

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

BRUNA MAURA SILVA MEIRELES

**DESENVOLVIMENTO DE UM DISPOSITIVO PNEUMÁTICO PARA OTIMIZAÇÃO
DO PROCESSO DE APLICAÇÃO DE COLA BRANCA NA MONTAGEM DE CAIXA
ACÚSTICA EM UMA EMPRESA DO POLO INDUSTRIAL**

MANAUS - AM

2021

BRUNA MAURA SILVA MEIRELES

**DESENVOLVIMENTO DE UM DISPOSITIVO PNEUMÁTICO PARA OTIMIZAÇÃO
DO PROCESSO DE APLICAÇÃO DE COLA BRANCA NA MONTAGEM DE CAIXA
ACÚSTICA EM UMA EMPRESA DO POLO INDUSTRIAL**

Projeto de pesquisa desenvolvido durante a disciplina de Trabalho de Conclusão de Curso I e apresentada à banca avaliadora do Curso de Engenharia Mecânica da Universidade do Estado do Amazonas, como pré-requisito para obtenção do título de Engenheira Mecânica.

ORIENTADOR: PROF. DR. EDRY ANTONIO GARCIA CISNEROS

MANAUS - AM

2021

Meireles, Bruna Maura Silva

Desenvolvimento de um dispositivo pneumático para otimização do processo de aplicação de cola branca na montagem de caixa acústica em uma empresa do polo Industrial / Bruna Maura Silva Meireles. Manaus: [s.n], - 2021. 69 p.: il.

TCC – Graduação em Engenharia Mecânica – Universidade do Estado do Amazonas, Manaus, 2021.

Incluir bibliográfica

Orientador: Edry Antonio Garcia Cisneros

1.Desenvolvimento de um dispositivo Pneumático. 2. Aplicação de Cola. 3. Atuador Pneumático 4. Otimização de Processo I. Edry Cisneros (Orient.). II. Universidade do Estado do Amazonas. III. Desenvolvimento de um dispositivo pneumático para otimização do processo de aplicação de cola branca na montagem de caixa acústica em uma empresa do polo Industrial

Dedico este trabalho de curso, primeiramente, à deus, por suas bênçãos e misericórdia e aos meus pais e familiares pelo carinho, amor, compreensão, apoio incondicional, por sempre estarem ao meu lado, por terem acreditado e me feito acreditar que eu poderia chegar ao fim de mais um caminho importante em minha jornada.

BRUNA MAURA SILVA MEIRELES

**DESENVOLVIMENTO DE UM DISPOSITIVO PNEUMÁTICO PARA OTIMIZAÇÃO
DO PROCESSO DE APLICAÇÃO DE COLA BRANCA NA MONTAGEM DE CAIXA
ACÚSTICA EM UMA EMPRESA DO POLO INDUSTRIAL**

Este Trabalho de Curso foi considerado adequado para obtenção do título de bacharel em Engenharia Mecânica da Universidade do Estado do Amazonas (UEA) e aprovado em sua forma final pela comissão examinadora.

MANAUS, 14 DE JULHO DE 2021

Banca examinadora:



ORIENTADOR: PROF. DR. EDRY ANTONIO GARCIA CISNEROS

PROF. Dr. Daniel Guzman del Rio



PROF. Dr João Evangelista Neto

JOAO
EVANGELISTA
NETO:11436416187

Assinado eletronicamente no
SIAPE (Forma 01) da
UEA em 14/07/2021
Data: 2021.07.14 14:36:40
-0000

AGRADECIMENTOS

Primeiramente, agradeço a Deus, que ao longo da minha caminhada, tem me concedido forças e coragem para enfrentar os desafios da vida. Sempre guiando-me pelos caminhos corretos e de Luz. E colocado ao meu lado pessoas maravilhosas que me ajudaram na elaboração e apresentação deste trabalho.

Aos meus Pais Roberto Albuquerque e Valdirene Costa, por todo carinho e apoio aos meus estudos, concedendo toda assistência necessária. Compreendendo os dias que não pude estar presente devido a dedicação aos estudos. Aos meus irmãos Flávia Albuquerque e Samuel Albuquerque por toda parceria e carinho, estão sempre me apoiando e torcendo por mim. Sempre que solicito ajuda, eles estão de prontidão para atender. Por me suportar nos dias de desespero e angústia. A minha Família, todo meu amor.

À universidade do Estado do Amazonas – UEA. A coordenação do Curso de Engenharia Mecânica, a seus coordenadores, aos professores que tive ao longo da graduação, cada um foi importante para o meu crescimento intelectual, funcionários por toda contribuição, mesmo que nas menores coisas, tudo foi importante para meu desenvolvimento ao longo desses anos de Graduação. Reafirmo meu Orgulho e Admiração por esta Universidade e sou grata por ter tido a oportunidade de ter Ingressado no Curso de Engenharia Mecânica.

Ao meu orientador Prof. Dr. Edry Cisneros por embarcar nesse projeto comigo, pela paciência e compreensão. Por compartilhar seus conhecimentos para a melhoria do Trabalho, por me incentivar a desenvolver um excelente trabalho e por acreditar no em meu Potencial. À você sou grata.

Ao Prof, Dr. Antônio Kieling, por compartilhar seus conhecimentos acadêmicos para a desenvoltura de uma boa monografia, por se dispor todos os sábados pela manhã para acompanhar o desenvolvimento do Trabalho.

À equipe Jaraqui da qual fui integrante por dois anos, sou grata pela parceria e por poder aplicar meus conhecimentos, conquistamos 3º lugar na Competição do ano de 2018 e o 1º Lugar na Competição no ano de 2019. Grande referência de que um trabalho em equipe pode reder bons frutos. Adquiri conhecimentos que levarei para o resto da minha vida.

As minhas Amigas Lyz Nogueira e Laryssa costa, que seguraram minha mão ao longo desses anos, por todo companheirismo, divisão de conhecimentos, por partilhar dos momentos de tristeza, desespero e alegrias, a vocês sou grata.

Ao meu grande amigo Paulo Ruan, por ter me ensinado a não desistir, a acreditar nos nossos sonhos, e que sem esforço e trabalho não há sucesso, compartilhou suas experiencias no desenvolvimento do Trabalho de Conclusão de Curso e me ajudou com as Normas da ABNT. Agradeço por sempre ter estado apto a me ajudar nas dúvidas do Trabalho.

Aos meus colegas de Trabalho Eduardo, Valmir e Júlio, que fizeram parte deste projeto como um todo, sem seus conhecimentos, jamais teríamos de conseguir obter o resultado que obtivemos. Meu total agradecimento a esta equipe excelente.

Obrigada!

“O conhecimento quer Falar. A sabedoria quer ouvir. O tolo pensa: “Eu já sei disso” Ele impede qualquer coisa nova de entrar na própria mente. Um sábio pensa “Não sei a história toda”. Ele se abre para uma sabedoria ainda maior.

(Haemin Sunim)

RESUMO

A Inovação, a Flexibilidade e a criatividade são características essenciais em uma economia globalizada. Uma Indústria que visa atender as necessidades e mudanças tecnológicas, precisa está em constante modificação e modernização de Processos e Produtos, assim, tornando-se competitiva no mercado atual. Desenvolver um mecanismo ou dispositivo para a melhoria de um processo é um dos passos rumo a Inovação, sendo, como parte de mecanismos e dispositivos, peças mecânicas, que auxiliam no desenvolvimento do mesmo. É possível a empresa buscar o máximo desenvolvimento de novos produtos com o mínimo de Investimento para implementá-lo, pois há uma variedade de soluções tecnológicas para serem aplicadas. E através deste trabalho que tem como objetivo detalhar o desenvolvimento de um dispositivo pneumático para a aplicação de cola branca na produção de Caixa Acústica em uma empresa do Polo Industrial de Manaus/AM. Entender a importância de um Atuador Pneumático e suas aplicações, será essencial para seu desenvolvimento e aplicação.

Palavras – Chave: Modernização, Atuador Pneumático, Investimento.

ABSTRACT

Innovation, Flexibility and Creativity are essential characteristics in a globalized economy. An Industry that intention to meet the needs and technological changes, needs is in constant modification and modernization of Processes and Products, even becoming competitive in the current market. Developing a mechanism or device to improve a process is one of the steps towards Innovation, being, as part of mechanisms and devices, mechanical parts that help in its development. It is possible for the company to seek the maximum development of new products with the least investment to implement it, as there are a variety of technological solutions to be applied. And through this work that aims to detail the development of a pneumatic device for the application of white glue in the production of acoustic box in a company in the Industrial Pole of Manaus/AM. Understanding the importance of a Pneumatic Actuator and its applications will be essential for its development and application.

Keywords: Modernization, Pneumatic Actuator, Investment.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Princípio de pascal	21
Figura 2 - Multiplicação de Energia	22
Figura 3 Fórmulas para Cálculo da Pressão, Força e Área.....	22
Figura 4 - Atuadores pneumáticos	27
Figura 5 - Atuador Linear de Simples Ação	29
Figura 6 - Cilindro de Dupla Ação.....	30
Figura 7 - Exemplo de um cilindro de dupla ação, haste simples com amortecimento no final do Curso	30
Figura 8 - Atuador Linear de Dupla Ação com Amortecimento.....	31
Figura 9 - Cilindro de Haste dupla e simbologia	31
Figura 10 - Cilindro Duplex Contínuo.....	32
Figura 11 - Cilindro de Impacto e Simbologia.....	33
Figura 12 - Cilindro sem Haste e simbologia.....	34
Figura 13 - Atuador Rotativo.....	35
Figura 14 - Oscilador pneumático.....	36
Figura 15 - Oscilador Pneumático e simbologia.....	36
Figura 16 - Efeito Venturi.....	40
Figura 17 – Fluxograma utilizado nas etapas gerais para o desenvolvimento do dispositivo.....	43
Figura 18 - Capa Lateral de Madeira.....	44
Figura 19 - Dispositivo Aplicador de Cola Pneumático.....	45
Figura 20 - Corpo de Armazenamento.....	46
Figura 21 – Tampa Roscada.....	47
Figura 22 - Suporte Para regulagem.....	47
Figura 23 -Eixo Central.....	48
Figura 24 – Dispositivo Aplicador de Cola Pneumático Maior.....	49
Figura 25 - Corpo de Armazenamento.....	50
Figura 26 - Tampa Roscada.....	51
Figura 27 - Suporte Para regulagem.....	51
Figura 28 -Eixo Central.....	52
Figura 29 - Bico de Armazenamento da Cola.....	53

Figura 30 -Espçador.....	53
Figura 31 - Ponta Tipo Cone.....	54
Figura 32 - Manípulo.....	55
Figura 33 - Bucha Vedação.....	55
Figura 34 -. Bucha Tipo Selo.....	56
Figura 35 - Partes do Dispositivo Pneumático Aplicador de Cola.....	57
Figura 36 - Despejamento da Cola Pelo Dispositivo.....	58
Figura 37 - Cilindro CD55B25-10.....	60
Figura 38 - Aplicação Manual na Horizontal.....	61
Figura 39 - Aplicação Manual na Vertical.....	62
Figura 40 - Aplicação com o Dispositivo na Vertical.....	63
Figura 41 - Aplicação com o Dispositivo na Horizontal.....	64

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Propriedades positivas do ar comprimido (AC)	24
Tabela 2 - Propriedades negativas do ar comprimido (AC)	25
Tabela 3 - Características do Atuador Pneumático	60
Tabela 4 - Relação de Quantidade produzida x Defeitos.....	62
Tabela 5 - Tempo de Processo.....	62
Tabela 6 - Tempo gasto com Limpeza.....	62
Tabela 7 - Novo tempo do Processo.....	64

Sumário

1	INTRODUÇÃO	15
1.1	PROBLEMATIZAÇÃO E HIPÓTESES	16
1.1.1	HIPÓTESES	16
1.2	DELIMITAÇÃO DO ESTUDO	16
1.3	OBJETIVOS	17
1.3.1	OBJETIVO GERAL	17
1.3.2	OBJETIVOS ESPECÍFICOS	17
1.4	JUSTIFICATIVA	17
2	REFERENCIAL TEÓRICO	19
2.1	HISTÓRICO	19
2.2	GRANDEZAS FÍSICAS DA PNEUMÁTICA	20
2.2.1	PRINCÍPIO DE PASCAL	21
2.2.2	PRINCÍPIO DA MULTIPLICAÇÃO DA ENERGIA	21
2.2.3	PRESSÃO	22
2.2.4	VAZÃO	23
2.3	CARACTERÍSTICAS DOS SISTEMAS PNEUMÁTICOS	23
2.4	ATUADORES	26
2.4.1	ATUADORES PNEUMÁTICOS	27
2.4.1.1	<i>Atuador Pneumático Linear</i>	28
2.4.1.1.1	Cilindro de Simples Ação	28
2.4.1.1.2	Cilindro De Dupla Ação	29
2.4.1.1.3	Cilindro de Haste Dupla	31
2.4.1.1.4	Cilindro Duplex Contínuo	32
2.4.1.1.5	Cilindro de Impacto	33
2.4.1.1.6	Cilindro sem Haste	34
2.4.1.2	<i>Atuador Pneumático Rotativo</i>	34
2.4.1.3	<i>Atuador Pneumático Oscilante</i>	35
2.5	Válvulas Pneumáticas	36
2.5.1	VÁLVULAS DE CONTROLE DIRECIONAL	37
2.5.2	VÁLVULAS DE BLOQUEIO (ANTI-RETORNO)	38
2.5.3	VÁLVULAS DE CONTROLE DE FLUXO	38
2.5.4	VÁLVULAS DE CONTROLE DE PRESSÃO	39
2.6	Tecnologia do Vácuo	39
3	METODOLOGIA	40

3.1	Métodos.....	40
3.2	Técnicas	41
3.3	Procedimentos.....	41
4	ANÁLISE E INTERPRETAÇÃO DOS RESULTADOS	44
4.1	Local de Aplicação da Cola Branca	44
4.2	Desenvolvimento 2D do Dispositivo.....	44
4.2.1	DISPOSITIVO PARA APLICAÇÃO DE COLA NA VERTICAL	44
4.2.1.1	<i>Peças Principais do dispositivo para aplicação de cola na vertical.....</i>	<i>45</i>
4.2.2	DISPOSITIVO PARA APLICAÇÃO DE COLA NA HORIZONTAL	48
4.2.2.1	<i>Peças Principais do dispositivo para aplicação de cola na Horizontal</i>	<i>49</i>
4.2.3	PEÇAS COMUNS PARA O DISPOSITIVO DA VERTICAL E HORIZONTAL	52
4.3	Funcionamento do Dispositivo Aplicador de Cola Pneumático.....	56
4.4	Escolha do Atuador Pneumático.....	59
4.4.1	CILINDRO DE DUPLA AÇÃO PARA O DISPOSITIVO NA VERTICAL.....	59
4.5	Resultados	61
4.5.1	PRODUTIVIDADE	61
4.5.1.1	<i>Aplicação Manual</i>	<i>61</i>
4.5.1.2	<i>Aplicação com o Dispositivo Aplicador de Cola.....</i>	<i>63</i>
4.6	Custo Benefício	65
5	CONCLUSÃO	66
6	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	67

1 INTRODUÇÃO

A indústria está em transformação a uma velocidade nunca antes vista, impulsionada pelo desenvolvimento e utilização de tecnologias facilitadoras, cada vez mais evoluídas e ágeis (COELHO, 2016). Ao longo dos anos, grandes transformações ocorreram e continuam ocorrendo nas indústrias, principalmente, na otimização de recursos. Tais transformações estão cada vez mais rápidas e eficientes, exigindo cada vez mais as capacidades e habilidades criativas do engenheiro a projetar equipamentos com segurança e confiabilidade, e principalmente, que atendam a demanda do mercado, em busca constante de estratégias para posicionar a empresa em vantagens com relação aos avanços tecnológicos, tornando-a ágil e competitiva.

Diante desses avanços é possível cogitar em desenvolver dispositivos capazes de auxiliar na produção de produtos com qualidade com menor custo de desenvolvimento e aplicação, possibilitando a otimização do processo, visando eliminar problemas e falhas.

Desenvolver um dispositivo é uma função de intensa comunicação entre palavras, conceitos, imagens ou formas, com a finalidade de solucionar o problema para o qual o dispositivo deve ser concebido, aplicando técnicas e bases científicas. Norton (2013), ressalta que projetar uma máquina consiste por definição inter-relacionar peças, sendo fundamental conhecer o desempenho de cada peça da máquina, com a finalidade de garantir as funções do equipamento, realizando a transferência de energia por meio de forças e movimentos, uma vez que é fundamental transformar uma forma de energia em outra, para a máquina gerar movimentos e desenvolver forças.

Assim, o Aplicador de Cola Pneumático, encontra-se nessas definições. Esse dispositivo visa facilitar a aplicação de cola branca em um gabinete de madeira, melhorando significativamente o processo, através da vasta aplicabilidade dos componentes pneumáticos. Tendo em vista que a Pneumática tem conquistado grandes espaços nos ramos Industriais.

1.1 PROBLEMATIZAÇÃO E HIPÓTESES

Inexistência de um controle eficiente de Aplicação de Cola em um gabinete de madeira para a selagem da Caixa Acústica em uma linha de Produção de Aparelhos de áudio em uma empresa do Distrito Industrial, gerando assim reclamações de Mercado.

Desenvolver um Dispositivo Pneumático para Aplicação de Cola Branca no Gabinete de Madeira, para a Montagem da Caixa Acústica, seria ideal para que o processo se torne mais eficiente e consiga obter melhores resultados a curto e longo prazo, atendendo assim às necessidades da empresa?

1.1.1 HIPÓTESES

H0: A pneumática oferta uma série ilimitada de componentes otimizados, através dela é possível encontrar soluções de alta qualidade para otimização do processo.

H1: Com o desenvolvimento deste dispositivo será possível melhorar qualitativamente o processo de aplicação da cola, pois através de um atuador pneumático é viável regular a dosagem da cola e reduzir o tempo de trabalho e recursos, já que tais dispositivos apresentam essas funcionalidades.

1.2 DELIMITAÇÃO DO ESTUDO

Esta pesquisa está direcionada em um estudo teórico-científico referente à Pneumática, elaborado com a finalidade de inteirar-se sobre os componentes essenciais para desenvolver um Dispositivo Pneumático que permitirá a aplicação de cola em um gabinete de madeira de forma sistemática. Com análises dos Cilindros que poderão ser utilizados para solucionar o problema em questão.

1.3 OBJETIVOS

1.3.1 OBJETIVO GERAL

Desenvolver um Dispositivo Pneumático para Otimização do processo de Aplicação de Cola Branca no gabinete de madeira para montagem da Caixa Acústica, em uma empresa do polo Industrial de Manaus. Esse dispositivo deverá realizar suas atividades por meio da atuação de Elementos da Pneumática, garantido a aplicabilidade da Cola.

1.3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Estudar os tipos de Atuadores Pneumáticos e implementar no desenvolvimento do dispositivo.
- Estudar os métodos mais empregados e compatíveis para padronizar o procedimento de aplicação da cola através do Dispositivo Pneumático;
- Projetar os elementos construtivos para a construção do dispositivo;
- Desenvolver um dispositivo que permita o melhoramento do processo e aplicação de cola branca na montagem das Caixas Acústicas.

1.4 JUSTIFICATIVA

A presente pesquisa terá como meta principal desenvolver um dispositivo utilizando os conceitos da pneumática e seus equipamentos, para otimização do processo de aplicação de cola no gabinete de madeira na montagem de caixa acústica em uma empresa do Polo Industrial de Manaus.

O maior desafio das empresas é obter uma produção eficiente, ou seja, baixo custo com máquinas, alta qualidade com ótima relação custo/benefício, velocidade de

resposta e disponibilidade de máquina. Tudo isso pode ser obtido com a aplicação de dispositivos técnicos, dentro deste processo é possível enxergar que a automação através da pneumática tem assumido o papel principal e se expandindo cada vez mais, devido ao leque de aplicações que este ramo proporciona, através disso é possível estudar uma solução para melhorar o processo de aplicação de cola, desenvolvendo um dispositivo por meio da pneumática que irá realizar essa aplicação de forma eficiente, pois os produtos estão cada vez mais complexos, os clientes exigem cada vez mais agilidade, rapidez e qualidade.

A pesquisa visa a projeção e desenvolvimento de um dispositivo capaz de oferecer um grau de flexibilidade economicamente viável e confiável, ou seja, um dispositivo aplicador de cola para operação intermitente de alta velocidade, sendo controlável para fornecer padrões de despejo de cola contínuo e podendo ser terminado quando a quantidade suficiente de cola for despejada

O dispositivo contribuirá mais que tudo para a qualidade, pois permitirá melhorar qualitativamente o processo de aplicação de cola, onde será possível regular a dosagem da cola, garantir um cordão uniforme, reduzir o tempo de processo, pois a operação que é realizada por um operador, operação totalmente manual, passará a ser realizada pelo dispositivo pneumático, a função do operador será apenas de acionar o dispositivo, ou seja, controlá-lo, através de botões de acionamento.

Será possível, dessa forma demonstrar que através de estudos é provável desenvolver um dispositivo que melhore quantitativamente e qualitativamente um processo dentro de uma empresa. Que existem meios alternativos e viáveis para tal operação.

A pesquisa auxiliará a Instituição sobre os reflexos de inclusão de processos que estão incluídos dentro da Indústria 3.0 e 4.0, incentivando o estudo da aplicação de sistemas pneumáticos, visando sempre analisar soluções de forma inovadora, averiguando maneiras de melhorar a produtividade e eficiência de processos visando a diminuição da necessidade da ação humana, contudo, ao mesmo tempo reinserindo-os no contexto, afinal um dispositivo necessita que alguém que o acione.

Será possível pôr em prática o conhecimento obtido ao longo da graduação de forma real e prática, tornando a operação mais eficaz, pensando como cientista, recorrendo a soluções com recursos disponíveis, cumprindo assim aos requisitos propostos, adaptando-se às novas tecnologias.

Simultaneamente, a justificativa desta pesquisa é primordial, portanto, na implementação de uma forma para contribuir nos trabalhos dos operários que atuam nesse processo fabril, que está em vasta expansão e em crescente avanços. Possibilitando a abrangência de tal conceito para aplicação em outros processos similares.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

Para o desenvolvimento do Dispositivo Pneumático, primeiramente é necessário familiarizar com os conceitos essenciais sobre a Pneumática e compreender como cada elemento funciona, pois cada um tem influência nas tomadas de decisões e nas escolhas dos princípios de soluções que serão adotadas.

2.1 HISTÓRICO

O ar comprimido é uma das formas de energia mais antigas que o ser humano conhece. É utilizado para ampliar os seus recursos físicos (PAVANI 2011). Logo a existência do conceito físico da utilização do ar e suas funcionalidades foram comprovadas e utilizadas desde os primórdios da humanidade.

O reconhecimento da existência física do ar, e a sua utilização, é mais ou menos consciente para o trabalho, são comprovados há milhares de anos (CAMARGO, 2010). Com vista em tal argumento, é curioso explorar, qual a mente, está por trás desta grande descoberta que nos auxilia até hoje. Assim o primeiro homem que explorou esse conhecimento, demonstrou o interesse, pela pneumática, como meio auxiliar de trabalho e para melhorar um determinado equipamento “foi o grego Ktésibios há mais de 2000 anos, ele construiu uma catapulta de ar comprimido. Um dos primeiros livros tratando do emprego do ar comprimido como transmissão de energia, data do 1º século d.C. e descreve equipamentos, que foram acionados com ar aquecido” (CAMARGO, 2010).

Embora a base da pneumática seja um dos mais velhos conhecimentos da humanidade, somente a partir do século XIX, mais precisamente nos anos 50, que o estudo de suas características e comportamento se tornou sistemático e metódico, e ela logo foi introduzida na produção industrial. De certo que naquela época, já existiam alguns campos de aplicação e aproveitamento da pneumática, como: a indústria mineira, a construção civil e a indústria ferroviária, mas a introdução generalizada e complexa na indústria começou com a maior demanda de automatização e racionalização dos processos de trabalho, gerando assim uma revolução quanto aos métodos empregados. A princípio, houve certa rejeição proveniente da falta de conhecimento e instrução, porém, com passar do tempo, foi aceita e o número de campos de aplicação tornou-se muito superior a qualquer outro. Hoje, o ar comprimido é vital nos mais diferentes ramos industriais, sendo utilizado em aparelhos pneumáticos, mais precisamente, na automação (CAMARGO, 2010)

Os gregos costumavam utilizar a expressão “Pneuma” que significa fôlego, vento; para eles filosoficamente, tem a ver com alma. Derivado da palavra “Pneuma” fazendo jus ao entendimento do significado, surgiu entre outros o conceito de “PNEUMÁTICA”: a disciplina que visa estudar os movimentos dos gases e fenômenos dos gases, ou seja, estudar o movimento do ar através da compreensão (PAVANI 2011).

Inegavelmente, um longo caminho deveria ser percorrido, para confirmar tais teorias e hipóteses, desde a trajetória das máquinas impulsionadas por ar comprimido na Alexandria aos engenhos pneumo-eletrônicos de nosso século, acompanhando os avanços tecnológicos. Portanto, o homem sempre tentou aprisionar esta força para colocá-la a seu serviço, com um único intuito: controlá-la e fazê-la trabalhar quando necessário, e para determinada funcionalidade (PARKER AUTOMATION, 2000)

Por conseguinte, a introdução e aplicação, de forma mais generalizada, da pneumática na indústria, teve início com a necessidade, cada vez crescente, de automatização e racionalização dos processos de trabalho, onde o homem apenas controla o equipamento, sem interferências em sua aplicabilidade (CAMARGO, 2010).

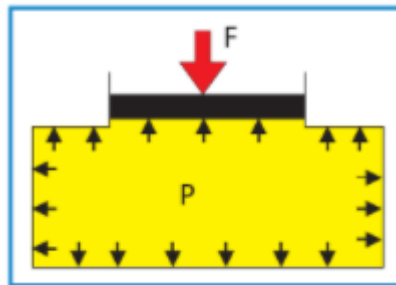
2.2 GRANDEZAS FÍSICAS DA PNEUMÁTICA

2.2.1 PRINCÍPIO DE PASCAL

“O funcionamento dos Sistemas Pneumáticos é determinado fundamentalmente pelas leis que regem o comportamento dos fluidos confinados tanto em repouso quanto em movimento constante e variável” (NEGRI, 2001). É indispensável conhecer os efeitos que atuam no fluido quando este for comprimido, a forma como ele irá comportar-se.

Conforme CAMARGO (2010) Blaise Pascal, em 1648, enunciou a lei física que rege os princípios pneumáticos. A pressão exercida em um ponto qualquer de um fluido estático é a mesma em todas as direções e exerce forças iguais se serão contrárias ao deslocamento do êmbolo, em áreas iguais, sempre perpendiculares à superfície do recipiente. Conforme ilustrado na Figura 1.

Figura 1 - Princípio de pascal.

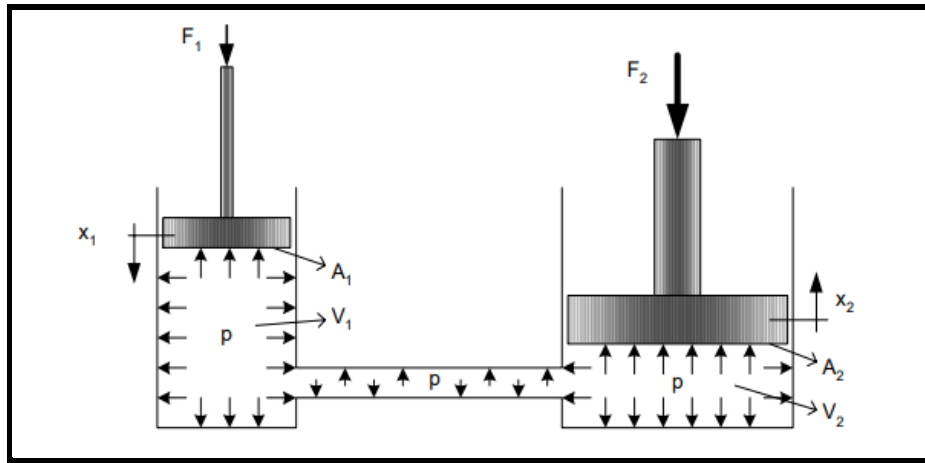


Fonte: CAMARGO 2010

2.2.2 PRINCÍPIO DA MULTIPLICAÇÃO DA ENERGIA

A transmissão e multiplicação de Forças, pode ser exemplificado, conforme a Figura 2, onde F_1 é uma força de baixa intensidade capaz de sujeitar-se a uma Força F_2 de maior magnitude (NEGRI, 2001) logo a força que está sendo aplicada, irá gerar uma pressão do qual será mesma entre todo o fluido e recipiente, não importando se suas dimensões são diferentes. Este conceito pode ser visualizado na Figura 2.

Figura 2 - Multiplicação de Energia.

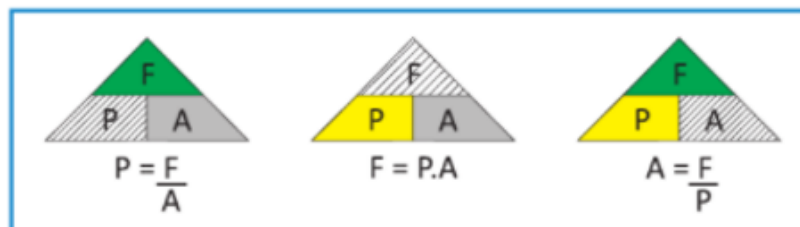


Fonte: Próprio autor

2.2.3 PRESSÃO

Utilizando os termos da pneumática, pode-se definir pressão como sendo a força exercida em função da compressão do ar em um recipiente fechado, por unidade de área interna dele. Sua unidade S. I. é dada em N/m^2 ou Pa (pascal), embora seja comum visualizarmos em alguns livros, artigos e etc. A utilização de unidades como (atm, bar, kgf/mm^2 , Psi, etc) (AMORIM, 2020).

Figura 3 - Fórmulas para Cálculo da Pressão, Força e Área



$P = F/A$		
$P =$ pressão	$F =$ força	$A =$ Área

Fonte: Próprio autor

” A pressão resultará de qualquer oposição à passagem do fluido” (CAMARGO, 2010). Portanto a pressão surgirá caso haja algum dispositivo que limite a passagem do fluido durante o percurso.

Mediante ao exposto, é de suma importância compreender o conceito de Pressão, pois os gases são constituídos por moléculas que estão em constante movimento, que ao ser envolto em um recipiente fechado, produzirão força de pressão contra as paredes do invólucro. As indicações de pressão podem ter como base o ponto zero absoluto, no caso, o vácuo ou a pressão atmosférica, a partir disto, é compreensível, o motivo pelo qual há pressão relativa (registrada no Manômetro) e pressão absoluta (Pressão atmosférica mais a Pressão relativa). Assim sendo, a pressão atmosférica é concebida pela camada de ar que está em volta do planeta terra, seu valor varia, pois depende da Altitude e densidade. A pressão atmosférica ao nível do mar vale 1,013 bar (= 1,013103 N/m² = 103 Pa) (CAMARGO, 2010).

2.2.4 VAZÃO

“É o volume deslocado em função do tempo” (CAMARGO, 2010) A quantidade de fluido que atravessa o orifício durante um intervalo de tempo, a vazão é essencial, pois a partir dela, que teremos o controle da quantidade despejada em determinado período.

Em suma a pressão e vazão estão relacionadas diretamente com a força e velocidade de deslocamento, respectivamente, do atuador pneumático. Os componentes pneumáticos têm especificação individual e exclusiva de pressão e vazão de operação. Buscando atender a essas especificações é necessário que haja vazão suficiente no compressor, pressão adequada na rede e tubulação de distribuição devidamente dimensionada em função da vazão (AMORIM, 2020).

2.3 CARACTERÍSTICAS DOS SISTEMAS PNEUMÁTICOS

Por suas propriedades e características, a aplicabilidade do ar comprimido, difunde-se como elemento de energia e de trabalho (PAVANI 2011)

É possível verificar quais são os pontos positivos de usar o ar comprimido nos Sistemas Pneumáticos conforme elencado na Tabela 1.

Tabela 1: Propriedades positivas do ar comprimido (AC)

Propriedade	Descrição
Quantidade	Não há uma quantidade em específico, basicamente o ar é encontrado em quantidades ilimitadas
Transporte	O AC pode ser transportado por meios de tubulações específicas para tal sistema, independentemente de seu comprimento, pois não deve haver preocupações com o retorno do ar.
Armazenamento	O AR é estocável, podendo ser armazenado em reservatórios.
Temperatura	O trabalho realizado com o AC não varia com a temperatura, garantido assim, resistência a oscilações de temperatura.
Segurança	Não oferece o perigo de explosão ou incêndio. Sendo seguro, podendo ser aplicado em aplicações especiais.
Limpeza	O AC é limpo. O ar, que eventualmente escapa das tubulações e outros elementos inadequadamente vedados, não polui o ambiente. Sendo está uma exigência nas indústrias alimentícias, têxteis, química, eletrônicas.

Construção de elementos	Construção simples e podem ser obtidos a custos vantajosos.
Velocidade	O AC é um meio de trabalho rápido, que permite alcançar altas velocidades de trabalho, conforme a serventia.
Regulagem	As velocidades e forças de trabalho dos elementos a AC são reguláveis, sem escala. Com isso, são exigidos elementos especiais e indispensáveis, denominados reguladoras de pressão e fluxo
Seguro contra sobrecargas	Elementos e ferramentas a AC são carregáveis até a parada total e, portanto, seguros contra sobrecargas por serem de tamanho reduzido, sem grandes escalas.

Fonte: PAVANI, 2011.

Para limitar os campos de emprego da pneumática, visando somente a necessidade do componente em questão, torna-se necessário conhecer além das propriedades positivas, as propriedades negativas, pois o ar comprimido é uma forma de energia cara (PAVANI,2010).

Tabela 2: Propriedades negativas do ar comprimido (AC)

Propriedade	Descrição
Preparação	O ar comprimido requer uma boa preparação. evitando assim Impurezas e umidades pois geram desgastes nos elementos pneumáticos, oxidação nas tubulações e projeção de óxidos.

Compressibilidade	Não é possível manter uniforme e constante as velocidades dos pistões mediante ar comprimido. Quando necessário deve recorrer-se a dispositivos especiais.
Forças	O ar comprimido é econômico somente até determinada força, limitado pela pressão normal de trabalho de 700 kPa (7 bar), e pelo curso e velocidade (o limite está fixado entre 2000 e 3000 N (2000 a 3000 kPa)).
Escape de ar	O escape de ar é ruidoso sendo necessário de uso de silenciadores.
Custo	O ar comprimido é uma fonte de energia cara. Porém, o alto custo de energia é compensado pelo custo baixo da instalação e pela Rentabilidade do ciclo de trabalho com o tempo.

Fonte: PAVANI, 2011

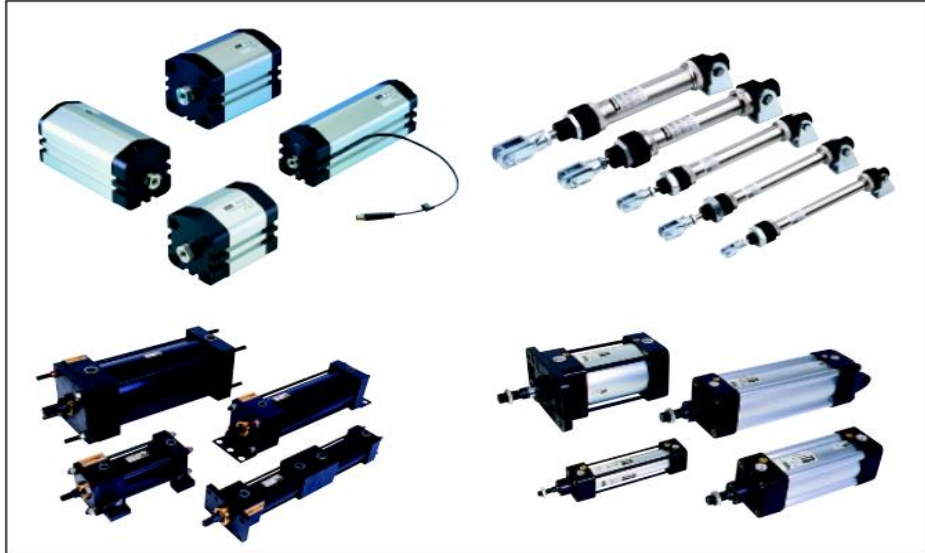
Com bases nessas análises, é possível, verificar se é viável utilizar os meios pneumáticos para um determinado processo, se é rentável ou não, e se os benefícios compensam os pontos negativos.

2.4 ATUADORES

São componentes que transformam energia elétrica, hidráulica ou pneumática, em potência mecânica. Por meio dos sistemas de transmissão, a potência mecânica gerada pelos atuadores é enviada aos elos para que os mesmos possam movimentam-se (ROMANO 2009).

2.4.1 ATUADORES PNEUMÁTICOS

Figura 4 - Atuadores pneumáticos.



Fonte: PARKER AUTOMATION, 2000

São elementos mecânicos que através de movimentos lineares ou rotativos, transformam em energia pneumática a energia cinética provida pelo ar comprimido e em expansão, produzindo assim trabalho, ou seja, são elementos responsáveis pela execução do trabalho realizado pelo ar comprimido, para que o elemento desempenhe a função para qual foi projetado de modo a garantir o movimento na direção requerida (BUSTAMANTE 2011).

Resumidamente, segundo PAVANI (2011) “São os elementos responsáveis pela execução do trabalho realizado pelo ar comprimido, dividindo-se em lineares e rotativos” logo quando se deseja um movimento que seja horizontal, vertical ou angular, pode-se avaliar a utilização da Pneumática, pois através de seus atuadores é viável garantir tais movimentos.

Na indústria é comum a utilização dos atuadores pneumáticos, nas linhas de produção, em diversas situações, ou seja, movimentam carga com posições definidas e limitadas.

A baixa rigidez destes atuadores devido à compressibilidade do fluido (ar comprimido), permite que sejam obtidas operações suaves, porém esta característica o torna pouco preciso quanto ao controle de posicionamento entre as posições limites. A natureza binária do movimento destes atuadores (posição estendida ou retraída) implica em um controle simples e de baixo custo. Utiliza-se um compressor para fornecer o ar comprimido ao atuador

pneumático através das válvulas direcionais. Para um correto funcionamento dos atuadores, convém a instalação de unidades de preparação (filtro, dreno, regulador de pressão com manômetro e etc.) no circuito de ar comprimido antes da entrada deste nas válvulas direcionais (DUTRA, Introdução à Robótica, 2009).

Os dispositivos que convertem em trabalho a energia contida no ar comprimido são divididos em Lineares, Rotativos e Oscilantes.

Os cilindros pneumáticos são mais procurados devido ao fato de serem econômicos, convenientes de usar e podem ser acionados em altas velocidades, portanto, são amplamente usados como unidades operacionais em várias máquinas principalmente nas indústrias. (Kawakami, Akao, Kawai, e Machiyama 1988).

2.4.1.1 *Atuador Pneumático Linear*

Segundo PARKER (2000), “São constituídos de componentes que convertem a energia pneumática em movimento linear ou angular”. Logo são representados pelos Cilindros Pneumáticos. De acordo com a natureza dos movimentos, velocidade, força, curso, haverá um cilindro mais adequado para a função, dependendo da finalidade do projeto. E as cargas que o cilindro necessita suportar.

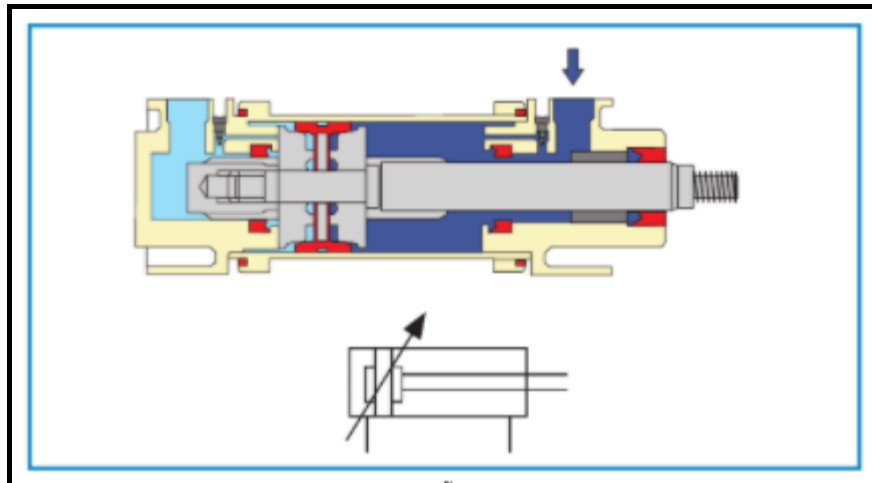
2.4.1.1.1 Cilindro de Simples Ação

Os cilindros de Simples ação recebem esse nome pois há passagem de ar comprimido em apenas um de seus lados. Geralmente a utilização desse ar é apenas para o movimento de avanço do cilindro, sendo seu retorno por mola ou atuação de uma certa força devidamente própria para o atuador, não excluindo o fato de que o retorno pode ser à ar. O cálculo da força da Mola é aplicável apenas para que o êmbolo do cilindro volte a sua posição inicial, em uma velocidade relativamente alta, para que o mesmo não absorva energia elevada. Devido ao fato de seu retorno depender de uma força externa, o curso do Cilindro é limitado, no caso, se o retorno for via mola, seu curso estará limitado ao comprimento da mola. Logo cilindros de simples ação

são aplicáveis para a execução de extração, fixação, expulsão, prensagem, entre outros (MUGGE e DORNELES, 2008, p. 25)

Na figura 5, pode ser observado a forma de um Cilindro linear de Simples ação e sua simbologia, onde o ar passa apenas por um orifício, conforme a seta ilustrada.

Figura 5 - Atuador linear de Simples Ação



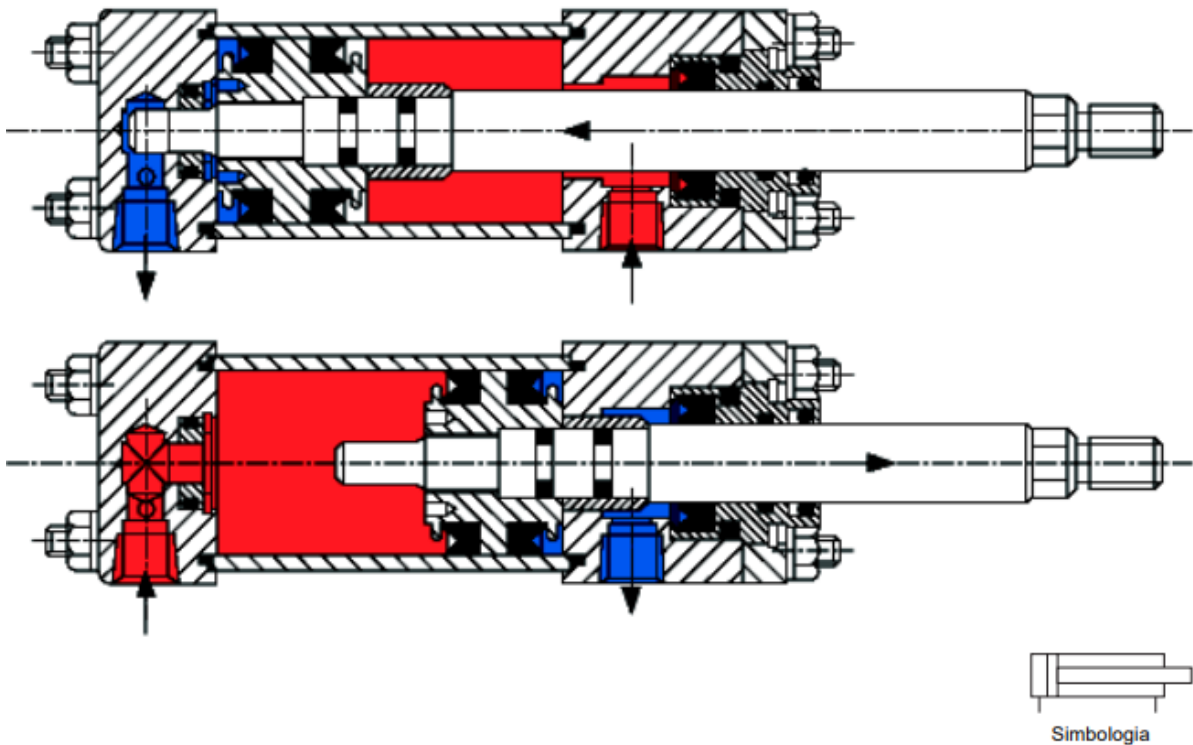
Fonte: Festo Didactic (2001, p. 36).

2.4.1.1.2 Cilindro De Dupla Ação

Diferentemente dos cilindros de Simples Ação, os de dupla ação recebem o ar em ambos os sentidos de movimento, portanto o trabalho pode ser desenvolvido tanto pelo avanço quanto pelo retorno (MUGGE e DORNELES, 2008, pg 26)

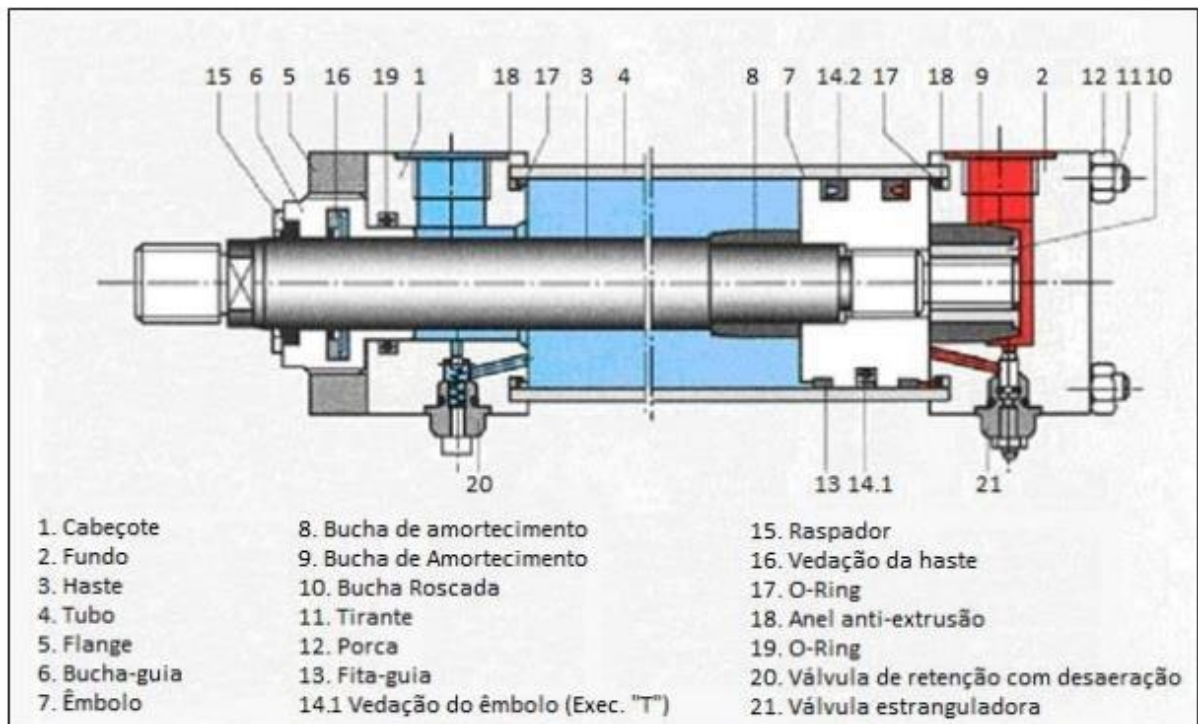
Através de uma válvula de controle, o ar pressurizado irá preencher um recinto de cada vez, injetando ar de um lado, e expulsando o ar retido no recinto oposto. (ANATRIELLO, 2017). Sendo assim, a partir do momento que o ar passa pela traseira do cilindro, o lado dianteiro estará em escape. Para o retorno do êmbolo à posição inicial, o ar entrará na dianteira e então a traseira estará em escape.

Figura 6 - Cilindro de Dupla Ação



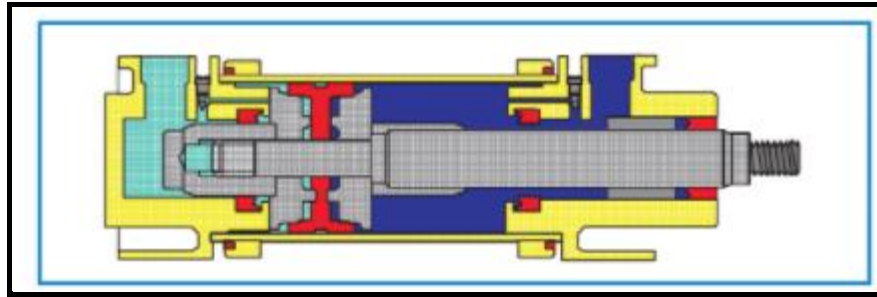
Fonte: PARKER, 2000

Figura7 - Exemplo de um cilindro de dupla ação, haste simples com amortecimento no final do Curso



Fonte: ANATRIELLO, 2017

Figura 8 - Atuador Linear de Dupla Ação com Amortecimento.

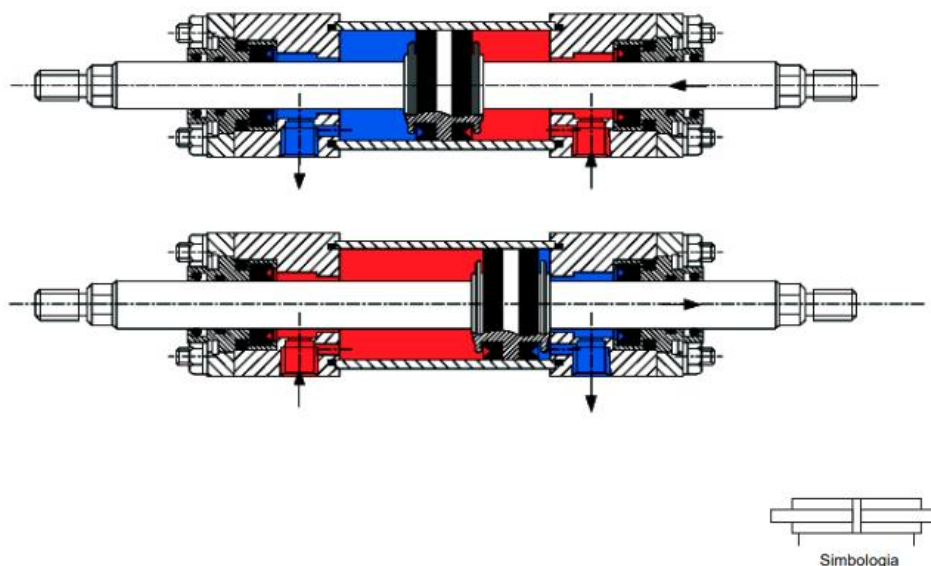


Fonte: Festo Didactic (2001, p. 37)

2.4.1.1.3 Cilindro de Haste Dupla

Este tipo de Cilindro, possui duas hastes unidas em um mesmo êmbolo. Enquanto uma haste pode ser utilizada para realizar o trabalho a outra pode ser para acionamentos de sinais, convenientemente para equipamentos ou dispositivos que não podem estar posicionado no lado da haste oposta. Um fato importante, é, pelo fato de ambas as faces do êmbolo possuírem a mesma área, as forças serão iguais em ambos os sentidos. Geralmente são utilizados para Automação de mesa de máquinas operatrizes e máquinas de Injeção (PARKER,2000)

Figura 9 - Cilindro de Haste dupla e simbologia

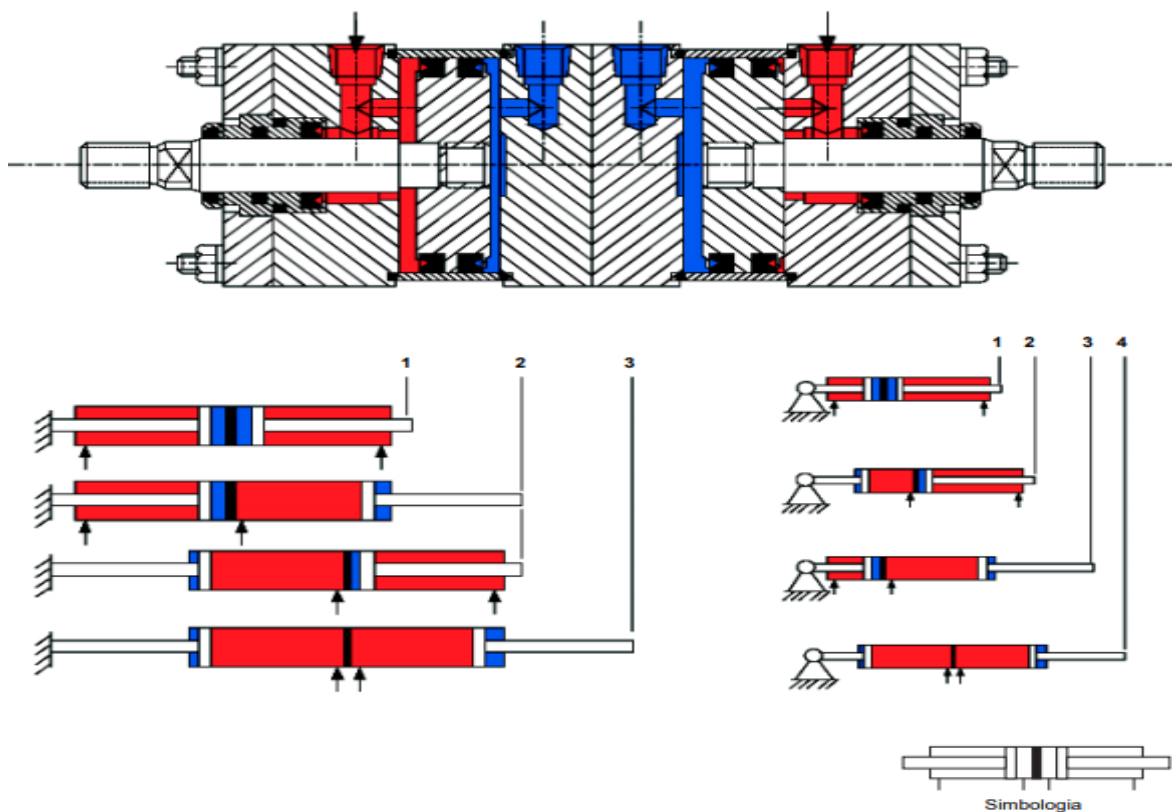


Fonte: Parker, 2000

2.4.1.1.4 Cilindro Duplex Contínuo

No caso, este cilindro é composto por dois êmbolos embutidos em uma haste, separado apenas por um cabeçote intermediário, as entradas de ar são independentes, ou seja, o ar pode ser injetado simultaneamente nos dois recipientes em ambos os sentidos, retorno e avanço. A força resultante é a soma das forças individuais de cada êmbolo, este fator é de extrema importância, pois irá proporcionar maior força no avanço e retorno do êmbolo. Projetos que necessitam da aplicação de forças elevadas, porém não podem comportar um cilindro de diâmetro maior, utilizam este tipo de cilindro (PARKER, 2000)

Figura 10 - Cilindro Duplex Contínuo

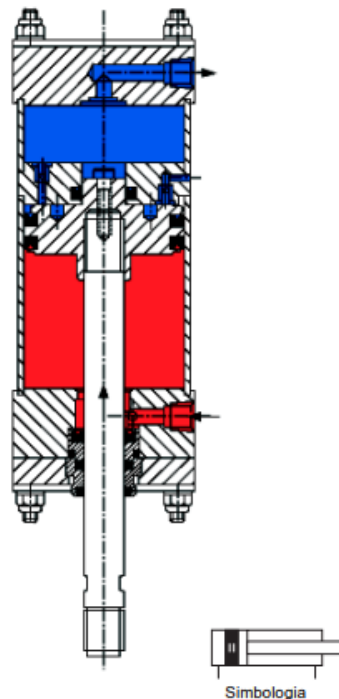


Fonte: Parker, 2000

2.4.1.1.5 Cilindro de Impacto

É um cilindro de dupla ação especial com algumas modificações, seu nome provém do fato da força se atingida através da transformação da energia cinética devido a pressão imposta ao ar. É um cilindro com um reservatório a parte, o êmbolo na parte traseira possui um prolongamento, no reservatório há válvulas de retenção. Tais características, são necessárias para o cilindro desenvolver impacto. Quando a pressão atinge certo valor, o pistão começa a deslocar-se até o momento em que o êmbolo desaloja da parede que realiza a divisão, fazendo com que o ar flua rapidamente, atuando sobre o êmbolo, é exatamente nesse instante que o pistão agrega velocidade crescente até atingir a melhor faixa empregada (SANTOS, 2020).

Figura 11 - Cilindro de Impacto e Simbologia

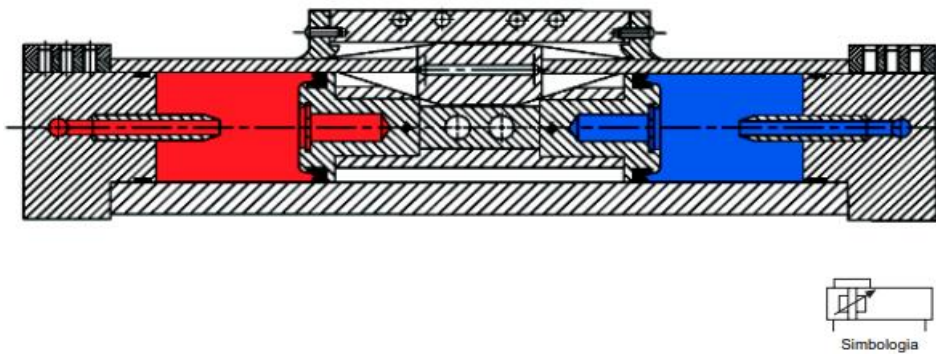


Fonte: Parker, 2000

2.4.1.1.6 Cilindro sem Haste

O cilindro sem haste, possui um guia deslizando acima da camisa do Cilindro, sendo conectada diretamente com o pistão interno por meio de uma cinta, ou ligado indiretamente por meio de ímãs presente no pistão e na guia. É capaz de mover-se com altas velocidades e por longas distâncias, sendo recomendado o uso quando há espaços limitados. Na figura 12, Parker (2000) demonstra como é esse cilindro.

Figura 12 - Cilindro sem Haste e simbologia

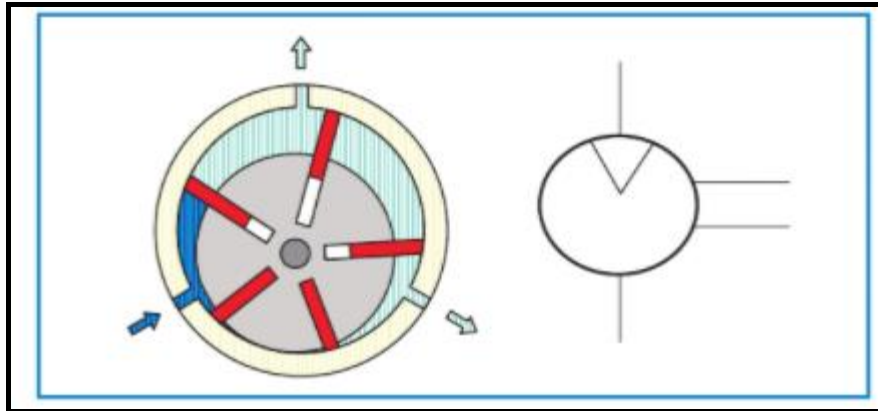


Fonte: Parker, 2000

2.4.1.2 Atuador Pneumático Rotativo

Segundo PARKER (2000), “Convertem energia pneumática em energia mecânica, através de momento torsor contínuo”. Ou seja, toda energia gerada pelo fluxo de ar comprimido, será transformado em rotação e torque, para realizar acionamentos, o que relembra o funcionamento de um motor.

Figura 13 - Atuador Rotativo



Fonte: Festo Didactic (2001, p. 40)

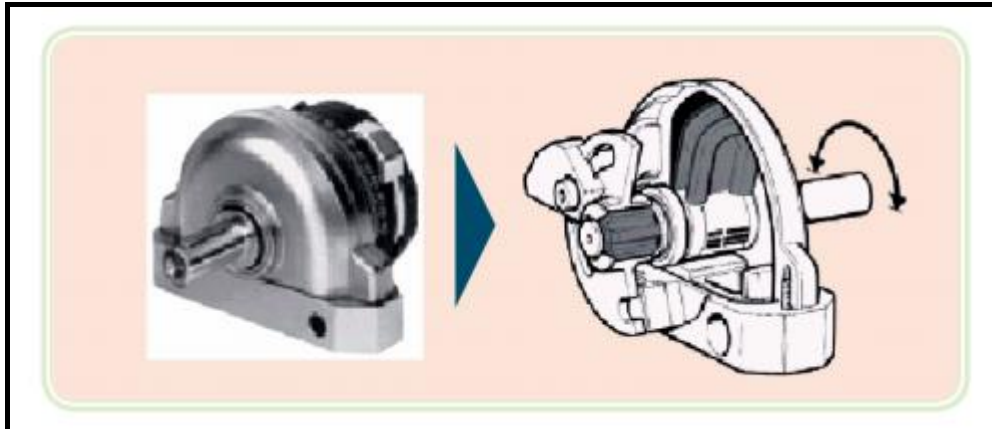
Podem ser constituídos de engrenagens (Dentes retos ou helicoidais) ou palhetas, onde o ar entra por um orifício e força a rotação dos mesmos, produzindo assim o giro. Similar ao motor convencional que é acionado pela energia elétrica, esse é acionado pelo ar comprimido.

2.4.1.3 *Atuador Pneumático Oscilante*

Conforme Simões (2016, p. 94), Os atuadores pneumáticos oscilantes (também chamados de giratórios ou rotativos), foram desenvolvidos exatamente para solucionar problemas onde os ângulos são maiores de 120 graus, pois acima disso, os atuadores pneumáticos lineares não estão habilitados para tal funcionalidade, portanto, o Atuador Oscilante possibilita deslocamentos angulares escalonados de 360 graus.

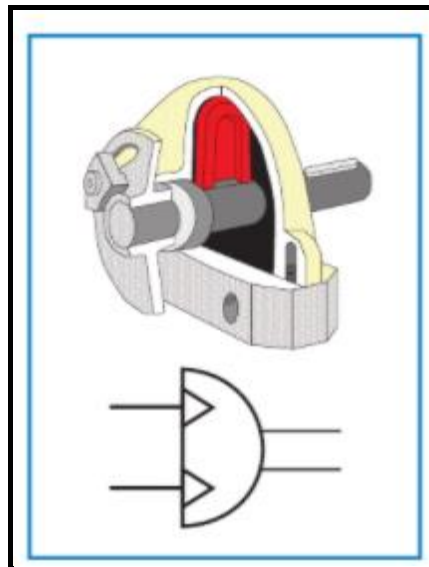
Segundo PARKER (2000), convertem energia pneumática em energia mecânica, através de momento torsor limitado por um determinado número de graus. Ou seja, sua principal diferença, entre os lineares e rotativos, é justamente o movimento rotativo com ângulo limitado pela rotação.

Figura 14 - Oscilador pneumático.



Fonte: PAVANI, 2011

Figura 15 - Oscilador Pneumático e simbologia



Fonte: Festo Didactic (2001, p. 40)

2.5 Válvulas Pneumáticas

Primordialmente cada tipo de cilindro contém uma forma de passagem de ar, os elementos importantes que vão direcionar o fluxo desse ar são denominados como válvulas. Assim os atuadores poderão desenvolver suas funções de formas mais

eficiente conforme a válvula empregada, pois impõe bloqueios e controlam a vazão e pressão. Podendo ser classificadas como:

- Válvulas de Controle Direcional
- Válvulas de Bloqueio
- Válvulas de controle de fluxo
- Válvulas de Controle de pressão. (BELAN, 2005).

2.5.1 VÁLVULAS DE CONTROLE DIRECIONAL

É responsável por direcionar o fluxo de ar, como deve seguir, a fim de realizar um trabalho com determinada funcionalidade. Para definir a válvula direcional deve-se conhecer primeiramente: número de posições, número de vias, tipo de acionamento (comando), tipo de retorno e tipo construtivo da válvula (Oliveira 2012).

- Número de posições: O número de várias operações que a válvula direcional pode executar ou manter sob sua ativação. É representado por um retângulo dividido em quadrados.
- Número de vias: É o número de conexões de trabalho que a válvula possui. A porta de entrada de pressão, a porta de uso e a porta de escape são consideradas como caminhos.
- Tipos de acionamentos ou comandos: Uma válvula requer um meio externo ou interno que mova suas partes internas de uma posição para outra, ou seja, requer um meio que possa alterar a direção do fluxo e realizar a liberação do bloqueio do escapamento.
- Vazão das válvulas: É a quantidade de fluido (litros / minuto) que flui pela válvula por unidade de tempo. A vazão também é diferente entre válvulas com as mesmas especificações e também depende do tipo de estrutura.
- Tipo de comando de retorno das válvulas: A válvula precisa de uma ação para mudar sua posição e outra ação para retornar ao estado inicial. Essa ação pode ser realizada por retornos mecânicos sendo molas ou travas, retornos

elétricos como sinais elétricos, ou seja, temporizadores, chaves, pressostatos entre outros, retornos combinados: utiliza a própria energia do ar comprimido para acionar as válvulas, fazendo com que o ar tenha ação sobre o comando de válvula. “Os acionamentos combinados são classificados como servo-piloto comando prévio e indireto” (PARKER, 2000)

2.5.2 VÁLVULAS DE BLOQUEIO (ANTI-RETORNO)

São elementos que visam impedir a passagem do ar em uma direção, criando um bloqueio, permitindo assim que o ar passe livremente na direção oposta. A pressão do lado de bloqueio atua sobre o elemento de vedação. Podem ser do tipo:

- Válvula de retenção: Utilizada para proibir a passagem de ar em um sentido;
- Válvula de escape rápido: Gera um aumento na velocidade para o cilindro desloca-se mais rápido;
- Válvula de isolamento: Envia sinais a um ponto comum de diferentes locais no circuito pneumático.
- Válvula de simultaneidade: Para sistemas bimanuais de segurança e funções lógicas “E”. (Oliveira 2012).

2.5.3 VÁLVULAS DE CONTROLE DE FLUXO

Sua função é controlar o fluxo de ar em um componente do circuito (neste caso, um atuador pneumático). É utilizado quando é necessário reduzir a quantidade de ar que passa pelo duto (velocidade do cilindro ou condições de temperatura) (Oliveira 2012). Muito usado para regular a velocidade de um cilindro, pois as vezes, o projeto necessita de velocidade mais lentas, porém não há no mercado, cilindros que atendam, logo, o correto é fazer uso da válvula de controle de fluxo, pois ela permitirá que o fluxo de ar seja menos intenso, conseqüentemente a velocidade será reduzida.

2.5.4 VÁLVULAS DE CONTROLE DE PRESSÃO

A válvula de controle de pressão pneumática tem como função influenciar ou ser influenciada pela intensidade da pressão de um sistema. (REIS, 2004). Ou seja, ela irá sofrer ou praticar a ação, depende para quê tipo de sistema foi projetada. Seu funcionamento é definido pelo autor Pavani (2011), como sendo uma válvula que limita a pressão de um reservatório, compressor ou linha de pressão, evitando a ultrapassagem do ponto pré-determinado, é ajustado através de mola calibrada que é comprimida, por parafuso, transmitindo sua força sobre um êmbolo e mantendo-o contra a sede.

Se o sistema sofrer um aumento de pressão, o êmbolo será deslocado, conseqüentemente a mola será comprimida, permitindo o contato do ar comprimido com o ar atmosférico, através dos orifícios presentes no cilindro, sendo assim pelo conceito de pressão visto anteriormente, a pressão se estabilizará.

2.6 Tecnologia do Vácuo

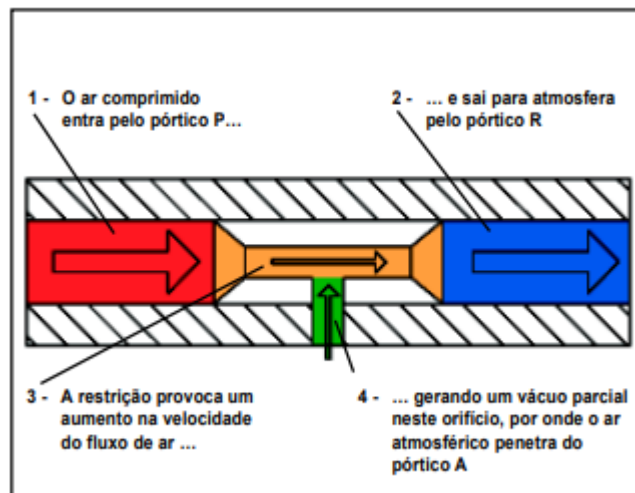
Na Pneumática o vácuo é de suma importância, pois através dele pode ser satisfeita outras condições de trabalho. Por meios de experimentos, afirma Zhao (2009), “Na produção real, o vácuo é a força motriz” devido as suas funcionalidades, têm sido amplamente utilizados em muitos aspectos, para isso é importante compreender seus princípios na pneumática.

De certo a palavra vácuo, significa vazio. Na pneumática o vácuo surge quando determinada pressão, do sistema, encontra-se, relativamente inferior à pressão atmosférica. Logo, o vácuo é indicado como um valor negativo. Esse princípio, é bastante utilizado no mercado, pois há peças mecânicas projetadas para tal finalidade (FESTO, 2020)

Há um princípio já muito utilizado para a obtenção do Vácuo, chamado: Efeito Venturi.

A técnica envolve a passagem de ar comprimido por um tubo, onde pequenas bolhas instaladas no interior causam o bloqueio da passagem de ar. Após as condições de restrição serem atendidas, o fluxo de ar através do tubo aumenta devido à passagem estreita. O aumento do fluxo de ar comprimido no estrangulamento fará com que a pressão no compressor caia significativamente. O orifício externo estrategicamente estabelecido na área restrita do tubo sofrerá uma queda de pressão devido à passagem do ar comprimido pelo estrangulamento. Isso significa que criará um vácuo parcial no orifício, que está conectado à atmosfera, o que fará com que uma pressão mais alta da atmosfera entre no orifício, gerando assim o vácuo. Conforme ilustrado na Figura 16 (PARKER, 2000)

Figura 16 - Efeito Venturi



Fonte: PARKER (2000, p. 80)

3 METODOLOGIA

3.1 Métodos

Conforme Lakatos e Marconi, (2008, p. 44), “Método é a forma de proceder ao longo do caminho”, ou seja, será de onde parte o início da ideia e de que forma, tais ideias serão organizadas para atingir o objetivo final, no qual cada escolha deva estar ordenada de forma linear e coerente.

Segundo Gil (2008, p.50), “A pesquisa bibliográfica é desenvolvida a partir de material já elaborado, constituído de livros e artigos científicos” permitindo assim analisar e comprovar por meio de teorias ou fatos já comprovados determinado assunto.

Diante disso, foi possível utilizar o método dedutivo baseado no interesse em conhecer mais sobre como desenvolver o Aplicador de Cola através da Pneumática, especificamente para aplicação industrial na linha de montagem da Caixa acústica de um Aparelho de Som. Assim buscando um desenvolvimento técnico e aplicado no processo de industrialização e fabricação do projeto e pesquisa. Levantando por meio recursos bibliográficos e científicos o progresso industrial. A pesquisa se aprofunda em autores com renome e vasto conhecimento tecnológico e científico. O interesse pelo tema em desenvolver um dispositivo utilizando os conceitos da Pneumática consiste na abrangência de ferramentas e facilidades que esse campo agrega. Demonstrando assim a empregabilidade dessa ferramenta em diversas situações e processos.

3.2 Técnicas

Conforme Andrade, (2006, p. 135) “as técnicas de pesquisa acham-se relacionadas com a coleta de dados, ou seja, a parte prática da pesquisa.”, essa é a parte específica, pois através de instrumentos definidos, será possível coletar dados. Ou seja, pesquisar através de pesquisas bibliográficas entre outros, para chegar-se a uma dedução de como cada elemento funciona.

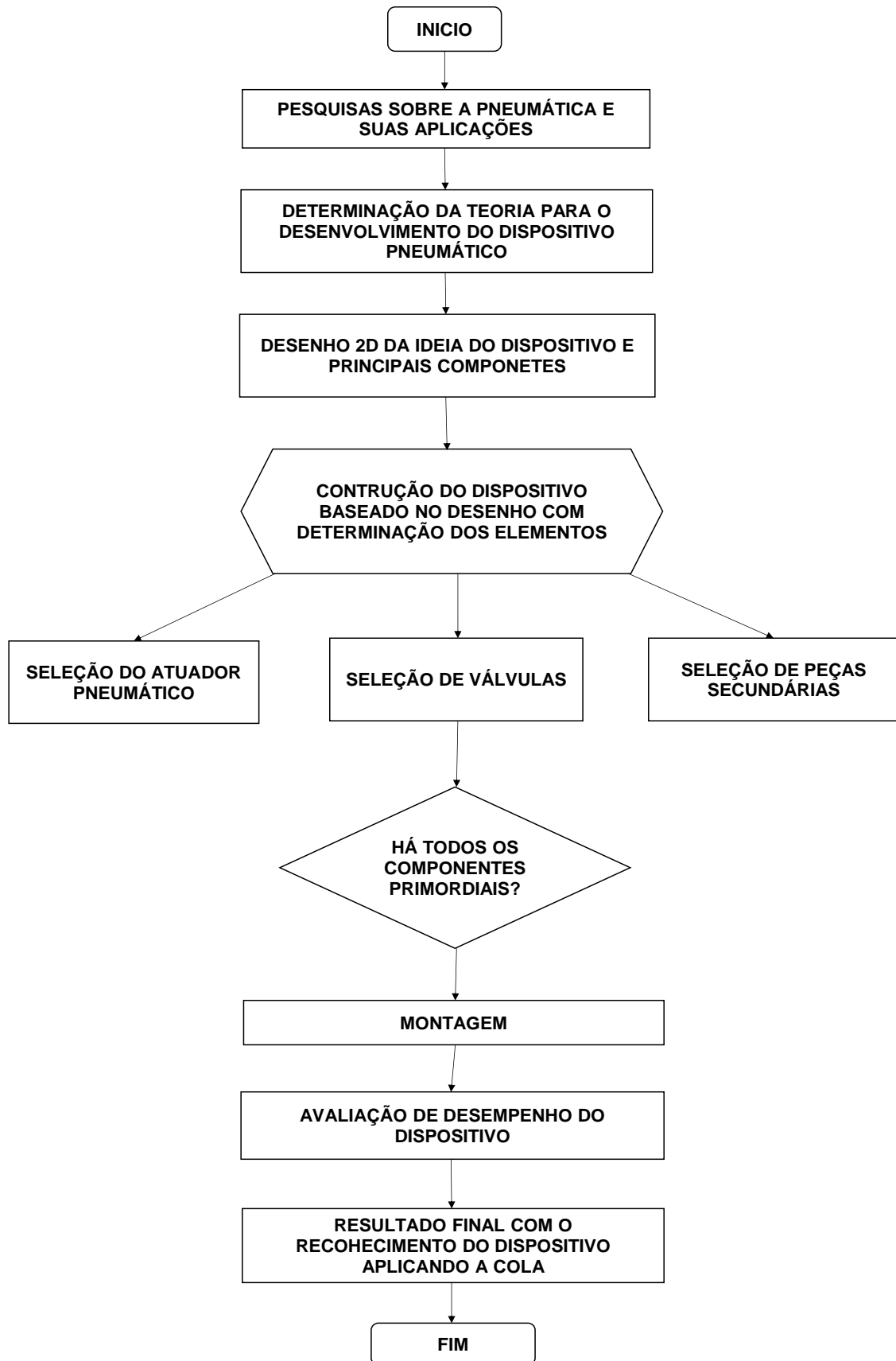
Neste projeto, será utilizado como suporte prático no desenvolvimento do projeto dos elementos necessários para a construção do dispositivo o software AUTOCAD que permite desenhar 2D e 3D da solução idealizada.

3.3 Procedimentos

Conforme Lakatos e Marconi, (2007, p.223) "Procedimentos constituem etapas mais concretas da investigação, com finalidade mais restrita em termos de explicação geral dos fenômenos menos abstrato. Pressupõem uma atitude concreta em relação ao fenômeno e estão limitadas a um domínio particular. Nas ciências sociais os principais métodos de procedimentos são: históricos, comparativos, monográficos ou estudo de caso estatístico, tipológicos funcionalista, estruturalista."

Com base nesse fundamento, foi possível desenvolver um Fluxograma para melhor descrever as fases essenciais para o desenvolvimento do Dispositivo. Considerando o seu início desde a concepção através de pesquisas, até seu desenvolvimento final, com a aplicabilidade da cola através do dispositivo pneumático desenvolvido.

Figura 17 – Fluxograma Utilizado nas etapas gerais para o desenvolvimento do dispositivo



Fonte: Autor

4 ANÁLISE E INTERPRETAÇÃO DOS RESULTADOS

4.1 Local de Aplicação da Cola Branca

Figura 18 – Capa Lateral de Madeira



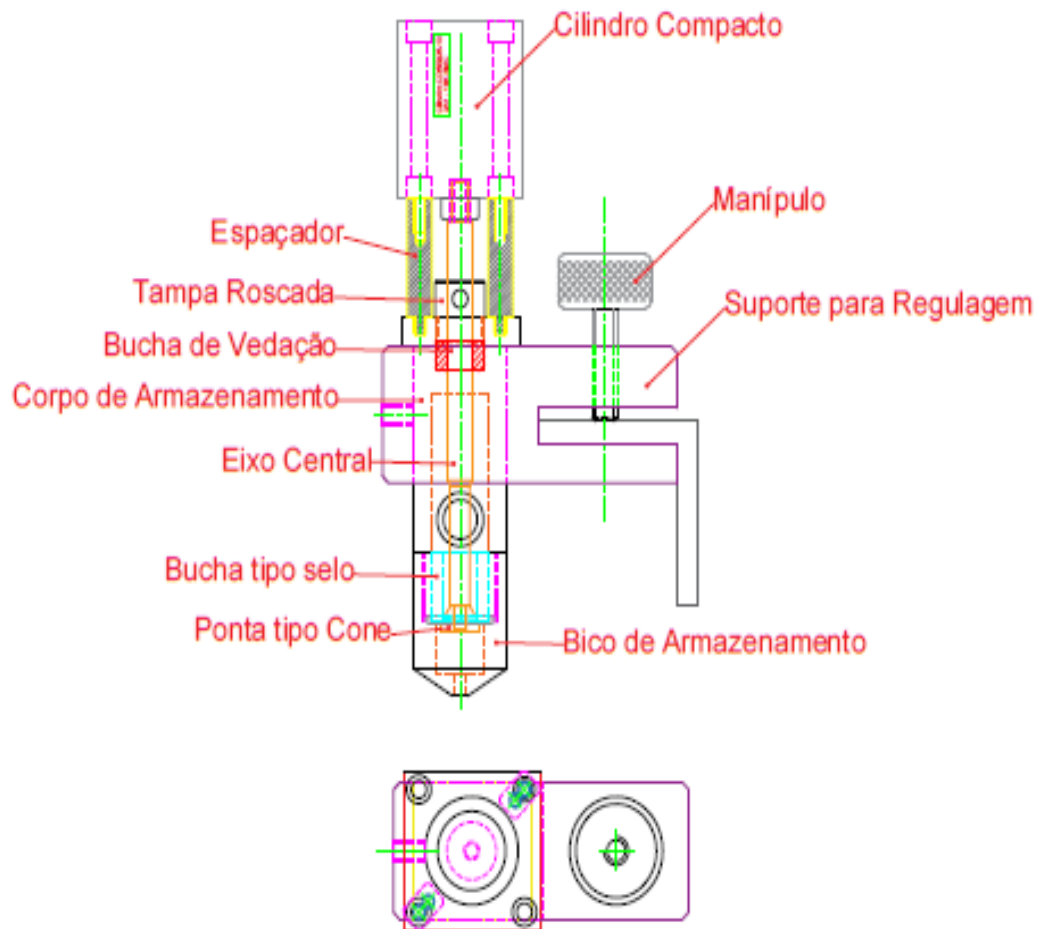
Fonte: Autor

A aplicação da Cola Branca para Madeira C-400, deve ser aplicada de forma uniforme nos canais na horizontal e vertical da Capa lateral do Gabinete. Há Três posições na Vertical e a quantidade do cordão de cola em C2 deve ser 2g como são três canais a quantidade e de 6g no total. Há duas posições na horizontal, a quantidade do cordão de cola em C1 deve ser de 14g, como são dois canais a quantidade é de 28g. Ao total é utilizado uma quantidade e cola de 34g. Deve-se deixar 10mm em cada extremidade dos canais para evitar vazamento da Cola. Diante disso, é possível pensar em como deve ser um Dispositivo Pneumático que aplique a quantidade de cola certa em cada posição, ou seja deve haver três dispositivos que aplique a cola na vertical de forma simultânea com a capacidade de despejar 2g de cola por dispositivo. E dois Dispositivos com capacidade para despejar 14g de cola na posição horizontal, aplicando-a de forma simultânea. Ou seja, um Dispositivo aplicador de cola com um controle de válvula aprimorado do fluxo de cola para permitir a dosagem precisa das quantidades aplicadas de cola.

4.2 Desenvolvimento 2D do Dispositivo.

4.2.1 DISPOSITIVO PARA APLICAÇÃO DE COLA NA VERTICAL

Figura 19 – Dispositivo Aplicador de Cola Pneumático



Fonte: Autor

Peça: Dispositivo Pneumático Aplicador de Cola

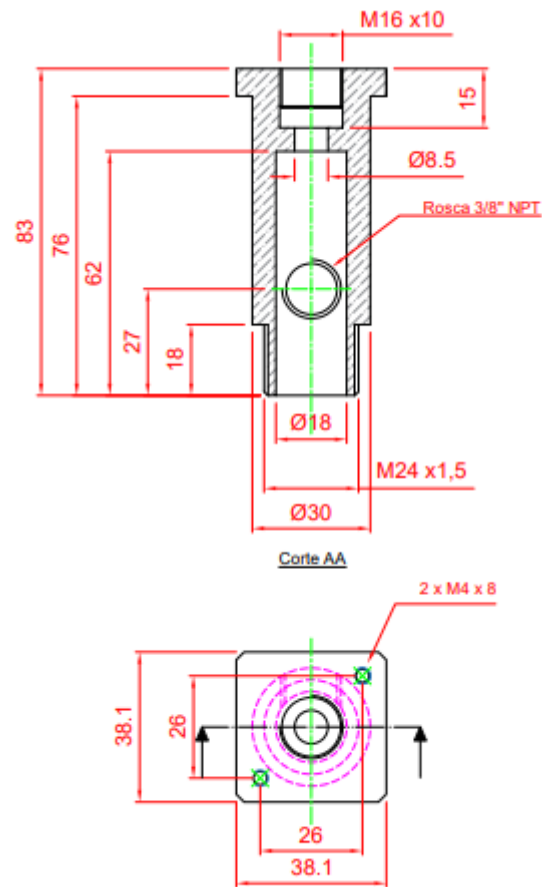
Quantidade: 03 Conjuntos

Material: Alumínio, Latão, Plastiprene

Funcionalidade: Aplicação vertical de Cola Branca na Capa Lateral de Madeira da Caixa Acústica em uma empresa do Polo Industrial.

4.2.1.1 Peças Principais do dispositivo para aplicação de cola na vertical

Figura 20 - Corpo de Armazenamento



Fonte: Autor

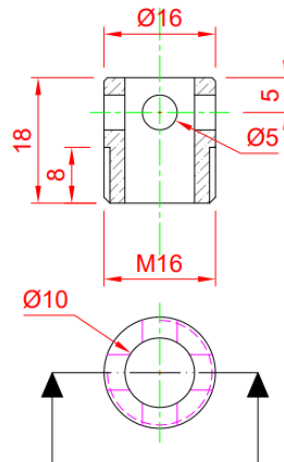
Peça: Corpo de Armazenamento

Quantidade: 03 Conjuntos

Material: Alumínio

Funcionalidade: Armazenar Cola Branca, possui um furo roscado para ser alimentado por um tubo.

Figura 21 - Tampa Roscada



Fonte: Autor

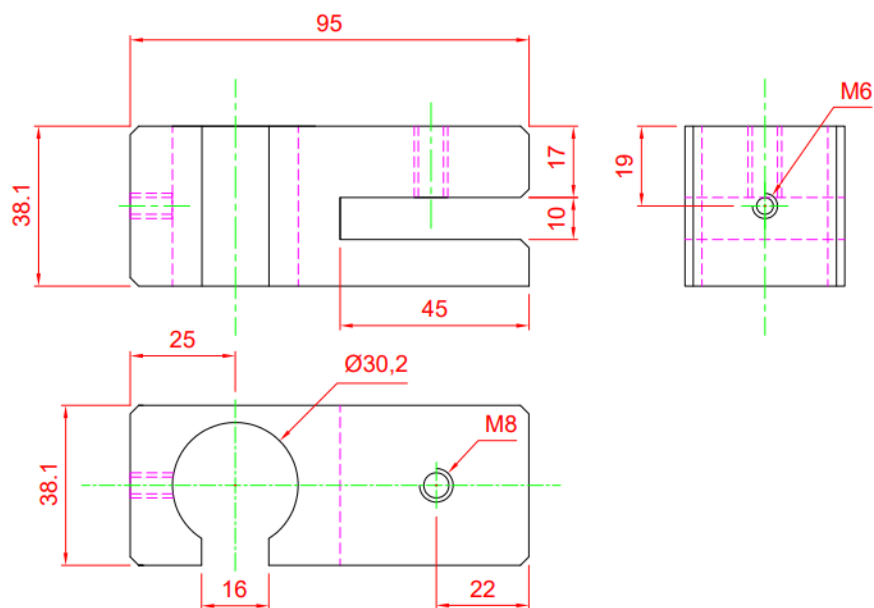
Peça: Tampa Roscada

Quantidade: 3 peças

Material: Latão

Funcionalidade: Permite que a Cola não vaze pela parte superior do Corpo de Armazenamento da Cola.

Figura 22 - Suporte Para regulagem



Fonte: Autor

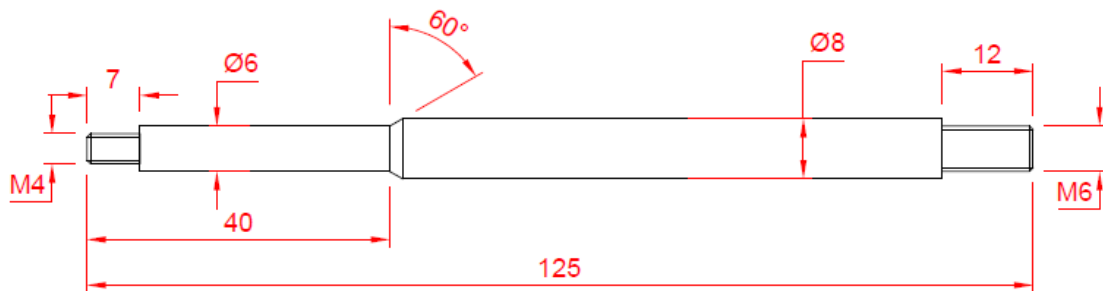
Peça: Suporte Para regulagem

Quantidade: 3 Conjuntos

Material: Alumínio

Funcionalidade: Serve de Suporte para o aplicador ficar na posição vertical, para fixa-lo na barra de suporte.

Figura 23 – Eixo Central



Fonte: Autor

Peça: Eixo central

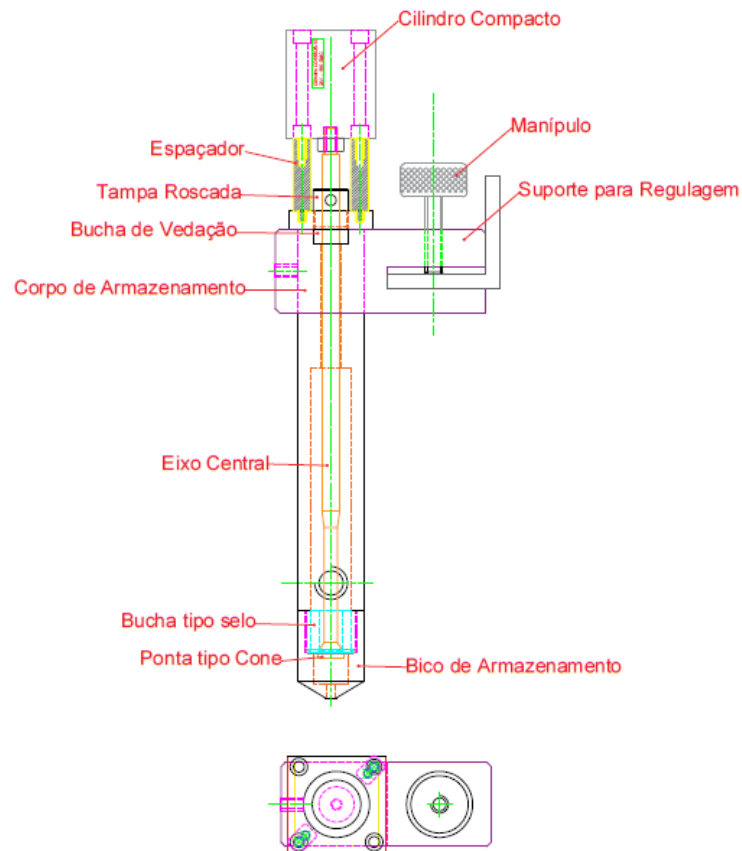
Quantidade: 3 peças

Material: Latão

Funcionalidade: Servirá como a haste deslizante para o deslocamento do Fluido, será fixado ao Cilindro Pneumático pra acompanhar o curso do Cilindro. Serve para controlar a comunicação entre a passagem e o Bico de Armazenamento.

4.2.2 DISPOSITIVO PARA APLICAÇÃO DE COLA NA HORIZONTAL

Figura 24 – Dispositivo Aplicador de Cola Pneumático Maior



Fonte: Autor

Peça: Dispositivo Pneumático Aplicador de Cola

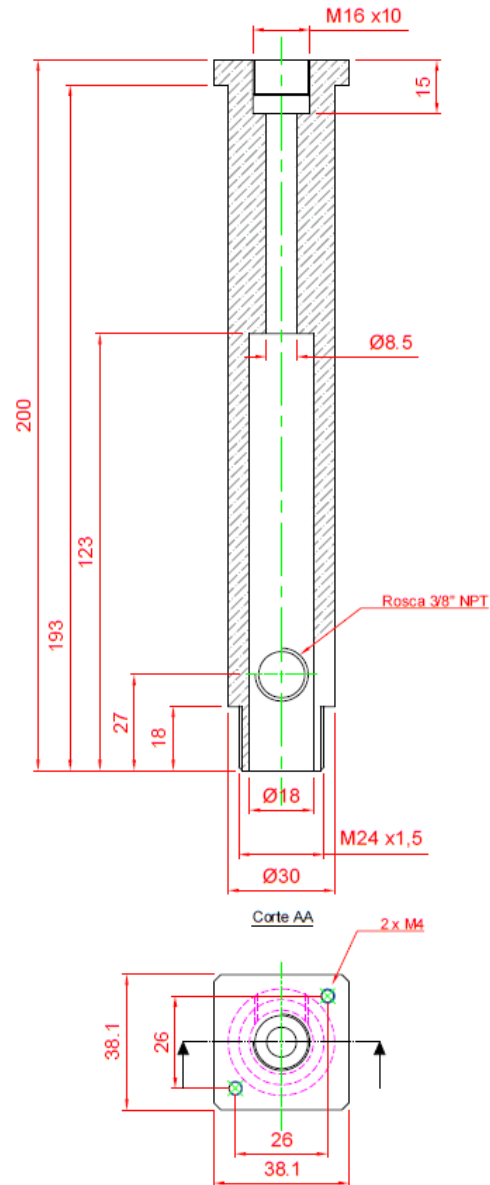
Quantidade: 02 Conjuntos

Material: Alumínio, Latão, Plastiprene

Funcionalidade: Aplicação Horizontal de Cola Branca na Capa Lateral de Madeira da Caixa Acústica em uma empresa do Polo Industrial.

4.2.2.1 Peças Principais do dispositivo para aplicação de cola na Horizontal

Figura 25 – Corpo de Armazenamento



Fonte: Autor

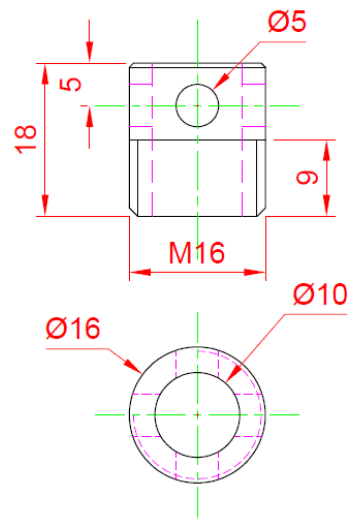
Peça: Corpo de Armazenamento

Quantidade: 02 Conjuntos

Material: Alumínio

Funcionalidade: Armazenar Cola Branca, possui um furo roscado para ser alimentado por um tubo. A altura do Corpo deve ser maior, pois a quantidade de cola branca aplicado no canal da Capa Lateral na Horizontal é maior.

Figura 26 – Tampa Roscada



Fonte: Autor

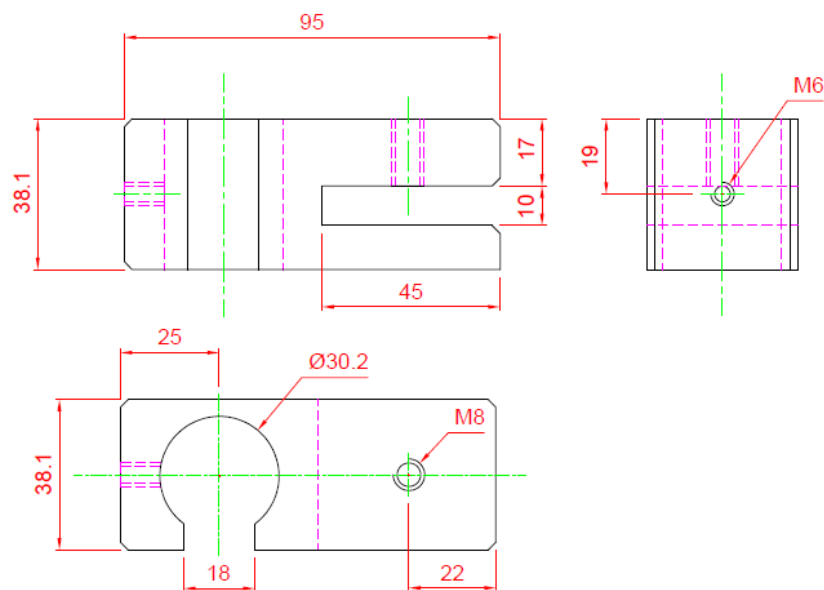
Peça: Tampa Roscada

Quantidade: 2 peças

Material: Latão

Funcionalidade: Permite que a Cola não vaze pela parte superior do Corpo de Armazenamento da Cola.

Figura 27 – Suporte para regulagem



Fonte: Autor

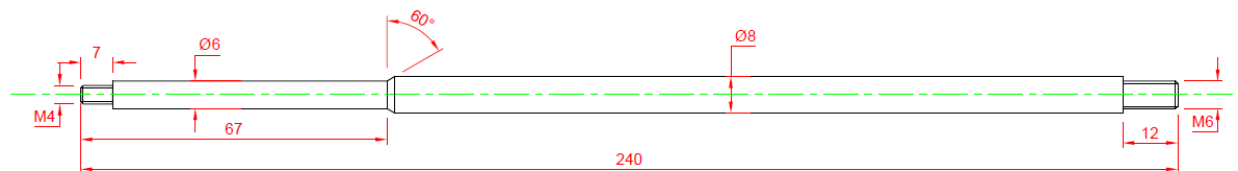
Peça: Suporte Para Regulagem

Quantidade: 2 Conjuntos

Material: Alumínio

Funcionalidade: Serve de Suporte para o aplicador ficar na posição vertical, para fixa-lo na barra de suporte.

Figura 28 – Eixo Central



Fonte: Autor

Peça: Eixo central

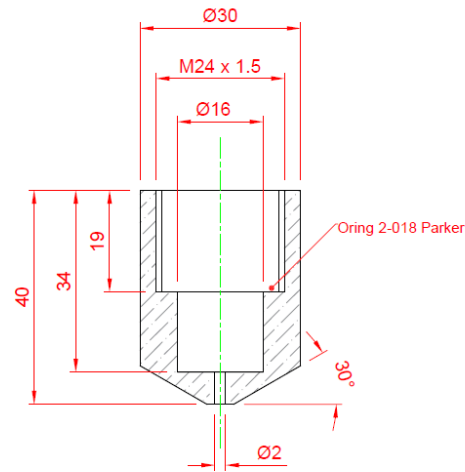
Quantidade: 2 peças

Material: Latão

Funcionalidade: Servirá como a haste deslizante para o deslocamento do Fluido, será fixado ao Cilindro Pneumático pra acompanhar o curso do Cilindro. Serve para controlar a comunicação entre a passagem e o Bico de Armazenamento

4.2.3 PEÇAS COMUNS PARA O DISPOSITIVO DA VERTICAL E HORIZONTAL

Figura 29 – Bico de Armazenamento da Cola



Fonte: Autor

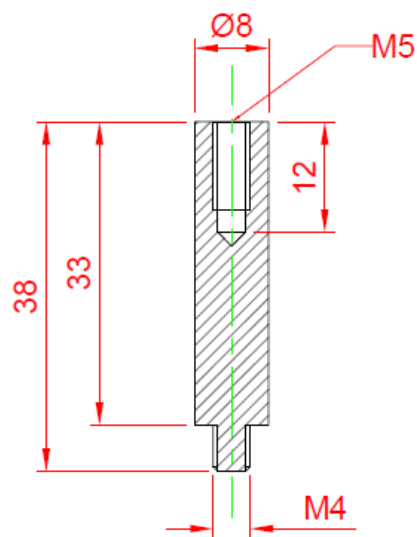
Peça: Bico de Armazenamento

Quantidade: 3 peças para o Aplicador da Vertical e 2 peças para o aplicador na Horizontal.

Material: Alumínio

Funcionalidade: Bico através do qual o Fluidos viscoso, como cola, será despejada sendo adequado para o aplicador.

Figura 30 – Espaçador



Fonte: Autor

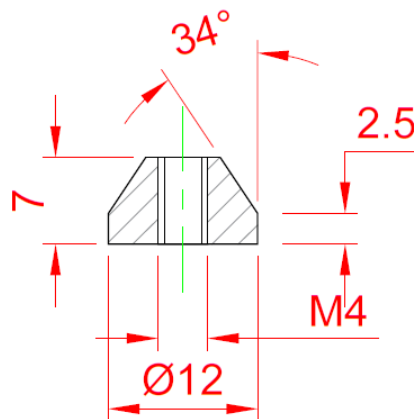
Peça: Espaçador

Quantidade: 6 peças para o Aplicador da Vertical e 4 peças para o aplicador na Horizontal.

Material: Latão

Funcionalidade: Serve se suporte entre o Cilindro Pneumático e o Corpo da Armazenamento da Cola.

Figura 31 – Ponta Tipo Cone



Fonte: Autor

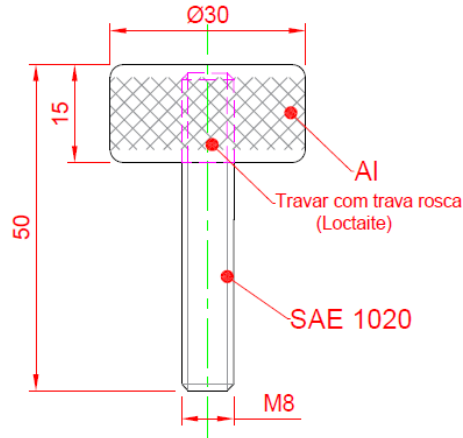
Peça: Ponta tipo Cone

Quantidade: 3 peças para o Aplicador da Vertical e 2 peças para o aplicador na Horizontal.

Material: Latão

Funcionalidade: Permitir a abertura e fechamento do orifício por onde passa a cola do Corpo de Armazenamento para o Bico que despejará a cola. Será fixada ao Eixo Central.

Figura 32 – Manipulo



Fonte: Autor

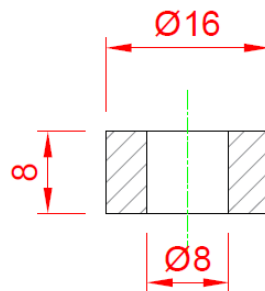
Peça: Manipulo

Quantidade: 3 peças para o Aplicador da Vertical e 2 peças para o aplicador na Horizontal.

Material: Aço SAE 1020, latão

Funcionalidade: Utilizado para fixação do suporte de regulagem na barra onde será fixado, sendo fácil de montar e desmontar, abrir e fechar manualmente.

Figura 33 – Bucha Vedação



Fonte: Autor

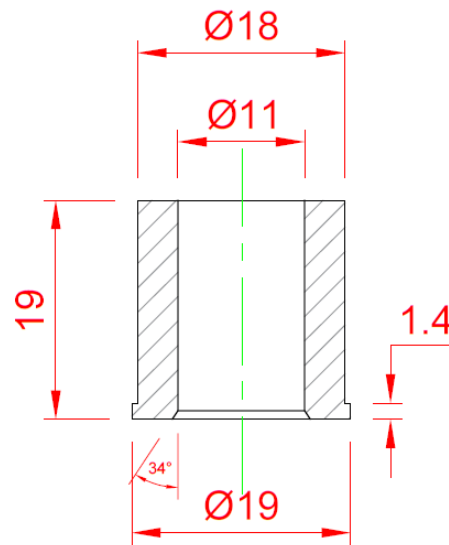
Peça: Bucha de Vedação

Quantidade: 3 peças para o Aplicador da Vertical e 2 peças para o aplicador na Horizontal.

Material: Plastiprene

Funcionalidade: Serve para vedar a saída da cola na Parte superior do corpo de armazenamento.

Figura 34 – Bucha Tipo Selo



Fonte: Autor

Peça: Bucha tipo Selo

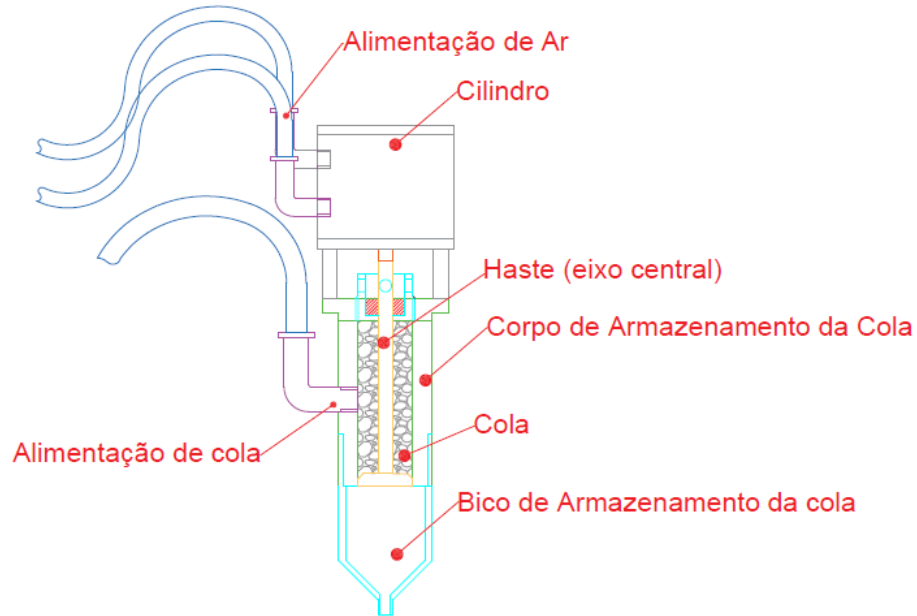
Quantidade: 3 peças para o Aplicador da Vertical e 2 peças para o aplicador na Horizontal.

Material: Plastiprene

Funcionalidade: A bucha tipo selo são peças cilíndricas que impedem e previnem o vazamento do Fluido, sendo utilizado na parte inferior do Corpo de Armazenamento da Cola.

4.3 Funcionamento do Dispositivo Aplicador de Cola Pneumático

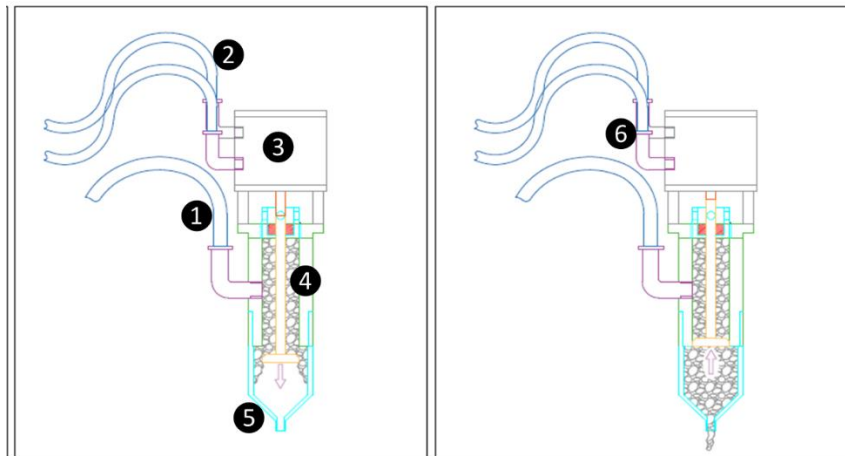
Figura 35 – Partes do Dispositivo Pneumático Aplicador de Cola



Fonte: Autor

O dispositivo Pneumático contém um Bico de Armazenagem da Cola sendo usado para descarregar fluido viscoso através dele, incluindo ao Corpo de Armazenamento da Cola tendo uma abertura de bocal, uma haste de válvula (Eixo Central) disposta na câmara de cola e tendo uma extremidade de ponta para abrir e fechar a abertura de bocal, um cilindro pneumático no qual um pistão se conecta a uma extremidade traseira do Corrediça da haste da válvula (Eixo Central), uma fonte de ar pressurizado para fornecer ar pressurizado para o cilindro através dos tubos de Conexão, e a Seção de vedação disposta entre a câmara de cola e o cilindro e formada com uma passagem através da qual a haste da válvula se move. A seção de vedação impede a comunicação entre a câmara de cola e o cilindro.

Figura 36 – Despejamento da Cola Pelo Dispositivo



Fonte: Autor

O corpo de armazenagem da cola é alimentado por um orifício (1). O cilindro de dupla ação (3) recebe a entrada de ar (2) fazendo com que a haste de válvula corrediça deslizável (4) se desloque verticalmente para baixo para abrir a passagem para a cola branca ser despejada no bico aplicador (5), assim que despejado a haste recua fechando a passagem da cola através da entrada de ar em (6). À medida que a Ponta tipo cone que constitui o corpo da válvula (eixo central) se move para a o Bico de Armazenamento tendo uma superfície cônica que deve estar em contato com o cone, quando uma válvula está sendo fechada, uma lacuna entre uma superfície cônica do cone e a superfície cônica da Ponta tipo cone da válvula é gradualmente diminuída e, a longo prazo, a superfície cônica faz contato com a superfície cônica da Ponta da válvula. Uma minoria de cola branca preenchido na lacuna acima mencionada escapa na direção oposta a uma direção na qual o corpo da válvula é fechado, enquanto a maioria de cola branca é comprimida em uma direção na qual o corpo da válvula (eixo central) é fechado. Como resultado, a pressão no Bico de Armazenamento vazio, formada entre o corpo da válvula (eixo central) e a abertura do bico é aumentada, aumentando assim a velocidade de descarga da cola branca a ser descarregado através da abertura do bico. Isso devido ao vácuo parcial na mesma. Por este meio, qualquer cola remanescente no bico após o término do fornecimento pela válvula corrediça será sugada do bico e para o canal pelo vácuo parcial. Serve para garantir que o fluxo de cola do Bico de Armazenamento seja completamente interrompido quando o fornecimento de cola ao mesmo for terminado

pela válvula (eixo central). Este arranjo tenderá a evitar que a cola, que foi deixada no bico após o término do fornecimento, pingue na superfície abaixo do bico e promoverá um início mais rápido de distribuição de cola do bico quando o fornecimento for retomado.

4.4 Escolha do Atuador Pneumático

A cola utilizada é o C-400 é uma emulsão de poliacetato de vinila modificado, cujo diluente é a base água com propriedades de alta coesão para colagem de cartucho sem tratamento ou verniz, papéis, papelão e madeira pode ser aplicado no sistema automático ou Semi automático e manual. A viscosidade da mesma é de 7,5 a 9,0 Pa.s, cor Branca. Logo para atuador escolhido não precisa exercer grandes forças, pois o fluído não é muito viscoso, e um cilindro de Dupla ação atende as necessidades da Aplicação. Conforme todas as pesquisas realizadas acima, foi possível escolher um melhor atuador para esta operação pois um cilindro pneumático de dupla ação é usado para converter ar comprimido em um movimento e/ou força para um determinado sistema. É de fácil compreensão e acesso.

4.4.1 CILINDRO DE DUPLA AÇÃO PARA O DISPOSITIVO NA VERTICAL

Atuador Pneumático Compacto

Figura 37 - Cilindro CD55B25-10



Fonte: <https://www.smc-pneumatics.com/CD55B25-10.html>

Cilindro de Dupla Ação operado a Ar, projetado para atender uma ampla gama de aplicações de Máquinas de Automação. Atinge um desempenho de carga excepcional devido aos amortecedores de borracha, Anel de desgaste do pistão e Bucha de Haste. A construção do Anel elástico permite uma manutenção fácil e rápida. Características:

Tabela 3: Características do Atuador Pneumático

Tipo	Pneumático (sem lubrificação) Com interruptor automático (Ímã embutido)
Ação	Dupla Ação, haste única
Fluido	Ar
Máxima Pressão de Operação	1.0 Mpa
Minina Pressão de Operação	0.05 Mpa
Velocidade do Pistão	50 á 500 mm/s
Estilo de Montagem	Orifício de passagem / ambas as extremidades roscadas comum (padrão)
Tamanho do Furo (Ø)	25 mm
Curso do Cilindro	10 mm

Fonte: Autor

4.5 Resultados

4.5.1 PRODUTIVIDADE

4.5.1.1 *Aplicação Manual*

Aplicação da cola branca na capa lateral da caixa acústica era realizada pelo operador. Nessa forma de aplicação a quantidade aplicada na capa depende da velocidade de aplicação e do acionamento da pistola, onde essas operações são determinadas pelo operador. Logo temos um alto índice de caixas que necessitam de limpeza, pois o movimento do operador não é uma constante. Operador também informava de dores na mão devido movimentos repetitivos na aplicação.

Figura 38 - Aplicação Manual na Horizontal



Fonte: Autor

Figura 39 - Aplicação Manual na Vertical



Fonte: Autor

Em um estudo de 4 dias foi possível analisar as perdas no Processo, conforme ilustrado na tabela 4:

Tabela 4: Relação de Quantidade produzida x Defeitos

DIA	1	2	3	4
PRODUÇÃO (peça)	870	900	1248	1200
DEFEITOS (Peça)	10	10	25	20
%	1,15	1,11	2,00	1,67

Fonte: Autor

Sendo:

Tabela 5: Tempo de Processo

Tempo Total do Posto	Tempo de Aplicação da cola
34seg	9 seg

Fonte: Autor

Quando há sujeira de cola e é necessário fazer a Limpeza do Capa Lateral

Tabela 6: Tempo gasto com Limpeza

Tempo gasto para limpeza de cola
10seg

Fonte: Autor

Aumentando assim o tempo de Produção e devido a isso o custo dessa operação é de **R\$ 1.843,54**

4.5.1.2 *Aplicação com o Dispositivo Aplicador de Cola*

Como a Aplicação da cola branca na capa lateral da caixa acústica será realizada automaticamente, constituído pelo sistema como um todo e por um aplicador pneumático. Garantido dessa forma uma aplicação uniforme, eliminando tempo desperdiçado na limpeza (10 segundos) e na aplicação da cola (9 segundo), e movimentos ergonômicos na mão do operador.

O tempo de Aplicação é de Acordo com a Velocidade do Motor que foi utilizado no Projeto, não dependendo do Aplicador de Cola.

A Pressão de Operação do sistema é de 0.8 MPa

Figura 40 - Aplicação com o Dispositivo na Vertical



Fonte: Autor

Figura 41 - Aplicação com o Dispositivo na Horizontal



Fonte: Autor

Logo o resultado obtido foi:

Tabela 7: Novo tempo do Processo

Tempo Total do Posto
26 seg

Fonte: Autor

Os objetivos atingidos foram:

1. Redução do tempo de aplicação;
2. Eliminação de movimentos que não agregam valores no produto (LIMPEZA);
3. Eliminação de movimento repetitivos (ergonomia);
4. Qualidade na aplicação da cola (uniforme).

Durante toda a Produção utilizando o Dispositivo Aplicador de cola foi possível notar uma crescente melhoria no processo. A inclusão do dispositivo projetado para operação intermitente de alta velocidade, com a aplicação de cola pelo aplicador sendo controlável para fornecer padrões de aplicação de cola repetidos ciclicamente

e podendo ser encerrada quando a operação do produto está parada, atingiu os objetivos além do esperado.

4.6 Custo Benefício

Levando em consideração o custo benefício do projeto, a meta de investimento por parte da empresa era de R\$ 5.000,00, com todo o projeto implementado, a meta foi do custo benefício foi atendida. Seu custo estimado em torno de R\$ 4.450, 00 levando frete e impostos. Onde 55% desse valor corresponde ao que foi gasto para realizar a montagem dos 5 Dispositivos Aplicadores de Cola, para o referido processo. Além do custo benefício para a implementação da aplicação deste projeto a sua manutenção também tem um baixo custo, o que foi apresentado no corpo deste trabalho, pois as peças para um dispositivo pneumático e instalação são de baixo custo e a Rentabilidade do ciclo de trabalho com o tempo. Caso no futuro o aplicador apresente problemas em sua funcionalidade as peças utilizadas são de baixo custo e são encontradas facilmente no mercado, além das peças serem robustos e possuírem grande durabilidade. Logo, considerando o fator investimento, podemos afirmar que o Projeto implementado atende os objetivos cumprindo todas as especificações do produto e processo.

5 CONCLUSÃO

Diante dos resultados apresentados, conclui-se que o Dispositivo Pneumático desenvolvido e implementado atingiu o objetivo de realizar as atividades por meio da atuação de Elementos da Pneumática, garantido a aplicabilidade da Cola na Capa Lateral da Caixa Acústica, e cumpriu as metas pré-definidas ou seja com o desenvolvimento deste dispositivo foi possível melhorar qualitativamente o processo de aplicação da cola, pois através de um atuador pneumático foi viável regular a dosagem da cola e reduzir o tempo de trabalho e recursos, tendo como resultado um sistema eficiente, de baixo custo e altamente produtivo para a empresa do Polo Industrial.

O foco deste projeto foi um sistema que otimizasse o processo de Aplicação de Cola Branca onde fosse viável regular a dosagem da cola, reduzir o tempo de trabalho e com recursos de baixo custo, fácil de ser alterado e possuindo um ótimo retorno produtivo. Apresentou fácil manuseio pelo operador e eficaz para o processo. Diminuindo assim a taxa de defeitos de forma eficiente, evitando que peças defeituosas chegam ao cliente final, causando transtornos para o cliente e para a empresa. Logo o papel do engenheiro diante dessa problemática é buscar a melhor solução tomando como base os conceitos que regem o projeto.

O engenheiro é responsável por analisar a viabilidade das soluções apresentadas, definir as estratégias de implementação, analisar os custos, tempo de implementação, o retorno para a empresa após o projeto implementado, dentre um leque de fatores. Durante o desenvolvimento e implementação de um projeto vários fatores devem ser levados em consideração, tornando assim indispensável a presença de um engenheiro durante todo o decorrer do projeto.

6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

COELHO, Pedro M. N. N. **Rumo à Indústria 4.0. Coimbra, Portugal: Universidade de Coimbra: 2016**

NORTON, Robert L. **Projetos de Maquinas: Uma Abordagem Integrada.** 4 ed. Porto Alegre/RS: Bookman,2013.1028p.

PAVANI, Sérgio Adalberto. **Comandos pneumáticos e hidráulicos / Sérgio Adalberto Pavani.** – 3. ed. – Santa Maria: Universidade Federal de Santa Maria: Colégio Técnico Industrial de Santa Maria, 2011, 182 p.: il.

CAMARGO, G. O. **Comandos Hidráulicos e Pneumáticos.** Florianópolis: Serviço Nacional de Aprendizagem Industrial - SENAI, SC, 2010. 113 p.

PARKER AUTOMATION. **Tecnologia Pneumática industrial.** São Paulo, 2000. Apostila M1001 BR.

SIMÕES, Roberto Mac Intye. **Sistemas hidráulicos e pneumáticos / Roberto Mac Intyer. Simões.** – Londrina: Editora e Distribuidora Educacional S.A., 2016. 244 p

ROMANO, Victor F.; DUTRA, Max S. **Introdução a robótica industrial.** 2009.

FIALHO Arivelto Bustamante. **Automação pneumática: Projetos Dimensionamento e Análise de Circuitos.** 2. ed. São Paulo: Editora Érica, 2003.

FESTO DIDACTIC. **Introdução a sistemas eletropneumáticos e eletro-hidráulicos.** São Paulo: Festo Didactic, 2001. 162 p

DE NEGRI, V. J., **Sistemas hidráulicos e pneumáticos para Automação e Controle Parte1 Princípios gerais da Hidráulica e Pneumática.** 2001, 24 p. (Doutorado em Engenharia Mecânica). Universidade Federal de Santa Catarina - UFSC. Florianópolis

MOREIRA, I. S. **Sistemas Pneumáticos.** SENAI-SP, São Paulo, SP, Brasil, 2008.

LAKATOS, MARCONI, 2008. **Metodologia científica.** 5.ed. São Paulo: Atlas, 2008.

GIL, A.C. **Métodos e Técnicas de Pesquisa Social**. 6º ed. São Paulo: Atlas, 2008.

ANDRADE, Maria Margarida de. **Introdução a Metodologia do Trabalho Científico**. 7ª Ed. São Paulo: Atlas, 2006. 172 p.

RUIZ, J.A. **Metodologia científica: guia para eficiência nos estudos**. 3.ed. São Paulo: Atlas, 1993.

MUGGE Tobias , DORNELES Viviane. **Pneumática Básica** - Escola Técnica Plínio Gilberto Kroeff-cetemp São Leopoldo 6 de outubro de 2008.

ANDRIGUETTO, Pedro Luís. **Pneumática Básica**, Volume II. Ijuí, RS, 2002

REIS, M. N. E., **Comandos hidráulicos e pneumáticos**. Belo Horizonte, 2004. Apostila PUCMG.

ANATRIELLO, Matheus. **CONTROLE DA VELOCIDADE DE UM ATUADOR PNEUMÁTICO LINEAR DE DUPLA AÇÃO VIA CLP** - Trabalho de Conclusão de Curso, 2017

VINADÉ, C., PEREIRA, E., DE NEGRI, V. J. **Métodos de projeto para automação pneumática (parte I)**. Revista ABHP, São Paulo, ano 19, n.112, p. 15-18, mai./jun 1999. (1999a)

BELAN, H. C. **Bancada Didática para Sistemas de Automação Pneumática**, Projeto de Fim de Curso. UFSC. Florianópolis, 2005.

ZHAO Ling, FAN Wei, PENG Guang-zheng,WANG Tao;**Experimental Investigation on the Vacuum Generated by Cylinder Exhaust System**[J];Chinese Hydraulics & Pneumatics;2009-05

KAWAKAMI, Y., Akao, J., Kawai, S., & Machiyama, T. (1988). **Some considerations on the dynamic characteristics of pneumatic cylinders**. **Journal of fluid control**, 19(2), 22-36.

Disponível em: <https://www.passeidireto.com/arquivo/76665343/manual-basico-pneumatica-e-hidraulica> Acesso em: 15 outubro 2020, 23:00h.

Ricardo Adriano dos santos – **apostila de pneumática**. Disponível em: <https://www.academia.edu/35513677/Apostila_de_Pneum%C3%A1tica 2020>. Acesso em: 9 outubro 2020, 16:00h.

Disponível em: <<https://www.mtibrasil.com.br/cilindro-pneumatico-sem-haste.php>>; Acesso em: 30 setembro 2020, 19:00h.

Disponível em: <https://www.academia.edu/31831917/Apostila_No%C3%A7%C3%B5es_de_Eletropneum%C3%A1tica_Conte%C3%BAdo_CAP%C3%8DTULO_01_PRODU%C3%87%C3%83O_DO_AR_COMPRIMIDO>. Acesso em: 15 outubro 2020, 22:00h.

Disponível em: <<http://www.fef.br/b/arquivos/manual-tcc-monografia-oficial.pdf>>, Acesso em: 03 outubro 2020, 20:00h.

Disponível em:<https://www.festo.com/cms/pt-br_br/4292.htm> Acesso em: 17 de OUT. 2020, 17:00h

Disponível em:<<https://www.smc-pneumatics.com/CD55B25-10.html>> Acesso em: 01 de JUN. 2021, 14:00h.