontrado em quantidades ilimitadas em praticamente todos os lugares;
- É facilmente transportado por meio de tubulações;
- É seguro, mesmo exposto a grandes variações de temperatura;
- Não apresenta perigo de explosão ou incêndio;
- O ar comprimido é limpo, não interferindo no meio ambiente;
- O ar comprimido permite alcançar velocidades relativamente altas.

## 2.6 Limitações do uso do ar comprimido

Ainda para FARIA (2007) São mostradas como desvantagens na utilização do ar comprimido;

- O ar comprimido requer uma boa preparação, impurezas e umidades devem ser evitadas, pois acelera desgastes indesejáveis;
- Devido a alta capacidade de compressibilidade do ar, não é possível manter uniforme e constantes velocidades dos pistões;
- Limitação das forças máximas de trabalho 700 Kpa;
- Escape de ar ruidoso, embora esse problema já foi solucionado com um silenciador;
- O ar comprimido é uma forma de energia que possui um custo de produção elevado, apesar do ar ser facilmente encontrado na natureza.

## 2.7 Compressores

Os compressores são máquinas destinadas a aumentar a pressão de certo volume de ar, admitindo nas condições atmosféricas, ate uma determina pressão de trabalho. (PAVANI, 2011, pg. 30).

Grandes partes dos compressores operam através de motores elétricos ou a combustão e transformam sua energia mecânica em trabalho para comprimir o ar ambiente. São sistemas capazes de armazenar energia utilizada na compressão de um fluido que é armazenado em seu reservatório. (BUENO e LUGAREZZE, 2012).

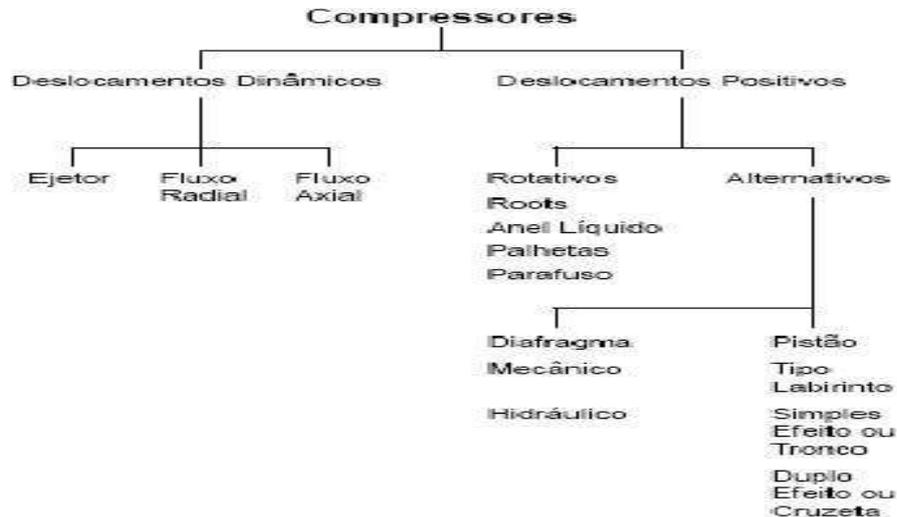
Figura 8: Compressor de ar



Fonte: Policenter, 2011

Os compressores podem ser classificados de acordo com seu princípio de trabalho. Sendo os fundamentais: por deslocamento positivo e deslocamento dinâmico.

Figura 9: Princípios de funcionamento



Fonte: Parker Training, 2001

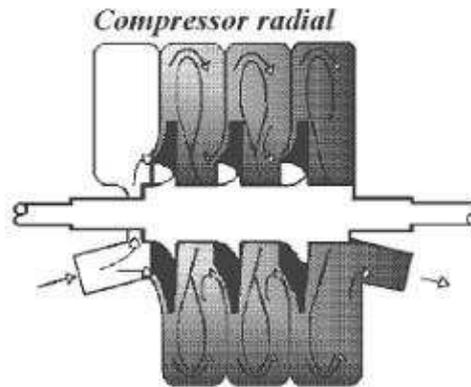
### 2.7.1 Compressores deslocamento dinâmico

Nos compressores de deslocamento dinâmico o aumento da pressão se dá, devido à transformação da energia cinética em energia de pressão enquanto passa pelo compressor. Acontece que o fluido entra em contato com impulsores (rotores aletados) em altas velocidades, logo, adquire uma elevada energia cinética, em seguida é desacelerado por difusores (dutos que provocam diminuição da velocidade), fazendo que o fluido obtenha uma elevada pressão. (CERQUEIRA, 2010).

#### - Compressor dinâmico de fluxo radial

Esse tipo de compressor é mais conhecido por compressor centrífugo. É adotado esse nome pelo fato da admissão do fluido ser por sentido axial, porém sua condução e aceleração se dar no sentido radial do compressor. (SANTOS, 2006)

Figura 10: Compressor dinâmico com fluxo radial

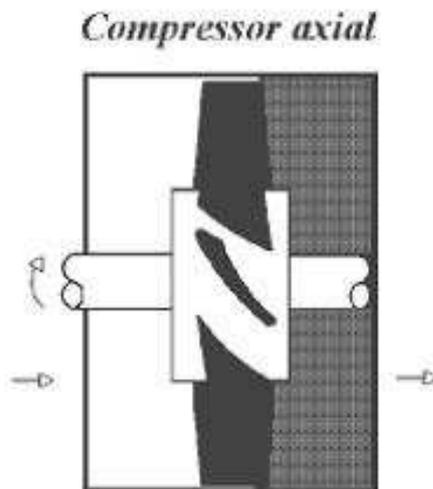


Fonte: REIS, 2004.

### - Compressor dinâmico de fluxo axial

Nos compressores dinâmicos de fluxo axial geralmente são de múltiplos estágios, o ar ganha energia cinética por meios de turbinas que são posicionadas em serie, seu escoamento acontece ao longo do eixo do rotor. (NEBRA, 2000).

Figura 11: Compressor dinâmico de fluxo axial



Fonte: REIS, 2004.

## 2.7.2 Compressores de deslocamento positivo

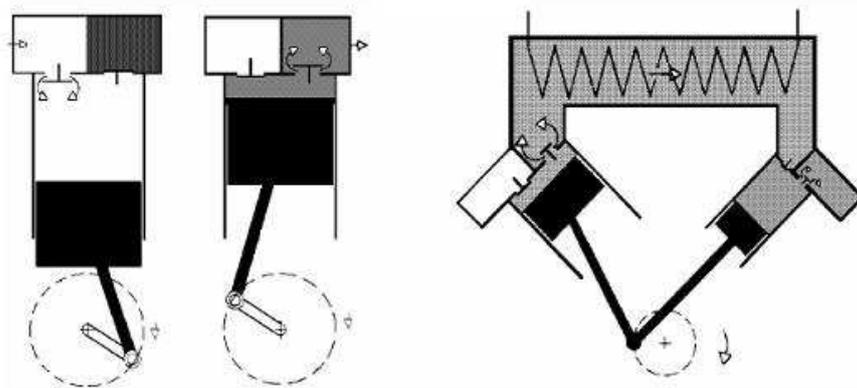
Os compressores de deslocamento positivo referenciam-se pela redução de volume para obter a compressão do ar. Consegue-se a compressão admitindo o ar para uma câmara fechada, e posteriormente diminuindo o tamanho desse ambiente, ou seja, o volume ocupado inicialmente. (REIS, 2004).

Ao ser atingido certa pressão, provocará uma abertura de válvulas de descarga durante a redução do volume da câmara de compressão. (PARKER AUTOMATION, 2000).

### - Compressores alternativos

Na construção desses compressores existe um conjunto biela-válvula que é responsável em transformar o movimento rotativo de um eixo em um movimento translacional de um pistão (REIS, 2004).

Figura 12: Compressores alternativos de simples e duplo efeito



Fonte: Reis 2004.

Quando se quer obter uma pressão mais elevada, usam-se compressores com construções de mais de uma câmara. Nesse caso, o ar é comprimido por um embolo na primeira câmara, passa por um resfriador intermediário, conhecido com *aftercooler*, e é

enviado para a segunda câmara de compressão, sendo esse volume menor que o volume primeiro. (REIS, 2004).

#### **- Compressores rotativos**

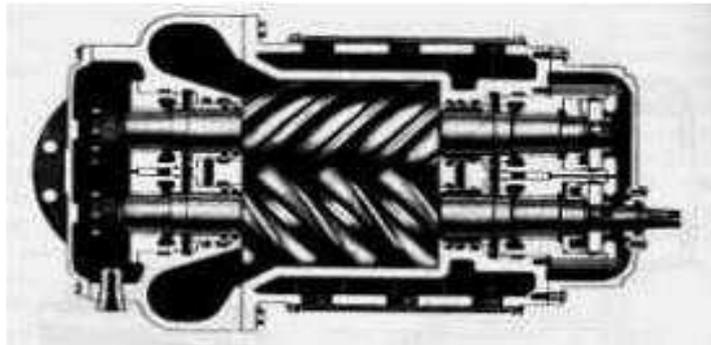
Esse tipo de compressores tem como método mecânico comprimir o ar através de uma movimentação de espirais, a mesma eleva a energia cinética do fluido. Os compressores rotativos tem pouca perda de energia por atrito, pois usa pouco número de peças móveis fato esse que reduz a necessidade de lubrificação, tornando o ar com menor contaminação por óleo lubrificante. (SANTOS, 2006).

Outro aspecto muito importante desse tipo de compressor, é a economia de energia com maiores rendimentos e menores fugas de ar; devido a ausência de válvulas de admissão e descarga. Isso colabora para menor necessidade de manutenção desses compressores. (FARIAS, 2007, pg. 25).

#### **- Compressores rotativos de parafuso**

Compressores a parafuso podem ser construído com apenas um eixo helicoidal, também conhecido como parafuso. Porém é mais utilizado compressores com dois eixos, os mesmo têm rotações iguais e sentidos opostos, sincronizados por engrenagens. Esse movimento empurra o ar para frente, reduzindo o espaço disponível, ocasionando dessa forma a compressão. (SANTOS, 2006).

Figura 13: Compressor rotativo duplo parafuso



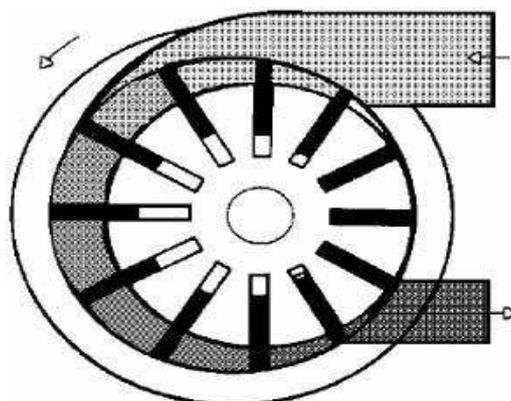
Fonte: Cabana 2006.

### - Compressor rotativo de palheta

Compressores rotativos de palhetas possui um rotor central que gira incomum em relação ao corpo do compressor, que tem aberturas de entrada e saída. Quando o rotor gira as palhetas o ar é impulsionado contra a parede da carcaça, que devido à excentricidade, há um aumento e diminuição das células formadas pelas palhetas, o que ocasiona a compressão do ar. (FARIAS, 2007).

Uma das grandes vantagens desse tipo de compressor é apresentar dimensões reduzidas, funcionar sem muito ruídos e liberar um fluxo constante.

Figura 14: Compressor rotativo de palheta

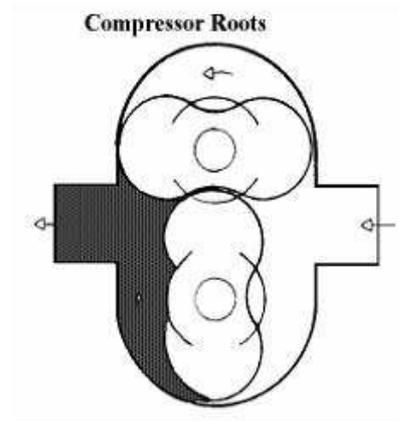


Fonte: Reis 2004.

## - Compressor rotativo roots

Esse tipo de compressor possuem dois rotores que giram em sentidos opostos, existe uma folga muito pequena entre a tangencia entre si e em relação a carcaça. O fluido penetra pela parte onde os dentes se desengrenam, causando assim uma depressão, onde dessa forma ocorre à entrada do ar, e é conduzido até a sobre pressão, onde ocorre a descarga. (FARIA, 2007).

Figura 15: Compressor roots



Fonte: Reis 2004

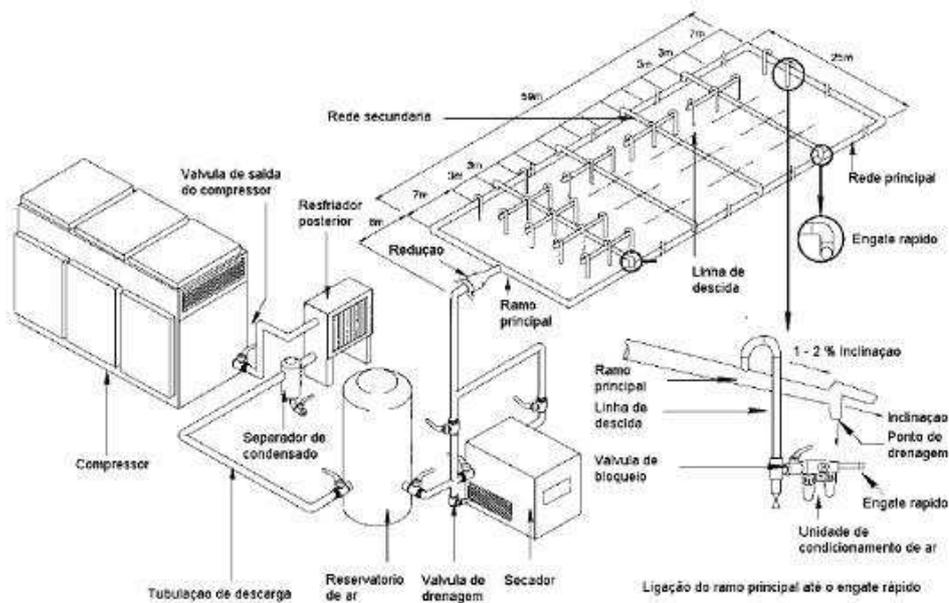
## 2.8 Tratamento do ar comprimido

Uma das grandes vantagens de um sistema pneumático é a grande facilidade de obter o seu bem de transmissão de energia, o ar. O ar pode ser adquirido em praticamente todos os lugares, porem, o mesmo precisa passar por um tratamento antes de ser lançado nas tubulações do sistema pneumático. (CERQUEIRA, 2010).

No processo de geração de ar comprimido, o ar atmosférico é aspirado e comprimido dentro do compressor e armazenado em um reservatório. Todavia é interessante antes desse armazenamento proceder a um tratamento desse ar, bem como também, o ar que deixa o reservatório. (FIALHO, 2003).

O ar então, após sua compressão, tem sua temperatura elevada em função dos atritos, a uma temperatura superior ao de armazenamento, necessitando assim passar por um resfriador, a fim de levá-lo a condições apropriadas de armazenamento no reservatório. Essa passagem através do resfriador provoca, em função da diferença de pressão e temperatura, uma condensação de uma pequena parte do ar, que será separado no separador de condensados e posteriormente eliminado pelo purgador. (FIALHO, 2003).

Figura 16: Esquema de tratamento do ar comprimido

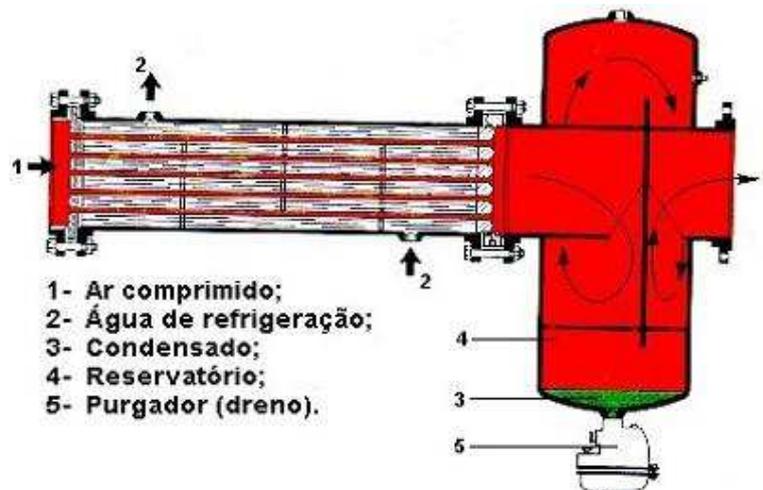


Fonte: Silva, 2007

## 2.9 Resfriador

O resfriador posterior é um trocador de calor que tem como função resfriar o ar após ser comprimido. Esse resfriamento permite retirar cerca de 75% a 90% de vapor de água contido no ar, bem como vapores de óleo, além do mais, não permitir que as linhas de transmissão sofra dilatação provocada pelas altas temperatura de descarga do ar. (PAVANI, 2011, pg. 43)

Figura 17: Resfriador posterior

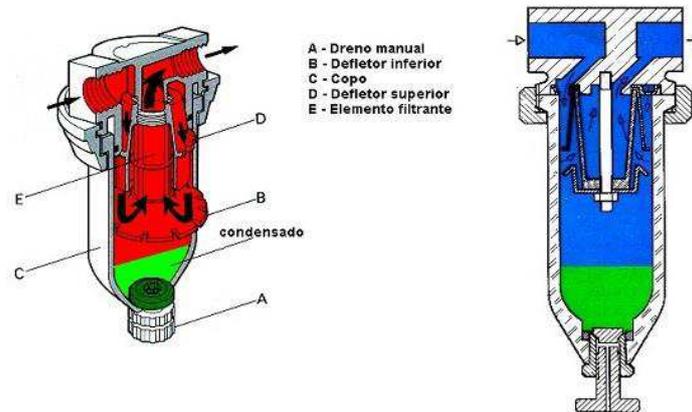


Fonte: Marins, 2009

## 2.10 Filtros de Ar

Filtros de ar são mecanismos ou dispositivos a fim de evitar a passagem de impurezas contida no fluxo do ar comprimido. O ar comprimido ao entrar no copo do filtro, a mesma irá adquirir um movimento de rotação por meio de ranhuras direcionais, que por meio da força centrífuga separam-se as impurezas como também gotículas de água. Os mesmos serão depositados no fundo do copo do filtro. (PARKER AUTOMATION, 2000)

Figura 18: Filtro de ar comprimido



Fonte: Marins, 2009.

## 2.11 Secador do Ar comprimido

Secadores são equipamentos destinados a redução dos vapores de água e óleos contidos no fluxo do ar comprimido por meio da condensação. A diminuição da umidade do ar é satisfatória, tendo em vista que a mesma é prejudicial ao funcionamento e vida útil dos equipamentos. O secador deve obter um fluxo com um ponto de orvalho exigido na aplicação. O investimento em equipamentos desse poste costuma ser bastante elevado, porém esse valor é rapidamente recuperado devido ao grande benefício da redução da umidade presente no ar comprimido.

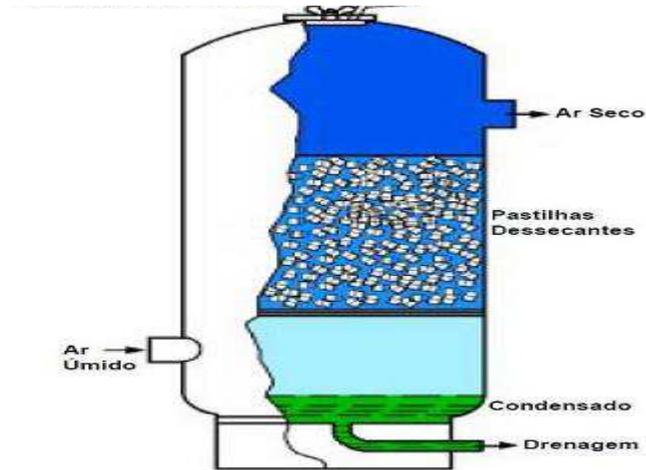
Os secadores de ar comprimido podem ser divididos em três tipos de acordo com a secagem:

### 2.11.1 Secagem por absorção

A secagem por absorção é dita como secagem por reações químicas. O ar comprimido entra em contato com substâncias higroscópicas (absorvem água do meio ambiente) que reduzem a umidade presente no fluxo. (MOREIRA, 2012)

Uma das desvantagens é a drenagem periódica do agente secador e do composto formado pela umidade. É pouco usada na indústria devido ao seu baixo rendimento e um elevado custo operacional. (MOREIRA, 2012)

Figura 19: Secagem por absorção



Fonte: Parker, 2000

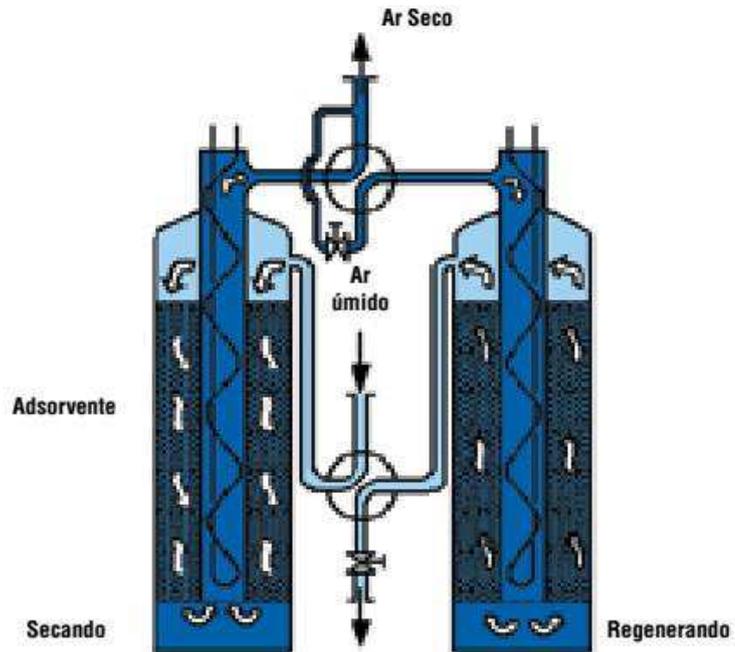
### 2.11.2 Secagem por Adsorção

No secador por adsorção o ar comprimido passar por um meio dessecante composto de uma matéria sólida, onde reduzirá a umidade do fluxo na superfície do material. A secagem por adsorção pode chegar a um ponto de orvalho perto de  $-100\text{ }^{\circ}\text{C}$ . (MOREIRA, 2012)

Segundo Amorim (2007), “adsorção é o fenômeno de superfície na qual um soluto é removido de uma fase fluida e acumulada na superfície de uma fase sólida.”

No processo de secagem por adsorção são usados dois cilindros dispostos verticalmente, contendo matéria dessecante, que ao atravessar, perde umidade para o meio. Há a existência de uma válvula a qual direcionar o fluxo de ar comprimido para um dos cilindros. Quando ocorre a saturação do material adsorvente ou do fluxo, o ar comprimido é direcionado para o segundo cilindro. O primeiro cilindro passara por um processo de regeneração do material adsorvente, a qual consiste em uma injeção de ar aquecido. (MOREIRA, 2012)

Figura 20: Secagem por adsorção



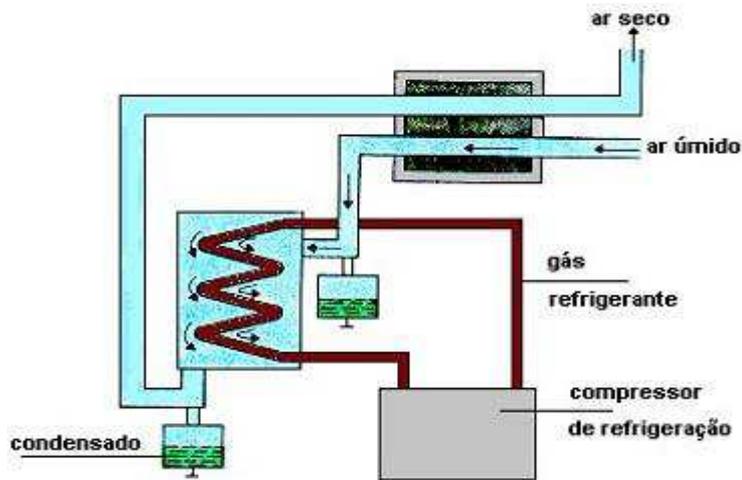
Fonte: Parker, 2000.

### 2.11.3 Secagem por refrigeração

“O processo de secagem por refrigeração consiste na redução da temperatura do ponto de orvalho”.

O ar comprimido a ser tratado passa por um trocador de calor onde é resfriado, formando assim um condensado de água e óleo o mesmo pode ser eliminado pelo dreno. Logo após passar por esse primeiro trocador de calor, o fluxo entra em contato com uma serpentina contendo um gás refrigerante diminuindo assim o ponto de orvalho e formando mais condensado. Antes de voltar as linhas de transmissão, o mesmo recupera calor devido ao trocador de calor na saída.(MARINS, 2009)

Figura 21: Secagem por refrigeração

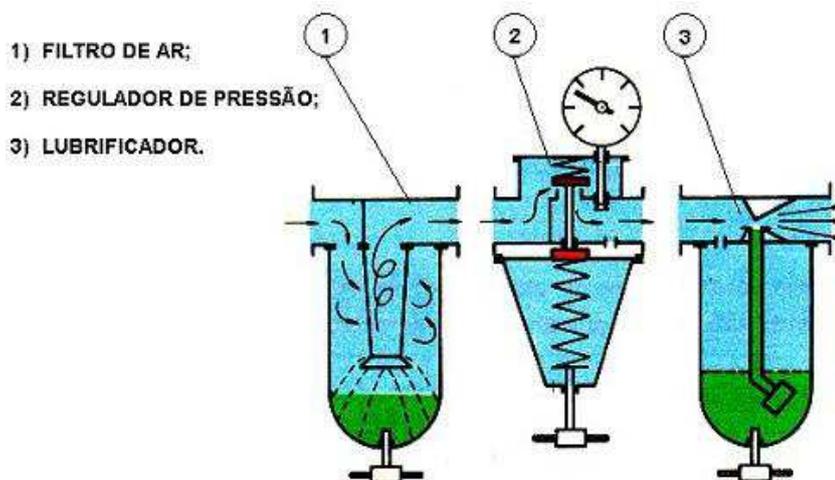


Fonte: Marins, 2009

## 2.12 Unidade de Conservação ( Lubrefil )

A unidade de conservação, mas conhecida como lubrefil, é indispensável em sistema pneumático, uma vez que a mesma garante a filtragem, lubrificação e ainda regula a pressão de saída, tornando a mesma constante. Dessa forma, a unidade de conservação garante uma maior segurança aos equipamentos pneumáticos, como também, maior vida útil. (Marins, 2009)

Figura 22: Unidade de conservação



Fonte: Marins, 2009

## 2. 13 Atuadores Pneumáticos

Os atuadores pneumáticos são elementos destinados a converter a energia cinética provocada pelo ar pressurizado e em crescimento em energia mecânica, realizando trabalho. Esses equipamentos podem ser classificados de acordo com seu funcionamento. Entre eles estão os atuadores pneumáticos lineares e os rotativos. Geralmente esses dispositivos estão conectados diretamente com a carga a que deseja mover. (CERQUEIRA, 2010)

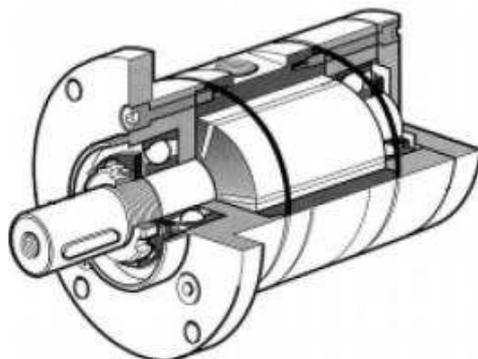
Nos atuadores lineares, como o próprio nome sugere, seu movimento ocorre de forma retilínea, exemplo cilindro pneumático. Podemos observar mais cilindros e simbologias no Anexo A. Todavia nos atuadores rotativos, a energia do ar comprimido é convertida em movimentos de rotação, exemplos motores pneumáticos. (CERQUEIRA, 2010)

Figura 23: Cilindro pneumático



Fonte: CRUZ, 2008

Figura 24: Motor pneumático



Fonte: Cruz, 2008

Segundo Silva (2002) As principais características dos atuadores pneumáticas, são essas listadas:

- Apresenta baixa rigidez à compressibilidade do ar;
- Apresenta uma favorável relação peso/potência;
- Não há paradas em posições intermediárias;
- Dimensões reduzidas;
- Segurança à sobrecarga;
- Facilidade de inversão;
- Proteção à explosão.

Tabela 1: Aparelhos da técnica pneumática

Aparelhos da técnica pneumática		
Acionamentos	Ferramentas manuais	Unidades construtivas
<b>Movimento rotativo</b> <ul style="list-style-type: none"> <li><input type="radio"/> Motor de palhetas</li> <li><input type="radio"/> Motor de pistões axiais</li> <li><input type="radio"/> Motor de pistões radiais</li> <li><input type="radio"/> Motor de engrenagens</li> <li><input type="radio"/> Turbina</li> </ul> <b>Movimento linear</b> <ul style="list-style-type: none"> <li><input type="radio"/> Cilindro de simples ação</li> <li><input type="radio"/> Cilindro de membrana</li> <li><input type="radio"/> Cilindro tipo fole</li> <li><input type="radio"/> Cilindro de dupla ação</li> <li><input type="radio"/> Cilindro de dupla ação com haste passante</li> <li><input type="radio"/> Cilindro de dupla ação sem haste</li> <li><input type="radio"/> Cilindro de múltiplas posições</li> <li><input type="radio"/> Cilindro tandem</li> <li><input type="radio"/> Cilindro com cabo de aço</li> <li><input type="radio"/> Cilindro rotativo</li> <li><input type="radio"/> Cilindro golpeador</li> <li><input type="radio"/> Cilindro telescópico</li> </ul>	<b>Movimento rotativo</b> <ul style="list-style-type: none"> <li><input type="radio"/> Furadeira</li> <li><input type="radio"/> Rosqueadeira</li> <li><input type="radio"/> Lixadeira</li> <li><input type="radio"/> Aparafusadeira</li> <li><input type="radio"/> Serra</li> <li><input type="radio"/> Debicador</li> <li><input type="radio"/> Tesoura para chapa</li> </ul> <b>Movimento de percussão</b> <ul style="list-style-type: none"> <li><input type="radio"/> Martelo</li> <li><input type="radio"/> Britadeira</li> <li><input type="radio"/> Rebitadeira</li> <li><input type="radio"/> Estampo de gravação</li> <li><input type="radio"/> Pregador</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li><input type="radio"/> Unidade de avanço hidro-pneumático</li> <li><input type="radio"/> Unidade de fixação</li> <li><input type="radio"/> Esteira transportadora</li> <li><input type="radio"/> Mesa giratória posicionadora</li> <li><input type="radio"/> Unidade furadora</li> <li><input type="radio"/> Unidade rosqueadora</li> <li><input type="radio"/> Aparafusadeira múltipla</li> </ul>

Fonte: Silva, 2007

## 2.14 Válvulas Pneumáticas

As válvulas pneumáticas “por tanto, basicamente, de acordo com seu tipo, as válvulas servem para orientar os fluxos de ar, impor bloqueios, controlar suas intensidades de vazão ou pressão”. (Santos, 2003, pg. 29). As válvulas são classificadas em válvulas de controle direcional, válvulas de bloqueio, válvulas de controle de fluxo, válvulas de controle de pressão.

### 2.14.1 Válvulas direcionais

As válvulas direcionais servem para guiar o caminho em que o fluxo deve seguir, a fim de realizar o trabalho a qual destina. As mesmas são caracterizadas de acordo com seu acionamento, número de vias, número de posições, vazão, tipo de retorno e tipo construtivo.

“A simbologia dos componentes pneumáticos, são representado de acordo com a norma: ISO 1219 e em substituição a norma: DIN 24300”. (MARINS, 2009, pg. 57)

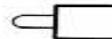
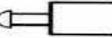
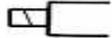
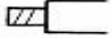
Tabela 2: Denominações das conexões

Orifício norma DIN 24300			Norma ISO 1219			
Pressão	P			1		
Utilização	A	B	C	2	4	6
Escape	R	S	T	3	5	7
Pilotagem	X	Y	Z	10	12	14

Fonte: Parker - 2002

Para as válvulas direcionais indicar o caminho a qual o fluxo pressurizado deve seguir, necessita receber algum tipo de comando dos mais variados, entre eles: pneumático, elétrico, mecânico, entre outros. Segui abaixo uma tabela de acionamentos de válvulas direcionais. (CERQUEIRA, 2010). Válvulas mais utilizadas encontram-se no (ANEXO B)

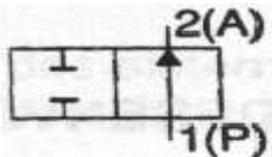
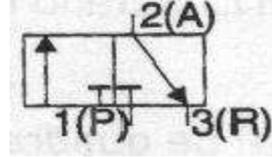
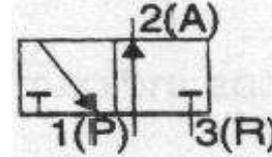
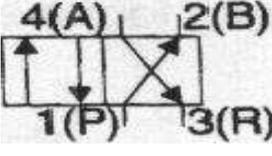
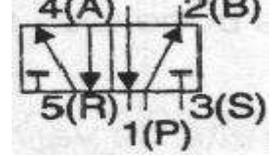
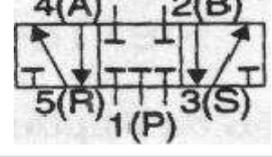
Tabela 3: Tipos de acionadores de válvulas direcionais

Acionamento Muscular		Acionamento Mecânico	
Geral		Came	
Botão		Mola	
Alavanca		Rolete	
Pedal		Rolete Escalonável (gatilho)	
Acionamento Elétrico		Acionamento Pneumático	
Eletro-ímã Solenóide 1 enrolamento Ativo		Acréscimo de Pressão Positivo	
1 enrolamento Ativo		Decréscimo de Pressão Negativo	
1 enrolamento Ativo		Acionamento de Pressão diferencial	

Fonte: Bigaton, 2008

Segundo as normas internacionais ISO 1219 e a DIN 24300, padronizaram a simbologia das válvulas direcionais, por meio de retângulos, os mesmos são divididos em quadrados, cada um desses, representa uma posição. (FARIA, 2007)

Tabela 4: Tipos de válvulas direcionais

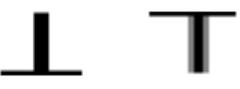
<b>Válvulas direcionais</b>	
Valvulas direcionais 2 vias, 2 posições, normalmente aberta (N.A.)	
Válvula direcional 3 vias, 2 posições, normalmente fechada (N.F.)	
Válvula direcional 3 vias, 2 posições, normal aberta (N.A.)	
Válvula direcional 4 vias, 2 posições, normal aberta (N.A.)	
Válvula direcional 5 vias, 2 posições, normal aberta (N.A.)	
Válvula direcional 5 vias, 3 posições, centro fechada (C.F)	

Fonte: Adaptada – ABNT NBR 8897

A trajetória que o fluxo de ar comprimido segue, é orientado pelas setas. Cada parte da seta que tem contato com as bordas dos quadrados de posições é chamada de vias de trabalho. Os “Tês”, tanto invertido quanto normais, são ditos como vias de bloqueios. Triângulo

invertido é por onde o fluxo de ar comprimido é liberado para atmosfera é denominado escape e o triângulo em posição normal é chamado de alimentação. (FARIA, 2007)

Tabela 5: Simbologia utilizada para indicar utilização das vias

Direção de escoamento	
Bloqueios	
Escape	
Alimentação	

Fonte: Belan, 2005

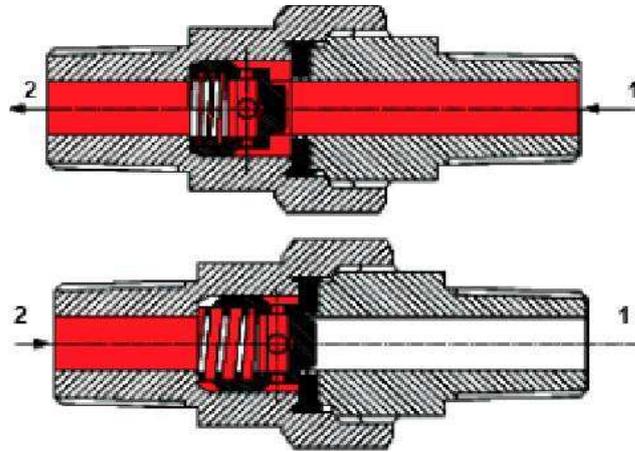
### 2.14.2 Válvulas de bloqueio

São elementos que possibilitam a passagem do fluxo livremente em um sentido e no sentido contrario bloqueiam. (REIS, 2004). Alguns tipos:

#### - Válvula de retenção

São dispositivos que impedem por completo a passagem do ar comprimido em um sentido. No sentido oposto passa livremente com um mínimo de perda de carga. Seu tipo de bloqueio pode ser por meio de cones, esferas, placas e membrana. Em sua construção pode haver mola, ou não. (PARKER AUTOMATION, 2000)

Figura 25: Válvula de retenção por mola

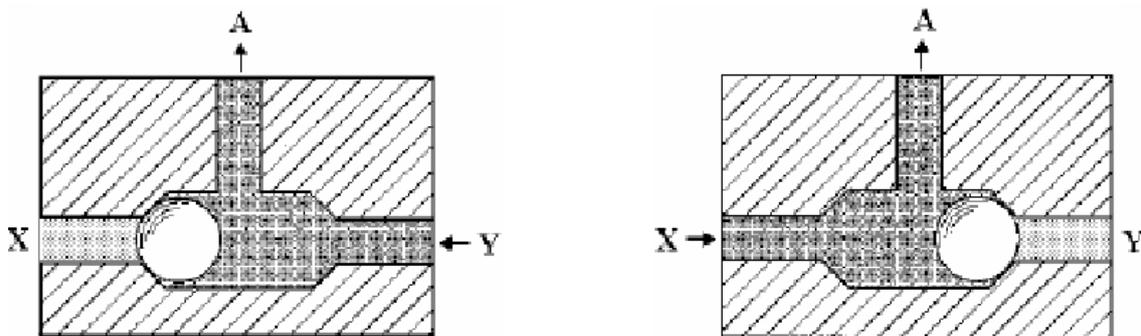


Fonte: Parker Automation, 2000.

### - Válvulas de isolamento ou elemento “OU”

São válvulas que possuem três aberturas, duas para entrada do ar pressurizado e uma de utilização. Quando o ar pressurizado chega a um dos pontos de entrada, a de lado oposta é bloqueada. Ao coincidir com dois sinais iguais na entrada, sendo com uma diferença pressão, o de maior valor irá passar livremente, bloqueando assim, o de menor valor. Geralmente essas válvulas são utilizadas em projetos onde deve haver mais de um lugar para acionar os cilindros. (FARIA, 2007)

Figura 26: Válvula alternadora ou elemento “OU”

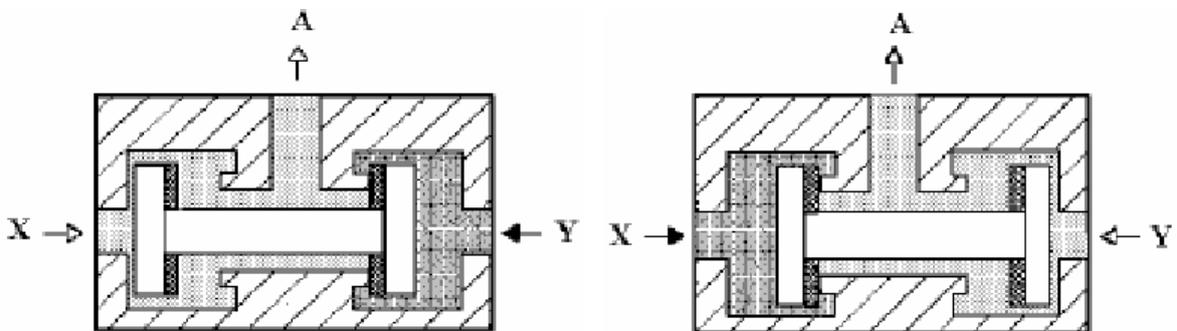


Fonte: REIS, 2004

## - Válvulas de simultaneidade ou elemento “E”

A válvula de simultaneidade possui três orifícios, dois de tomadas de pressão e um de utilização. Esse elemento só funcionará, caso receba sinal nas duas entradas. O que chegar primeiro ou tiver menor intensidade no sinal, essa se autobloqueará, dando assim passagem a outro sinal. (FARIA, 2007)

Figura 27: Válvula de simultaneidade ou elemento “E”



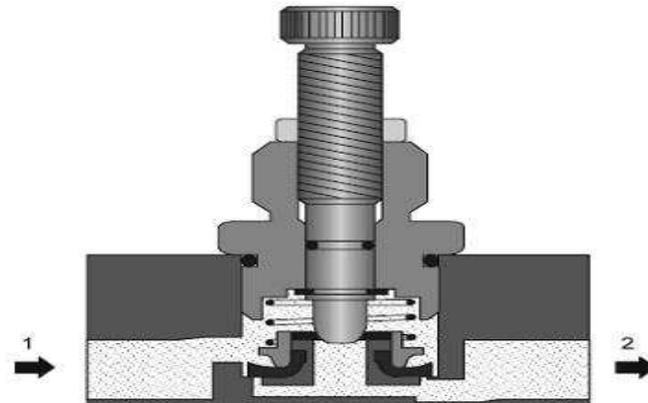
Fonte: REIS, 2004

## - Válvula de controle de Fluxo

São válvulas destinadas a controlar a quantidade de ar pressurizado para os atuadores através da redução da seção a qual o fluxo flui. Esse tipo de válvula é muito empregado para controlar a velocidade dos atuadores. Esse controle de velocidade principalmente nos atuadores pneumáticos lineares pode ser utilizado na entrada, quanto na saída. (PARKER AUTOMATION, 2000)

As controladoras de fluxo a qual controla apenas em um sentido, tornando o outro livre, sem muita perda de carga, são chamadas de válvulas controladoras de fluxo unidirecional, Já as que controlam em ambos os sentidos, dá-se o nome de válvulas controladoras de fluxo bidirecional. (PARKER AUTOMATION, 2000)

Figura 28: Válvula controladora de fluxo unidirecional



Fonte: Croser, 2002.

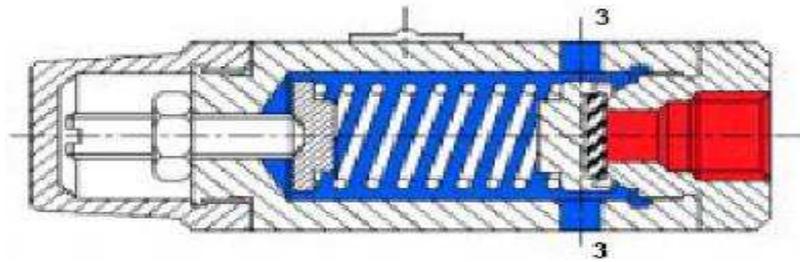
### - Válvula controladora de pressão

São elementos que interferem ou padecem de interferência a um estipulado valor de pressão. (FIALHO, 2003).

As válvulas que mais se destacam são; válvula de alívio, válvula de sequência e as válvulas reguladoras de pressão. Todas tem o mesmo princípio de trabalho, porém a válvula de alívio merece uma atenção especial. Sua função é limitar uma pressão máxima no sistema, garantindo assim maior segurança. É regulada através de uma mola calibrada e seu ajuste é feito por meio de um parafuso. (PARKER AUTOMATION, 2000)

Quando na linha de transmissão, atuadores, ou qualquer componente do sistema pneumático atingir o valor máximo, a válvula irá liberar passagem para o ar comprimido ser descarregado na atmosfera. (BELAN, 2005)

Figura 29: Válvula de alívio



Fonte: Parker automation, 2001

## 2.15 – CLP – Controlador Logico Programável

O Controlador logico programável – CLP ou PLC do inglês *programmable logic controller*, é um computador capacitado a executar várias operações lógicas de diferentes níveis de complexidade. É bastante robusto, desenvolvido para resistir a trabalhar em ambientes industriais. Os controladores lógicos programáveis são capazes de realizar funções específicas, tais como: sequenciamento, temporização, contagem e aritmética. (CERQUEIRA, 2010)

Figura 30: CLP (Controlador Logico Programavel)



Fonte: Siemens, 2001.

Os controladores lógicos programáveis surgiram em 1968, em uma montadora norte americana, General Motors, devido a grande dificuldade apresentada toda vez que tornava necessária a mudança de uma linha de produção o que acarretava bastante desperdício de tempo e dinheiro. (FARIA, 2007)

Perante a orientação do engenheiro Richard Morley, foi realizada especificações de fatores que transmitia necessidades a vários usuários de circuitos de reles, não apenas na indústria automobilística, mas em toda indústria manufatureira. (FILHO, NÃO DATADO)

Surgia assim um equipamento bastante versátil e de grande facilidade em sua utilização, que vem cada vez mais aperfeiçoando, e diversificando em vários setores industriais e em suas aplicações, devido a isso, o mercado mundial de CPL é crescente, hoje é estimado em cerca de 4 bilhões de dólares anuais. (FARIA, 2007)

### **2.15.1 Classificação histórica dos CLPs**

Para SILVA, (2007), Didaticamente os CLPs podem ser classificados nas seguintes categorias:

**1° Geração:** Programação em Assembly. Esse tipo de programação era realizada apenas por uma equipe técnica bastante qualificada. Para programar, era preciso obter conhecimento sobre a eletrônica do CLP.

**2° Geração:** Surgimento de linguagens não tão dependentes dos conhecimentos dos hardwares linguagens de programações de níveis médios. Com o desenvolvimento e inclusão do “programa monitor” que converte a linguagem do programa CLP em saídas com instruções definidas.

**3° Geração:** Os CLPs passam a obter maior praticidade, permitindo assim, uma programação feita através de teclados, ou de programas portáteis conectados, dessa forma, era possível apagar, alterar ou gravar programas de usuários.

**4° Geração:** Obtiveram entradas para comunicação serial e sua programação passou a ser executadas nos micro computadores. Uma de suas maiores vantagens foi a possibilidades de simulações e testes das programações.

**5° Geração:** Seu maior ganho foi em virtudes a padronizar protocolos de comunicação, permitindo assim, que equipamentos de fabricantes diferentes “converse”.

### **2.15.2 Vantagens do uso de controlador lógico programável**

De acordo com SILVA (2007) trouxe consigo suas principais vantagens:

- Fácil diagnóstico durante o projeto;
- Economia de espaço devido ao seu tamanho;
- Não produz faísca;
- Podem ser programado sem interromper o processo produtivo;
- Possibilidade de criar um banco de armazenamento de programas;
- Baixo consumo de energia;
- Necessidade de uma reduzida equipe de manutenção
- Flexibilidade para expansão do número de entradas e saídas;
- Capacidade de comunicação com diversos outros equipamentos

### **2.15.3 Princípio de Funcionamento**

O CLP funciona em uma sequencia como demonstrada na figura 31, fazendo uma leitura em todas as etapas. Quando cada uma dessas etapas esta sendo executada, as demais ficam inativas. O tempo gasto para realizar toda essa leitura que ocorre em todas as etapas é chamado de clock. (SILVA, 2007)

**Inicialização:** Ocorre a verificação da Unidade Central de Processamento (CPU), memorias, estados das chaves e se há existência de programa de usuário. (SILVA, 2007)

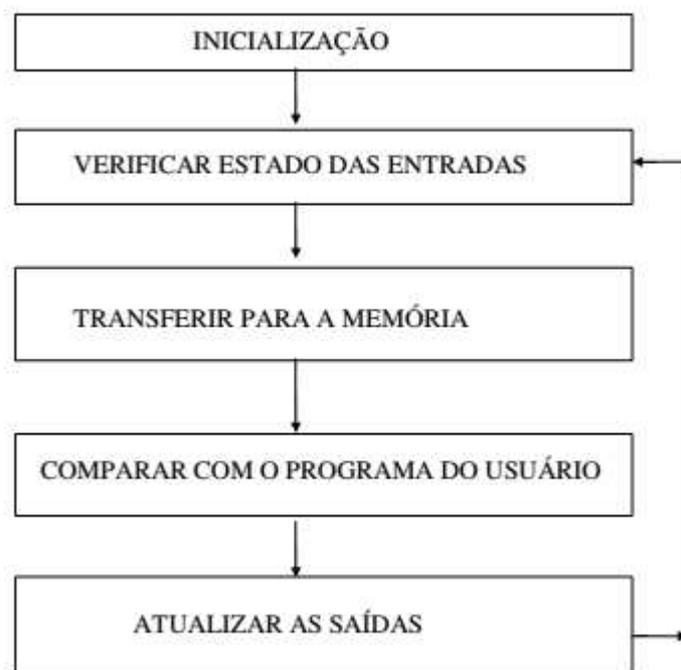
**Verificar estado das entradas:** Nada mais é que verificar em cada entrada se houve acionamento. (SILVA, 2007)

**Transferir para memória:** Nessa etapa, faz-se uma verificação nas instruções do programa usuário. (SILVA, 2007)

**Comparar com programa do usuário:** Quando o CLP executa o programa do usuário, o mesmo verifica a memória de imagem das entradas, e atualiza a memória de imagem das saídas, conforme for definido no programa do usuário. (SILVA, 2007)

**Atualizar as saídas:** Nesse parte, o CLP escreve o valor contido na memória das saídas, e atualiza os módulos de saída conforme o programa do usuário. (SILVA, 2007)

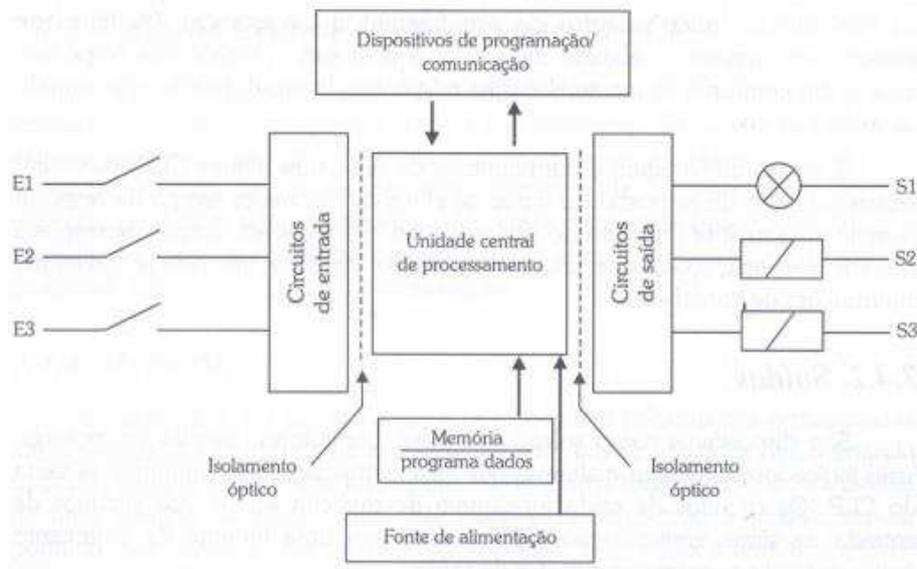
Figura 31: Iniciação e Ciclo de Varredura



Fonte: Silva, 2007

Conforme FIALHO (2003) Todo CLPs usam os mesmos componentes básicos e estão estruturados (figura 32).

Figura 32: Arquitetura básica de um CLP



Fonte: Fialho- 2003

**Fonte de alimentação:** A função básica de converter a tensão de rede elétrica (110 a 220 VCA) para uma tensão de alimentação dos circuitos eletrônicos (+5VCC a microprocessador, memória e circuitos auxiliares) e também fornecer tensão de alimentação das entradas e saídas (12VCC ou 24VCC). (ANTONELLI, 1998)

**Unidade Central de Processamento (CPU):** É a parte responsável pelo funcionamento lógico do circuito. Ela recebe os sinais de entradas, realiza as operações lógicas tendo como referência no programa de armazenamento e atualiza as saídas. (FIALHO, 2003, pg. 211)

**Bateria:** Sua principal função é manter o circuito do relógio em tempo real e salvar programas (RAM) em caso de suspensão súbita de energia elétrica. (ANTONELLI, 1998)

**Memória do programa supervisor:** É responsável por gerenciar todas as atividades do CLP. Geralmente o programa supervisor fica em memórias do tipo PROM, EPROM e EEPROM, dessa forma, não permite alterações pelo usuário, e não perdem os dados na ausência de energia elétrica. (SILVA, 2007)

**Entradas:** É por onde os dispositivos de campo são conectados. As entradas podem ser do tipo analógico ou digital. Entradas do tipo analógicas permitem que CLP possam monitorar grandezas analógicas através de sensores eletrônicos, ou seja, recebem sinais contínuos e podem assumir qualquer valor, conforme um limite de mínimo e máximo. Alguns

tipos entradas analógicas; termopares, sensores de níveis, sensores resistivo de posição, sinais 4 a 20mA ou 0 a 10V, corrente e tensão respectivamente. (FIALHO, 2003)

Já as entradas do tipo digitais permitem apenas dos estados: Ligado e desligado. Tipos de entradas digitais: botoeiras, chaves de limite, chave seletora e etc. (FIALHO, 2003)

**Saídas:** Funciona semelhante as entradas. Cada sinal para acionar dispositivos ou componentes do circuito, possui um ponto de saída. As saídas podem ser analógicas ou digitais. As saídas digitais possuem dois estados, ligado e desligado. Tipos de saídas digitais: solenoides, acionar lâmpadas, motores. Etc. Já as saídas analógicas possuem mais de dois estados. Nas saídas analógicas fornecem corrente de 4 a 20mA, ou tensões 0 a 10V. São usadas em válvulas proporcionais, controlar velocidade de motores (Por inversores de frequência), etc. (FIALHO, 2013, pg. 211)

**Dispositivos de programação/ Comunicação:** É um dispositivo que permite a comunicação temporária com o CLP, sendo possível introduzir programa, fazendo com o que ele atenda as instruções de controle de processo do usuário.

#### **2.15.4 Linguagem de Programação do CLP**

A linguagem de programação é um comando de instruções realizado por um usuário, a fim de obter respostas como esperado. Existem vários tipos de linguagem que permite essa interação com o CLP, dentre elas a mais utilizada é a linguagem Ladder, pois a mesma é semelhante ao diagrama elétrico funcional utilizado por eletricitistas. Há outros tipos de linguagens , tais como: BASIC, C e Booleana, são línguas mais utilizadas onde apresente rotinas e cálculos. (FIALHO, 2003)

Segundo FIALHO (2013), Conceitua linguagem de programação ladder, como um sistema gráfico de símbolos.

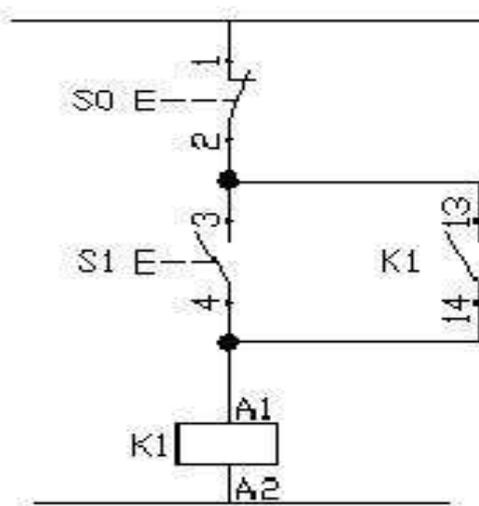
Tabela 6: Simbologia de instruções básicas

Símbolo	Descrição
— ] [ —	Contato NA (Aberto) Função SIM
— ⋈ —	Contato NF (Fechado) Função NÃO
— ( ) —	Saída (Energizada)
— ( / ) —	Saída (Não Energizada)

Fonte: Fialho, 2003

O diagrama de contato é formado por duas linhas horizontais, com polos positivo e negativo, formando a forma como uma fonte de alimentação. Entre essas linhas podem ser desenhadas ramais em séries e em paralelos que possuem chave (figura 33). De acordo com a lógica do programador essas chaves podem ser normalmente aberta (NA) ou normalmente fechada (NF). Para transformar em linguagem de programação ladder, basta desenhar a mesma lógica, dessa vez, entre linhas verticais, como demonstrado na figura 34. (Silva, 2007)

Figura 33: Diagrama elétrico de uma partida direta



Fonte: Silva, 2007.

Figura 34: Diagrama elétrico de uma partida direta em programação Ladder



Fonte: Silva, 2007.

### 3 MATERIAIS E MÉTODOS

Este projeto compreende uma abordagem que une prática com a teoria em sistemas eletropneumáticos controlados por CLP (controlador lógico programável) a nível didático. Compreendendo assim, o perfeito funcionamento da parte física (circuito eletropneumático), como também a lógica (programação em linguagem do CLP). Para realização desse trabalho, foram utilizadas como fonte de dados, livros presente no LAPH (laboratório de automação de pneumática e hidráulica), artigos, dissertações, apostilas e consultas constantes no periódico da biblioteca central da UEMA com assuntos relacionado a pneumática e CLPs. Toda prática acontece nas dependências no laboratório da UEMA (Universidade Estadual do Maranhão).

#### 3.1 Máquinas e equipamentos

O compressor utilizado no projeto é um alternativo de simples estágio, tem sua refrigeração a ar. Pressão máxima de 8 bar, capacidade do reservatório 24 litros, com vazão de 74L/min, potencia de 12 CV e 860 rpm.

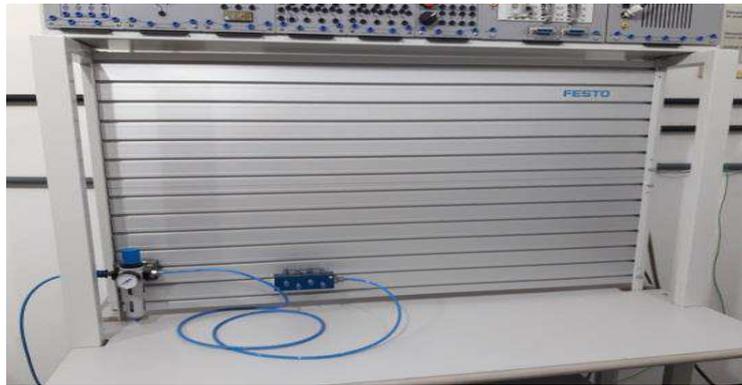
Figura 35: Compressor alternativo de simples estágio



Fonte: Autor, 2017

A bancada didática da Festo é desenvolvida para montagens rápidas de circuitos puramente pneumáticos como também eletropneumáticos. É uma estrutura de aço que possui tratamento anticorrosivo.

Figura 36: Banca didática de automação pneumática



Fonte: Autor, 2017

A unidade de tratamento de ar a qual foi submetido o ensaio é composta por filtro e regulador de pressão. Os atuadores lineares, cilindro de dupla ação com diâmetro do embolo 3 cm, e comprimento da haste de 25 cm.

Figura 37: Cilindro de dupla ação



Fonte: Autor, 2017

Para direcionar o fluxo de ar comprimido, empregamos válvulas direcionais 5/2 vias, normalmente fecha, com acionamento com duplo solenoide. Já para controle de velocidades no avanço e retorno, utilizamos válvulas reguladoras de fluxo unidirecional.

Figura 38: Válvula direcional 5/2 com duplo solenoide



Fonte: Autor, 2017

Figura39: Válvula reguladora de fluxo unidirecional

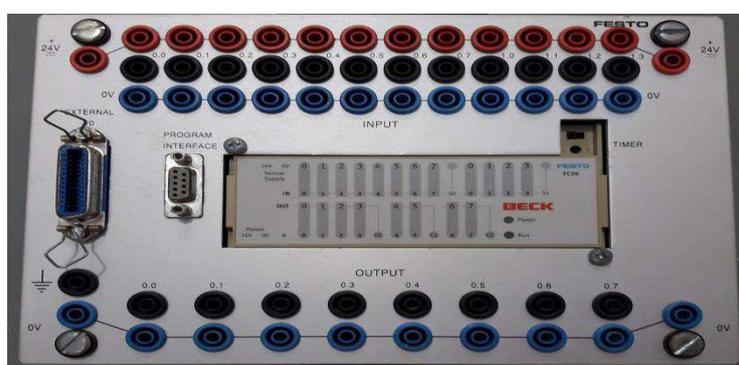


Fonte: Autor, 2017

A aplicação do *software* FuidSIM-P para montagem virtual e simulação dos circuitos eletropneumáticos a fim de corrigir qualquer erro de projeto. Utilização de uma fonte com o propósito de converter a tensão (110 a 220 V) para 24V. O emprego de um CLP da festo modelo Fec 20 (figura 40). Segundo o manual do fabricante, o CLP aplicado nos ensaios tem as seguintes características:

- Voltagem de 24 VDC;
- Variação permissível 17 a 30 VDC;
- 12 Entradas;
- 8 Saídas;
- 256 Contadores;
- 256 Temporizadores;
- Linguagens de programação em LD e ST

Figura 39: CLP Festo fec 20



Fonte: Autor, 2017

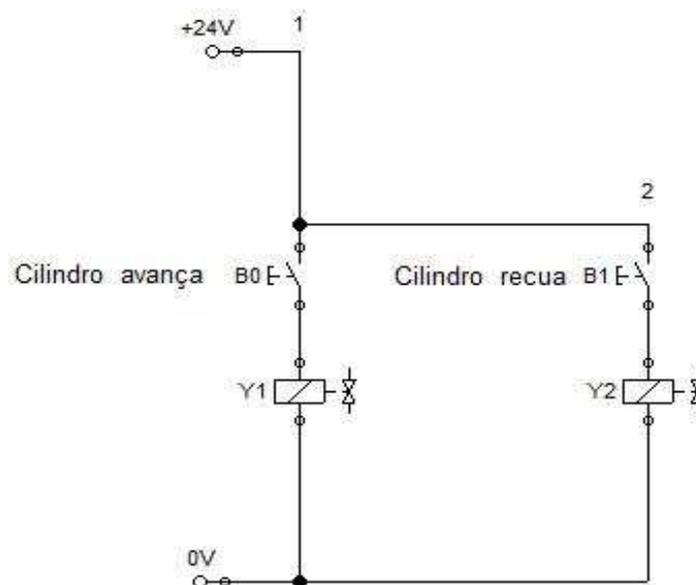
### 3.2 Metodologia

A fim de compreender melhor o funcionamento de um CLP a priori foram definidas algumas situações a ser realizadas, uma puramente pela tecnologia pneumática e outra eletropneumática. Dentre os circuitos escolhidos levamos em conta as limitações oriundas da bancada e elementos a nossa disposição no kit didático da festo que se encontra do LAPH da Uema.

**1 passo:** Tendo em vista a situação a ser desenvolvida, abrimos o software FluidSIM-P e em sua interface de trabalho virtual, projetamos e montamos o mesmo puramente pneumático e depois eletropneumático. Verificamos então seu correto funcionamento.

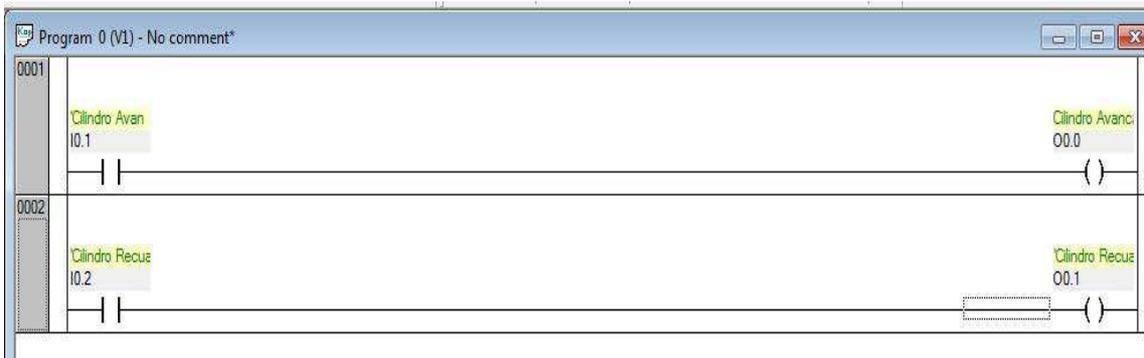
**2 passo:** Segundo Silva (2007) Os diagramas elétricos funcionais são desenhados entre linhas horizontais, para transformar em linguagem de programação ladder, basta seguir a mesma lógica, só que desta vez, entre linhas verticais. Por ter uma familiaridade maior com diagramas elétricos, logo, desenvolvemos um que atendesse nosso objetivo (figura 41) e em seguida convertemos para linguagem de programação que comunique ao CLP. Dentre as varias linguagens de programação, utilizaremos a Ladder (figura 42).

Figura 40: Diagrama funcional elétrico



Fonte: Autor, 2017

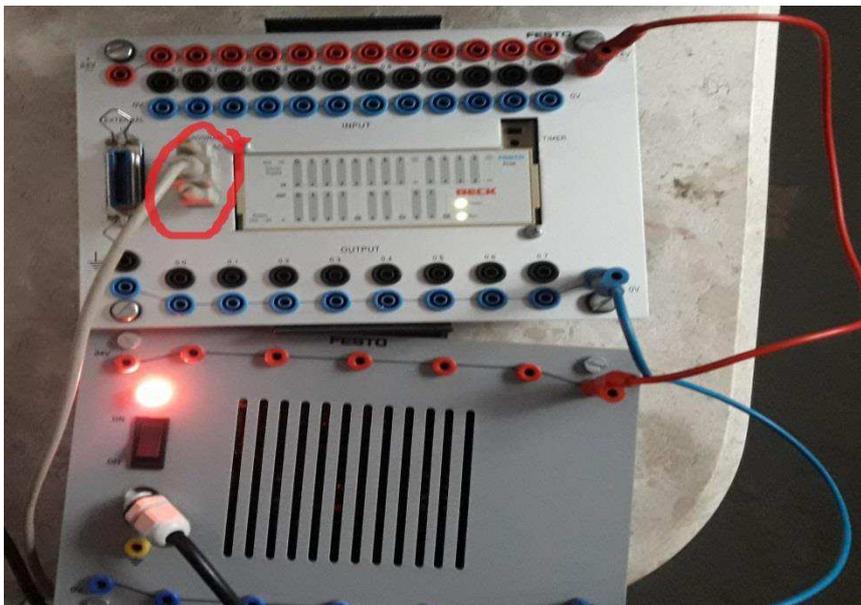
Figura 41: Programação Ladder A+A-



Fonte: Autor, 2017

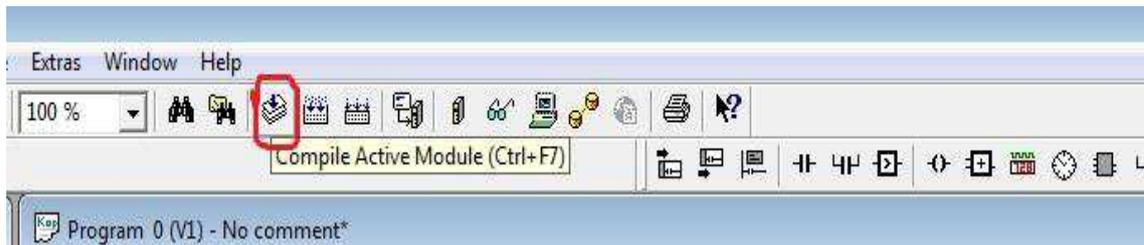
**3 passo:** Com um cabo serial, fazemos a comunicação entre o PC e o CLP (figura 43). Para isso, abrimos o software FST 4.10 (software do CLP), escolhemos a linguagem de programação e em seguida programamos conforme (figura 42), logo depois, seguimos as respectivas etapas a seguir: Compilamos (figura 44), fazer projeto (figura 45), projeto de construção (figura 46) e carregamos o programa (figura 47).

Figura 42: Ligação CLP com computador através do cabo serial



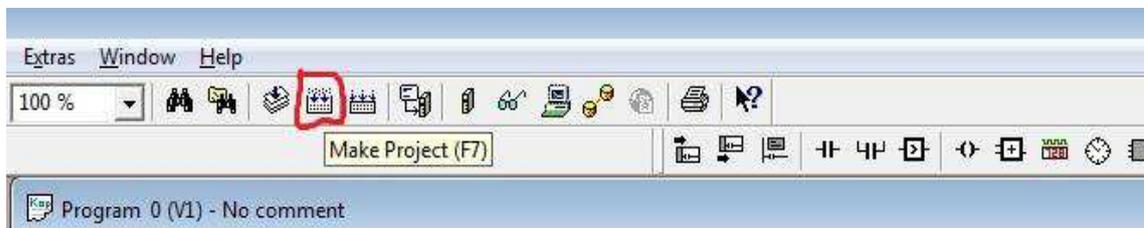
Fonte: Autor, 2017

Figura 43: Compilar



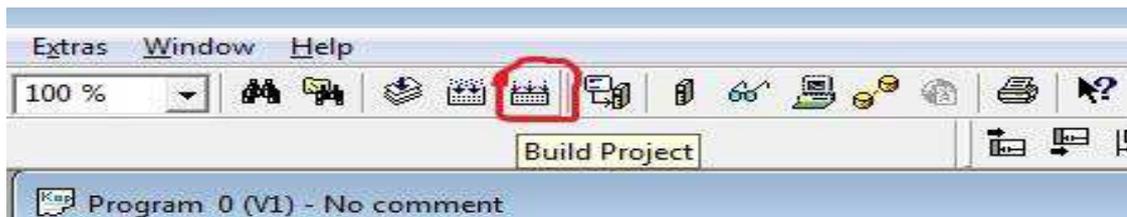
Fonte: Autor, 2017

Figura 44: Fazer projeto



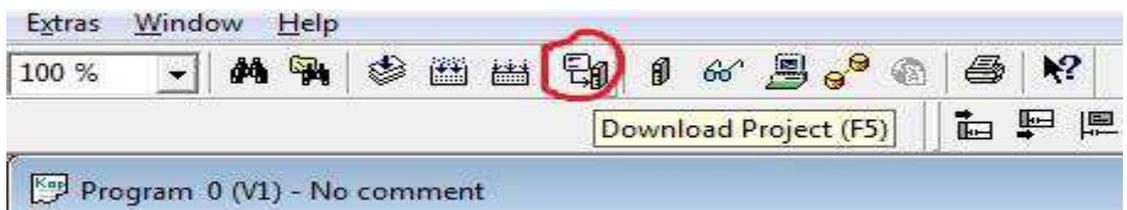
Fonte: Autor, 2017

Figura 45: Projeto de construção



Fonte: Autor, 2017

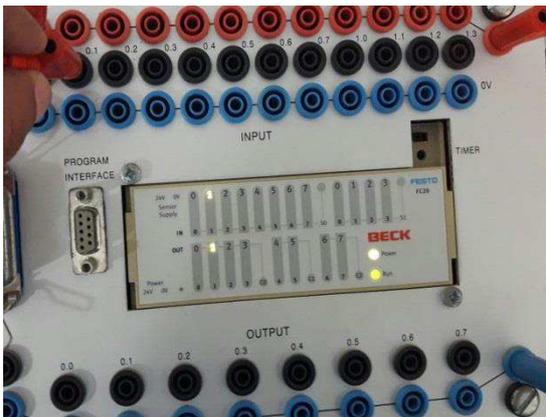
Figura 46: Carregar



Autor, 2017

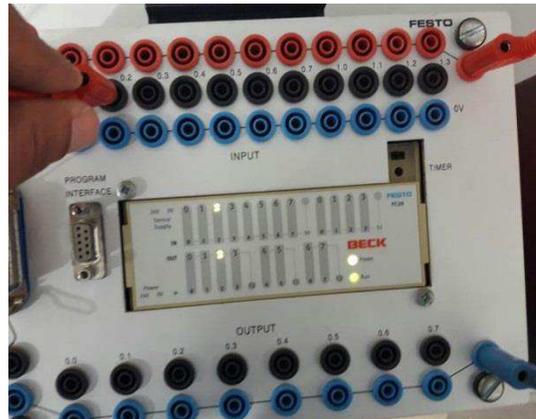
**4 passo:** Após a realização de todas as etapas do 3 passo. Verificamos se a lógica do programa esta de acordo com as instruções sugeridas na programação. Nas figuras 48 e 49 podemos ver o procedimento da mesma.

Figura 48: Teste 1, entra I.01 , saída O0.1



Fonte: Autor, 2017

Figura 47: Teste 2, entrada I0.2, saída O0.2



Fonte: Autor, 2017

Conforme mostra nos leds , quando na entrada I0.1 (1) é energizada, a CPU do CLP processa todas as informações, e aciona uma saída O0.1 (2). De forma semelhante acontece na entrada I0.2 (2), sua saída corresponde a O0.2 (2). Como mostra nas figuras 48 e 49 respectivamente.

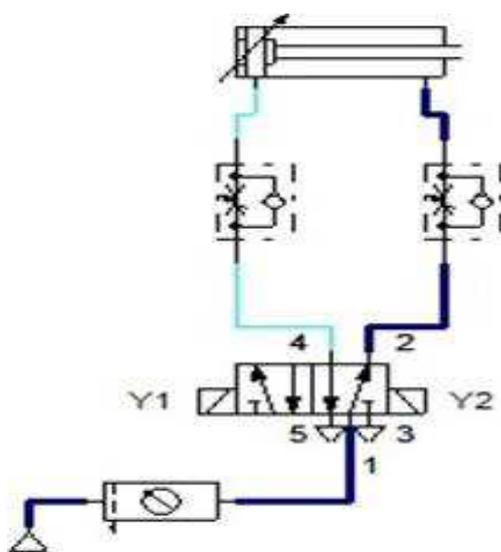
**5 passo:** Depois de carregar a programação para o CLP. Partimos para a construção física do sistema na bancada didática da festo, escolhendo todos os elementos necessários para o desenvolvimento da referida situação, levando a risca a montagem desenvolvida no *software* FluidSIM-p.

## 4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Para demonstrar um pouco das vantagens da utilização de um CLP, escolhemos três circuitos similares a alguns processos que utiliza a pneumática como meio de realização da atividade empregada. Visando de essa forma obter um breve conhecimento da tecnologia pneumática que só vem a crescer.

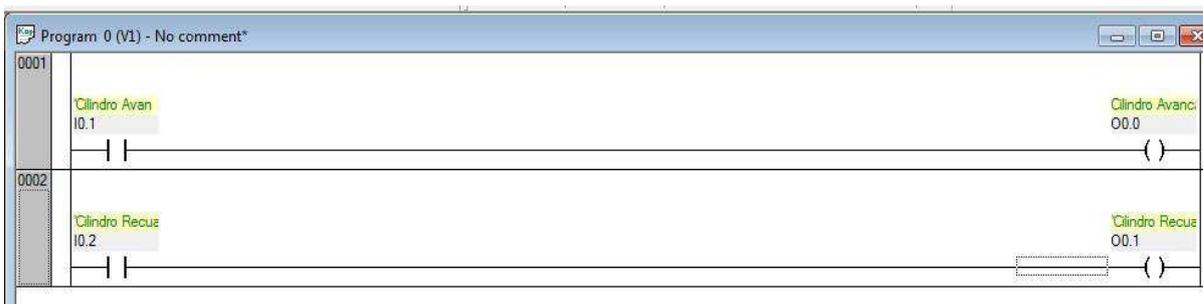
**Situação 1:** Essa primeira situação é bastante simples, consiste em fazer um cilindro de dupla ação ao ser acionado o botão 1, avança, quando acionado o botão 2, recua.

Figura 48: Esquema A+ A-



Fonte: Auto, 2017

Figura 49: Programação em Ladder A+A-

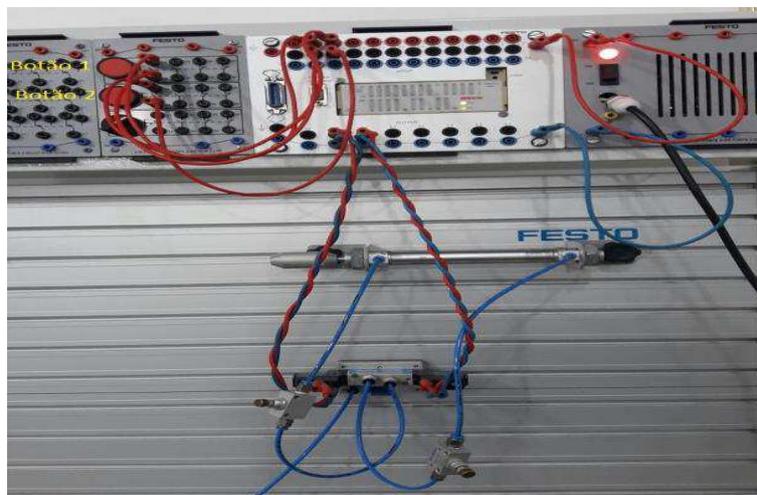


Fonte: Autor, 2017

As imagens das figuras acima mostram a montagem virtual da parte física por onde o ar comprimido flui, o mesmo é desenvolvido no *software* FluidSIM-p. Já na figura 49 acima, apresenta a programação ladder que informa as instruções ao CLP.

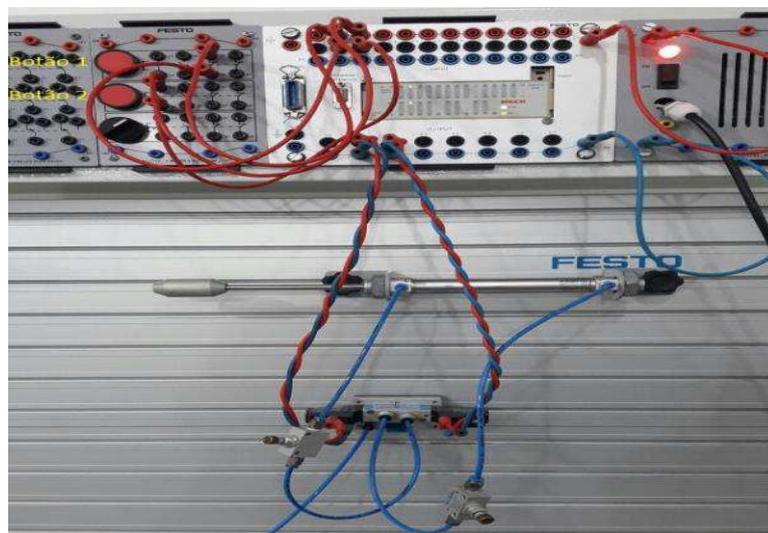
De acordo com os registros fotográficos figura 52, 53 e 54 respectivamente, situação imposta, foi realizada.

Figura 50: Esquema conectado ao CLP



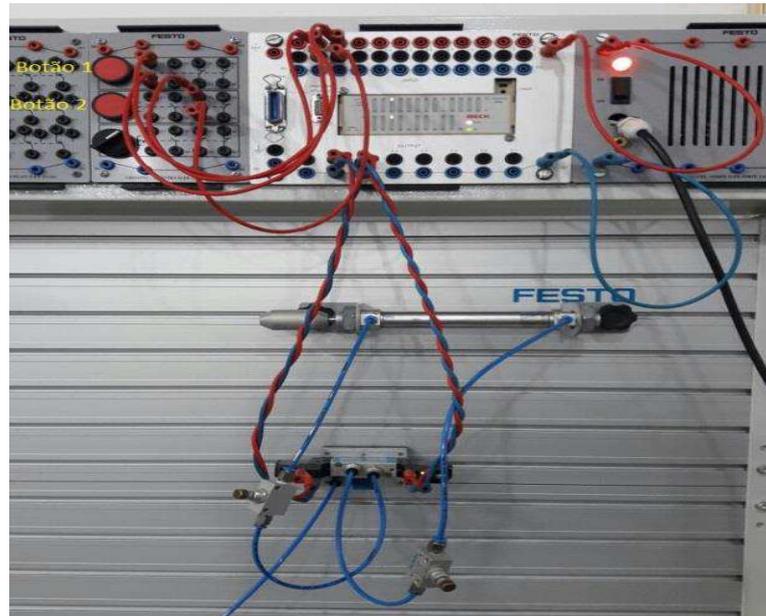
Fonte: Autor, 2017

Figura 51: Acionando o botão 1, cilindro avança



Fonte: Autor 2017

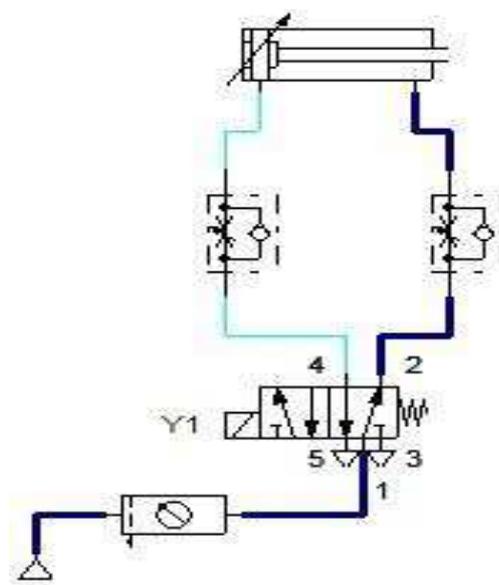
Figura 52: Acionando o botão 2, o cilindro retorna



Fonte: Autor, 2017

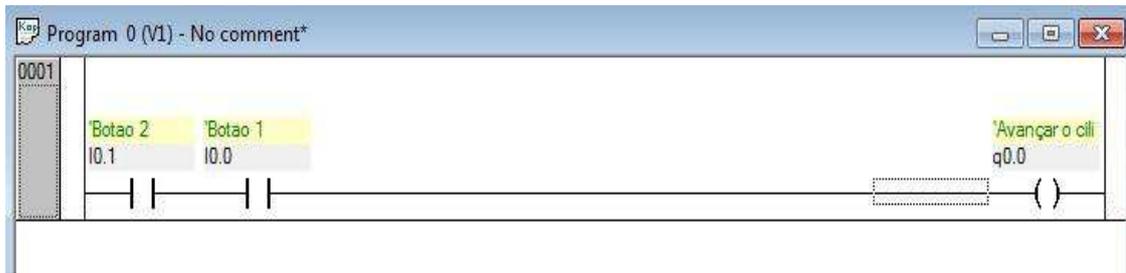
**Situação 2:** Prensa pneumática. Para que o cilindro avance, é necessário que os dois botões estejam pressionados (figura 58), evitando assim, possíveis acidentes no decorrer da atividade.

Figura 53: Esquema pneumático de uma prensa



Fonte: Autor, 2017

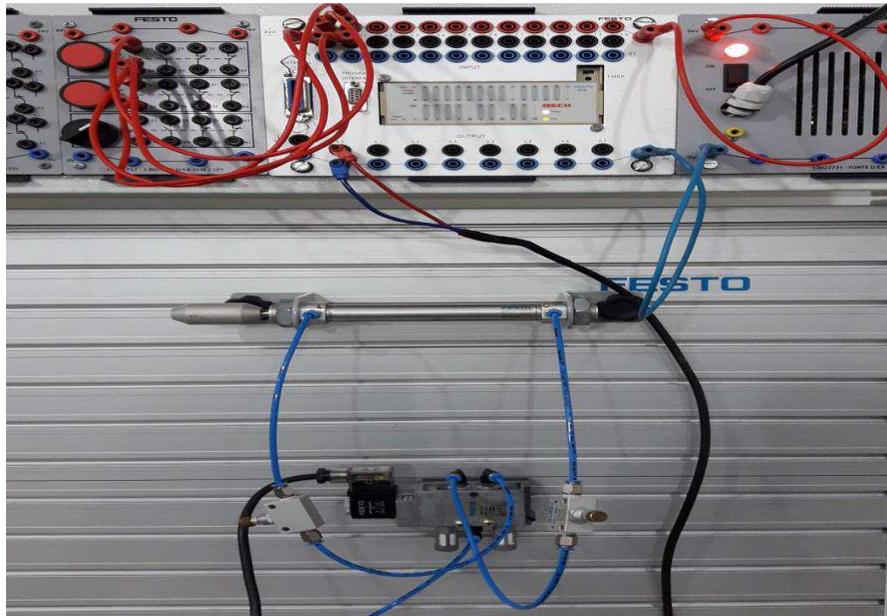
Figura 54: Programação em Ladder para prensa pneumática



Fonte: Autor, 2017

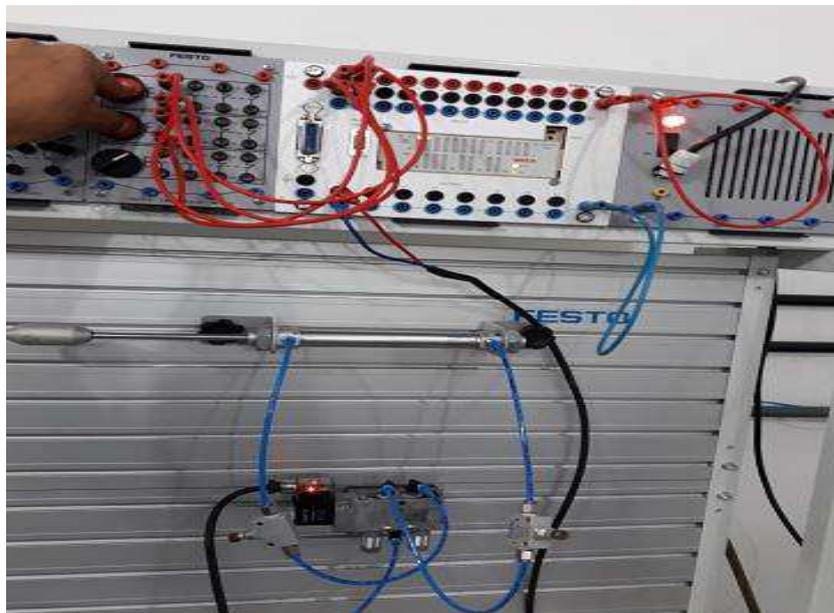
Nas figuras 57e 58 respectivamente, segue a sequência da programação.

Figura 55: Ligação física do sistema da prensa



Fonte: Autor, 2017

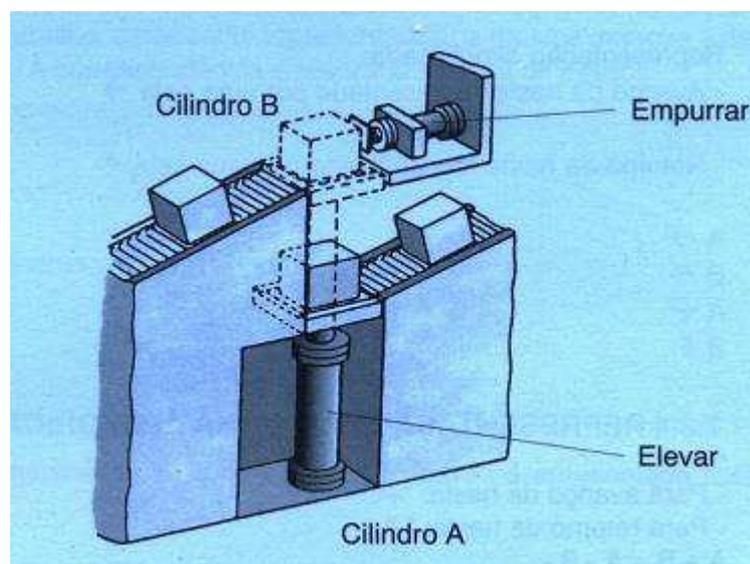
Figura 56: Cilindro avança após os dois botões serem acionados simultaneamente



Fonte: Autor, 2017

**Situação 3:** É um sistema um pouco mais complexo que os anteriores, chamado de elevador pneumático que segue essa sequência A+ B+ A- B-. Como ilustrada na figura 59.

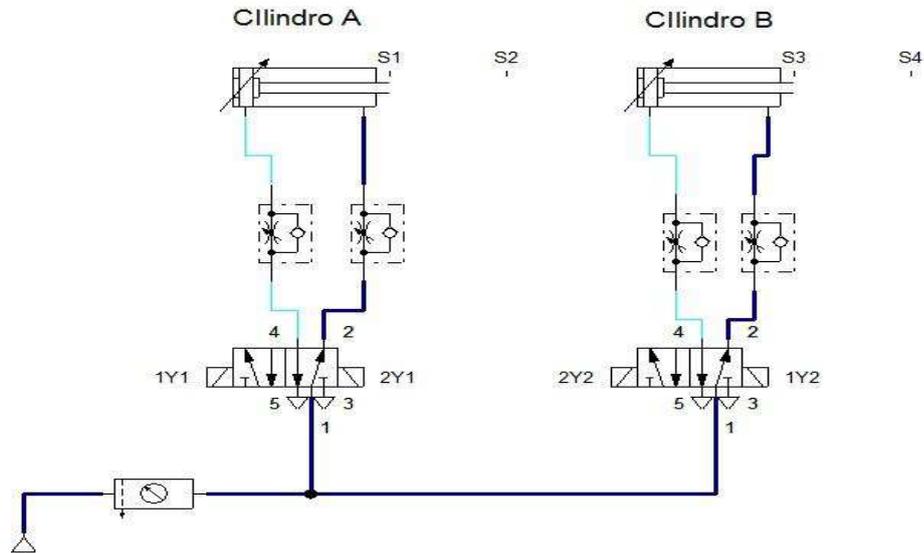
Figura 57: Elevador de carga pneumático



Fonte: Mendes, 2012

A figura 60 representa todas as ligações pneumáticas necessárias para realização do nosso projeto.

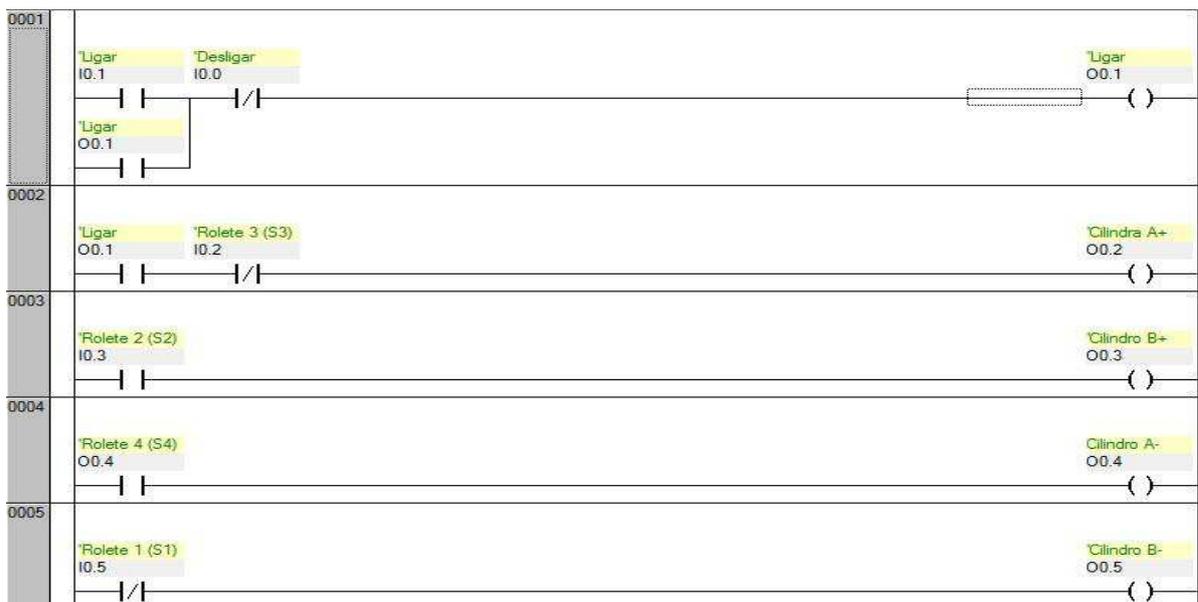
Figura 58: Simulação do elevador no FluidSim-p



Fonte: Autor, 2017

Na figura 61 desenvolvemos toda a programação necessária para CLP a fim de obter o resultado esperado.

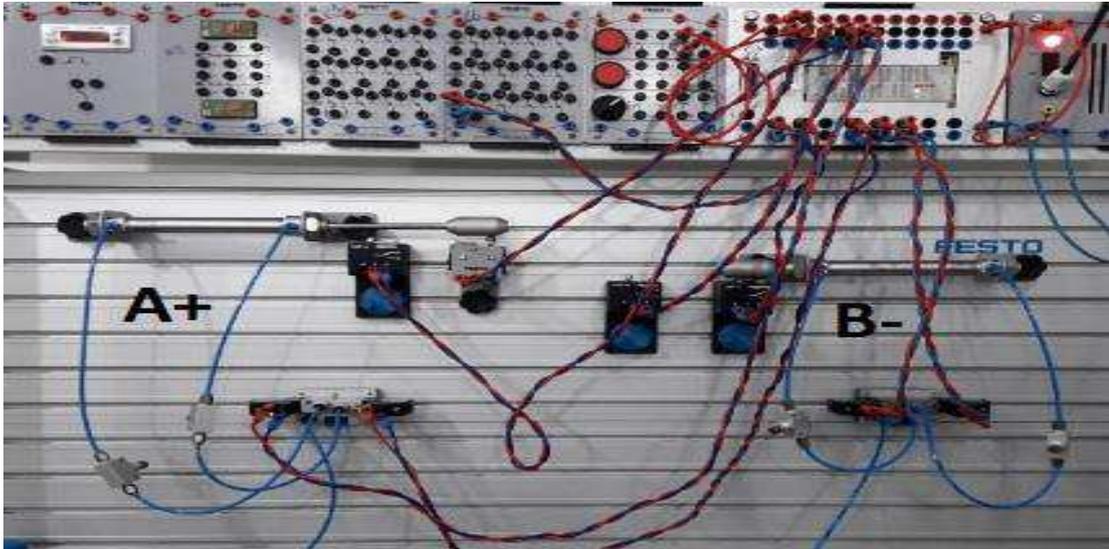
Figura 59: Programação Ladder para o elevador



Fonte: Autor, 2017

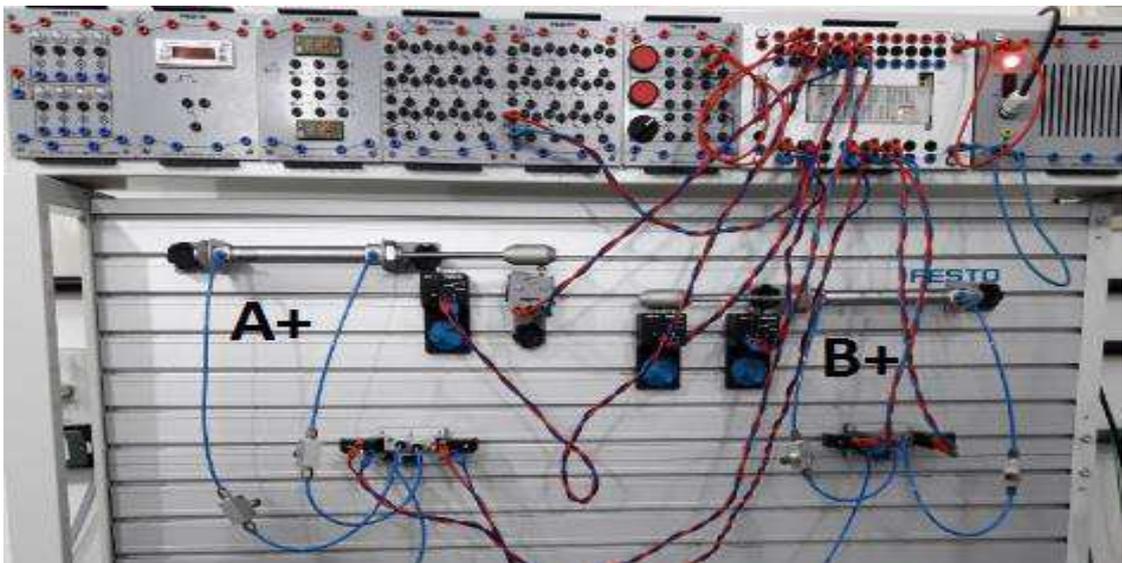
Conforme os registros fotográficos nas figuras 62, 63, 64, 65 respectivamente, a situação descrita foi desenvolvida.

Figura 60: Montagem física do elevador pneumático



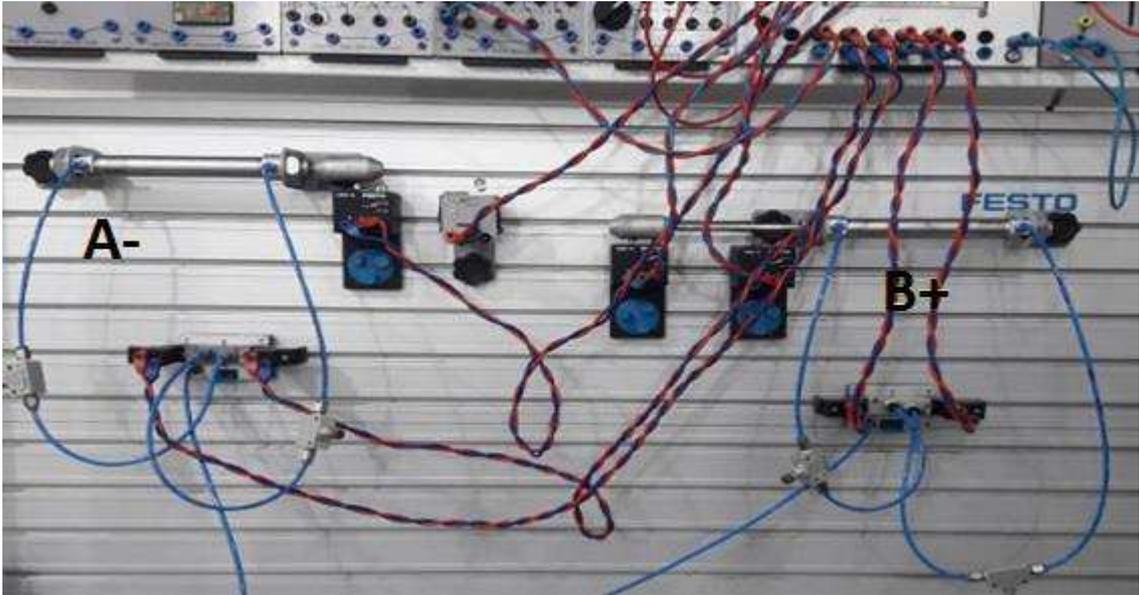
Fonte: Autor, 2017

Figura 61: Cilindro B avança no momento em que rolete 2 é acionado



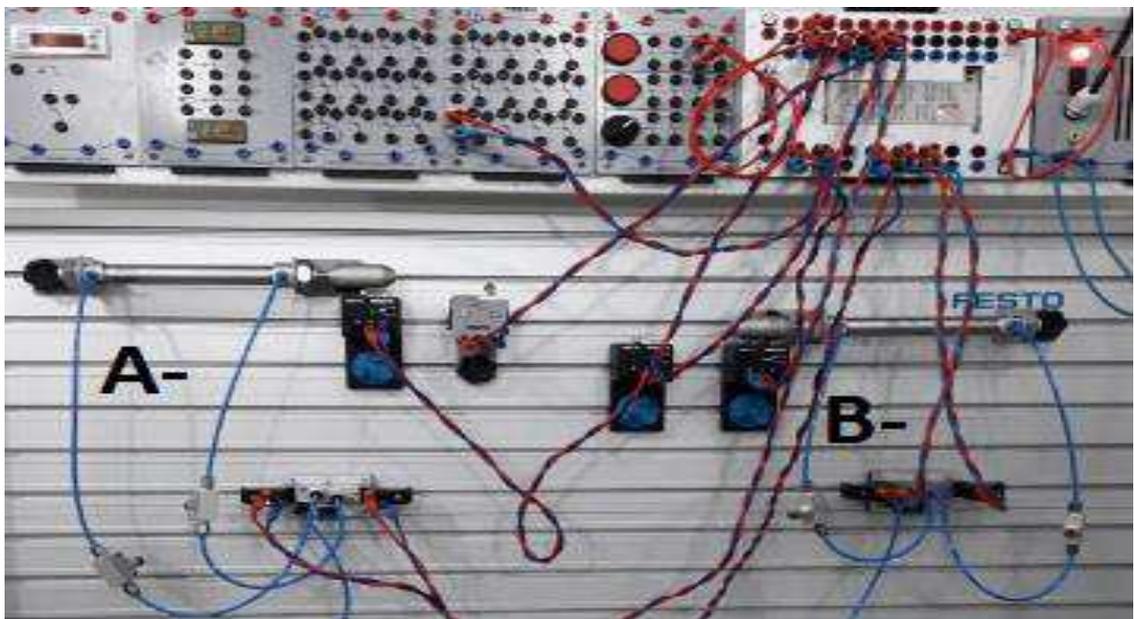
Fonte: Autor, 2017

Figura 62: Cilindro A recua no momento em que rolete 4 é acionado



Fonte: Autor, 2017

Figura 63: Cilindro B recua no momento em que rolete 1 é acionado

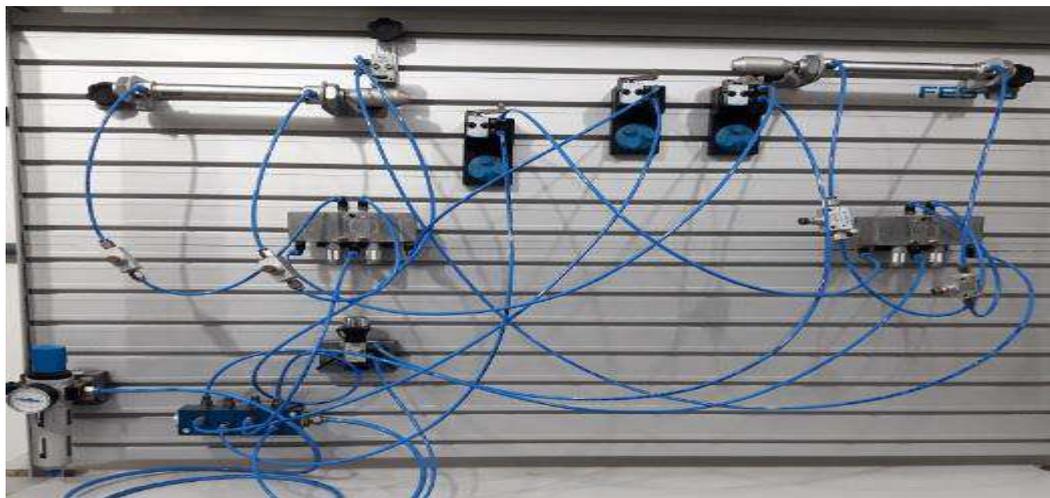


Fonte: Autor, 2017

Com as imagens podemos perceber o funcionamento do sistema, trata-se de uma breve abordagem da utilização dos CLPs na automação pneumática. Destaca-se principalmente a

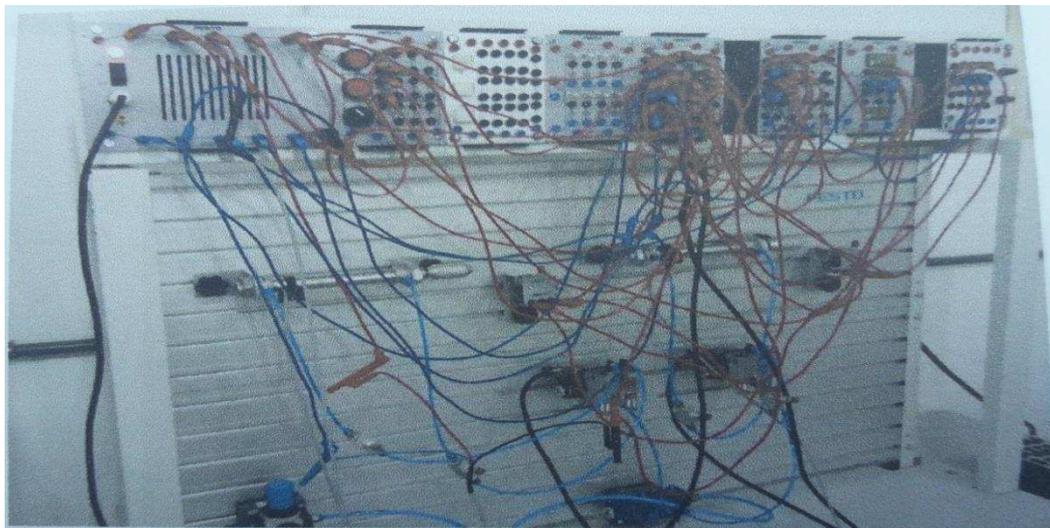
pouca quantidades de elementos empregados no sistema. Para efeito de comparação, foi realizada uma montagem do mesmo sistema, um puramente pneumático (figura 66) e outro eletropneumático (figura 67), além dessas vantagens, a melhor é a possibilidade de realizar um novo circuito, sem precisar mexer nos elementos de campo, basta apenas fazer uma nova programação, em nosso caso, em Ladder.

Figura 64: Montagem do elevador puramente pneumático



Fonte: Autor, 2017

Figura 65: Montagem do elevador em eletropneumática



Fonte: Santos, 2015

## **5 CONCLUSÃO E SUGESTÃO PARA PRÓXIMOS TRABALHOS**

Em um cenário de grandes competitividades, aderir a umas tecnologias que garantam mais confiabilidade, agilidade e produtos de alta qualidade, é sobre tudo uma forma de manter e ganhar espaço no mercado mundial. Conforme o conceito de confiabilidade quanto maior os números de elementos dependentes (em série) envolvidos, maior será a probabilidade de ocorrência de falha.

Nessas circunstâncias foram criadas diversas situações a fim resultar nos objetivos propósto, percebermos o quanto a utilização de um CLP é fundamental não só para automação industrial, como também residencial. O Uso do mesmo possibilita mudanças imediatas, sem a intervenção de um operador externo (no campo), bastando somente alterar a lógica da programação, dessa forma, garante baixos custos e sem perda de tempo.

Nesse projeto trabalhamos apenas com a utilização do CLP na pneumática, porem sua aplicação é enorme, dessa forma, algumas sugestões para futuros trabalhos: utilização do CLP para sistemas híbridos (pneumática e hidráulica); Estudo das diversas linguagens de programação do CLP e suas aplicações.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANTONELLI, P. L. **Introdução aos Controladores Lógicos**, São Paulo, 1998. 45.

BELAN, C. H. **Bancada didática para sistemas de automação pneumática, projeto de fim de curso**, Florianópolis, 2005. 151.

BIGATON, C. **Apostila de: Automação**. São Paulo, 2008. Centro Estadual de Educação Tecnológica Paula Souza.

BOLLMANN, A. **Automação industrial eletropneumatica**, Florianópolis, 1995. 75.

GEVAERD, F. **Desenvolvimento de um controlador lógico programável modular dedicado ao controle e ao acionamento de equipamentos automatizados**, Joinville, 2012. 7.

CAMPOS, J. B. D. S. Slide player. **Slide player**, 2016. Disponível em: <<http://slideplayer.com.br/slide/10155840/>>. Acesso em: 20 outubro 2017.

CERQUEIRA, T. R. **Fundamentos da automação industrial pneumática e aplicação em uma máquina de dupla furação**, Ouro Preto, 2010. 55.

CRUZ, A. J. R. S. **Automação Industrial**. 2008. Curso Técnico de Mecânica.

FARIA, R. R. D. **Elementos de pneumática e automação, classificação e dimensionamento de atuadores: Aplicação ao caso de plataformas de embarque de deficientes físicos em veículos do transporte urbano coletivo**, Ouro Preto, 2007. 114.

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

Hasebrink, J.P., Kobler, R. **Técnicas de comandos: Fundamentos da pneumática e eletropneumática**. São Paulo: Festo- Maquinas e equipamentos Pneumáticos Ltda, 1975.

JUNIOR, A. S. **Estudo da termografia como ferramenta para análise das condições de compressores alternados**, Ponta Grossa, 2012. 54.

JUNIOR, C. G. **Estudo sobre um sistema de automação de um misturador de fertilizante**, Curitiba, 2009. 52.

LUCAS, J. A. D. C. **PROJETO E FABRICAÇÃO DE UMA GARRA ROBÓTICA PNEUMÁTICA**, Porto Alegre, 2003. 27.

LUGAREZZE, N. R. B. E. A. **LIMPADOR DE PARA-BRISA. LIMPADOR DE PARA-BRISA**, Santo Andre, 2012.

Marins, A. **Tecnologia Pneumática: Circuitos Pneumáticos e Comandos Eletropneumáticos**, Salto, 2009. 134.

MOREIRA, A. C. **PROPOSTA DE SUBSTITUIÇÃO DE UM SISTEMA EMBARCADO DE CONTROLE DE SECAGEM DE AR COMPRIMIDO POR UM SISTEMA DE CONTROLE BASEADO EM CONTROLADOR PROGRAMÁVEL**, Curitiba, 2012.

MOURA, M. K. D. S. **Estudo da utilização do PLC na tecnologia pneumática** , São luís, 2013. 59.

NEBRA, S. A., **Notas de Aula de Máquinas Térmicas**, FEM/ UNICAMP, Campinas, 2000.

NETO, J. T. D. C. João Teixeira de Carvalho Neto, **Controladores Logicos Programáveis**, Natal, Nov 2011. 88.

PACCO, R. **Projeto de uma rede de ar comprimido industrial**, Guaratinguetá, 2013. 63.

PAVANI, S. A. **Comandos pneumático e hidráulica** , Santa Maria, 2011. 180.

Silva, Luis Fávero. **Projeto de automação pneumática e hidráulica de uma linha de produção simulada didática de portas automotivas**, Brasília , 2017. 84.

REIS, M. N. E. **Comandos hidráulicos e pneumáticos**, Belo horizonte, 2004. 85.

RIBEIRO, M. A. **Instrumentação**. 8. ed. Salvador: [s.n.], 1999.

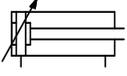
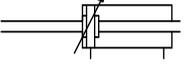
SANTOS, R. A. D. **Apostilia de Pneumática**, Araraguá, 2005. 49.

SILVA, E. C. N. **Sistemas fluidomecânicos: apostila de pneumática**, São Paulo, 2002. 114.

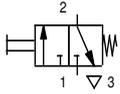
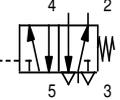
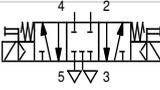
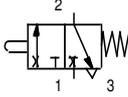
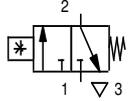
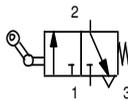
SILVA, M. E. D. Controladores Lógicos Programaveis - Ladder. **Controladores Lógicos Programaveis - Ladder**, Piracicaba, Fevereiro 2007. 40.

TRAINNING, P. **Tecnologia Pneumática Industrial**, São Paulo, 2001.

## ANEXO A – ATUADORES LINEARES

<b>Atuadores Lineares</b>		
<b>Imagens</b>	<b>Simbologias</b>	<b>Nomes</b>
		Atuador Linear com acoplamento magnético
		Cilindro de dupla ação
		Cilindro de dupla ação com haste passante
		cilindro de dupla ação com haste passante vazada e dupla flange de ligação
		Cilindro de posições múltiplas
		cilindro de simples ação

## ANEXO B – VÁLVULAS DIRECIONAIS MAIS UTILIZADAS

Válvulas direcionais mais utilizadas		
Imagens	Simbologias	Nomes
		Válvula 3/2 vias acionamento por botão, normalmente fechada
		Válvula 5/2 vias acionamento pneumático,
		Válvula duplo solenoide 5/3 vias, posição intermediária fechada
		Válvula por contato apalpador
		Sensor magnético de proximidade pneumática, acionado por imã
		Válvula 3/2 vias acionamento por rolete escamoteável, normalmente fechada