

CENTRO UNIVERSITÁRIO DO SUL DE MINAS UNIS/MG
ENGENHARIA MECÂNICA
IGOR DE JESUS COELHO

**DESENVOLVIMENTO DE UMA PRENSA PNEUMÁTICA PARA FABRICAÇÃO E
ESTAMPAGEM DE BOTÕES PARA ESTOFADOS**

Varginha
2019

IGOR DE JESUS COELHO

**DESENVOLVIMENTO DE UMA PRENSA PNEUMÁTICA PARA FABRICAÇÃO E
ESTAMPAGEM DE BOTÕES PARA ESTOFADOS**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao curso de Engenharia Mecânica do Centro Universitário do Sul de Minas como pré-requisito para obtenção do grau de bacharel em Engenharia Mecânica, sob a orientação do professor Esp. Antônio Vital Lara Júnior.

Varginha

2019

IGOR DE JESUS COELHO

**DESENVOLVIMENTO DE UMA PRENSA PNEUMÁTICA PARA FABRICAÇÃO E
ESTAMPAGEM DE BOTÕES PARA ESTOFADOS**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao curso de Engenharia Mecânica do Centro Universitário do Sul de Minas como pré-requisito para obtenção do grau de bacharel em Engenharia Mecânica, sob aprovação da banca examinadora:

Aprovado em / /

Antônio Vital Lara Júnior

Professor

Professor

OBS.:

DEDICATÓRIA

Dedico este trabalho a minha família e todos aqueles que contribuíram para sua realização, pois quando estamos acompanhados de pessoas boas, nos tornamos cada vez melhores.

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus, aos professores e aos amigos. Foi de suma importância a presença de cada um na construção deste trabalho.

“O insucesso é apenas uma oportunidade para
começar com mais inteligência.”

Henry Ford

RESUMO

O presente trabalho consiste em avaliar um processo de produção e estampagem de botões em uma indústria moveleira. A estampagem de botões se faz necessário para atribuir o acabamento de almofadas, que são comercializadas juntamente com os estofados fabricados. O principal objetivo do projeto é a implementação de um sistema pneumático em uma empresa para substituir a prensa mecânica que é utilizada atualmente para a estampagem dos botões. O projeto demanda um baixo custo financeiro para ser implantado, pelo fato de ser um sistema simples e que para o seu desenvolvimento, a maioria dos materiais a serem utilizados se encontram disponíveis no almoxarifado da empresa. Após sua implantação, será possível suprir todas as necessidades do processo e conseqüentemente, obter alguns benefícios, tais como: ergonomia na execução do processo; uniformidade da peça; qualidade no produto; ganho elevado de produção e redução de custo. Além disso, o projeto visa melhorar os processos de *setup* e *start*, reduzir o esforço físico executado pelo colaborador e o desperdício de matéria prima, ocorrido através do refugo.

Palavras-chave: Prensa. Pneumática. Estampagem

ABSTRACT

The present work consists in evaluating a button production and printing process in a furniture industry. Button embossing is required to assign the finishing of pads, which are traded together with the manufactured upholstery. The main objective of the project is the implementation of a pneumatic system in a company to replace the mechanical press that is currently used for button embossing. The project demands a low financial cost to be implemented, because it is a simple system and for its development, most of the materials to be used are available in the company's warehouse. After its implementation, it will be possible to meet all the needs of the process and consequently, obtain some benefits, such as: ergonomics in the process execution; uniformity of the piece; quality in the product; high production gain and cost reduction. In addition, the project aims to improve the setup and start processes, reduce the physical effort performed by the employee and the waste of raw material that occurs through scrap.

Keywords: *Press. Pneumatic. Stamping.*

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Tipos de compressores.....	20
Figura 2 - Simbologia, compressor.	20
Figura 3 - Dispositivos utilizados na produção de ar comprimido.....	22
Figura 4 - Rede de circuito aberto.	23
Figura 5 - Rede de circuito fechado.....	23
Figura 6 -Tubulação pneumática.	24
Figura 7 - Lubrefil.	25
Figura 8 - Cilindro pneumático.	27
Figura 9 -Tipos de acionamento.	30
Figura 10 - Prensa manual balancim N° 6.	31
Figura 11 - Peças da matriz de estampagem.....	32
Figura 12 - Matriz de estampagem montada	33
Figura 13 - Parte superior do botão estampado.	34
Figura 14 - Parte inferior do botão estampado.	35
Figura 15 - Pano para ser estampado no botão.....	35
Figura 16 - Botão estampado.....	36
Figura 17 - Layout onde o projeto será instalado.	39
Figura 18 - Circuito pneumático.....	40
Figura 19 – Prensa antes e depois das melhorias.....	48

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Conversões de unidades.	18
Quadro 2 - Simbologia para lubrificação.....	25
Quadro 3 - Atuadores lineares básicos.	27
Quadro 4 - Fatores de correção.....	28
Quadro 5 - Comprimento de flambagem.....	29
Quadro 6 - Simbologias de válvulas pneumáticas.....	30
Quadro 7 - Ficha técnica prensa mecânica manual.	32
Quadro 8 - Ficha técnica matriz de estampagem.....	33
Quadro 9 - Materiais para a construção do circuito pneumático.....	41
Quadro 10 - Projeção de despesas financeiras e econômicas.....	43
Quadro 11 - Informações sobre o projeto.....	44
Quadro 12 - Despesas financeiras e econômicas apuradas.....	46

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	14
2 PNEUMÁTICA, CONTEXTO HISTÓRICO.....	16
2.1 Característica comportamental do ar	17
2.2 Produção de ar comprimido	19
2.3 Procedimentos para escolha adequada do compressor	20
2.3.1 Instalação e localização dos compressores de ar	21
2.4 Preparação do ar comprimido	21
2.5 Redes de distribuição do ar comprimido.....	22
2.6 Condicionamento de ar	24
2.6.1 Filtro	25
2.6.2 Válvula reguladora de pressão.....	26
2.6.3 Lubrificador	26
2.7 Atuadores Pneumáticos	26
2.7.1 Dimensionamento dos atuadores lineares.....	28
2.8 Componentes de controle direcional de fluxo	29
3 PROCESSO DE FABRICAÇÃO E ESTAMPAGEM DOS BOTÕES	31
3.1 Equipamentos e materiais utilizados no processo	31
3.1.1 Prensa	31
3.1.2 Componentes da matriz de estampagem	32
3.1.3 Matriz de estampagem montada	33
3.1.4 Botão superior	34
3.1.5 Botão inferior.....	34
3.1.6 Pano de estampagem	35
3.1.7 Produto acabado	36
3.2 Procedimentos de estampagem.....	36
3.2.1 Etapas da prensa manual	36
3.2.2 Etapas da prensa pneumática	37
3.3 Layout onde o projeto será instalado	38
4 METODOLOGIA.....	40
4.1 Elaboração do circuito pneumático	40
5 DIMENSIONAMENTO DA PRESSÃO NA LINHA DE PRENSAGEM	42
6 VIABILIDADE TÉCNICA E ECONÔMICA/FINANCEIRA	43
6.1 Orçamento.....	43
6.1 Viabilidade do projeto.....	43
7 RESULTADOS E DISCUSSÃO	46
7.1 Despesas apuradas no projeto.....	46
7.2 Payback	46

8 CONCLUSÃO.....48

REFERÊNCIAS49

1 INTRODUÇÃO

A prensa é um dispositivo que foi desenvolvido com a função de comprimir ou achatar objetos, dentre outras funções. As prensas caracterizam-se como pneumática, hidráulica ou mecânica, com a finalidade de reduzir em forma e tamanho os diversos tipos de materiais.

Atualmente, existem processos industriais, como a estampagem de botões, que utilizam a prensa mecânica para realizar o trabalho, porém em alguns casos elas não oferecem eficiência o bastante para cobrir a demanda do mercado e conseqüentemente deixam de atender alguns quesitos de produção, ergonomia e qualidade. A implementação de uma prensa contendo um sistema pneumático, irá auxiliar esse processo, incrementando alguns pontos de melhorias para que seja possível reduzir e até mesmo anular essas ineficiências causadas pela prensa mecânica.

O objetivo geral do projeto é substituir a prensa mecânica por uma prensa que contenha um sistema pneumático visando otimizar a produção e estampagem de botões. A partir deste momento, pode-se prever alguns benefícios como a redução de custo, maior ergonomia para o operador da prensa, aumento de uniformidade na peça que está sendo realizado o trabalho e por fim, um produto com maior qualidade para o cliente final.

No projeto, a implementação visa que haja menos esforço físico do colaborador na hora da execução, evitando assim o risco ergonômico e esforço repetitivo, pois tais fatores a longo prazo podem ser fundamentais para que ocorram lesões ao colaborador, prejudicando a sua saúde e estado físico. Tendo em vista que na maioria das vezes outros processos são dependentes do processo de estampagem, a prensa pneumática irá auxiliar na redução de tempo da peça a ser estampada, não só otimizando o processo em si, como outros processos da empresa que estão vinculados ao processo de fabricação e estampagem dos botões.

Por abranger de uma maneira geral a relação entre empresa, colaborador e cliente final, esse processo deve ocorrer da maneira mais simples e eficiente possível. Quando se tem uma produção mais ativa e organizada, onde seja possível o colaborador executar suas atividades de forma mais adequada, sem riscos e conseqüentemente, sem comprometer sua saúde, obtém-se um produto com maior qualidade, para que a empresa possa distribuí-lo em tempo hábil e gerando uma satisfação maior ao cliente final.

Para avaliar os dados do projeto, utilizou-se de uma metodologia qualitativa e quantitativa, sendo avaliada as questões que envolvem o processo de fabricação e estampagem dos botões. Na pesquisa foi analisado as condições de serviço, ergonomia, tempo, produtividade e fatos que implicam diretamente nesse processo. Para avaliar as condições de operação, foram

realizadas visitas de campo para aplicação de dois *checklists* de verificação, sendo um sobre a função do operador e o outro sobre a prensa.

2 PNEUMÁTICA, CONTEXTO HISTÓRICO

A exploração e utilização das forças da natureza sempre influenciou a humanidade a desenvolver mecanismos capazes de captar e direcionar os mais diversos tipos de energia para auxiliar nas tarefas do dia-a-dia.

No século III, a. C. o matemático e cientista chamado Ctesibios, fundou uma escola destinada para projetar e efetuar experimentos mecânicos avançados para a época, onde foi possível criar uma máquina impulsionada por ar comprimido, por isso esse matemático é considerado precursor das técnicas de comprimir o ar (PARKER HANNIFIN, 2009).

Posteriormente, no século III d.C., um estudioso chamado Hero, desenvolveu pesquisas para analisar dois volumes, um contendo ar comprimido e outro com vácuo; no entanto a falta de instrumentos e investimentos fez com que os resultados obtidos não fossem aplicados de maneira prática (PARKER HANNIFIN, 2009).

Por um extenso período, o estudo acerca da energia advinda do ar comprimido ficou relativamente paralisado, sendo retomando entres os séculos XVI e XVII, nessa mesma época viviam os grandes cientistas que desenvolveram fundamentos e conceitos que perduram até na atualidade. Destaca-se como grande contribuição para as tratativas com ar comprimido os físicos: Leibinz, Huyghens, Papin e Newcomem sendo-os considerados os desenvolvedores da física experimental (PARKER HANNIFIN, 2009).

A etimologia do termo pneumática deriva-se do grego, sendo oriunda da palavra *pneumos* ou *pneuma*, podendo ser traduzida de maneira literal como respiração ou sopro. Logo a pneumática é caracterizada por ser uma das vertentes da engenharia que concentra as atividades estudando o comportamento dos dinâmicos dos gases ou vácuos. Pneumática, também possui a função de estudar as conservações e transformações de energia mecânica e trabalhos exercidos pelos gases em acionamentos e comandos (PARKER HANNIFIN, 2009; UNIVERSIDADE DO ESTADO DO RIO DE JANEIRO, 2012).

Destaca-se que em meados do século XIX o ar comprimidos passou a ser utilizado em aplicações industriais, onde foi possível direcionar essa forma de energia para executar funções que eram realizadas de maneira braçal, esse avanço está diretamente relacionado com a necessidade de aumentar a produção e também com a criação de cilindros pneumáticos fabricados com materiais de melhor qualidade atribuindo maior vida útil para os componentes (PARKER HANNIFIN, 2009; UNIVERSIDADE DO ESTADO DO RIO DE JANEIRO, 2012).

2.1 Característica comportamental do ar

O entendimento dos sistemas pneumáticos, deve ser inicialmente compreendido pelas características do fluido empregado nesses sistemas, apesar de insípido, inodoro e incolor, percebe-se o ar através dos ventos, aviões e pássaros que nele flutuam e se movimentam (PARKER HANNIFIN, 2009).

Abundante na atmosfera e composto por 78% de oxigênio, 21% de nitrogênio e 1% de outros gases, o ar, assim como todos fluidos gasosos, consegue preencher qualquer volume adquirindo a forma do recipiente, essa peculiaridade dos gases os tornam fluidos compressíveis sendo capazes de reduzir e expandir para conformar de acordo com a geometria do compartimento (SILVA, 2002).

Logo é destacado as principais características físicas do ar:

- a) compressibilidade ou capacidade de reduzir o volume ao ser submetido a forças de compressão;
- b) elasticidade ou capacidade de retornar ao volume inicial quando cessado a força de compressão;
- c) difusibilidade ou capacidade que o ar possui de misturar-se de forma homogênea com outros gases não saturados;
- d) expansibilidade ou capacidade de adquirir qualquer formato (PARKER HANNIFIN, 2009).

Baseando-se nos comportamentos dos gases perfeitos tendo como referência as leis de Boyle-Mariotte, Charles e Gay Lussac, apresenta-se a Equação 1, cuja finalidade é identificar a relação entre pressão, volume e temperatura, logo para manter maior qualidade no funcionamento de atuadores pneumáticos deve-se efetuar tratamentos específicos no fluido de trabalho

$$\frac{P_1 \cdot V_1}{T_1} = \frac{P_2 \cdot V_2}{T_2} \quad (1)$$

Onde:

P_1 = pressão inicial [Pa];

P_2 = pressão final [Pa];

V_1 = volume inicial [m³];

V_2 = volume final [m³];

T_1 = temperatura inicial [K];

T_2 = temperatura final [K].

Confere-se ao ar, a propriedade de ser altamente compressível quando submetido a uma força, ao enclausurar o ar em recipientes hermeticamente fechados relata-se que todas as paredes de retenção estarão sendo submetidas a iguais pressões em todas as direções geométricas. De acordo com o princípio desenvolvido por Blaise Pascal, a pressão exercida em um líquido confinado em forma estática atua em todos os sentidos e direções, com a mesma intensidade, exercendo forças iguais em áreas iguais (PARKER HANNIFIN, 2009).

Essa constatação definida por Pascal, deu origem a Equação 2 apresentada a seguir:

$$P = \frac{F}{A} \quad (2)$$

Onde:

P = pressão [Pa];

F = força [N];

A = área [m²].

Apesar da unidade de medida de pressão ser mensurada em pascal pelo sistema internacional, na pneumática opta-se em mensurar as pressões em bar, o Quadro 01 apresenta algumas unidades utilizadas para mensurar pressão.

Quadro 1 - Conversões de unidades.

Unidades de medida	Equivalências	
kgf/cm ² lbf/po ² psi	1 kgf/cm ²	14,22 lbf/po ² 0,98 bar 10 m.c.a 0,968 atm
psig * bar	1 atm	1,083 kgf/cm ² 14,7 psi 1 bar
atm kPa	1 bar	1,083 kgf/cm ² 14,51 psi 100 kPa
N/m ²	1 N/m ²	0,0001 kgf/cm ²
pcm cfm scfm	1 pé ³ /min	28,32 l/min
pés ³ /min Nm ³ /min m ³ /min	1m ³ /min	1000 l/min 35,32 pés ³ /min 264,17 gal/min
l/min dm ³ galão	1 dm ³ /min 1 galão/min	1 l/min 3,78 l/min

* g = (GAUGE) é a pressão manométrica (lida no manômetro).

Fonte: (PARKER HANNIFIN, 2009).

2.2 Produção de ar comprimido

A captação e pressurização do ar é efetuada por máquinas denominadas como compressores, cuja função é basicamente aumentar a pressão de um volume de ar pré-definido pela capacidade da máquina, contudo os compressores admitem em condições atmosféricas, até atingir uma pressão projetada para atender as atividades que demandam o emprego de ar comprimido, tipicamente, ar comprimido em um sistema pneumático, desenvolve os trabalhos de: puxar, empurrar ou possibilitar funcionamento de máquinas rotativas (PARKER HANNIFIN, 2009; STEWART, 2011).

Os compressores industriais são caracterizados por dois princípios elementares, tendo as seguintes classificações: compressores volumétricos ou de deslocamento positivo e compressores dinâmicos ou turbocompressores.

Para os compressores volumétricos a elevação da pressão é efetuada através da redução do volume ocupado pelo fluido gasoso tendo o seguinte ciclo de funcionamento:

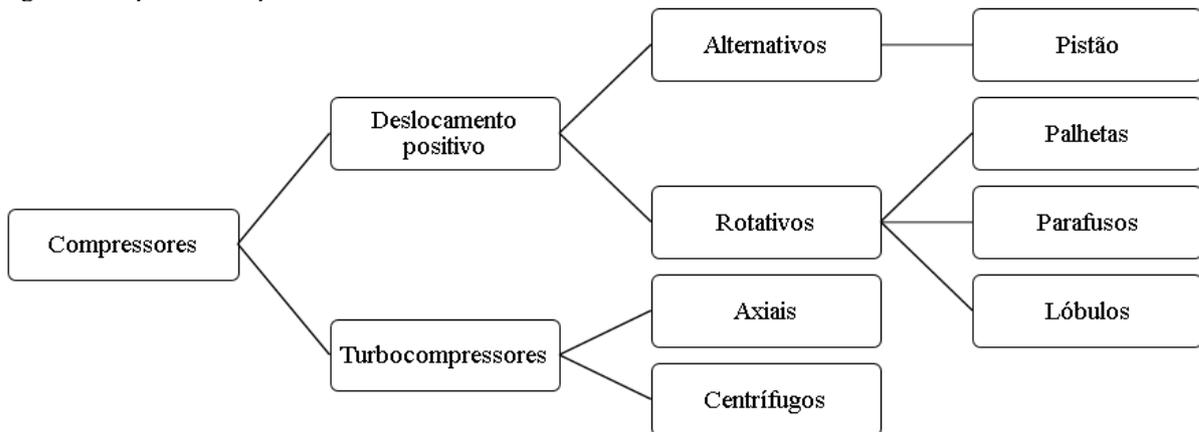
- a) admissão do gás para o interior da câmara compressora;
- b) vedação total do gás admitido para a câmara, efetuando a redução do volume de ar;
- c) abertura controlada da câmara possibilitando aproveitar a energia adquirida pelo gás (FIALHO, 2005).

Logo o processo de comprimir o ar é definido como um sistema intermitente e a compressão ocorre em um sistema fechado sem possuir qualquer contato com a sucção e descarga (FIALHO, 2005).

Os turbocompressores são constituídos por dois componentes essenciais para a ocorrência de funcionamento, sendo-os: impelidor e difusor. O impelidor é constituído por pás que efetuam a transferência de energia cinética, recebida pelo acionador, para o gás, na maioria das aplicações a energia dos acionadores são oriundas de motores elétricos ou motores de combustão interna. Já o componente difusor não executa movimento rotativo, porém possui a função de transformar toda a energia cinética, constante no fluido gasoso, em entalpia e como consequência consegue-se o aumento de pressão (FIALHO, 2005).

Aplicações industriais, na maioria das vezes optam por utilizar os seguintes tipos compressores: alternativos ou de pistão, de palhetas, de parafusos, de lóbulo, centrífugos ou axiais (FIALHO, 2005). O diagrama apresentado na Figura 01 explica as divisões e subdivisões dos tipos compressores popularmente utilizados.

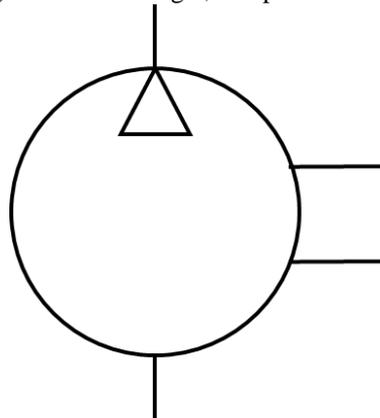
Figura 1 - Tipos de compressores.



Fonte: adaptado de (FIALHO, 2005).

Em projetos de circuitos pneumáticos os compressores de fluxo contínuos são apresentados pela simbologia denotada pela Figura 02.

Figura 2 - Simbologia, compressor.



Fonte: adaptado de (FIALHO, 2005).

2.3 Procedimentos para escolha adequada do compressor

O dimensionamento de sistemas pneumáticos deve ser iniciado a partir da carga demanda em consonância com a previsibilidade de expansão da utilização, nessa etapa é ponderado os custos de aquisição de equipamentos com maior ou menor capacidade. Pode-se adotar a seguinte sequência:

- a) verificação de volume de ar fornecido pelo compressor;
- b) verificação de volume de ar efetivo em função do rendimento dos compressores;
- c) verificação de pressão de regime, ou pressão no reservatório;

d) pressão de trabalho pressão de linha (FIALHO, 2005).

2.3.1 Instalação e localização dos compressores de ar

Além dos aspectos técnicos envolvidos no dimensionamento, ao instalar um compressor deve-se atentar para possíveis inconvenientes que podem ocorrer durante a vida útil desse equipamento, despesas inerentes as manutenções já podem ser esperadas, visto que máquinas rotativas possuem desgastes, porém esse custo de operação pode ser amplificado quando se instala compressores em localidades que capazes de dificultar o acesso ou possuem agentes nocivos para a máquina (STEWART, 2011).

Compressores devem, preferivelmente, serem instalados em locais de fácil acesso, porém capaz de neutralizar o acesso de pessoas que não compõem a operação ou manutenção desses equipamentos; instrui-se que os compressores sejam abrigados em locais fechados e com portas de acesso com grandes dimensões para facilitar a movimentação de peças e componentes ou mesmo o transporte do próprio compressor, outro aspecto relevante encontra-se na estrutura de sustentação dos compressores haja vista que em muitas ocasiões a massa dos compressores podem exceder a 1000 kg (STEWART, 2011).

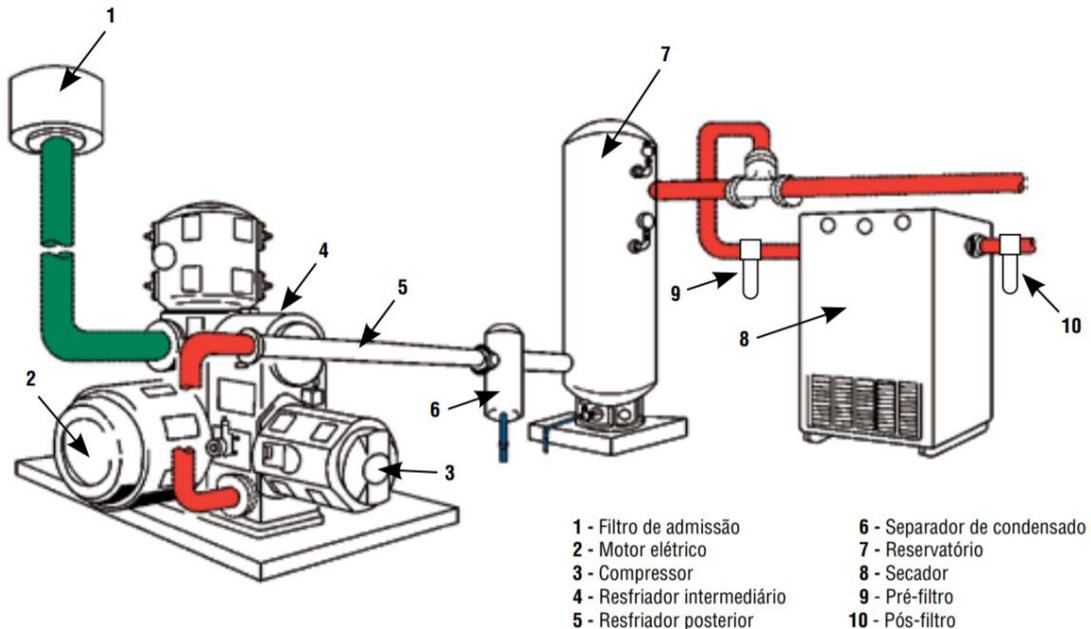
Atenta-se também pela forma construtiva da captação do ar, o duto ou tomada de ar deve ser instalado, quando possível, na parte exterior da edificação, para não captar o ar quente existente na sala de compressores, o ponto de captação deve ser instalado em um ponto fresco ou a sombra, desde que não sejam próximos a lugares úmidos. É recomendado que o ponto de sucção de ar seja instalado a aproximadamente 3,5 m do solo, essa altura é necessária para evitar a admissão sujidades para os elementos de compressão, ainda se tratando da captação de ar, em situação onde exista fumos, pó de farinha, areia ou qualquer tipo de particulado em suspensão deve-se utilizar filtros que detenham essas impurezas (STEWART, 2011).

2.4 Preparação do ar comprimido

Por se tratar de ar atmosférico rico em impurezas e umidades, deve-se efetuar os tratamentos preliminares do ar comprimido antes de alimentar qualquer dispositivo pneumático para realizar trabalho.

A preparação do ar denotada na Figura 03, apresenta os principais componentes necessários para possibilitar o melhor funcionamento tanto o compressor quanto da linha pneumática (PARKER HANNIFIN, 2009).

Figura 3 - Dispositivos utilizados na produção de ar comprimido.



Fonte: (PARKER HANNIFIN, 2009).

O modelo de preparação do ar exposto pela Figura 03, nem sempre é aplicado na prática pois em sistemas pneumáticos de pequeno porte opta-se por compressores com menores capacidades e com o reservatório agregado na estrutura.

2.5 Redes de distribuição do ar comprimido

A rede de distribuição de ar comprimido compreende todas as tubulações que saem do reservatório, passando pelo secador e que, unidas, orientam o ar comprimido até os pontos individuais de utilização (PARKER HANNIFIN, 2009).

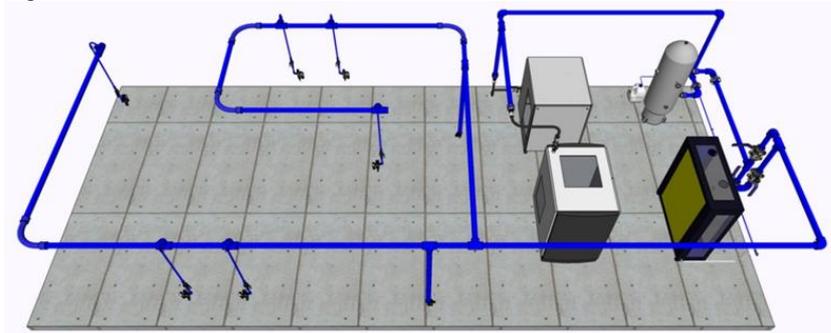
Ao realizar a instalação e disposição das redes de ar comprimido deve-se atentar para algumas variáveis que podem impactar negativamente a alimentação dos atuadores ou máquinas dependentes de ar comprimido. O projeto de redes de distribuição deve ser efetuado inicialmente verificando quais pontos da empresa deverá passar a rede, bem como quantos pontos necessitarão de alimentação e em quais localidades existem a possibilidade de expansão. (FIALHO, 2005).

Com essas premissas definidas pode-se escolher qual o modelo de rede mais indicado para a aplicação sendo-os: rede de circuito aberto e rede de circuito fechado.

A Figura 04 apresenta um modelo de circuito aberto, o modelo de distribuição em circuito aberto, é indicado para situações em que se deseja abastecer pontos isolados ou

distantes, nessa disposição ar flui de maneira unidirecional e apresenta não uniformidades em todos os pontos (FIALHO, 2005).

Figura 4 - Rede de circuito aberto.



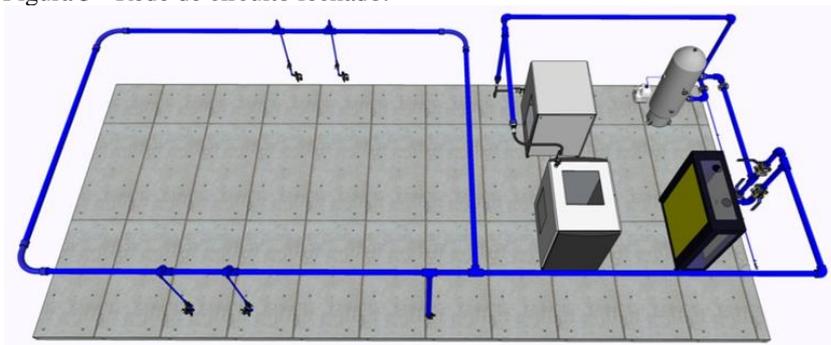
Fonte: (THEMES, 2017).

Implantado na maioria das indústrias, os sistemas de rede de circuito fechado apresentam maiores benefícios sobre as redes de circuito aberto, podendo elenca-los das seguintes formas:

- a) distribui por toda extensão do recinto;
- b) apresenta maior facilidade quanto a instalação de novos pontos de tomada de ar;
- c) apresenta uniformidade de pressão em todos os pontos (FIALHO, 2005).

Na Figura 05 tem-se um desenho esquemático de um sistema de distribuição de circuito fechado.

Figura 5 - Rede de circuito fechado.



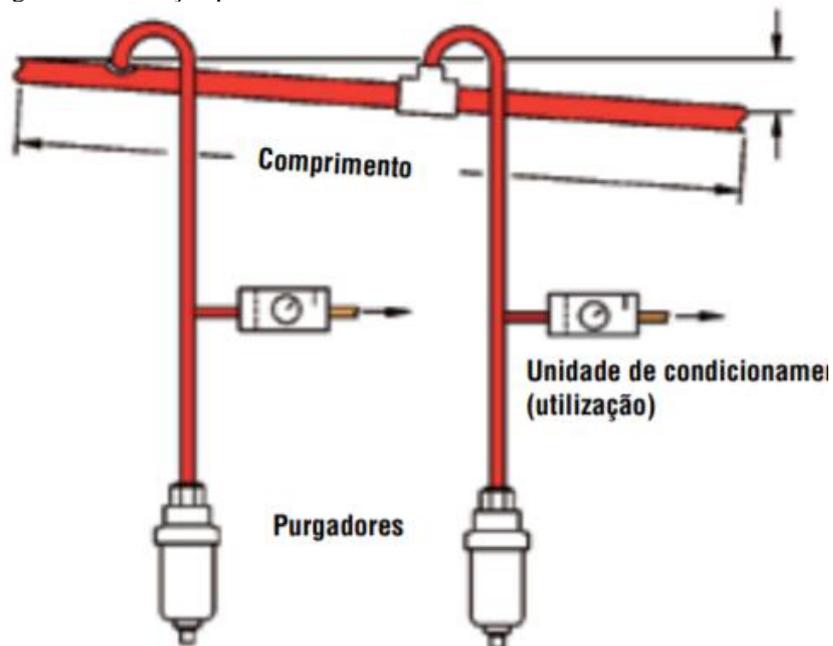
Fonte: (THEMES, 2017).

Seja qual for o modelo adotado, orienta-se que seja instalado registros de em cada ponto de tomada visando facilitar qualquer intervenção para manutenção, sem que interfira no funcionamento das máquinas adjacentes.

Outro aspecto a ser abordado, encontra-se na inclinação do tronco principal que deve estar entre 0,5 e 2%, a forma de retirada de ar da linha principal também é de grande relevância

sendo que: toda tubulação de tomada de ar deve ser posicionada na parte superior do tubo principal, dessa forma evita-se que o condensado da linha atinja os atuadores (FIALHO, 2005;PARKER HANNIFIN, 2009). A Figura 06 apresenta a inclinação da linha principal e também o correto posicionamento dos tubos de saída secundária.

Figura 6 -Tubulação pneumática.



Fonte: (PARKER HANNIFIN, 2009).

2.6 Condicionamento de ar

Passado as etapas de produção, processo, tratamento e distribuição é feito um último condicionamento para certificar que o fluido atenda aos requisitos mínimos capazes de proporcionar maiores desempenhos dos equipamentos. Têm-se o beneficiamento divididos nas seguintes etapas: filtragem, regulação de pressão, inserção de óleo lubrificante (PARKER HANNIFIN, 2009).

A unidade de condicionamento instalada nos equipamentos pode garantir melhores performances nos equipamentos no ponto de vista pneumático pois evitam desgastes, sobrepressões e também auxilia na retira de condensados (PARKER HANNIFIN, 2009).

O componente denominado lubrefil normalmente possui todas as funções necessárias melhorar a qualidade do ar comprimido conforme é mostrado na Figura 07.

Figura 7 - Lubrefil.



Fonte: (MAQUINAS, 2017).

Em projetos de circuitos pneumáticos a simbologia mais adotada para representar o lubrefil é apresentada pelo Quadro 02.

Quadro 2 - Simbologia para lubrefil.

<p>Símbolo detalhado</p>	
<p>Símbolo simplificado</p>	

Fonte: adaptado de (PARKER HANNIFIN, 2009).

2.6.1 Filtro

O filtro atua na retenção de partículas sólidas e líquidas, efetuando a pré-eliminação por rotação do ar gerando uma força centrífuga fazendo com que as impurezas se choquem na parede do filtro perdendo energia cinética e conseqüentemente desçam para o dreno. A

eliminação fina é efetuada pelo elemento filtrante que possui porosidade entre 30 e 70 μm . Na carcaça dos filtros tem-se um dreno para eliminação de água (SILVA, 2002).

2.6.2 Válvula reguladora de pressão

O controle da pressão aplicada em certos componentes pneumáticos deve ser rigorosamente controlado, haja vista que em determinadas situações as máquinas foram projetadas para baixas pressões, isso implica que os reguladores devem ser de alta confiabilidade.

De acordo com Parker Hannifin, 2009 p. 34 “os reguladores foram projetados para proporcionar uma resposta rápida e uma regulação de pressão acurada para o maior número de aplicações industriais. O uso do diafragma especialmente projetado resulta em um aumento significativo da vida útil do regulador, proporcionando baixos custos de manutenção.”

Silva, 2002 p. 40 afirma que “essa válvula tem a função de manter constante a pressão no equipamento. Ela somente funciona quando a pressão a ser regulada for inferior que a pressão de alimentação da rede. Assim essa válvula pode reduzir a pressão, mas jamais aumentá-la.”

2.6.3 Lubrificador

Equipamentos pneumáticos precisam ser lubrificados para perdurar a vida útil reduzindo o atrito entre os componentes, tem-se diversos anéis *orings* atritando diretamente com peças metálicas para garantir a total vedação do sistema.

De acordo com Parker Hannifin, 2009 p. 38 “predominam os lubrificantes à base de petróleo, porém está havendo um incremento na utilização dos óleos sintéticos. Os óleos pertencem a três classes principais: parafínicos, naftênicos e aromáticos”.

2.7 Atuadores Pneumáticos

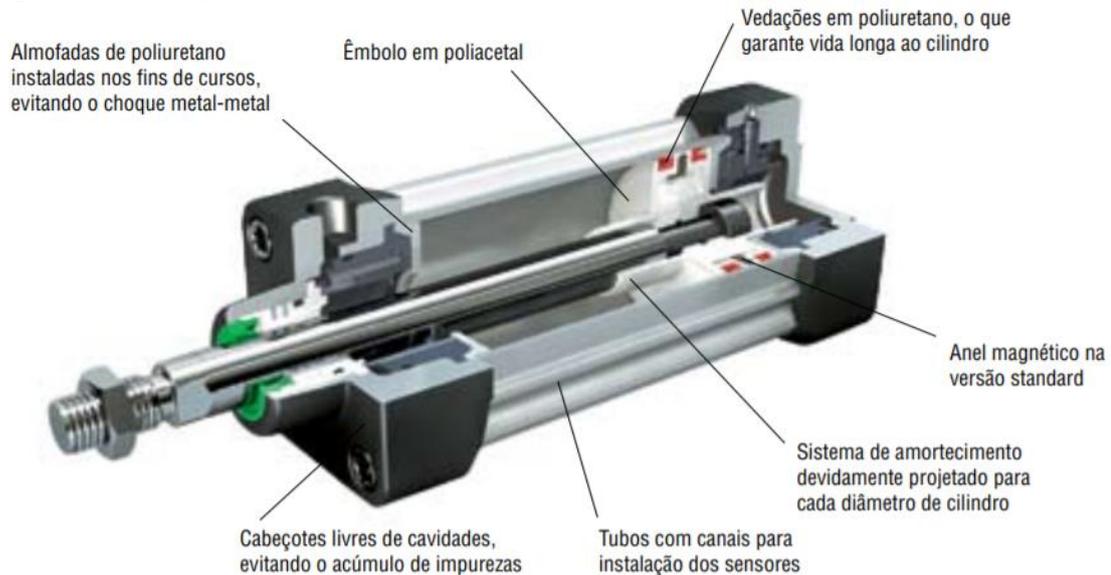
Define-se atuadores como elementos mecânicos capazes de efetuar movimentos retilíneos ou rotativos, transformando energia cinética produzida pelo ar pressurizado em trabalho mecânico (FIALHO, 2005).

Conhecido simplesmente por cilindro pneumáticos os atuadores lineares são constituídos de componentes que convertem a energia pneumática em movimento linear ou

angular. Dependendo da natureza dos movimentos, velocidade, força, curso, haverá um mais adequado para a função (PARKER HANNIFIN, 2009).

A Figura 08 apresenta as principais características construtivas de um atuador linear.

Figura 8 - Cilindro pneumático.



Fonte: (PARKER HANNIFIN, 2009).

No mercado tem-se disponível vários tipos de atuadores lineares, sendo-os classificados por de acordo com as simbologias apresentadas no Quadro 03, tais representações simplificadas são utilizadas na elaboração de projetos de circuitos pneumáticos.

Quadro 3 - Atuadores lineares básicos.

Denominação	Uso do equipamento, explanação sobre o símbolo	Símbolo
Cilindros de simples efeito ou ação	Cilindro no qual o fluido pressurizado atua sempre em um único sentido do seu movimento (avanço ou retorno).	
Retorno por força não definida (Ex. força externa)	Símbolo geral quando o método de retorno não é especificado.	
Retorno por mola		
Avanço por mola		
Cilindro de duplo efeito ou ação	Cilindro no qual o fluido pressurizado opera alternadamente em ambos os sentidos de movimento (avanço e retorno).	
Com haste simples		
Com haste dupla		

Fonte: adaptado de (PARKER HANNIFIN, 2009).

2.7.1 Dimensionamento dos atuadores lineares

Cilindros pneumáticos, na maioria das aplicações exercem esforço no ato de expansão da haste, contudo forças de atrito estão inerentes a essa fase sendo necessário determinar a força de projeto requerida para a realização do trabalho (FIALHO, 2005).

O diâmetro de cilindro requerido pode ser obtido aplicando a Equação 3, proposta por Fialho, 2005 p. 99 e consultando o Quadro 04. Essa Equação é válida para aplicações de força no avanço e no recuo do cilindro, porém quando o atuador exerce força no recuo deve-se considerar a área ocupada pela haste.

$$D_p = 2000 \cdot \sqrt{\frac{F_p \cdot \varphi}{\pi \cdot P_t}} \quad (3)$$

Onde:

D_p = diâmetro interno, mínimo de projeto [mm];

F_p = força de projeto [N];

φ = fator de correção [adimensional];

P_t = pressão de trabalho [N].

Quadro 4 - Fatores de correção.

Aplicação	Fator de correção (φ)
Operação de rebitagem	1,25
Talha pneumática	1,35
Operação de estampagem	1,35
Deslocamento de mesas	1,50
Situações gerais, não descritas anteriormente	1,25

Fonte: adaptado de (FIALHO, 2005).

Após efetuar o dimensionamento do diâmetro interno do cilindro, deve-se identificar qual o diâmetro mínimo da haste requerido no projeto. Nesse sentido analisa-se a resistência a flambagem, Fialho 2005, p. 101, propõe a utilização da Equação 4, e também a utilização do Quadro 05 para que pré-estabelece alguns tipos de resistência à flambagem e detrimento do tipo de fixação.

$$d_h = 1000 \cdot \sqrt[4]{\frac{64 \cdot S \cdot \lambda^2 \cdot F_a}{\pi^3 \cdot E}} \quad (4)$$

Onde:

d_h = diâmetro da haste [mm];

S = coeficiente de segurança [adimensional] – utilizar valores de 3,5 a 5;

λ = Comprimento livre de flambagem [m];

F_a = força de avanço [N];

E = Módulo de elasticidade, para o aço 210×10^9 N/m².

Quadro 5 - Comprimento de flambagem.

Tipo de fixação do cilindro	Comprimento λ
Uma extremidade fixa e a outra livre	2L
Duas extremidades articuladas	L
Uma extremidade articulada e outra fixa	0,7L
Duas extremidades fixas	L/2
Onde: L = comprimento da haste [m]	

Fonte: adaptado de (FIALHO, 2005).

2.8 Componentes de controle direcional de fluxo

Sistemas pneumáticos na maioria das aplicações são comandados e controlados por válvulas que atuam no direcionamento do fluxo de ar. As válvulas podem ser utilizadas para: controle direcional que podem possuir de duas a 5 vias, reguladoras de vazão ou pressão, bloqueio e temporizador (PARKER HANNIFIN, 2009).

Em projetos pneumáticos utiliza-se simbologias para elaboração de circuitos, logo para identificar válvulas de controle direcional (v.c.d) deve-se apresentar os seguintes dados:

- a) posição inicial;
- b) número de posições;
- c) número de vias;
- d) tipo de acionamento (comando);
- e) tipo de retorno (PARKER HANNIFIN, 2009).

No Quadro 06, é listado algumas simbologias de válvulas aplicadas em projetos de circuitos pneumáticos, sendo que as aplicações sempre serão alteradas de acordo com o projeto.

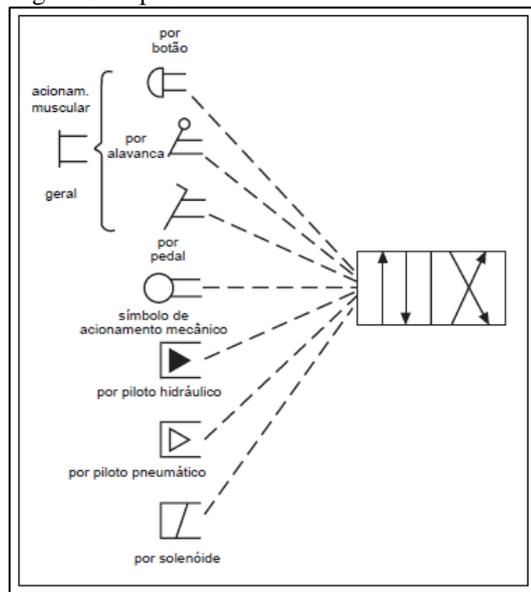
Quadro 6 - Simbologias de válvulas pneumáticas.

Denominação	Uso do equipamento, explanação sobre o símbolo	Símbolo
V.C.D 3/2	Dotadas de 3 orifícios, pressão, escape, utilização e duas posições distintas.	
V.C.D 3/2 N.F.	Válvula de controle direcional de 3 vias, 2 posições, normalmente fechada.	
V.C.D 3/2 N.A.	Válvula de controle direcional de 3 vias, 2 posições, normalmente aberta.	
V.C.D 4/2	Válvula de controle direcional de 4 vias, 2 posições Válvula com 4 orifícios, pressão, escape, 2 utilizações e 2 posições distintas.	
V.C.D 5/2	Válvula de controle direcional de 5 vias, 2 posições Válvula com 5 orifícios, pressão, 2 escapes, 2 utilizações e 2 posições distintas.	
V.C.D 3/3 C.F.	Válvula de controle direcional de 3 vias, 3 posições. Centro fechado	
V.C.D 4/3 C.F.	Válvula de controle direcional de 4 vias, 3 posições. Centro fechado	
V.C.D 5/3 C.A.N.	Válvula de controle direcional de 5 vias, 3 posições. Centro aberto negativo	
V.C.D 5/3 C.A.P.	Válvula de controle direcional de 5 vias, 3 posições. Centro aberto positivo	

Fonte: adaptado de (PARKER HANNIFIN, 2009).

As válvulas podem ser pilotadas ou acionadas de maneira manual, pneumática ou elétrica. As simbologias para os tipos de acionamento são apresentadas na Figura 09.

Figura 9 -Tipos de acionamento.



Fonte: (GOMES, 2018).

3 PROCESSO DE FABRICAÇÃO E ESTAMPAGEM DOS BOTÕES

3.1 Equipamentos e materiais utilizados no processo

3.1.1 Prensa

A prensa utilizada para a fabricação e estampagem de botões, é uma máquina de fixação manual de bancada com alavanca giratória conforme mostrada na Figura 10, para aplicação de botões, ilhoses, rebites, colchetes e enfeites de metal. Por mais que ela tenha outras utilidades além da estampagem de botões, na indústria em questão ela é utilizada somente para este fim.

Figura 10 - Prensa manual balancim N° 6.



Fonte: (ROMA AVIAMENTOS, 2019)

A capacidade de carga, a composição do equipamento e outras características, é apresentado na ficha técnica conforme Quadro 07.

Quadro 7 - Ficha técnica prensa mecânica manual.

Ficha técnica prensa balancim maual	
Composição	12% Aço, 88% Ferro fundido
Dimensões	23 cm x 8 cm x 18 cm (A x L x P)
Profundidade da garganta	58 mm
Capacidade de pressão	100 kg
Peso líquido	2,850 kg
Modelo	Nº 6
Fabricante	Graziano

Fonte: (ROMA AVIAMENTOS, 2019)

3.1.2 Componentes da matriz de estampagem

Para que ocorra o processo de estampagem, faz-se necessário utilizar uma matriz de estampagem específica. A matriz de estampagem utilizada no processo é encaixável, permitindo que a mesma seja montável e desmontável conforme a necessidade. Ela é composta por três corpos principais conforme é mostrado na Figura 11.

Figura 11 - Peças da matriz de estampagem.



Fonte: o autor.

Existem vários tipos de matriz de estampagem, porém este processo utiliza de uma matriz com características específicas conforme é apresentado na Quadro 8.

Quadro 8 - Ficha técnica matriz de estampagem.

Matriz para forrar botões	
Composição	Ligas de Bronze
Diâmetro	24 mm
Utilização	Manual
Peso líquido	105 g
Cor	Dourado
Fabricante	Graziano

Fonte: (ROMA AVIAMENTOS, 2019)

3.1.3 Matriz de estampagem montada

Após a montagem dos três corpos principais, contendo a carcaça dos botões e o pano de estampagem, a matriz ganha forma e está pronta para ser inserida sobre a prensa, conforme é mostrado na Figura 12.

Figura 12 - Matriz de estampagem montada



Fonte: o autor.

3.1.4 Botão superior

Para iniciar o processo de fabricação do botão e estampagem, é utilizado duas bases, sendo uma delas a base superior com dimensões de 22,70 mm diâmetro e 5,23 mm espessura, à qual será estampada o botão conforme mostrado na Figura 13.

Figura 13 - Parte superior do botão estampado.



Fonte: o autor.

3.1.5 Botão inferior

A base inferior com dimensões de 20,78 mm diâmetro e 2,70 mm espessura que servirá de apoio para fixar a estampagem conforme mostrado na Figura 14 e que também se dispõe de um suporte à qual será fixado na almofada posteriormente.

Figura 14 - Parte inferior do botão estampado.



Fonte: o autor.

3.1.6 Pano de estampagem

O material utilizado para estampagem do botão é um pano simples com dimensões em média de 51,00 mm x 58,00 mm conforme Figura 15. Estas medidas são definidas na produção visando o necessário para que o botão tenha um acabamento uniforme e não se obtenha refugos ao fim do processo.

Figura 15 - Pano para ser estampado no botão.



Fonte: o autor.

3.1.7 Produto acabado

Na Figura 16 é apresentado vários botões com o acabamento finalizado. Neste momento todo o processo de fabricação e de estampagem do botão foi realizado. Após isso, inicia-se outro processo, que seria a fixação de todos os botões em suas respectivas almofadas para que o produto principal fique em status de concluído.

Figura 16 - Botão estampado.



Fonte: O autor.

3.2 Procedimentos de estampagem

3.2.1 Etapas da prensa manual

Primeira etapa: montar a base inferior da matriz. A base inferior da matriz se dispõe de dois componentes, um deles sendo a base inferior principal com um furo ao seu centro de 18 mm e uma base inferior interna que é fixada no interior da base principal com 23,5 mm de diâmetro.

Segunda etapa: colocar tecido a ser estampado. O tecido a ser estampado é inserido de maneira proporcional no centro da base inferior interna da matriz, para que possa receber a carcaça do botão superior.

Terceira etapa: colocar o botão superior. O botão superior é inserido sobre o tecido que já está posicionado na base interna da matriz. Nesta etapa o pano também é dobrado para

dentro para que a próxima carcaça inferior do botão possa fixar a estampagem no botão superior.

Quarta etapa: colocar o corpo lateral da matriz. O corpo lateral é posicionado sobre o pano para que possa receber o botão inferior de maneira adequada. A função desse componente é dar uniformidade no momento da estampagem e não deixar que a estampagem saia para fora da peça final.

Quinta etapa: colocar o botão inferior. Neste momento o botão inferior tem a função de compactar o pano sobre a o botão inferior e servir como fixação para que a estampagem ocorra e continue após o processo.

Sexta etapa: colocar a base superior da matriz. A base superior da matriz é inserida para fechar a matriz e dar andamento ao processo de prensagem.

Sétima etapa: levar para a prensa. Logo após a matriz estar completamente fechada desde a sua base inferior até sua base superior, ela está pronta para ser levada a prensa.

Oitava etapa: executar. A matriz fechada é colocada sobre a prensa e é aplicado uma força braçal rotacionando a alavanca da prensa, para que assim o processo de estampagem ocorra.

Nona etapa: remover a parte superior da matriz. Após a prensagem, retira-se a parte superior da matriz para que seja possível verificar se o produto está conforme esperado.

Décima etapa: remover o corpo lateral da matriz. Além da parte superior, é necessário remover o corpo lateral da matriz para que se tenha acesso ao botão estampado.

Décima primeira etapa: remover o botão estampado. Por fim, remove-se o botão estampado para que possa se verificar e analisar possíveis falhas.

3.2.2 Etapas da prensa pneumática

Primeira etapa: colocar o botão inferior na base inferior da matriz. Ao contrário da prensa mecânica manual, a base inferior da matriz é fixa sobre um suporte e sobre ela já é fixado o corpo lateral da matriz. Considerando isso, esses componentes não precisam ser montados e desmontados a cada botão estampado.

Segunda etapa: colocar tecido a ser estampado. O tecido a ser estampado é inserido de maneira proporcional no centro da base superior interna da matriz (matriz móvel), para que possa receber a carcaça do botão superior.

Terceira etapa: colocar o botão superior. O botão superior é inserido sobre o tecido que já está posicionado na base interna da matriz. Nesta etapa o pano também é dobrado para dentro para que quando encaixado na matriz ele seja estampado de maneira uniforme.

Quarta etapa: levar para a prensa - encaixar a base superior da matriz (matriz móvel) na matriz fixa. Depois de tudo posicionado, é hora de fazer o encaixe das matrizes, basta apenas encaixar a matriz móvel sobre a matriz fixa que já está no suporte.

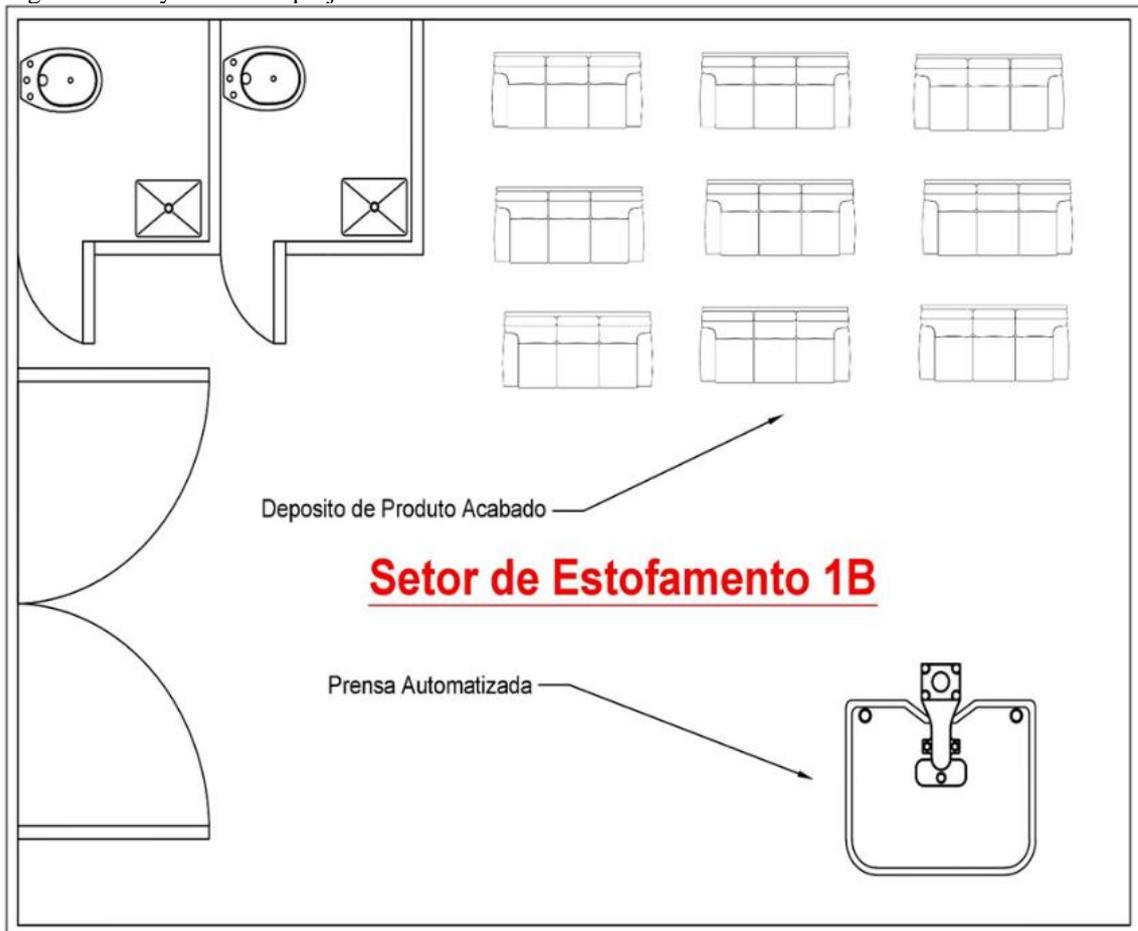
Quinta etapa: executar. A matriz móvel é colocada sobre a matriz fixa e em seguida é acionado um comando bimanual, para que o pistão se desloque para baixo e assim ocorra o processo de estampagem.

Sexta etapa: remover o botão estampado. Por fim, remove-se o botão estampado para que possa se verificar e analisar possíveis falhas.

3.3 Layout onde o projeto será instalado

Para que o executor da prensa tenha uma melhor flexibilidade no processo, foi construído um layout para o projeto visando a melhoria contínua da área do setor de estofamento. O objetivo é que a prensa seja instalada em um lugar estratégico para que facilite o recebimento e a saída do produto acabado conforme é mostrado na Figura 17.

Figura 17 - Layout onde o projeto será instalado.



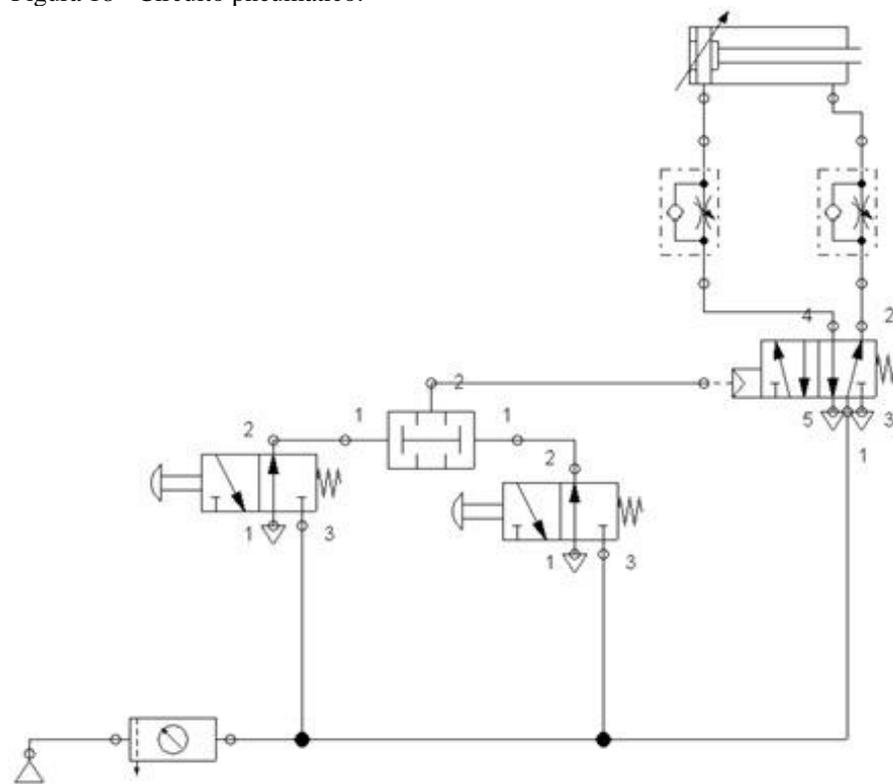
Fonte: O autor.

4 METODOLOGIA

4.1 Elaboração do circuito pneumático

O circuito pneumático, conforme mostrado na Figura 18, foi elaborado utilizando o software fluidSIM versão estudantil. No software é possível efetuar a simulação do sistema a ser desenvolvido e prever como acontecerá o processo na prática. Por motivos de segurança, o circuito foi elaborado utilizando um comando bimanual, onde o cilindro só avança ao pressionar os botões simultaneamente.

Figura 18 - Circuito pneumático.



Fonte: o autor.

Após a elaboração e validação do circuito pneumático, foi feito o levantamento dos componentes necessários para a construção do circuito conforme Quadro 09.

Quadro 9 - Materiais para a construção do circuito pneumático.

Descrição	Qtd	Nº de vias
Manômetro	1	2
Válvula acionamento manual (acionamento muscular)	2	3/2
Válvula acionamento pneumático (retorno por mola)	1	5/2
Válvula de simultaneidade (válvula "E")	1	3
Cilindro pneumático dupla ação Ø 80x50 mm	1	2
Mangueira de ar comprimido Ø 4 mm	20.000 mm	N/A
Conector rápido QS (tipo = L) Ø 4 mm	14	1
Conector rápido QS (tipo = T) Ø 4 mm	1	1

Fonte: O autor.

5 DIMENSIONAMENTO DA PRESSÃO NA LINHA DE Prensagem

Dados para o dimensionamento:

- a) força recomendada pelo fornecedor: 250N
- b) cilindro: Ø 80 x 50mm
- c) 1 MPA para BAR = 1 MPA*10 = 1 BAR.

Equações:

A Equação 2, citada anteriormente e definida por Pascal, é utilizada como base para se calcular a pressão que será exercida na linha de prensagem.

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

Onde:

P = pressão [Pa]

F = força [N]

A = área [m²]

A Equação 5 representa a área do cilindro que será utilizado para a aplicação da força necessária do projeto.

Onde:

A = área do cilindro [mm²]

D = diâmetro do cilindro [mm]

$$A = \frac{\pi \times D^2}{4} \quad (5)$$

Logo,

$$P = \frac{4F}{\pi D^2}$$

Substituindo os valores fornecidos, temos que a pressão utilizada na linha da prensa pneumática será de 0,5 Bar.

$$P = \frac{4 \times 250}{\pi \times 80^2}$$

$$P = 0,05 \text{ MPa}$$

$$P = 0,5 \text{ Bar}$$

6 VIABILIDADE TÉCNICA E ECONÔMICA/FINANCEIRA

6.1 Orçamento

Para validar a viabilização do projeto, foi realizado um orçamento baseado nas despesas financeiras e econômicas para saber se esse custo seria vantajoso para a empresa a ponto de ser melhor do que comprar uma prensa nova no mercado. Baseado no orçamento, o projeto se apresenta com um custo baixo em relação à aquisição de uma nova prensa, conforme é mostrado na Quadro 10.

Quadro 10 - Projeção de despesas financeiras e econômicas.

Descrição	Financeiro	Econômico	Total
Componentes	R\$ 450,00	R\$ 200,00	R\$ 650,00
Materiais	R\$ 45,00	R\$ -	R\$ 45,00
Matriz	R\$ 39,00	R\$ -	R\$ 39,00
Ferramentas	R\$ -	R\$ 160,00	R\$ 160,00
Outros custos	R\$ 10,00	R\$ 90,00	R\$ 100,00
Total	R\$ 544,00	R\$ 450,00	R\$ 994,00

Fonte: o autor.

6.1 Viabilidade do projeto

De acordo com o setor de controladoria da empresa, a prensa manual foi adquirida no ano de 2001 pelo valor de R\$ 400,00, sendo que, atualmente toda a sua depreciação já foi realizada. A partir disso, pode-se constatar que o equipamento já está no fim da sua vida útil e a tecnologia da época não atende as necessidades atuais. Levando em consideração todos estes fatores, o equipamento não apresenta eficiência suficiente para que atenda a demanda do mercado e forneça um produto com uma qualidade necessária. Após efetuar uma pesquisa de mercado, foi levantado que o custo médio para a aquisição de uma prensa com sistema pneumático é de R\$ 3.000,00.

Para desenvolver este projeto, foi realizado um orçamento de R\$ 994,00 conforme é apresentado no Quadro 10, que representa aproximadamente três vezes menos do valor de aquisição da prensa nova, para ambas realizarem as mesmas funções. Este baixo custo deve-se ao fato de que já existem alguns materiais no almoxarifado da empresa que serão requisitados

e será utilizado da mão de obra dos próprios mantenedores da empresa para execução deste projeto.

Visado toda a parte econômica e financeira, foi realizado um estudo para verificar se a viabilidade do investimento seria viável para a empresa e em quanto tempo se teria o retorno sobre o capital investido no projeto. O projeto foi apresentado como uma solução ideal para a empresa, onde será possível obter os mesmos resultados e levando em conta que o custo para a implantação representa em média 33% se comparando com a aquisição de uma nova prensa com sistema um pneumático.

Para isso, foi levado em consideração alguns dados fornecidos pela empresa e dados que eram esperados com a implantação do projeto conforme Quadro 11.

- a) Descrição do produto/serviço: Prensa de botões com sistema pneumático.
- b) Objetivo: Redução de tempo na estampagem de botões e melhoria de qualidade.
- c) Diferenciais do produto/serviço: Redução de setup/start; qualidade superior aumentando o nível de satisfação do cliente; tempo de entrega do produto reduzido.

Quadro 11 - Informações sobre o projeto.

Informações	Valor
Custo unitário do botão	R\$ 0,90
Preço de venda do botão	R\$ 1,20
Salário pago ao funcionário mensalmente	R\$ 1.200,00
Quantidade de unidades líquidas de defeitos produzidas mensalmente	3.000
Quantidade de unidades líquidas de defeitos proposta mensalmente	3.800
Demanda do mercado	4.500 +
Custo do funcionário por botão produzido atual	R\$ 0,40
Custo do funcionário por botão produzido proposto	R\$ 0,32
Valor de vendas atual	R\$ 3.600,00
Valor de vendas proposto	R\$ 4.560,00

Fonte: o autor.

Levando em consideração as informações fornecidas pela empresa, pode-se analisar da seguinte forma: a princípio, o salário pago ao funcionário, o custo unitário e o preço de venda do botão se manterão o mesmo, independente se a prensa for mecânica ou com sistema pneumático.

Porém foi obtido um ganho expressivo na produção de unidades, onde a empresa continua pagando o mesmo salário ao funcionário e ele consegue produzir um maior número de unidades, obtendo-se uma média de 27 botões a mais por dia do que era produzido, totalizando uma média total de 800 unidades por mês.

Pode-se observar que antes o custo que a empresa tinha com o funcionário para cada botão produzido, era de R\$ 0,40 centavos e agora é de R\$ 0,32, mantendo o mesmo salário e aumentando a sua produção.

7 RESULTADOS E DISCUSSÃO

As oportunidades para a execução do projeto foram as melhores que se poderia esperar, considerando as condições que foram dadas pela empresa, como a disponibilidade de ferramentas e materiais, flexibilidade para a execução e o apoio para sanar qualquer dúvida pertinente ao projeto.

7.1 Despesas apuradas no projeto

Conforme citado anteriormente, para a realização do projeto foi feito um orçamento para que fosse possível mensurar qual seria o valor do investimento e quais despesas se teria para a sua execução. No Quadro 10 é descrito o orçamento total do projeto, que ficaria em R\$ 994,00, incluindo as despesas financeiras e econômicas. O resultado da projeção realizada sobre o que foi apurado no projeto, representa uma assertividade de 98,64 % conforme é mostrado na Quadro 12, justificando mais uma vez a solução de desenvolver a prensa com sistema pneumático em vez de realizar a aquisição de uma nova no mercado, onde a mesma teria um valor em média de R\$ 3.000,00.

Quadro 12 - Despesas financeiras e econômicas apuradas.

Descrição	Valor Unitário	Qtd	Financeiro	Econômico	Total
Tinta	R\$ 34,90	1	R\$ 34,90	R\$ -	R\$ 34,90
Eletrodo	R\$ 1,51	10	R\$ 15,10	R\$ -	R\$ 15,10
Cilindro Ø 80 x 50 mm	R\$ 200,00	1	R\$ -	R\$ 200,00	R\$ 200,00
Manômetro	R\$ 26,90	1	R\$ 26,90	R\$ -	R\$ 26,90
Mangueira de AR	R\$ 3,30	20 M	R\$ 66,00	R\$ -	R\$ 66,00
Conector Rápido	R\$ 3,50	15	R\$ 52,50	R\$ -	R\$ 52,50
Matriz	R\$ 34,00	1	R\$ 34,00	R\$ -	R\$ 34,00
Válvula "E"	R\$ 54,59	1	R\$ 54,59	R\$ -	R\$ 54,59
Válvula Pneumática Acionamento Manual 3/2	R\$ 52,84	2	R\$ 105,68	R\$ -	R\$ 105,68
Válvula Pneumática 5/2	R\$ 123,00	1	R\$ 123,00	R\$ -	R\$ 123,00
Ferramentas em geral	R\$ 175,00		R\$ -	R\$ 175,00	R\$ 175,00
Outros custos	R\$ 120,00		R\$ -	R\$ 120,00	R\$ 120,00
Total	R\$ 829,54		R\$ 512,67	R\$ 495,00	R\$ 1.007,67

Fonte: o autor.

7.2 Payback

Para mensurar os ganhos inerente ao projeto, é possível avaliar em quanto tempo se terá o retorno sobre o capital investido no projeto conforme Equação 6.

Média de valor de vendas diária antigo: R\$ 120,00

Média de valor de vendas diária atual: R\$ 152,00

Ganhos no período: R\$ 32,00

Investimento inicial: R\$ 1.007,67

$$\textit{Payback} = \frac{\textit{Investimento inicial}}{\textit{Ganho no período}} \quad (6)$$

Baseado nas informações fornecidas, pode calculá-lo substituindo os valores e chegando ao seguinte resultado.

$$\textit{Payback} = \frac{\text{R\$ 1.007,67}}{\text{R\$ 32,00}}$$

$$\textit{Payback} = 32 \text{ dias}$$

Perante os resultados obtidos, a grande diferença entre os custos de aquisição certifica-se que a prensa com o sistema pneumático alcança resultados esperados pela empresa e pelo executor do projeto, se comparando ao trabalho manual que era realizado na prensa mecânica, tornando o investimento uma opção assertiva.

8 CONCLUSÃO

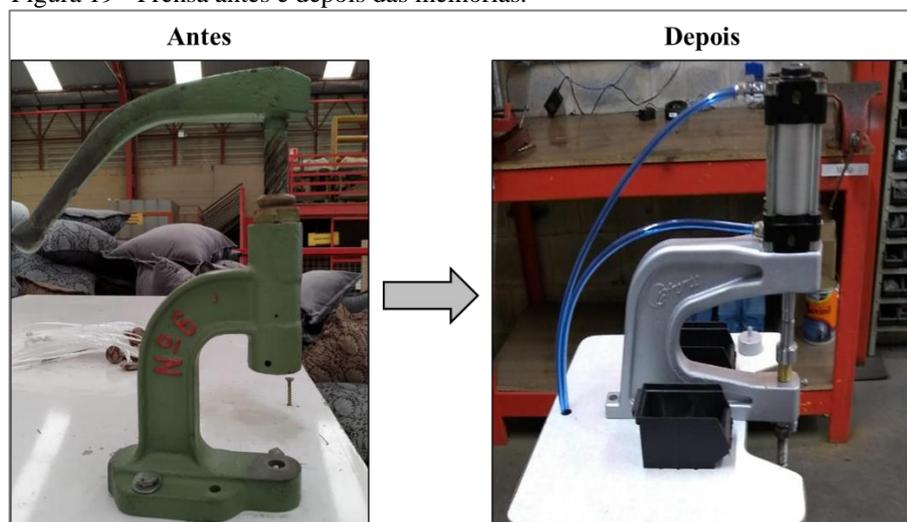
Pode-se concluir que foram obtidos ganhos satisfatórios com a implementação do sistema pneumático no processo de estampagem, pois o projeto abrange a curto prazo todas as expectativas anteriormente citadas de forma positiva. De posse dos valores oriundos de verificações e comparações entre os modelos de prensa, constata-se que no ponto de visto financeiro foi a melhor solução capaz de reduzir o tempo de produção, aumentar os ganhos, e aumentar consideravelmente os níveis de qualidade.

O projeto da prensa traz uma revolução industrial, onde o equipamento deixa de ser operado em processo manual e passa a ser operado por processo mecânico automatizado. Após a implementação deste sistema, grandes benefícios foram gerados para a empresa, como a redução de tempo em *setup/start*, qualidade do produto, redução no tempo de espera para entrega na casa do consumidor, além da erradicação do risco ergonômico.

Considerando estes fatores, a empresa espera atingir grandes conquistas, como o ganho no aumento de sua produção, segurança na realização do processo de manuseio da máquina, economia tanto em tempo de fabricação quanto para os cofres da empresa já que o processo com a prensa automatizada diminui expressivamente os gastos anteriores com refugo e desperdício de matéria prima.

Neste interim, nota-se que apesar de obter resultados satisfatórios, pode-se efetuar pequenas melhorias em alguns quesitos da prensa, e que proporcionará resultados ainda melhores, capazes de aumentar consideravelmente a eficiência. Dessa forma é apresentado na figura 19 as prensas, antes e depois das melhorias.

Figura 19 - Prensa antes e depois das melhorias.



Fonte: o autor.

REFERÊNCIAS

A.N.J MÁQUINAS. **PP 800 NR12 prensa pneumática para aplicação de rebites, botões, ilhós**. Disponível em: <https://www.anjmaquinas.com.br/PP-800-NR12-Prensa-pneumatica-para-aplicacao-de-rebites-botoes-ilhos-etc>. Acesso em: 30 ago. 2019.

CONTABEIS. **Payback**. Disponível em: <https://www.contabeis.com.br/noticias/30249/o-que-e-e-como-calcular-o-payback>. Acesso em: 30 ago. 2019.

FIALHO, Arivelto Bustamante. **Automação pneumática: projetos, dimensionamento e análise de circuitos**. 3 ed. São Pulo: Érica, 2005.

GOMES, Sinésio. **Eletropneumática e eletrohidráulica**. 2018. Disponível em: <http://eletropneumaticaeleetrohidraulica.blogspot.com/2015/03/aula-11-elementos-de-controle-em.html>. Acesso em: 28 out. 2019.

HPS. **Sistema Pneumático**. Disponível em: <https://hpshydraulic.wordpress.com/2013/12/23/o-que-e-e-como-funciona-o-sistema-pneumatico/>. Acesso em: 30 ago. 2019.

MÁQUINAS, Rr. **Conjunto Lubrefil 1/2" CPOT - BEFC-4000N - Fluir Automação**, 2019. Disponível em: <https://www.rmaquinas.com.br/conjunto-lubrefil-1-2-cpot-bfc-4000-fluir-automac-o/p>. Acesso em: 30 maio 2019.

OHUB. **Tipos de estampagem de metais**. Disponível em: <https://www.ohub.com.br/ideias/tipos-de-estampagem-de-metais/>. Acesso em: 30 ago. 2019.

PARKER HANNIFIN (Brasil). **Tecnologia Pneumática Industrial**. Jacareí, 2007. 195 p. Disponível em: https://www.parker.com/literature/Brazil/apostila_M1001_1_BR.pdf. Acesso em: 05 ago. 2019.

ROMA AVIAMENTOS (São Paulo). **Prensa manual balancim**. 2019. Disponível em: <https://www.romaaviamentos.com.br/prensa-manual-balancim--n-6-graziano-12237.15529.html>. Acesso em: 10 set. 2019.

SILVA, Emílio Carlos Nelli. **Sistemas fluidomecânicos: Apostila de Pneumática**. São Paulo: Usp, 2002. Disponível em: <http://sites.poli.usp.br/d/pmr2481/pneumat2481.pdf>. Acesso em: 22 out. 2002.

STEWART, Harry L. **Pneumática & hidráulica**. 3 ed. Curitiba: Hemus, 2011.

THEMES, Lyra. **Cálculo do diâmetro da tubagem**, 2017. Disponível em: <http://ar-comprimido.pt/calculos/tubagem/>. Acesso em: 26 out. 2019.

UNIVERSIDADE DO ESTADO DO RIO DE JANEIRO. **Apostila de pneumática**. Rio de Janeiro: Uerj, 2012. Disponível em: <http://proalpha.com.br/onewebmedia/Apostila%20de%20Pneum%C3%A1tica%20UERJ.pdf>. Acesso em: 15 ago. 2019.