

CENTRO FEDERAL DE EDUCAÇÃO TECNOLÓGICA

CELSO SUCKOW DA FONSECA – CEFET/RJ

***RETROFITTING* DE UMA MÁQUINA DE CORTE
DE GAXETAS EM UMA EMPRESA DO SETOR DE
VEDAÇÃO INDUSTRIAL**

Gabriel Araujo de Souza

Prof. Orientador: Leydervan de Souza Xavier, D.C.

**Rio de Janeiro
Dezembro de 2020**

**CENTRO FEDERAL DE EDUCAÇÃO TECNOLÓGICA
CELSO SUCKOW DA FONSECA – CEFET/RJ**

***RETROFITTING* DE UMA MÁQUINA DE CORTE
DE GAXETAS EM UMA EMPRESA DO SETOR
DE VEDAÇÃO INDUSTRIAL**

Gabriel Araujo de Souza

Projeto final apresentado em cumprimento às normas do Departamento de Educação Superior do CEFET/RJ, como parte dos requisitos para obtenção do título de Bacharel em Engenharia Mecânica.

Professor Orientador: Leydervan de Souza Xavier, D.C.

**Rio de Janeiro
Dezembro de 2020**

Ficha catalográfica elaborada pela Biblioteca Central do CEFET/RJ

S729 Souza, Gabriel Araujo de

Retrofitting de uma máquina de corte de gaxetas em uma empresa do setor de vedação industrial / Gabriel Araujo de Souza — 2020.

xiii, 89f.+ apêndice: il.(algumas color). ; enc.

Projeto Final (Graduação) Centro Federal de Educação Tecnológica Celso Suckow da Fonseca , 2020.

Bibliografia : f. 86-89

Orientador: Leydervan de Souza Xavier

1. Engenharia mecânica. 2. Máquina – Ferramenta. 3. Gaxetas.
4. Vedação (Tecnologia). I. Xavier, Leydervan de Souza (Orient.).
II. Título.

CDD 621

Elaborada pela bibliotecária Tania Mello – CRB/7 nº 5507/04

DEDICATÓRIA

Dedico esse trabalho aos grandes profissionais João Albino Francz, Carlos Cabral, Fabiano Porto e Vilson Pastor. Pessoas que me inspiram dentro e fora do ambiente de trabalho e que me ensinaram, na prática, durante meu período de estágio, grande parte do conhecimento aqui aplicado.

Dedico também aos meus pais, Bernarda e Evane, que sempre estiveram ao meu lado, acreditaram no meu potencial e me proporcionaram toda a base para chegar até aqui.

E Por último, a todas as pessoas que, de alguma forma me incentivaram a extrair o máximo do meu potencial durante o desenvolvimento desse projeto.

AGRADECIMENTOS

Primeiramente gostaria de agradecer a Deus, por me proporcionar força interior para superar os desafios da melhor maneira possível e me direcionar sempre para o melhor caminho.

Agradeço ao meu professor orientador, Leydervan de Souza Xavier, com quem tive o primeiro contato com a área de projetos na faculdade durante a disciplina de desenho técnico e, além de me oferecer todo o suporte necessário para o desenvolvimento do projeto, confiou e me deu grande liberdade para propor soluções inovadoras para um problema mapeado.

Aos amigos, que sem eles minha vida não teria tantas cores, a quem valorizo e agradeço cada momento aproveitado juntos. Essa jornada até aqui não teria sido a mesma coisa sem a presença deles.

Pai e mãe, vocês me deram o presente mais precioso que existe, obrigado por tudo que fizeram para ajudar a construir meu caráter, princípios e valores.

Andressa, obrigado por todo amor e paciência.

Por fim, obrigado a todos que, durante a minha vida, me deram oportunidades, acreditaram no meu potencial, me incentivaram, me aconselharam ou apenas me ouviram quando precisei.

RESUMO

A constante necessidade de mudanças no cenário industrial para adquirir vantagens competitivas no mercado levou ao desenvolvimento de uma gaxeta, que é um elemento de vedação amplamente utilizado em uniões rotativas, porém com outras aplicações, como é o caso do *pad*, que são pedaços de gaxeta utilizados para controlar a quantidade de zinco no processo de galvanização a quente de arames de aço, mais resistente que as encontradas atualmente, comprometendo a qualidade do processo de fabricação dessas peças em máquinas já existentes.

Com isso, foi definida a principal problemática a ser resolvida: tornar a máquina capaz de cortar esse novo material.

O desenvolvimento do presente trabalho consistiu em realizar um processo de *retrofitting* na máquina utilizada para a fabricação dos *pads*, com a finalidade de possibilitar o corte de um material mais resistente e de melhorar a produtividade, a segurança e a ergonomia da operação.

O projeto incluiu o estudo do funcionamento dos sistemas e componentes da máquina atual, e permitiu o desenvolvimento e teste de opções para otimizar o corte, automatizar a alimentação de material, controlar e sinalizar eletro pneumáticamente as diversas operações intermediárias realizadas pela máquina, em conformidade com as normas técnicas brasileiras, com ganhos de produtividade, ergonomia e segurança do operador.

Como resultado, pode-se afirmar que, a partir da implementação das alternativas propostas, a máquina terá a capacidade de cortar um material mais resistente com uma produtividade três vezes maior, aproximadamente, contará com uma operacionalidade mais confortável e segura e o retorno do investimento aplicado, de acordo com as variáveis estudadas na análise da viabilidade econômica, acontecerá em menos de dois anos e meio, caracterizando o projeto com um grande potencial de sucesso tanto para a empresa, quanto para o desenvolvimento do setor industrial no país.

Palavras-chave: Máquina de corte, *Retrofitting*, Alimentação automática, Gaxetas, *Pads*.

ABSTRACT

The constant need for changes in the industrial scenario to acquire competitive advantages in the market has led to the development of a gasket, which is a sealing element widely used in rotating joints, but with other applications, such as the pad, which are pieces of gasket used to control the amount of zinc in the process of hot galvanizing steel wires, which is more resistant than those currently found, compromising the quality of the manufacturing process of these parts on existing machines.

With that, the main problem to be solved was defined: making the machine capable of cutting this new material.

The development of this work consisted of carrying out a retrofitting process on the machine used to manufacture the pads, in order to make it possible to cut more resistant material and to improve productivity, safety, and operating ergonomics.

The project included the study of the functioning of the systems and components of the current machine, and allowed the development and testing of options to optimize the cut, automate the material feeding, control and signal electro pneumatically the various intermediate operations performed by the machine, in accordance with Brazilian technical standards, with gains in productivity, ergonomics and operator safety.

As a result, it can be stated that, from the implementation of the proposed alternatives, the machine will have the ability to cut a more resistant material with a productivity three times higher, approximately, it will have a more comfortable and safe operation and the return on investment applied, according to the variables studied in the analysis of economic viability, it will happen in less than two and a half years, characterizing the project with a great potential for success both for the company and for the development of the industrial sector in the country.

Key-words: Cutting machine, Retrofitting, automatic feeding, gaskets, pads.

SUMÁRIO

Capítulo 1	1
1. Introdução	1
1.1 Motivação	2
1.2 Justificativa	2
1.3 Objetivos	2
1.3.1 Objetivo Geral	2
1.3.2 Objetivos Específicos	2
1.4 Metodologia e trabalho realizado	3
1.5 Organização do trabalho	3
Capítulo 2	5
2. Considerações Iniciais	5
2.1 Vedação industrial	5
2.2 Gaxetas e suas aplicações	6
2.3 Máquinas de corte na indústria	9
2.4 Sistemas pneumáticos industriais	13
2.5 Tecnologia eletropneumática industrial	19
2.6 <i>Retrofitting</i> de máquinas	24
2.7 Normas aplicadas a projetos de máquinas	26
Capítulo 3	27
3. A concepção da máquina de corte de gaxetas	27
3.1 Componentes da máquina de corte atual	28
3.1.1 Componentes fabricados	30
3.1.2 Componentes pneumáticos	37
3.2 O funcionamento da máquina	44
3.3 Entrega de ar comprimido	45
3.4 Limitações e problemas enfrentados	49
3.5 Proposta de modernização	51

Capítulo 4	52
4. O <i>Retrofitting</i> da máquina	52
4.1 Definição dos requisitos do projeto	52
4.2 Aumento da capacidade de aplicação de força	52
4.2.1 Manutenção de cilindros pneumáticos	55
4.3 Melhoria das condições atuais de corte	56
4.4 Avaliação do impacto das mudanças na faca de corte	58
4.5 Alimentação automática de gaxetas	59
4.5.1 O funcionamento do novo sistema eletropneumático	61
4.5.2 Dimensionamento dos equipamentos dos Grupos 3, 4 e 5	65
4.5.3 Dimensionamento das válvulas utilizadas	75
4.5.4 Manutenção de válvulas pneumáticas	75
4.5.5 Lista de materiais, análise de custos e viabilidade	78
4.4 Adequação da máquina às normas regulamentadoras	80
4.5 Mensuração de ganhos com o processo	81
Capítulo 5	84
5. Considerações finais	84
5.1 Conclusão	84
5.2 Sugestões de melhorias para projetos futuros	85
Capítulo 6	86
6. Referências Bibliográficas	86
APÊNDICE A: Detalhamento dos novos itens utilizados para orçamentos	90
Desenho 1 – Mancal bipartido estrutura carretel	90
1/1 Mancal bipartido	91
1/2 Tampa do mancal	92
1/3 Pino roscado	93
1/4 Pino	94
1/5 Bucha de bronze bipartida	95

1/6 Porca	96
Desenho 2 – Estrutura carretel	97
2/1 Guia carretel	98
Desenho 3 – Conjunto prensa	99
3/1 Peça móvel	100
3/2 Base Lateral	101
3/3 Base superior	102
Desenho 4 – Conjunto carro/pegador	103
4/1 Base conjunto	104
4/2 Eixo rolete 1	105
4/3 Lateral apoio rolete	106
4/4 Rolete guia	107
4/5 Base apoio rolete	108
4/6 Rolete 1	109
4/7 Apoio lateral carro	110
4/8 Garra	111
4/9 Base superior carro	112
4/10 Base inferior carro	113
4/11 Apoio base superior carro	114
4/12 Eixo rolete carro	115
4/13 Rolete carro	116
Desenho 5 – Mesa modificada	117
Desenho 6 – Abertura de rebaixo e contra facas	118
6/1 Abertura de rebaixo e roscas em base fixa existente	118
6/2 Contra faca 1	119
6/3 Contra faca 2	120
Desenho 7 – Proteção em acrílico	121

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Gaxeta Teadit®2236 [11].	6
Figura 2: Gaxeta Teadit®2070 [11].	7
Figura 3: Gaxeta Teadit®2017 [11].	7
Figura 4: Equipamento de secagem de zinco em arames galvanizados a quente [12].	8
Figura 5: <i>Pads</i> ou almofadas de secagem [14].	9
Figura 6: Gráfico com análise comparativa para escolha de materiais [16].	12
Figura 7: Aplicações de processos pneumáticos [19].	16
Figura 8: Sistema pneumático [19].	17
Figura 9: Componentes de uma aplicação pneumática [19].	18
Figura 10: Controlador Lógico Programável [23].	20
Figura 11: Estrutura de funcionamento de um CLP [22].	21
Figura 12: Representação de sinais de um contato elétrico [22].	22
Figura 13: Máquina utilizada para cortar gaxetas [Autoria própria].	27
Figura 14: Modelo 3D do protótipo de nova máquina de corte [Autoria própria].	28
Figura 15: Desenho de conjunto da máquina com principais elementos [Autoria própria].	29
Figura 16: Representação 3D da estrutura da máquina feita no software SolidWorks [Autoria própria].	31
Figura 17: Representação 3D do componente Base fixa, feita no software SolidWorks [Autoria própria].	32
Figura 18: Representação 3D do componente Base móvel, feita no software SolidWorks [Autoria própria].	33
Figura 19: Relação entre força de corte e formato da faca de acordo com o curso da haste [32].	34
Figura 20: Diagramas de carregamento para diferentes formatos de faca de corte [32].	34
Figura 21: Representação 3D do componente Faca, feita no software SolidWorks [Autoria própria].	35
Figura 22: Representação 3D do componente Suporte para batente, feita no software SolidWorks [Autoria própria].	36
Figura 23: Representação 3D do componente Guias para gaxeta, feita no software SolidWorks [Autoria própria].	37
Figura 24: Esquema pneumático da máquina de corte simulada no software FluidSim. [Autoria própria]	38
Figura 25: Desenho com principais dimensões do cilindro de força 1 [20].	39

Figura 26: Desenho com principais dimensões e simbologia da Válvula 5/2 vias [20].....	40
Figura 27: Desenho com principais dimensões do Cilindro batente 2 [20].	41
Figura 28: Principais tipos de conexões pneumáticas [20]	42
Figura 29: Desenho com principais dimensões e simbologia de uma Unidade de conservação [20]	43
Figura 30: Desenho com principais dimensões dos reguladores de vazão [20].....	44
Figura 31: Escoamento com redução de seção [30].....	46
Figura 32: Representação em corte do ponto de chegada de ar comprimido [Autoria própria].	47
Figura 33: Desenho com principais dimensões do novo cilindro pneumático Tandem [20].	53
Figura 34: Representação da abertura de rebaixo para encaixe de duas contra facas [Autoria própria].	57
Figura 35: Representação das novas contra facas encaixadas no rebaixo [Autoria própria].	57
Figura 36: Representação em corte do novo sistema proposto de faca e contra faca [Autoria própria].	58
Figura 37: Modelo em 3D com antes e depois do processo de retrofitting completo da máquina de corte [Autoria própria].	60
Figura 38: Posição inicial dos cilindros no novo circuito eletropneumático da máquina [Autoria própria].	62
Figura 39: Representação de nova estrutura com carretel de gaxetas, mancais bipartidos e guia [Autoria própria].....	63
Figura 40: Desenho com principais dimensões do cilindro Prensa [20].....	65
Figura 41: Representação do conjunto Prensa composto por cilindro, estrutura e peça deslizante [Autoria própria].....	67
Figura 42: Desenho com as principais dimensões da garra pneumática [20]	68
Figura 43: Gráficos para obter valores de força de aperto em função das dimensões L e H [20]	70
Figura 44: Figura exemplificando como fazer a leitura do gráfico de força de sujeição [20]	71
Figura 45: Desenho com as principais dimensões do cilindro sem haste [20].....	72
Figura 46: Representação dos conjuntos Carro e Pegador com roletes [Autoria própria].	73
Figura 47: Desenho com principais dimensões e simbologia Válvula 1 [20].....	77
Figura 48: Desenho com principais dimensões e simbologia Válvula 2 [20].....	78

LISTA DE QUADROS

Quadro 1: Diferenças entre tecnologia pneumática, hidráulica e elétrica para movimentação linear [19].	15
Quadro 2: Valores das medidas indicadas na Figura 25 [20].	39
Quadro 3: Valores das medidas indicadas na Figura 27 [20].	41
Quadro 4: Valores das medidas indicadas na Figura 30 [20].	44
Quadro 5: Características tubo schedule de acordo com a norma NBR 5590 [29]	45
Quadro 6: Características dos tubos de poliuretano segundo catálogo MiCRO [20].	45
Quadro 7: Valores utilizados e obtidos nas equações 3 e 4 [Autoria própria].	48
Quadro 8: Valores utilizados e obtidos nas equações 8, 9, 10, e 11 para cilindro de corte atual [Autoria própria].	50
Quadro 9: Valores utilizados e obtidos nas equações 8 a 14 para novo cilindro de corte [Autoria própria].	55
Quadro 10: Valores utilizados e obtidos nas Equações 15 e 16 para faca de corte [Autoria própria]	59
Quadro 11: Valores das medidas indicadas na Figura 40 [20]	66
Quadro 12: Valores utilizados e obtidos nas equações 8 a 14 para cilindro prensa	66
Quadro 13: Valores das medidas indicadas na Figura 42 [20].	68
Quadro 14: Valores das medidas indicadas na Figura 45 [20].	72
Quadro 15: Valores referentes ao carretel para dimensionamento da garra e cilindro sem haste [Autoria própria].	74
Quadro 16: Valores utilizados e obtidos no dimensionamento da garra pneumática [Autoria própria].	74
Quadro 17: Valores utilizados e obtidos no dimensionamento do cilindro sem haste [Autoria própria]	74
Quadro 18: Valores utilizados e obtidos no dimensionamento das válvulas [Autoria própria].	76
Quadro 19: Lista de materiais para o <i>retrofitting</i> com valores [Autoria própria].	79
Quadro 20: Variáveis obtidas através da dados da máquina atual [Autoria própria].	81
Quadro 21: Variáveis obtidas em teste realizado em laboratório [Autoria própria].	82
Quadro 22: Variáveis calculadas para desempenho da máquina modernizada [Autoria própria]	82
Quadro 23: Variáveis obtidas e utilizadas no cálculo do <i>payback</i> [Autoria própria].	83

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

NR: Norma Regulamentadora

PTFE: Politetrafluoretileno

FRL: Filtro Regulador e Lubrificador

CLP: Controlador Lógico Programável

EPROM: *Eraseable Programmable Read Only Memory*

RAM: *Random Access Memory*

NA: Normalmente aberto

NF: Normalmente fechado

NR: Norma Regulamentadora

LER: Lesão por Esforço Repetitivo

DORT: Distúrbio Osteomolecular

SAE: *Society of Automotive Engineers*

AISI: *American Iron and Steel Institute*

Capítulo 1

1. Introdução

No cenário global contemporâneo, a indústria de transformação vem apresentando crescimento, com destaque para China, Índia, Estados Unidos, Coreia do Sul e Alemanha, consideradas as principais economias mundiais [1]. Porém, no cenário brasileiro, tal setor não vem apresentando um bom desempenho, agravando a falta de competitividade do país no mercado internacional [1].

Sob uma perspectiva global, a velocidade do desempenho dos países desenvolvidos e em desenvolvimento vem aumentando progressivamente, tornando-se ainda mais necessário o entendimento referente à obtenção de vantagens competitivas [2]. Com isso, os países desenvolvidos direcionaram-se a reconhecer a importância da inovação tecnológica para melhoria da produtividade no campo industrial, cujo impacto pode ser percebido no enfrentamento de crises e bem-estar social, já que o setor industrial se conecta de forma direta com a economia [3].

Assim, o contexto industrial internacional está vivenciando o surgimento da Indústria 4.0, ou Quarta Revolução Industrial, promovendo transformações no modelo de gestão atual das fábricas [4]. Com a chegada da Indústria 4.0, a intensa modernização e o contínuo investimento em desenvolvimento tecnológico contemplam uma visão industrial de um futuro próximo [5], promovendo níveis de qualidade e eficiência ainda não atingidos [6].

Com isso, ao analisar o desenvolvimento do setor, pode-se destacar a alta relevância do investimento em modernização de processos e ativos industriais, com destaque para a automação industrial, principalmente para as empresas que visam se manter competitivas no mercado.

Entre as estratégias de modernização, pode-se citar o *retrofitting*, que consiste em um procedimento de modernização, efetivo e com custo inferior ao de nova aquisição [7]. Neste trabalho o objetivo é desenvolver o *retrofitting* de uma máquina de corte de gaxetas, que já opera em uma fábrica, porém com ineficiências operacionais e estruturais. Neste processo, são mantidas as características principais do equipamento, controlando-se desgastes, substituindo-se peças que comprometem a efetividade dos processos de montagem e de desmontagem, aperfeiçoando-se os sistemas e componentes de acionamento e alimentação e fazendo-se a adequação do conjunto para que a operação esteja em conformidade com norma técnica regulamentadora de seu funcionamento [7].

Desta forma, neste projeto busca-se apresentar, inicialmente, o processo produtivo integrado pela máquina, que se pretende modernizar, para, em seguida, identificar e descrever as transformações necessárias e propor, de forma detalhada, a remodelagem do equipamento,

buscando-se agregar valor ao processo e vantagens produtivas para empresa no que tange ao seu emprego.

1.1 Motivação

Pode-se citar, também, que a necessidade de modernização de máquinas no setor industrial é crucial para manter uma empresa competitiva no mercado e, por isso, esse foi o meio escolhido para atingir o objetivo de otimizar os processos que abrangem a utilização dessa máquina.

O autor estagiou na área de Projetos da empresa onde o equipamento era usado e teve oportunidade de conhecer todos os detalhes técnicos e operacionais do processo produtivo, identificando-se com o desafio da equipe técnica em modernizar a máquina e otimizar a produção que dependia diretamente dela, consciente da necessidade de se manter a empresa competitiva no mercado.

1.2 Justificativa

A necessidade e a validade do projeto são reconhecidas pela própria empresa que vem demandando o desenvolvimento desta nova máquina por permitir incrementar sua capacidade de produção, reduzir o consumo de recursos materiais e otimizar o trabalho dos colaboradores. Assim, espera-se que com uma nova concepção de máquina sejam alcançados os ganhos em produtividade esperados pela empresa como um todo, e, conseqüentemente, um desempenho mais competitivo no mercado em que atua.

1.3 Objetivos

1.3.1 Objetivo Geral

O objetivo do presente trabalho é o *retrofitting* de uma máquina de corte de gaxetas por meio do desenvolvimento de uma alimentação automática do material a ser cortado, substituição de componentes obsoletos e inclusão de peças para melhoria dos sistemas, possibilitando uma maior capacidade de atendimento de demandas em uma empresa do setor vedação industrial.

1.3.2 Objetivos Específicos

Os objetivos específicos do presente trabalho são:

- Analisar o processo produtivo da máquina
- Propor melhorias e adequações

- Analisar a Viabilidade de Implantação
- Dimensionar os componentes das modernizações propostas
- Especificar dos componentes das modernizações propostas
- Orçar os componentes das modernizações propostas
- Mensurar as contribuições promovidas pelo *retrofitting* da máquina

1.4 Metodologia e trabalho realizado

A metodologia compreende cinco etapas, explicitadas a seguir:

Primeiro, foi realizada a observação do funcionamento e a coleta de dados técnicos da máquina a ser submetida ao processo de *retrofitting*. Essas informações obtidas serviram como base para o desenvolvimento do trabalho, principalmente no que tange às especificações técnicas e limitações da máquina em questão.

Segundo, foram feitas pesquisas direcionadas aos componentes da máquina alinhados à aplicação de conceitos contemplados nas disciplinas Elementos de máquinas, Desenho de Máquinas, Resistência dos materiais, Processos de Fabricação, Materiais e Fundamentos da Engenharia de Segurança, compreendidas na graduação em Engenharia Mecânica, para, a partir disso, elaborar propostas de modernização. Desta forma, o levantamento bibliográfico do presente projeto será baseado, principalmente, no referencial teórico de tais disciplinas.

Terceiro, o detalhamento do projeto foi realizado por meio dos softwares *AutoCAD* e *SolidWorks*, buscando uma visualização prática do projeto desenvolvido. Além disso, foi utilizado o software *FluidSim* para criar e simular um novo circuito eletropneumático para a máquina existente. Assim, referente ao método escolhido para desenvolvimento do presente trabalho, foi realizado um novo projeto para atender aos objetivos abordados na seção anterior.

Por fim, foi realizada uma análise de custos e viabilidade do projeto, em que se caracterizou o retorno sobre o investimento realizado.

1.5 Organização do trabalho

O trabalho está dividido em seis capítulos. No capítulo de abertura, consta uma breve introdução sobre o setor industrial no Brasil e no mundo, além da importância da modernização de máquinas para o aumento da influência do nosso país nesse cenário.

No segundo capítulo, faz-se uma revisão bibliográfica acerca do processo de *retrofitting* de máquinas, setor de vedação industrial e gaxetas, máquinas de corte na indústria, sistemas pneumáticos, elétricos, suas combinações, princípios de funcionamento e benefícios, além de

normas técnicas aplicadas a projetos de máquinas. Tópicos que permitirão ao leitor ter uma base para entendimento do contexto em que a máquina de corte de gaxetas está inserida.

Já no terceiro capítulo, descreve-se: o processo que a máquina integra, a análise de seu funcionamento pneumático e mecânico, a modelagem e detalhamento dos seus componentes através dos softwares *AutoCAD* e *SolidWorks*, além de mostrar as limitações que a máquina possui atualmente.

No capítulo quarto, são apresentadas possíveis modernizações e melhorias na máquina a fim de torná-la mais produtiva e em seguida uma análise de viabilidade. Logo após, foi feita a modelagem e detalhamento dos sistemas e componentes referentes às melhorias a serem implantadas, uma análise de custos do processo de modernização e por fim, a mensuração dos ganhos com o processo de *retrofitting*.

No quinto capítulo são apresentadas as considerações finais acerca do projeto desenvolvido e sugestões de melhorias para projetos futuros envolvendo o *retrofitting* de máquinas.

Por fim, no sexto e último capítulo constam as referências bibliográficas usadas no projeto.

Capítulo 2

2. Considerações Iniciais

Neste capítulo busca-se introduzidos o contexto do problema e são descritos os conceitos relativos à a máquina de corte de gaxetas, a fim de auxiliar o leitor a entender os termos utilizados no projeto.

2.1 Vedação industrial

Vazamentos durante o processo industrial podem causar danos ao meio ambiente, à saúde do trabalhador e afetar o rendimento financeiro de uma organização. Para evitar esses problemas é necessário que os equipamentos estejam vedados de maneira satisfatória. Os transtornos causados pelo mau uso do material vedante, instalação incorreta, especificação inadequada ou falta de manutenção podem ser muito perigosos e em muitos casos, difíceis de corrigir [8].

A importância desse segmento é indiscutível e um dos pontos mais críticos em um sistema de vedação é o estudo da resistência do material vedante, por este motivo, as empresas deste setor investem bastante em pesquisa, desenvolvimento e tecnologia para garantir a eficiência e segurança dos seus produtos. Há uma grande diversidade de materiais que compõem produtos de vedação divididos entre opções metálicas, semi metálicas e não metálicas (polímeros, por exemplo) e a necessidade de utilização de cada material varia de acordo com a aplicação e com as condições às quais são submetidos. Parâmetros como: ataque químico do fluído, condições de temperatura e pressão inerentes à linha de processo influenciam diretamente na escolha do elemento de vedação e seu respectivo material [8].

Em suma, o processo de vedação consiste na prática do controle de escoamento de um fluído de maneira estática ou dinâmica entre dois meios. Dentre as formas de vedação mais usadas na indústria encontram-se: juntas em partes estáticas (flanges e carcaças), anéis elastômeros em partes estáticas e dinâmicas de equipamentos (também em flanges e anéis em selos mecânicos), retentores em partes dinâmicas de máquinas (labiais para vedar lubrificante em mancais de bombas) e gaxetas, que são elementos mecânicos utilizados para frear um fluxo total ou parcial [8]. Estes últimos, serão um dos objetos de referência para este projeto.

2.2 Gaxetas e suas aplicações

Gaxetas são elementos mecânicos utilizados na vedação da passagem de um fluxo de fluido de forma total ou parcial. Comumente utilizadas como anéis de vedação e compostas por materiais específicos para cada tipo fluido, auxiliam na contenção de vazamentos e fixação no equipamento em que serão aplicadas [9]. O uso de gaxetas é um dos principais métodos de vedação entre duas peças unidas entre si, além de ser forma mais antiga de vedar um eixo rotativo ou alternativo. Basicamente, o processo de impedimento da passagem de fluido consiste na compressão de um material resistente, macio e lubrificante dentro do espaço formado pelo eixo e a caixa de vedação do equipamento [10].

As gaxetas são fabricadas em máquinas chamadas Tricotadeiras, que possuem seu funcionamento baseado em fusos que trançam fios em torno de um ou mais elementos resistentes, também chamados de alma, e podem ser produzidas com os seguintes materiais: fibras vegetais, sintéticas, de Teflon expandido, de vidro, de cerâmica, de carbono e de grafite, sendo seus lubrificantes de silicone, teflonados, enebados ou grafitados [9].

A seguir, serão apresentados alguns exemplos de gaxetas, suas principais características e indicações de uso:

As gaxetas de carbono e grafite, conforme indicado na Fig. 1, são uma opção para vedação em válvulas, bombas e reatores, dentre outras, onde há alta pressão e/ou temperatura elevada. Suas principais características [11] são:

- Construção entrelaçada: entrelaçamento dos fios gera uma gaxeta mais homogênea, de melhor moldabilidade, alta resistência mecânica e menor desgaste por abrasão;
- São 100% lubrificantes, garantindo baixo atrito e altas velocidades periféricas. Não há queima em aplicações dinâmicas (como bombas) ou travamento de haste de válvulas;



Figura 1: Gaxeta Teadit®2236 [11].

O mercado industrial utiliza as gaxetas de PTFE, Fig. 2, devido às excepcionais características dessa matéria-prima como atoxidade, selabilidade e alta resistência química. São indicadas para vedação de hastes de válvulas e, quando lubrificadas, em eixos de equipamentos rotativos nos exigentes segmentos de indústria química (farmacêutico, alimentício, papel e celulose, etc.) [11].



Figura 2: Gaxeta Teadit®2070 [11].

As gaxetas de fibras sintéticas, exemplificadas na Fig.3, são caracterizadas por oferecerem alta resistência térmica e alta resistência à agressividade química dos fluidos. Amplamente versáteis, atendem a maioria das aplicações e exigências da indústria em geral, propiciando baixos custos de inventário e redução nos custos de manutenção [11].



Figura 3: Gaxeta Teadit®2017 [11].

Além disso, uma grande utilização de gaxetas na indústria é a partir de *Pads* ou almofadas de secagem, que consistem em pedaços de gaxetas com aproximadamente 100 mm de comprimento e servem para fazer parte de um processo de secagem/raspagem do excesso de zinco após a galvanização a quente de arames de aço e é essencial para atingir o peso correto do

revestimento, bem como para o produto final alcançar um bom acabamento superficial, além de controlar, também, os custos do processo [12].

Este processo, conhecido como *Pad Wipe System*, tem seu início na saída de um galvanizador e, resume-se a uma passagem longitudinal de cada fio entre um conjunto de duas almofadas retangulares. Mecanismos de fixação de parafusos individuais comprimem cada conjunto de pastilhas para limpar firmemente o fio. Os fios saem da parte traseira dos eletrodos diretamente em tubos de resfriamento individuais que resfriam os fios à temperatura ambiente em equipamentos conforme mostrado na Fig. 4 [13]:



Figura 4: Equipamento de secagem de zinco em arames galvanizados a quente [12].

Os *Pads*, caracterizados na Fig 5, são projetados de acordo com os diâmetros dos fios, passo do fio e configuração de saída do galvanizador [13] e, para isso, exigem cortes com grande precisão dimensional para serem utilizados nos equipamentos de secagem. O projeto da máquina de corte de gaxetas aqui estudada teve seu início com a demanda do mercado por esses componentes, que são de extrema importância para o processo de controle da quantidade de zinco após galvanização a quente de arames de aço.



Figura 5: *Pads* ou almofadas de secagem [14].

2.3 Máquinas de corte na indústria

Historicamente, a utilização de máquinas tornou as atividades humanas muito mais confortáveis, além de reduzir o esforço empregado nas tarefas executadas, pode aumentar sua qualidade, com a redução da interferência mecânica do homem, que pode ser afetada por diversos fatores como: estresse, cansaço físico e mental [15].

Com o desenvolvimento industrial, as empresas precisaram de um grande aliado para se manter no mercado: a tecnologia, devido à possibilidade de proporcionar avanços e novas formas de concretizar tarefas que antes eram impossíveis [15]. Uma das tarefas de extrema importância e com inúmeras dificuldades de serem realizadas apenas com esforço humano é o corte.

A indústria utiliza diversas ferramentas e máquinas para realizar o corte de diversos tipos de produtos. Esse processo é essencial para criar ferramentas, objetos e fazer adaptações com precisão e agilidade. Existem diversos processos para se cortar metais e outros materiais na indústria, dentre os mais populares, estão:

- Corte a laser: permite a produção de peças mais complexas e precisas, é mais indicado para chapas finas de alumínio, mas também pode cortar outros materiais como o couro, papel, madeira, plástico, etc. [15];
- Corte de jato de água: pode ser usado tanto água, quanto algum produto abrasivo junto a ela. O sistema possui uma bomba com uma pressão elevada que, através do processo de erosão, corta praticamente qualquer tipo de material, com espessuras de até 170 mm [15];

- Cisalhamento: esse tipo de corte é realizado ao submeter o material a ser cortado a um espaço entre duas lâminas que aplicam forças em sentidos iguais ou opostos e provocam um deslocamento em planos diferentes. Observa-se esse processo, muitas vezes, no dia a dia, utilizando as tesouras e guilhotinas, a qualidade do corte depende da qualidade das lâminas, folga adequada e esforço necessário aplicado [15];
- Corte por serra: manuais ou mecânicas, elas cortam fazendo o movimento alternativo realizando o desbaste de material a cada passagem [15];
- Oxicorte: esse processo utiliza a combustão localizada e contínua, gerada por um jato de oxigênio de alto grau de pureza sobre um ponto [15];
- Plasma: esse tipo de corte, abrange uma grande área do setor, apresentando vantagens técnicas e econômicas, mas não é adequado a todos os materiais, ele pode ser feito através de processo manual ou automatizado [15].

Para fazer cortes em larga escala ou de peças especiais, como é o caso dos *Pads*, é necessária a criação de peças e ferramentas especiais. Conforme apresentado anteriormente, existem máquinas de corte ou equipamentos mais adequados para o corte de diversos materiais [15].

Quanto aos materiais das ferramentas de corte, tem-se como os mais utilizados [16]:

- Aço Ferramenta: tem em sua composição 0,8 a 1,5% de carbono, comumente utilizado em ferramentas para reparos domésticos, possuem baixo custo, quando submetidos a processos de tratamento térmico podem alcançar elevadas durezas e resistência ao desgaste e tem como principal limitação a temperatura de trabalho até 250 °C. Acima desta temperatura a ferramenta perde suas propriedades de dureza [16];
- Aço Rápido: tem em sua composição elementos de liga como o tungstênio, cromo, vanádio e pequena quantidade de manganês para evitar fragilidade. Amplamente utilizado na indústria pois possui maior resistência à abrasão em comparação ao aço ferramenta e atende aplicações com maior temperatura de trabalho (até 600 °C), porém seu preço é mais elevado e o tratamento térmico mais complexo do que o usado nos aços ferramenta [16];
- Ligas Fundidas: sua composição pode ter uma ampla gama de elementos de liga de acordo com a aplicação e com isso também pode ter seu custo elevado. A combinação de alguns componentes como tungstênio, cromo, vanádio, titânio e níquel resulta em um material com elevada resistência a quente (até 800 °C) e possui uma qualidade intermediária entre o aço rápido e o metal duro [16];
- Metal Duro: caracterizado pela sua composição de 81% de Tungstênio, 6% de Carbono e 13% de Cobalto [16] e tem como processo de fabricação a metalurgia do pó, que

proporcionam a esse tipo de material uma elevada dureza, resistência à compressão e ao desgaste;

- Cermet: é um composto formado por cerâmica e metal, que deriva sua nomenclatura. Elementos como titânio, níquel, cobalto e nitreto de carbono garantem a esse material uma boa resistência à corrosão, ao desgaste, a elevadas temperaturas e, também, uma alta estabilidade química. Sua utilização é controversa, pois ao longo da história da usinagem ganharam a fama de suscetíveis à repentinas e imprevisíveis falhas, porém, são amplamente utilizados com sucesso no fresamento de materiais duros [16];
- Cerâmica: atualmente, pode-se encontrar dois tipos básicos de cerâmicas, à base de óxido de alumínio ou nitreto de silício, ambas têm seu processo de fabricação baseado na prensagem a frio ou a quente e suas principais características são: possuir elevada dureza a quente (1600 °C), ser quimicamente inerte com o aço, apresentar longa vida quando utilizada em ferramentas e quando não combinada com metais em sua composição apresentam menor peso específico, maior fragilidade, alta resistência à compressão e menor condutividade térmica comparada ao aço [16];
- Nitreto de Boro Cúbico Cristalino: material artificial extremamente duro, com dureza inferior ao diamante à temperatura ambiente, apesar de mais estável quimicamente, especialmente contra oxidação. É amplamente utilizado como um abrasivo para ferramentas industriais, em especial para usinagem de peças de aços e materiais de grande dureza, possui excelente resistência ao desgaste e alto custo, por ter um processo de fabricação complexo, que exige altas pressões e temperaturas [16];
- Diamante: material sintético, de elevado custo, obtido em condições de extrema pressão e temperatura e usado na usinagem de materiais não ferrosos e sintéticos ou ferramentas que exijam alta dureza, como a furação de poços de petróleo, por exemplo. Possui limitação de trabalho a uma temperatura de 900 °C devido ao processo de grafitização do material [16].

Cada material possui características que sugerem sua utilização em diferentes condições de temperatura e solicitações. Na Fig. 6, apresenta-se um gráfico relacionando algumas dessas características com a escolha ideal de cada material:

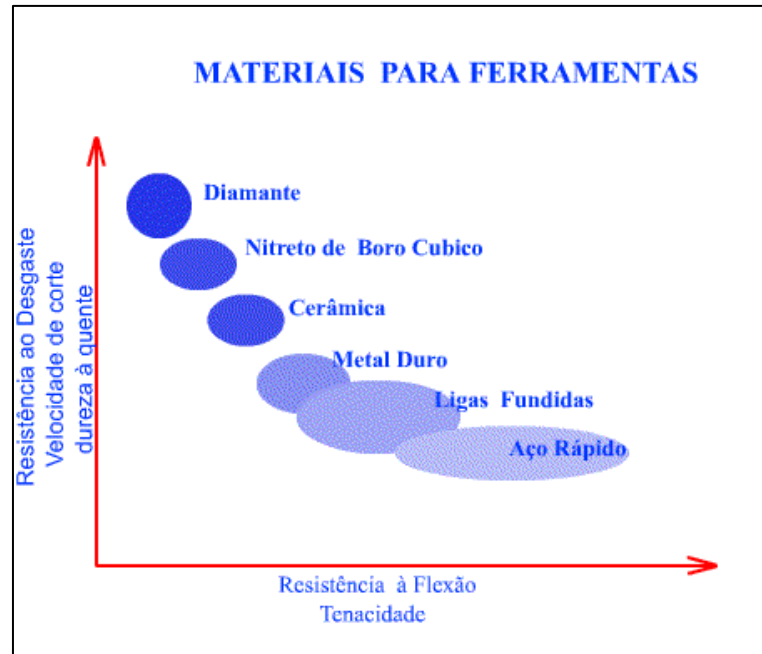


Figura 6: Gráfico com análise comparativa para escolha de materiais [16].

Existem algumas exigências básicas para um material de corte que vão definir a eficácia do processo [17]:

- Elevada dureza a frio e a quente: trata-se da resistência do material à penetração, ao desgaste e ao atrito. Esta propriedade é usualmente medida em ensaios de dureza, com o auxílio de um penetrador que, por sua vez, trata-se de uma ferramenta padronizada, com forma de esfera ou de pirâmide, sobre a qual é aplicada uma carga, também padronizada. A dureza da ferramenta de corte deve ser maior que a do material a ser usinado, mas não tão alta a ponto de tornar-se a ferramenta quebradiça (frágil) [17].
- Tenacidade: é a capacidade que o material tem de absorver energia (deformar-se) antes de fraturar, considerando tanto a deformação elástica quanto a plástica. O material da ferramenta de corte deve ter tenacidade suficiente para resistir aos choques/impactos que ocorrem durante a usinagem, evitando o surgimento de trincas e lascamentos na ferramenta [17].
- Resistência ao desgaste por abrasão: durante o corte, a região de contato entre a peça, a ferramenta e o cavaco ficam sujeitos a altas pressões e partículas muito duras. Devido ao movimento relativo entre os componentes do corte (peça-ferramenta-cavaco), estas partículas podem penetrar na superfície do material da ferramenta e, conforme o processo de corte avança, o eventual arrancamento destas partículas gera desgaste na ferramenta. A resistência ao desgaste por abrasão influencia a durabilidade da ferramenta neste quesito [17].

- Estabilidade química: na usinagem, a ferramenta e a peça apresentam composições químicas diferentes e estão submetidas a temperaturas elevadas, originando uma condição favorável para o surgimento de reações químicas. Estas reações caracterizam-se pela troca de elementos químicos da peça para ferramenta e vice-versa, levando ao desgaste e perda das propriedades da ferramenta [17].
- Custo e facilidade de obtenção: existem materiais para ferramenta que são fáceis de fabricar e apresentam baixo custo de produção. No entanto, não oferecem todas as propriedades desejadas e, por isso, tem seu uso limitado, a exemplo do aço ferramenta. Por outro lado, tem-se à disposição materiais com excelentes propriedades, entretanto com custo elevado. O balanço entre qualidade e custo, portanto, deverá ser adequado às necessidades específicas de cada processo [17].

2.4 Sistemas pneumáticos industriais

A pneumática pode ser definida como um ramo de ciência e tecnologia que lida com a energia de fluidos, particularmente, na qual o ar comprimido é utilizado como fluido para execução de trabalho. É derivada da palavra grega *Pneuma*, que significa ar, vento ou respiração. Sistemas pneumáticos utilizam o ar comprimido como meio de transmissão de energia pelo fato de o ar ser abundante e poder ser facilmente exaurido para a atmosfera após completar sua tarefa. Além disso, sistemas pneumáticos são em geral mais baratos que sistemas hidráulicos, tanto para construção quanto para operação [18].

No sistema pneumático, o ar comprimido atua tanto como meio de trabalho como meio de controle. Devido a suas vantagens de transmissão e controle, o ar comprimido é amplamente aplicado nas indústrias conforme exemplos abaixo [18]:

- Indústrias de manufatura, indústria automotiva, fabricantes de máquinas-ferramenta e fabricantes de aparelhos domésticos e comerciais;
- Indústrias de óleo e gás, indústria de processamento, tais como química;
- Usado no sistema de freios de automóveis, vagões ferroviários e impressoras;
- Robótica e mecatrônica em geral [18].

Em fábricas por todo o mundo, o ar comprimido é muito utilizado para automatizar processos. O ar comprimido usado como força motriz na pneumática já é considerado um importante insumo para o funcionamento de uma fábrica, logo depois da eletricidade, gás natural e água. Em comparação com a eletricidade, a geração do ar comprimido é mais cara devido à necessidade da utilização de um compressor de ar. Resta compreender o motivo de o ar comprimido ser tão usado em sistemas de automação industrial [19].

Os principais motivos são custos iniciais e de manutenção mais baixos, que se combinam para tornar a pneumática a opção mais popular e econômica para a execução de movimento mecânico. Embora existam alguns fornecedores de atuadores elétricos que afirmam que o movimento por acionamento elétrico é melhor devido à sua eficiência energética superior, é difícil superar a simplicidade e a confiabilidade da pneumática [18].

Dentre as vantagens anteriormente descritas dos sistemas pneumáticos que fazem com que essa tecnologia seja amplamente utilizada na indústria, seguem algumas outras características que justificam sua utilização de forma notável [18]:

- a) Durabilidade e Confiabilidade comprovadas: os controles pneumáticos possuem a reputação de serem muito duráveis e confiáveis, mesmo nos ambientes de produção mais difíceis.;
- b) Design simples que se adapta a ambientes agressivos: quando comparados a outros tipos de controles na indústria, os controles pneumáticos tendem a ser muito duráveis e não se danificam facilmente. O ar comprimido também possui uma menor probabilidade de ser afetado por temperaturas extremas, poeira, corrosão, etc.

Os sistemas pneumáticos também possuem suas limitações, sendo importante estar ciente das mesmas [19]:

- Baixa precisão: a eficácia do uso de ar comprimido depende do volume de ar disponível. O volume de ar pode mudar dependendo da temperatura, fato que altera o volume de ar disponível para uso. Isso pode alterar a precisão na qual o ar comprimido pode ser usado;
- Obrigatoriedade do tratamento do ar antes do uso: para que o ar comprimido seja utilizável em dispositivos pneumáticos, ele deve ser processado para remover vapor de água ou poeira que estão naturalmente presentes no ar. Se o ar não for processado corretamente, é possível que os componentes se desgastem rapidamente devido ao atrito e à corrosão.

A seleção do tipo de tecnologia de movimentação depende da necessidade da aplicação. Não é incomum encontrar-se máquinas com as 3 tecnologias de transmissão de força para diferentes partes. Apesar desse fato, muitos fabricantes utilizam puramente o ar comprimido, pelos benefícios que serão apresentados a seguir. O Quadro 1 mostra as diferenças entre a tecnologia pneumática, hidráulica e elétrica para movimentação linear na automação industrial [19]:

Quadro 1: Diferenças entre tecnologia pneumática, hidráulica e elétrica para movimentação linear [19].

Características:	PNEUMÁTICO	HIDRAULICO	ELETRICO
Complexidade	Simples	Media	Media/Alta
Possibilidade de impacto	Alta	Muito alta	Alta
Tamanho/força	Baixo tamanho pela força gerada	Muito baixo tamanho pela força gerada	Médio tamanho pela força gerada
Controle	Válvulas simples	Válvulas simples	Controle eletrônico
Precisão no posicionamento	Boa	Boa	Melhor
Velocidade	Rápido	Lento	Rápido
Custo de compra	Baixo	Alto	Alto
Custo de operação	Médio	Alto	Baixo
Custo de manutenção	Baixo	Alto	Baixo
Requer	Compressor, eletricidade e tubulação	Bomba, eletricidade e tubulação	Eletricidade somente
Eficiência	Baixa	Baixa	Alta
Confiabilidade	Excelente	Boa	Boa
Manutenção	Pequena	Media	Media

Sistemas pneumáticos são mais simples do que os hidráulicos ou elétricos, trazendo vantagens no custo inicial e facilidade de manutenção. Sistemas de controle de fluido produzem movimento linear com cilindros pneumáticos ou hidráulicos que são relativamente simples [19].

Normalmente aplicações com uso de pneumática ou hidráulica podem gerar mais força do que um sistema elétrico utilizando um espaço menor. Um pequeno cilindro pneumático consegue gerar uma força necessária para segurar um produto firmemente em posição [19].

Apesar de haver limitações, sistemas de controle também são mais simples na pneumática e hidráulica se comparados com sistemas elétricos. Uma válvula simples, regulador, e acessórios são tipicamente suficientes para controlar a direção de um cilindro, sua força e velocidade [19].

Um atuador elétrico precisa de controles mais complexos, como módulos I/O, cabos de comunicação e uma programação mais complexa [19], porém é o sistema mais utilizado em projetos de automação industrial por sua confiabilidade na precisão, velocidade de interpretação e respostas de sinais.

O Sistema pneumático normalmente tem 2 posições, retraído ou estendido, que normalmente é controlado por uma parada física com algum tipo de método de absorção do choque. A vantagem do atuador elétrico é que, normalmente, apresenta uma grande facilidade na programação de várias posições de paradas. Atualmente, também existem soluções híbridas pneumáticas/elétricas para buscar uma característica intermediária entre os dois sistemas [19] e pode ser considerada uma opção para a automatização da máquina de corte abordada no presente projeto.

Conforme mencionado anteriormente, a operação de um compressor de ar pode ter custos superiores ao da eletricidade, porém a disponibilidade de ar comprimido é mais comum nas fábricas. Os componentes pneumáticos também têm um baixo custo de manutenção, sendo muito mais baratos do que reparar ou substituir um atuador elétrico [19].

O ruído tem se tornado um problema menor em sistemas pneumáticos ao longo dos anos. Os produtos pneumáticos vêm evoluindo para redução de ruído e aumentando a confiabilidade. As novas soluções de compressores também ajudam a reduzir o consumo de energia elétrica e ruído, aumentando assim as vantagens para que a pneumática continue sendo uma das soluções preferidas para automação industrial pelo mundo [19].

Sistemas pneumáticos de transmissão de força são comumente a melhor opção para mover peças e ferramentas na automação industrial. Esses sistemas pneumáticos desempenham uma variedade grande funções como prender, pegar, posicionar, levantar, pressionar, selecionar e empilhar peças ou ferramentas, conforme mostrado na Fig. 7. Os sistemas podem ser complexos com controle de loop fechado com o uso de sensores e lógica através de um CLP, sigla para Controlador Lógico Programável, principal elemento de um circuito eletropneumático, podendo também ser usado em aplicações de tensionamento, prensa, etiquetas, marcação ou corte [19].

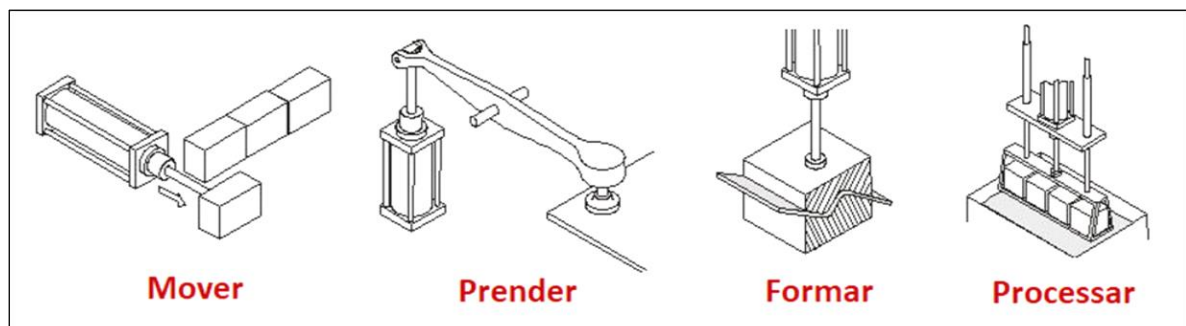


Figura 7: Aplicações de processos pneumáticos [19].

Um dos usos mais comuns de pneumática na automação industrial é pegar e movimentar uma peça com movimentação horizontal e vertical, fixar uma peça em processamento e utilizar a força de compressão de um cilindro para conformar ou cortar um material.

Normalmente um sistema pneumático básico contém [19]:

- Geração: Composto por um compressor e secador. O ar comprimido é gerado no compressor e depois passa por um secador para remover o excesso de água
- Linha de distribuição: Uma tubulação de metal ou plástico fará a distribuição do ar comprimido para as diferentes aplicações dentro de uma fábrica

- Aplicação: No ponto de aplicação a ar comprimido é utilizado para realizar uma tarefa, como automatizar um movimento de uma linha de produção ou alimentar uma ferramenta pneumática

Na Fig.8, consta um esquema mostrando um sistema pneumático:

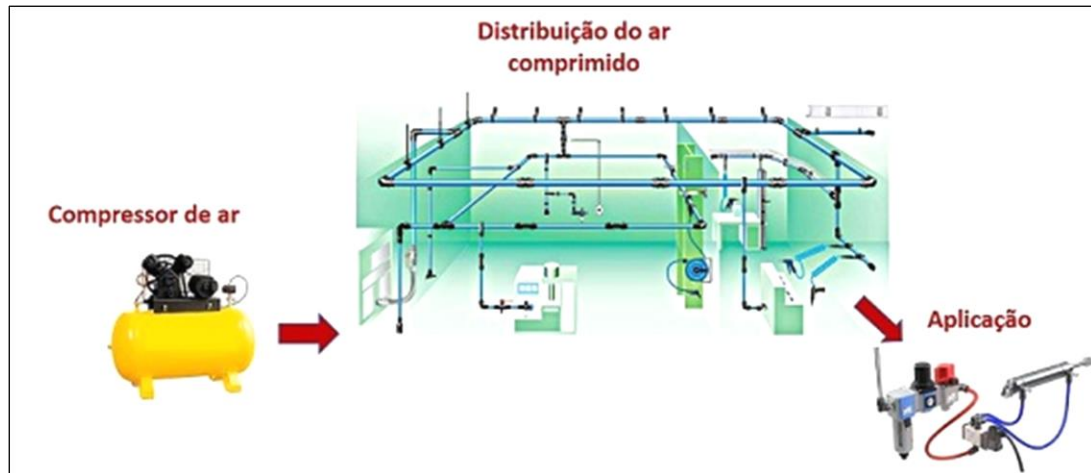


Figura 8: Sistema pneumático [19].

Os componentes de uma aplicação pneumática [19] são:

- Cilindro pneumático: são dispositivos que transformam a energia potencial do ar comprimido em energia cinética. Basicamente, consistem em um recipiente cilíndrico provido de um êmbolo ou pistão. Ao introduzir uma certa vazão de ar comprimido, este se expande dentro da câmara e provoca um deslocamento linear. Se for acoplada uma haste rígida ao êmbolo, este mecanismo será capaz de empurrar um corpo, ou simplesmente prendê-lo [20].
- Válvula pneumática direcional: têm a função de permitir, orientar ou interromper um fluxo de ar. Por distribuir o ar aos elementos de trabalho, são conhecidas também como válvulas de distribuição. Constituem os instrumentos de comando de um circuito. Também são utilizadas em tamanhos menores como emissoras ou receptoras de sinais para o comando das válvulas principais do sistema, e ainda em funções de tratamento de sinais. [20]
- Preparação de ar: constituem unidades indispensáveis para o correto funcionamento dos sistemas pneumáticos e para prolongar a vida útil dos componentes. São instaladas na linha de alimentação de um circuito, fornecendo ar livre de umidade e impurezas, lubrificado e regulado na pressão necessária, ou seja, nas condições ótimas de utilização. Em resumo, os conjuntos FRL, Filtro Regulador e Lubrificador, possuem todas as características funcionais e construtivas de cada um dos elementos que os constituem [20].
- Conexões pneumáticas: diversos tipos de conexões para unir os componentes pneumáticos entre si com mangueiras.

A seguir, na Fig. 9, encontra-se uma representação dos componentes descritos anteriormente.

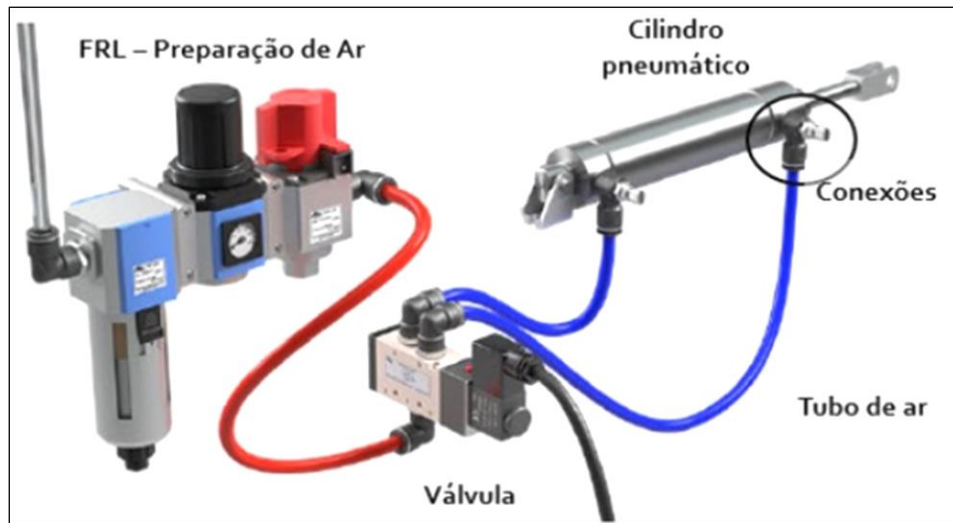


Figura 9: Componentes de uma aplicação pneumática [19].

Como a grande maioria das fabricas já possuem um compressor, uma máquina com sistema pneumático começa com a especificação do sistema de preparação de ar comprimido. Normalmente, o sistema inclui uma válvula de bloqueio, um filtro, um regulador e um lubrificador [19].

O sistema de preparação de ar vai alimentar as válvulas que podem ter diferentes funções e tipos. Essas válvulas controlam a atuação dos cilindros pneumáticos que irão realizar o movimento.

Sensores para cilindros pneumáticos e sensores de pressão (pressostatos) também são muito comuns em sistemas de automação pneumática. Da mesma forma, existem uma grande variedade de acessórios como válvulas de controle de fluxo, válvulas de escape rápido, válvulas de retenção, reguladores de diferentes tipos e vários indicadores [19].

Em resumo, diante do cenário apresentado, percebe-se que a tecnologia pneumática possui inúmeras vantagens e, embora existam limitações para suas aplicações, devido a requisitos intrínsecos de suas propriedades físicas, na maioria das vezes, será uma opção a ser considerada nas atividades relacionadas à indústria e, juntamente com o uso de sistemas elétricos tem potencial para combinar eficiência e baixo custo em um projeto.

2.5 Tecnologia eletropneumática industrial

Conforme citado no tópico anterior, a automação industrial procura unir os benefícios dos sistemas pneumáticos e elétricos para tornar os processos cada vez mais produtivos e eficazes. Quando há essa combinação do uso dos sistemas, têm-se os denominados circuitos eletropneumáticos, que são definidos como esquemas de comando e acionamento que representam os componentes pneumáticos e elétricos empregados de forma conjunta em uma máquina ou equipamento industrial, bem como a interação entre os elementos desses sistemas para se conseguir o funcionamento desejado e os movimentos exigidos do sistema mecânico [21].

Enquanto o circuito pneumático é responsável pelo acionamento das partes mecânicas, o circuito elétrico representa a sequência de comando dos componentes pneumáticos para que as partes móveis da máquina ou equipamento apresentem os movimentos finais desejados. A seguir, serão apresentados os circuitos eletropneumáticos comumente utilizados em máquinas e equipamentos industriais, introdução aos seus princípios de funcionamento e diversas técnicas empregadas na elaboração desses circuitos, tendo sempre como referência os recursos de movimento que a máquina deve oferecer [21].

Basicamente, existem quatro métodos de construção de circuitos eletropneumáticos: intuitivo, minimização de contatos ou sequência mínima, maximização de contatos ou cadeia estacionária [20]. Neste projeto foi empregado o método intuitivo, que consiste na utilização do mecanismo do pensamento e do raciocínio humano na busca da solução de uma situação-problema apresentada. Dessa forma, podem-se obter diferentes soluções para um mesmo problema em questão, característica principal do método intuitivo [21].

Já no método passo a passo, também conhecido por método de maximização de contatos, como o nome indica, são utilizados muito contatos e um relé por passo. Apesar da vantagem de ter uma simples construção, é necessária a utilização de muitos contatos e relés. No caso do comando elétrico, seria muito trabalhoso e caro, mas no caso do CLP esse fator fica bastante atenuado, pois não há limite para número de contatos, apenas a capacidade da memória, e existem inúmeros relés. Para criar um circuito pelo método passo a passo as seguintes regras precisam ser atendidas [22]:

1. Definir quantos atuadores serão utilizados (lineares e rotativos);
2. Nomear os atuadores de acordo com a ordem de movimento (A, B, C...);
3. Estabelecer a sequência de trabalho (A+B+A-B-...), em que o sinal de positivo é o atuador avançado e negativo, recuado ;

4. Desenhar o circuito pneumático (a escolha do tipo de acionamento da válvula direcional – simples ou duplo solenoide – deve obedecer a dois critérios básicos: o primeiro é a segurança e o segundo, a economia de energia;
5. Dividir a sequência de trabalho em grupos (cada movimento é um grupo);
6. Utilizar um relé interno (*bit* de memória ou *flag*) para cada grupo. Cada relé é acionado por contatos de liga, habilita, desabilita e selo.
7. Em série com o selo do último relé, é necessário a presença de um contato de rearme que será utilizado sempre que o circuito for energizado para inicializar o sistema. O contato de rearme deve ser um bit de sistema do CLP que é ligado durante a primeira varredura (ao energizar o CLP ou passar para modo execução) e fica desligado a partir da segunda varredura.

Para começar a elaborar um circuito eletropneumático, é necessário conhecer os principais componentes que fazem parte do sistema elétrico, assim como os pneumáticos, que já foram vistos anteriormente. Como principal componente tem-se o CLP, controlador que executa funções lógicas que podem ser definidas ou alteradas através de um programa (software) com linguagem específica. Segue, na Fig. 10, a representação de um CLP:



Figura 10: Controlador Lógico Programável [23].

O CLP, além de executar as funções lógicas (identificar, comparar, classificar), pode também executar funções como: temporização, contagem, sequência, controle, entre outras, que variam para cada modelo e fabricante [22].

O funcionamento de um CLP possui basicamente a seguinte estrutura mostrada na Fig. 11:

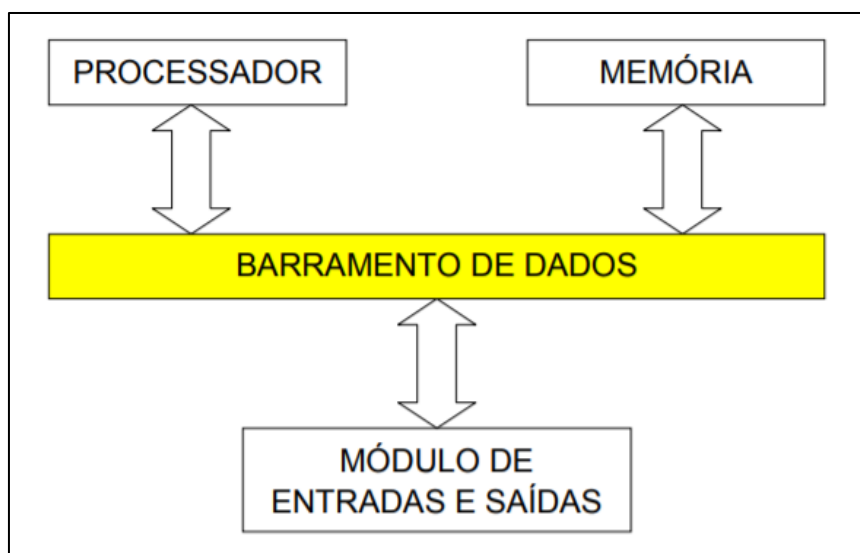


Figura 11: Estrutura de funcionamento de um CLP [22].

Nessa estrutura são apresentadas as partes que compõem um CLP e, a seguir serão esclarecidas as definições de cada uma desses componentes:

Processador: componente do CLP responsável pelo processamento das instruções, buscando essas informações na memória, interpretando e executando as tarefas contidas nas instruções [22].

Memória: é o local onde ficam armazenadas as instruções a serem executadas pelo processador e os diversos dados. Existem, pelo menos, duas memórias no CLP. Em uma delas, é armazenado o programa do fabricante chamado *firmware*, que faz o CLP funcionar. Em geral, essa memória é do tipo EPROM (*Eraseable Programmable Read Only Memory* – memória fixa apagável) ou tipo Flash (memória que pode ser escrita e apagada eletronicamente). Na outra memória fica guardado o programa do usuário após o mesmo ser transferido do computador para o CLP. Ela pode ser do tipo RAM (*Random Access Memory* – memória de acesso aleatório), sendo neste caso necessário uma bateria para manter o programa na memória mesmo quando o CLP é desligado [22].

Módulos de entrada e saída: locais onde os sinais enviados pelos sensores e demais elementos de entrada são convertidos e interpretados pelo processador, que envia outros sinais para acionar os atuadores e demais elementos de saída. Portanto, esse módulo faz a ligação, ou interface, entre o processador e os sinais de campo, ou da máquina [22].

Além disso, o CLP possui diferentes modos de funcionamento que são definidos por uma chave com pelo menos três posições:

- Posição 1: modo programação. Nele é possível transferir ou carregar o programa feito no computador para o CLP. Durante esse modo, o programa que está dentro do CLP não é executado e todas as saídas permanecem desligadas.
- Posição 2: modo execução. Enquanto esse modo estiver ativo, o CLP executa o programa do usuário que está na sua memória, realizando a varredura, não sendo possível transferir programa.
- Posição 3: modo remoto. Com a chave nesta posição, a escolha entre os modos pode ser feita através do computador conectado ao CLP. Através do software é possível alternar entre programação e execução.

Com o conhecimento dos principais componentes de um CLP, pode-se dizer que este importante acessório do circuito eletropneumático funciona da seguinte maneira:

1. O processador lê os sinais de entrada e guarda num local separado na memória;
2. O processador busca e interpreta as instruções programadas, interrogando os sinais de entrada que foram guardados na memória e armazenando os resultados na memória;
3. O processador atualiza as saídas de acordo com o resultado das instruções executadas.

Esse ciclo se repete indefinidamente, enquanto o CLP estiver em modo execução. O tempo de duração de cada ciclo depende, dentre outras coisas, do tamanho do programa e da velocidade do processador. Alguns CLP's permitem determinar um tempo fixo para os ciclos de varredura.

Os sinais digitais recebidos e enviados no CLP são representados por 0 (desligado ou não acionado) e 1 (ligado ou acionado). Por possuir somente dois estados, é chamado também de sinal binário. A Fig. 12 abaixo nos mostra a representação de sinais no caso de contatos elétricos:

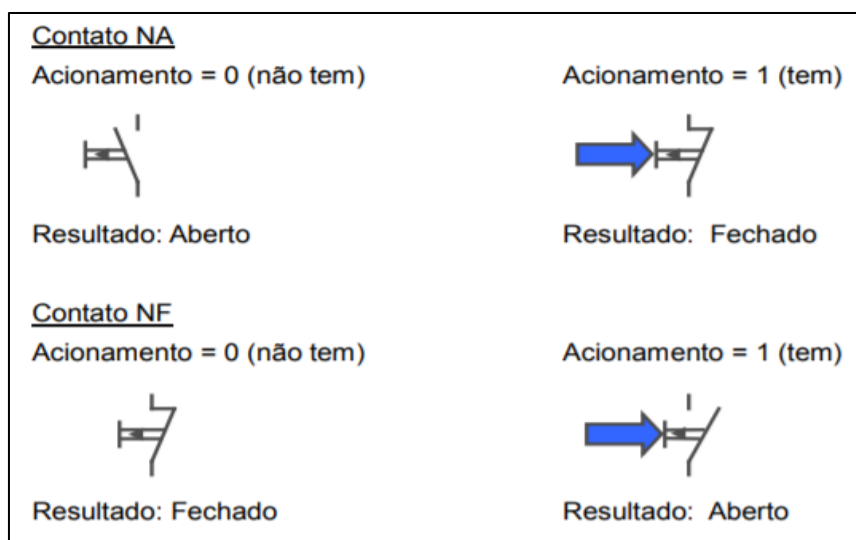


Figura 12: Representação de sinais de um contato elétrico [22].

Por fim, um circuito eletropneumático programado em um CLP precisa conter algumas condições marginais para seu funcionamento de forma segura e otimizada. Os métodos para elaboração de programas, como os apresentados até o momento, contemplam apenas a parte sequencial das funcionalidades. Entretanto, existem diversas funções ou situações na máquina/equipamento que podem ocorrer a qualquer instante, independente do passo da sequência que está sendo executado. Por essas condições não dependerem do passo e da sequência de movimentos, elas são denominadas condições marginais. Existem inúmeras condições possíveis, dependendo da máquina, do equipamento e do processo. A seguir serão abordadas apenas algumas delas, dentre as mais utilizadas [22]:

Condição 1 – Posição Inicial: A condição de posição inicial serve para certificar que a máquina só entrará em operação/ciclo se todos os atuadores estiverem em sua posição inicial. Caso contrário, os mesmos deverão ser colocados em sua respectiva posição usando o modo manual. Colocando uma lâmpada H1 para sinalizar essa condição, caso a máquina não esteja em posição inicial, a lâmpada H1 fica apagada. Quando a máquina estiver em posição, a lâmpada H1 fica piscando, avisando ao operador que ele já pode acionar o botão de partida. Após acionar o botão de partida, enquanto a máquina estiver em ciclo, a lâmpada H1 também deverá ficar apagada [22].

Condição 2 – Modo Ciclo Contínuo: Através de uma chave S1 é feita a seleção entre ciclo único e ciclo contínuo. Caso a chave S1 esteja desligada, quando o operador acionar o botão de partida, a máquina faz um ciclo e para (ciclo único). Se a chave S1 estiver ligada, a máquina está em modo ciclo contínuo (indicado por uma lâmpada H2), mas só inicia quando o operador acionar o botão de partida. Nesse modo, a máquina, ao terminar o ciclo, reinicia automaticamente. A parada acontece quando a chave S1 é desligada passando para o modo ciclo único. Assim, ao finalizar o ciclo, a máquina para, aguardando o botão de partida [22].

Condição 3 – Emergência: A condição de emergência é um item de segurança básico de qualquer máquina. Ao acionar o botão de emergência, supõe-se que existe uma condição de risco para o equipamento e/ou para a pessoa que está trabalhando na máquina. Essa situação necessita de uma análise prévia do processo e da máquina para que, ao acionar a emergência, a máquina permaneça em uma posição segura, evitando qualquer tipo de acidente. Não existe uma regra geral se, por exemplo, os atuadores devem retornar para a posição inicial ou devem ficar parados onde se encontram; depende da máquina e processo. Mas, no projeto, considera-se que, na falta de energia, a máquina deve permanecer em posição segura. Ou seja, mecanicamente, o dispositivo deve ser capaz de manter-se em posição segura. Quando um CLP é usado, sabe-se que podem ocorrer falhas em detalhes da programação (como situações não previstas no programa) ou falta de energia elétrica. Portanto, ao acionar a emergência, quem é responsável por manter a máquina

na posição segura é o sistema mecânico. O CLP apenas recebe um aviso de que a emergência foi acionada para tratar a situação no programa [22].

Condição 5 – Parada: A condição de parada é utilizada para interromper a execução do ciclo em um determinado passo, por algum motivo. Após a parada, o ciclo continua normalmente. Existe uma diferença entre a condição de emergência e de parada, que deve ser observada atentamente para não ser confundida. Durante a execução do ciclo de operação da máquina, ao acionar o botão, a máquina termina de executar o passo atual e para o ciclo. Para que a máquina continue a executar o ciclo de trabalho basta acionar o botão de partida novamente [22].

2.6 Retrofitting de máquinas

O *retrofitting* (reforma) em equipamentos, máquinas ou sistemas é um procedimento moderno, efetivo e com custo inferior ao de novas aquisições que consiste na substituição de peças e partes desses equipamentos que estão obsoletos, para que eles sejam modernizados. Essa alternativa é utilizada para dar uma sobrevida à máquina que está desatualizada. Com isso, a empresa faz um investimento baixo com a modernização de seu maquinário. Essa técnica vem se tornando cada vez mais comum por conta da agilidade da evolução da tecnologia, que desatualiza os equipamentos rapidamente [24].

Não se trata de uma simples reforma, mas de modernizações, visto que a evolução tecnológica se converte em diversos benefícios [24]:

- Aumento da produtividade;
- Redução dos períodos de inatividade;
- Redução de riscos;
- Recursos de programação mais simples;
- Garantia de eventuais peças de reposição por um longo período;
- Possibilidade de integração em rede;
- Retorno rápido e garantido do investimento;
- Alternativa para novos investimentos.

No *retrofitting* são mantidas as características principais do equipamento, eliminando-se desgastes, repondo-se peças danificadas, efetuando-se nova pintura, reavaliando-se itens de segurança e, principalmente, trocando-se os componentes eletroeletrônicos e acionamentos ultrapassados por outros de última geração. Além disso, realiza-se a adaptação do equipamento à nova tecnologia de controle e acionamento de seus dispositivos, restaurando-os e tornando-os mais confiáveis. Também pode-se fazer um trabalho de recuperação da máquina, fazendo com que ela

retorne ao seu estado original, eliminando o que foi alterado pelo uso agressivo e pelo tempo, tornando o processo uma alternativa ideal para empresas que precisam manter seus equipamentos confiáveis, modernos e produtivos [24].

Para realizar este processo, é necessário fazer um estudo do processo produtivo da empresa, definindo os objetivos que devem ser alcançados com a modernização das máquinas, verificando se há viabilidade técnica para tanto. Além disso, devem ser checadas as peças necessárias para a adequação, o processo de desmontagem do equipamento antigo e se há condições de recebimento das novas estruturas [25].

Fazer a recauchutagem das máquinas antigas pode trazer diversos benefícios para a empresa, que envolvem tempo e dinheiro. O preço do *retrofitting* é determinado de acordo com o projeto de reforma do equipamento e da tecnologia que será utilizada, mas este costuma ser sempre inferior ao de uma máquina moderna, sem uso anterior [25].

O *retrofitting* aumenta a produtividade, reduz o período de inatividade das máquinas e diminui os riscos de operação (já que o processo se torna mais simples), além de dar acesso às peças de troca mais facilmente e por um maior período – já que há a capacidade de se modernizar com frequência. Outro benefício é a facilidade de integração dos equipamentos com sistemas de gerenciamentos eletrônicos [25].

A troca de peças pode permitir que falhas no processo produtivo sejam identificadas com maior precisão e maior rapidez, proporcionando um ágil restabelecimento do equipamento, evitando a paralisação da produção e diminuindo a perda de dinheiro por conta da manutenção da máquina [25].

O *retrofitting* também permite que a adaptação das peças do maquinário seja feita de acordo com o treinamento que os funcionários já possuem, levando a empresa a economizar com contratação de mão de obra nova e treinamentos, por exemplo [25].

2.7 Normas aplicadas a projetos de máquinas

As NR's, sigla para Normas Reguladoras, podem ser definidas como um conjunto de normas técnicas que estabelece medidas e procedimentos que devem ser observados pela empresa e seus colaboradores para garantir a segurança no ambiente de trabalho e, conseqüentemente, o bem-estar, saúde e integridade física dos trabalhadores [26]. Neste trabalho, foi discutido, principalmente, a adequação da máquina às normas: NR12 – Segurança do Trabalho em Máquinas e Equipamentos, NR26 - Sinalização de Segurança, NR17 – Ergonomia e NR10 – Segurança em instalações e serviços em eletricidade.

De maneira sucinta, pode-se dizer que a NR 12 prevê mecanismos de segurança no maquinário e nos equipamentos a serem utilizados pelo trabalhador, como botões de pane e de emergência ao alcance do operador e exige a qualidade e a manutenção desses equipamentos [26].

A NR 26 tem como objetivo fixar as cores que devem ser usadas nos locais de trabalho para prevenção de acidentes, identificando os equipamentos de segurança, delimitando áreas, identificando as canalizações empregadas nas indústrias para a condução de líquidos e gases advertindo contra riscos [27].

Já a NR 17 estabelece parâmetros de ergonomia a fim de garantir a saúde, segurança e conforto do funcionário. As LER (Lesões por esforço repetitivo) e os DORT (Distúrbio Osteomuscular) são termos designados para denominar conjuntos de doenças relacionados a movimentos repetitivos ou esforço excessivo, que muitas vezes ocorrem pelo trabalho. É papel do setor de segurança do trabalho estruturar um ambiente ergonomicamente apto para o desempenho das funções [27].

Por fim, como um dos objetivos específicos deste projeto foi uma automatização da máquina estudada, foi preciso considerar o uso de energia elétrica e, conseqüentemente, aplicar a NR 10, que tem como objetivo estabelecer os requisitos e as condições mínimas de segurança que devem ser implementadas no ambiente de trabalho dos profissionais que laboram em instalações elétricas e prestam serviços que os expõem a riscos envolvendo eletricidade [28].

Capítulo 3

3. A concepção da máquina de corte de gaxetas

O desenvolvimento de uma máquina de corte de gaxetas surgiu a partir de uma necessidade do mercado por *pads*, que são basicamente pedaços de, aproximadamente, 100 mm de comprimento de gaxetas com resistência térmica e à abrasão, para serem utilizadas nas máquinas usadas no processo de galvanização a quente de arames de aço, mais especificamente no controle da quantidade de zinco no produto, como uma espécie de raspador.

Com isso, a primeira solução para atender essa exigência foi a adaptação do processo de corte em uma máquina existente em que o princípio utilizado era o corte mecânico com serra de fita conforme mostrado na Fig. 13:



Figura 13: Máquina utilizada para cortar gaxetas [Autoria própria].

Nesse processo, o corte era satisfatório, porém a alimentação e movimentação do material contra a ferramenta de corte eram realizadas manualmente, o que tornava o procedimento sujeito a riscos de acidente, muito demorado (média 100 *pads*/hora) e com pouca precisão, ocasionando muitas perdas durante a produção. Além destes problemas citados, a ferramenta de corte perdia suas propriedades e eficiência com muita frequência, logo, se tornou evidente a necessidade de uma melhoria neste processo, o que culminou em um incentivo, por parte da diretoria industrial, no desenvolvimento de uma nova máquina de corte.

O primeiro protótipo foi desenvolvido com o princípio de corte rotativo com disco de corte (facas circulares com dentes) feitos com aço rápido, metal duro e revestimento diamantado, porém inúmeros problemas foram encontrados com a utilização dessas ferramentas. Dentre eles, pode-se citar a baixa vida útil das ferramentas, trincas geradas pela constante utilização e a temperatura de

corte se tornava elevada, deixando o material com características não aceitáveis para sua utilização final na área de contato entre o *pad* e a ferramenta.

Em paralelo, o desenvolvimento de um protótipo com princípio de corte por guilhotina e com expectativa de aumento de produtividade era testado e apresentava os melhores resultados dentre os projetos, sendo apresentada como solução para atendimento da demanda conforme modelo em 3D mostrado na Fig. 14:

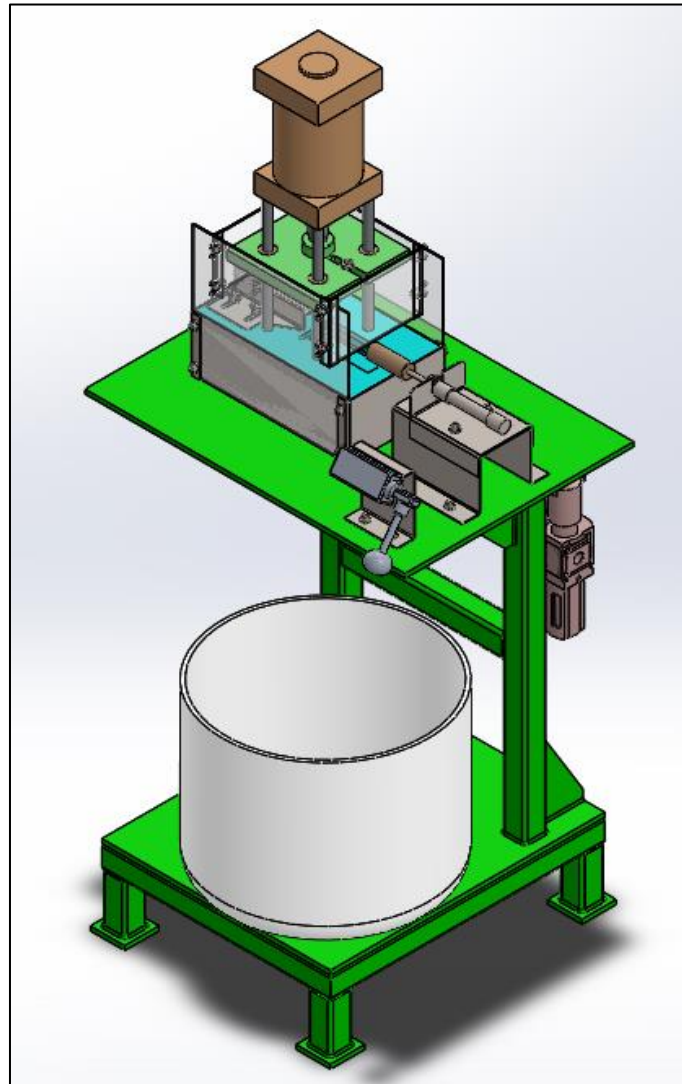


Figura 14: Modelo 3D do protótipo de nova máquina de corte [Autoria própria].

3.1 Componentes da máquina de corte atual

A seguir, na Fig. 15, são apresentados, em um desenho de conjunto simplificado, os principais componentes mecânicos, pneumáticos e estruturais que compõem a máquina e, em seguida, uma representação das principais peças fabricadas, uma descrição dos itens comerciais com suas características relevantes.

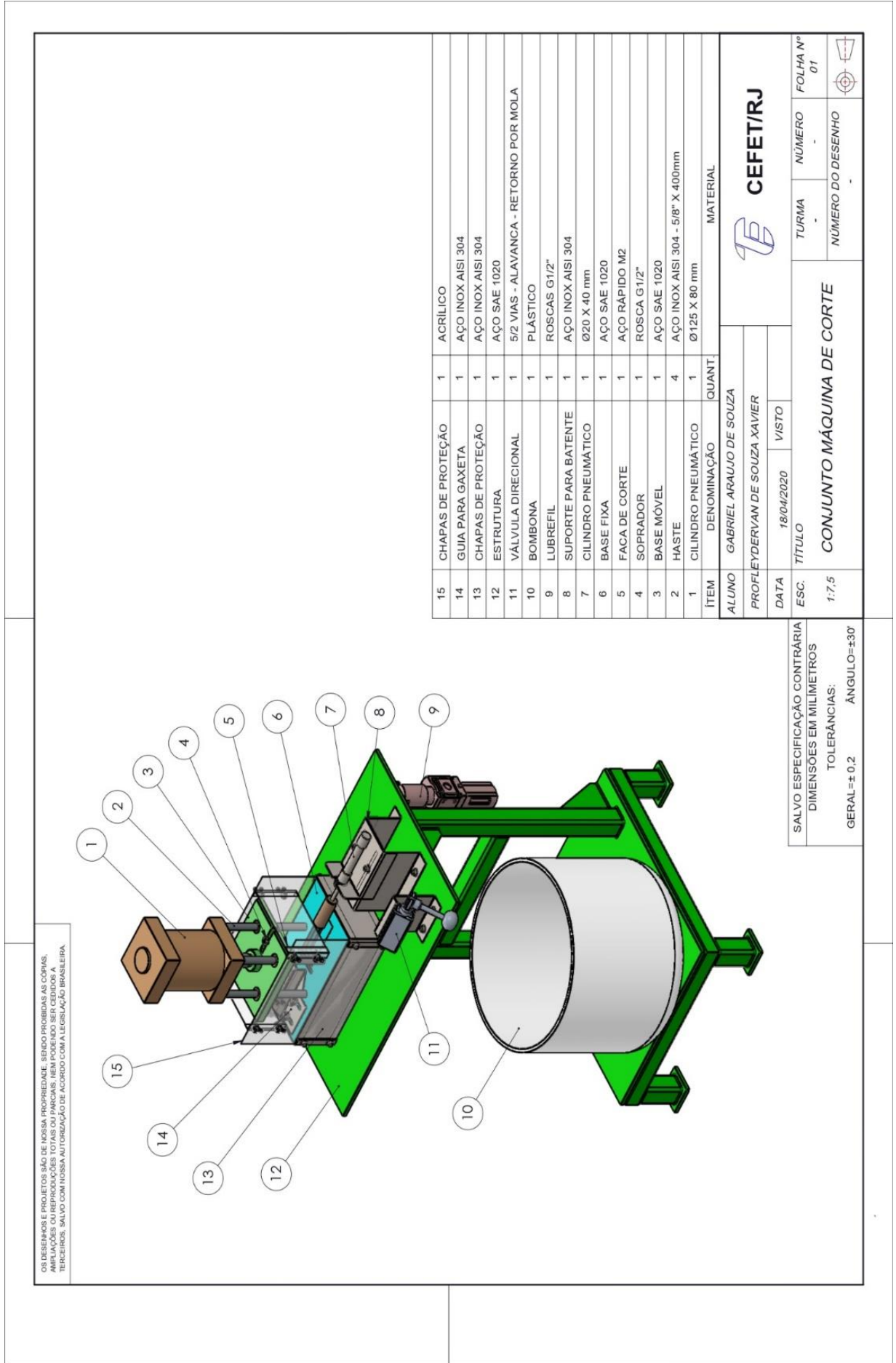


Figura 15: Desenho de conjunto da máquina com principais elementos [Autoria própria].

O detalhamento das peças fabricadas que são essenciais para o estudo da implantação do *retrofitting* está disponível no Apêndice deste trabalho. Dentre os principais componentes fabricados da máquina pode-se citar:

- 1) Estrutura;
- 2) Base fixa;
- 3) Base móvel;
- 4) Faca de corte;
- 5) Suporte para batente;
- 6) Guias para gaxeta.

Já os principais elementos pneumáticos, tem-se:

- 1) Cilindro pneumático diâmetro 125 mm x curso 80 mm (Cilindro de força 1);
- 2) Válvula direcional 5/2 vias, acionamento por alavanca, retorno por mola;
- 3) Cilindro pneumático diâmetro 20 mm x curso 40 mm (Cilindro batente 2);
- 4) Tubo de poliuretano;
- 5) Conexões pneumáticas;
- 6) Unidade de conservação – Lubrefil (Lubrificador, regulador e filtro);
- 7) Reguladores de vazão.

Por último, porém não menos importante para o projeto, são as estruturas de proteção em aço inox AISI 304 e acrílico para garantir a segurança do operador ao limitar o acesso manual à área de movimentação de material e corte, adequando a máquina à NR-12. O detalhamento dessas estruturas não será apresentado, pois serão substituídas no processo de *retrofitting*.

3.1.1 Componentes fabricados

- 1) Estrutura

A estrutura da máquina é feita com chapas com espessura 5/8" e tubos quadrados normalizados com dimensões 50 mm x 50 mm e espessura de parede de 4 mm. Ambos os componentes são feitos de aço SAE 1020. Na chapa superior, foram necessárias furações e abertura de roscas para fixação dos componentes que se localizam logo acima, apoiados, e abertura de rasgo retangular para passagem do *pad*. A representação da estrutura em vista isométrica pode ser observada na Fig. 16.

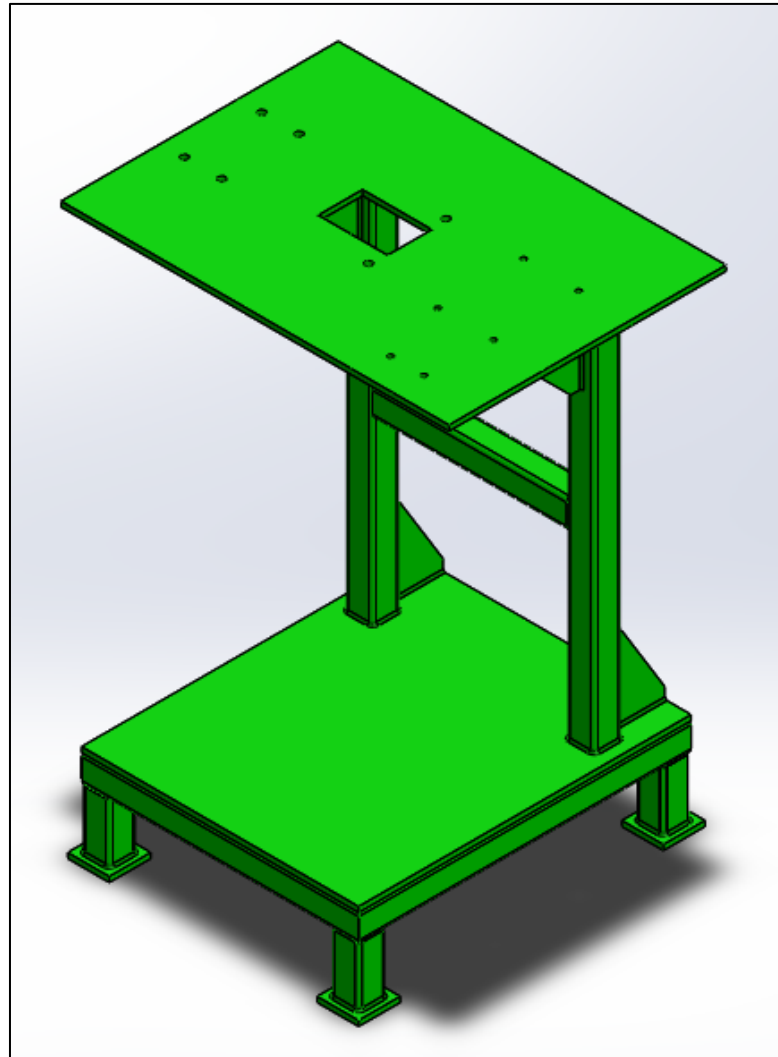


Figura 16: Representação 3D da estrutura da máquina feita no *software SolidWorks* [Autoria própria].

2) Base fixa

Este componente se localiza fixado com parafusos sobre a estrutura principal e é utilizado como um apoio complementar para outros itens e elevar a altura do processo de corte em relação à mesa. É neste elemento que a faca de corte pressiona a gaxeta para gerar a força cisalhante e, conseqüentemente, o corte. Para sua confecção, também foram necessários abertura de furos e roscas para fixação de outros componentes com parafusos e criação de rasgos, um para servir de contra faca para o processo de corte e dois para passagem do *pad* cortado. Esta base foi feita com chapas de aço SAE 1020, com espessura de 3/8" e soldadas entre si. Em seguida, na Fig. 17, é apresentada sua representação em vista isométrica:

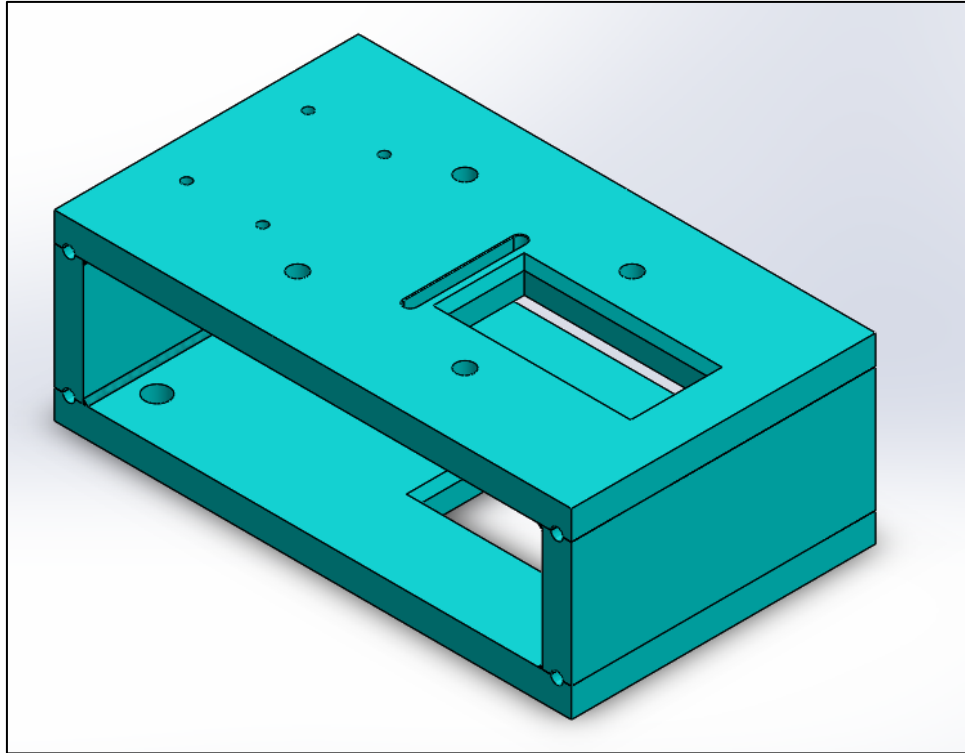


Figura 17: Representação 3D do componente Base fixa, feita no *software SolidWorks* [Autoria própria].

3) Base móvel

Este elemento consiste em uma estrutura que desliza sobre quatro eixos retificados e polidos e é responsável por unir a haste do cilindro pneumático com diâmetro do êmbolo de 125 mm e curso 80 mm à faca de corte, ao mesmo tempo que auxilia na estabilização do processo devido a maiores restrições de movimento com os apoios, diminuindo os graus de liberdade de deslocamento. Esta base foi feita com Aço SAE 1020, porém, vale ressaltar que, para controlar os problemas devido ao atrito direto com o eixo polido de aço inox AISI 304, foram confeccionadas 4 buchas de bronze que se localizam, roscadas, exatamente no seu contato com os eixos. O acoplamento da haste do cilindro, que é um terminal com rosca macho, é feito através de uma bucha e a faca de corte é fixada com três parafusos *allen* de pressão. Nela também há um rasgo, na mesma direção dos rasgos da Base fixa e estrutura, onde é fixado um soprador que é conectado ao escape da válvula direcional que utiliza o ar que é jogado para a atmosfera no processo de retorno do cilindro pneumático e direciona para o *pad* cortado, a fim de auxiliar o seu deslocamento para a bombona. Sua representação nas vistas isométrica pode ser observada na Fig. 18, a seguir:

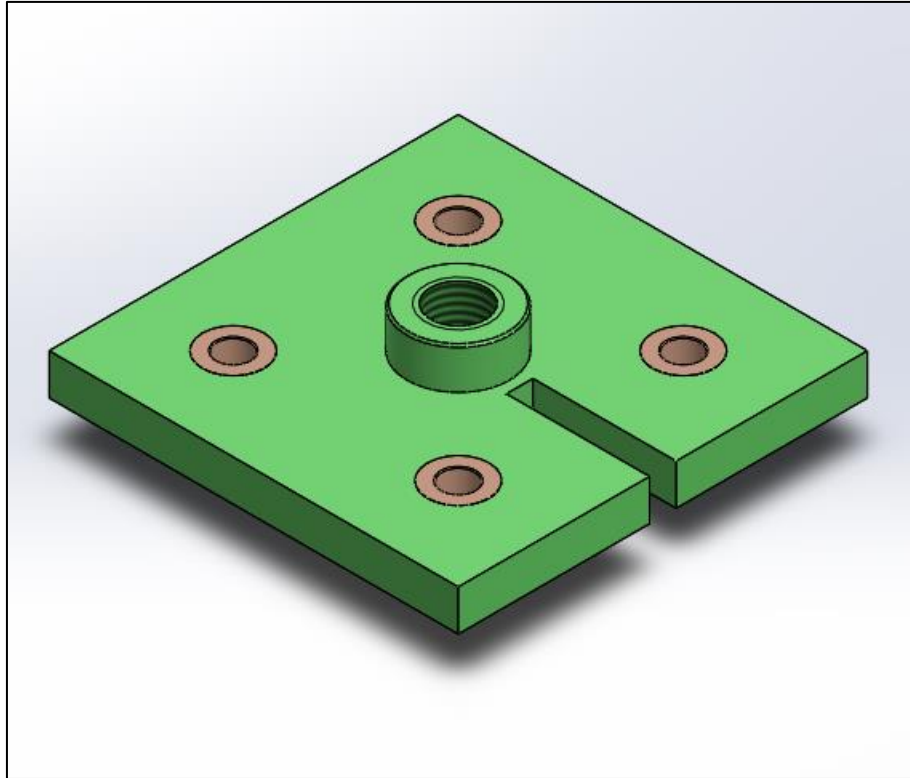


Figura 18: Representação 3D do componente Base móvel, feita no *software SolidWorks* [Autoria própria].

4) Faca de corte

A faca de corte é feita com aço rápido AISI M2, material com uma excelente combinação de tenacidade e resistência à abrasão e, graças ao balanceamento de sua composição de molibdênio e tungstênio, tornou-se o aço de uso corrente para ferramentas de desbaste e acabamento, especialmente quando se requer, além de boa retenção de corte, boa tenacidade [31]. Seu formato na região de contato com o material garante a necessidade de uma menor força de corte, comparado a um formato paralelo, pois atinge o material em diferentes pontos ao longo do tempo em que é realizado o corte, conforme indicado no gráfico da Fig. 19, a seguir:

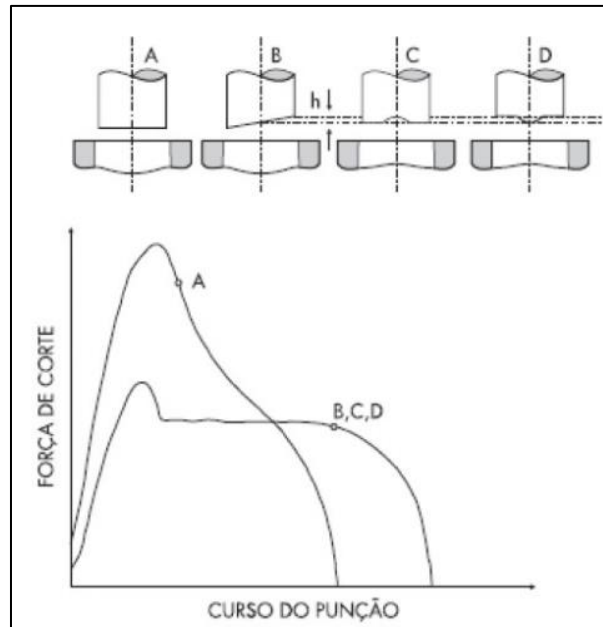


Figura 19: Relação entre força de corte e formato da faca de acordo com o curso da haste [32].

Essa redução de força pode ser evidenciada observando a Fig. 20:

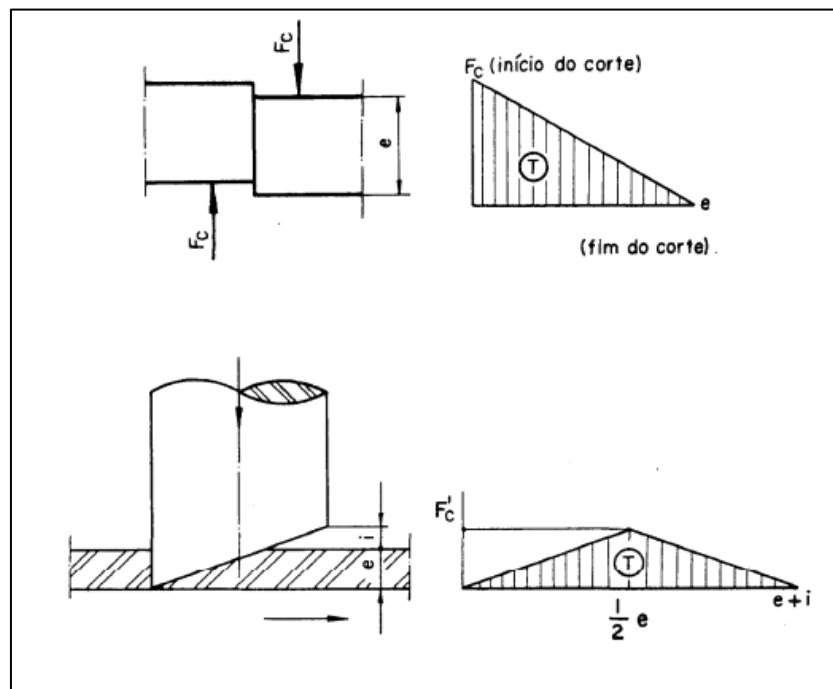


Figura 20: Diagramas de carregamento para diferentes formatos de faca de corte [32].

No caso do uso de faca de formato paralelo ao produto a ser cortado, nota-se que a força de carregamento pode ser descrita conforme a Equação 5:

$$T_1 = \frac{1}{2} \cdot F_c \cdot e \quad (5)$$

Sendo: T_1 a força de carregamento para faca paralela

F_c a força de corte para formato paralelo

e a espessura do material a ser cortado

Já para o caso em que há uma inclinação, a força de carregamento pode ser calculada conforme mostrado na Equação 6:

$$T_2 = \frac{1}{2} \cdot F'c \cdot (i + e) \quad (6)$$

Em que: T_2 é a força de carregamento para faca com ângulo

$F'c$ é a força de corte para formato com ângulo

i é cateto oposto ao ângulo da faca

e é a espessura do material a ser cortado

Comparando as forças de corte nos dois casos, chega-se à conclusão de que a faca com ângulo permite a realização do corte com uma menor força aplicada, conforme mostrado na Equação 7:

$$F'c = Fc \cdot \left(\frac{e}{e+i}\right) \quad (7)$$

A ferramenta de corte da máquina atual possui uma espessura de 2 mm, altura de 65 mm e largura de 49 mm, além de uma altura h , conforme indicada no gráfico anterior de 5mm e sua dureza está na faixa entre 63 e 65 HRC. Sua representação é apresentada na Fig. 21:

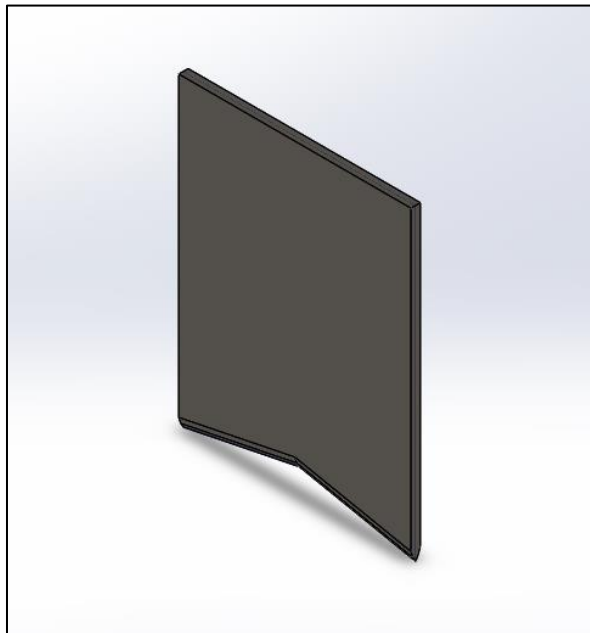


Figura 21: Representação 3D do componente Faca, feita no *software SolidWorks* [Autoria própria].

5) Suporte para batente

De acordo com a demanda de utilização em máquinas específicas, os *pads* podem ser cortados em diferentes tamanhos. Logo, foi pensado um componente para ser o limitador da alimentação na medida correta entre o contato da faca e este elemento, chamado de batente e caracterizado por um cilindro pneumático com diâmetro do êmbolo de 20 mm e curso de 40 mm, que em sua posição avançada, limita o curso de alimentação e na recuada, abre espaço para o *pad* ser empurrado para a bombona. Para esse sistema funcionar, o batente é suportado por um componente com 2 peças que deslizam entre si e fixadas por parafuso, permitindo assim, a regulagem da distância entre o ponto de contato da faca com o material e o batente, para definir o tamanho do *pad*. As dimensões deste suporte são determinadas pelo alinhamento entre os centros do batente e da gaxeta e tem sua representação em vista isométrica na Fig. 22, em seguida:

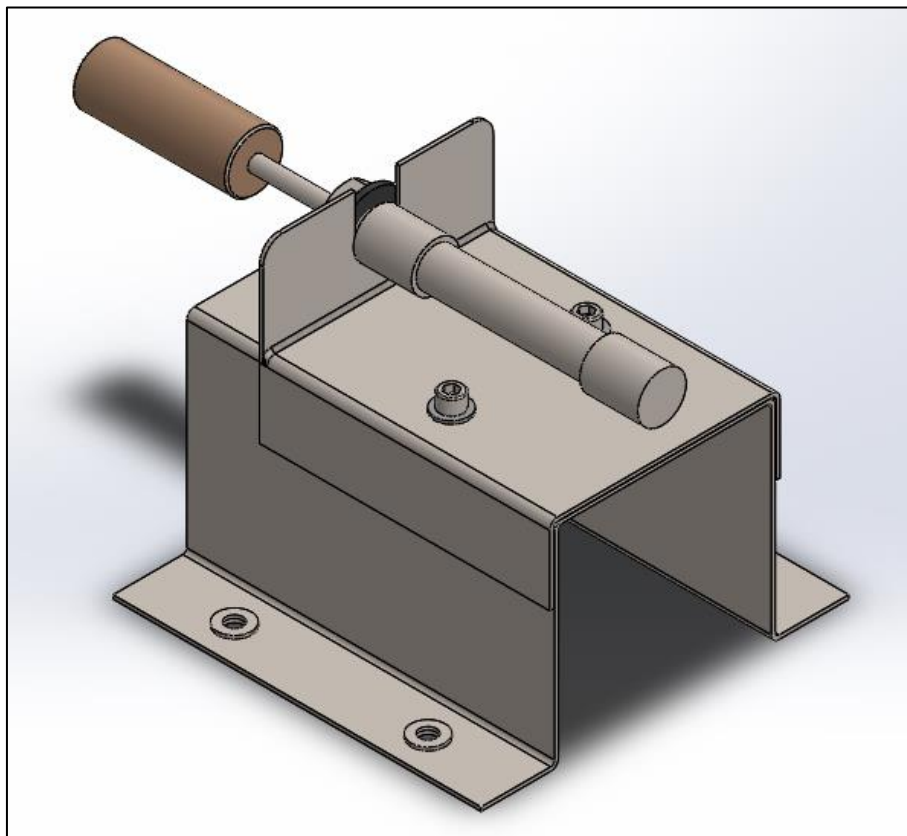


Figura 22: Representação 3D do componente Suporte para batente, feita no *software SolidWorks* [Autoria própria].

6) Guias para gaxeta

Este componente consiste em cantoneiras usinadas, fixadas com parafusos na base fixa e entre si e tem como principal objetivo manter a gaxeta no curso correto para o corte, evitando desvios que tornariam o produto final fora da especificação adequada. A seguir, na Fig. 23, é apresentada sua representação em 3D:

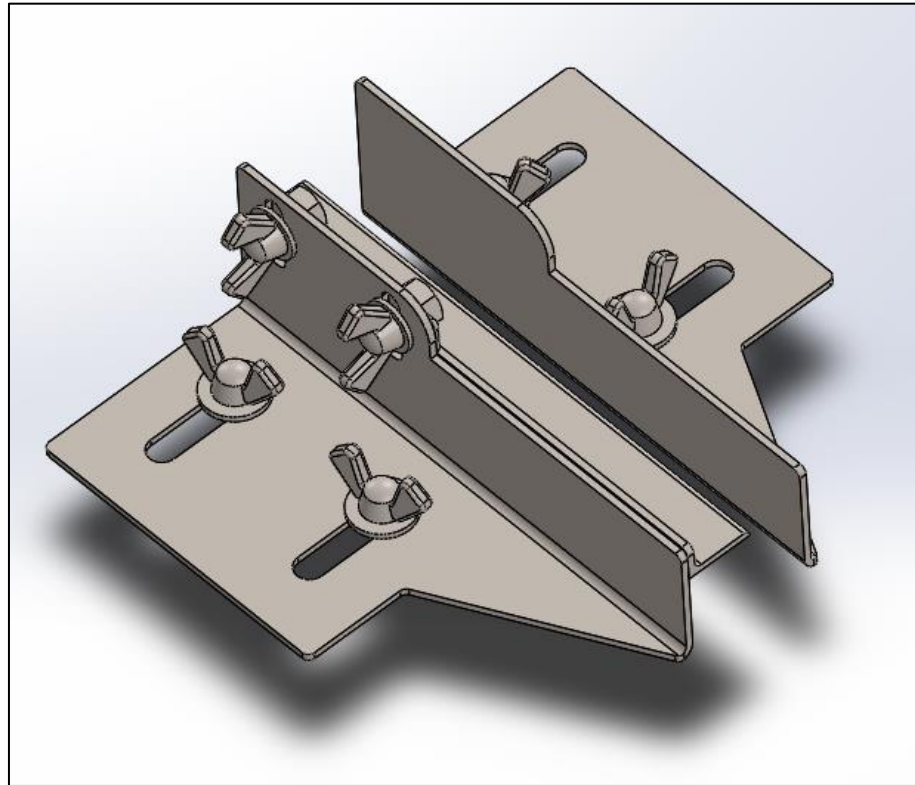


Figura 23: Representação 3D do componente Guias para gaxeta, feita no *software SolidWorks* [Autoria própria]

3.1.2 Componentes pneumáticos

Os componentes pneumáticos que possuem uma maior liberdade de posicionamento não foram representados no desenho de conjunto, pois podem sofrer alterações de acordo com as necessidades de instalação, porém, não podem ser ignorados durante a elaboração do projeto pois possuem importância crucial no funcionamento da máquina.

Na Fig. 24, encontra-se um esquema do circuito pneumático da máquina de corte realizado no software *FluidSim* evidenciando as posições inicial e final dos cilindros e o caminho do ar comprimido em cada caso, na cor azul escuro:

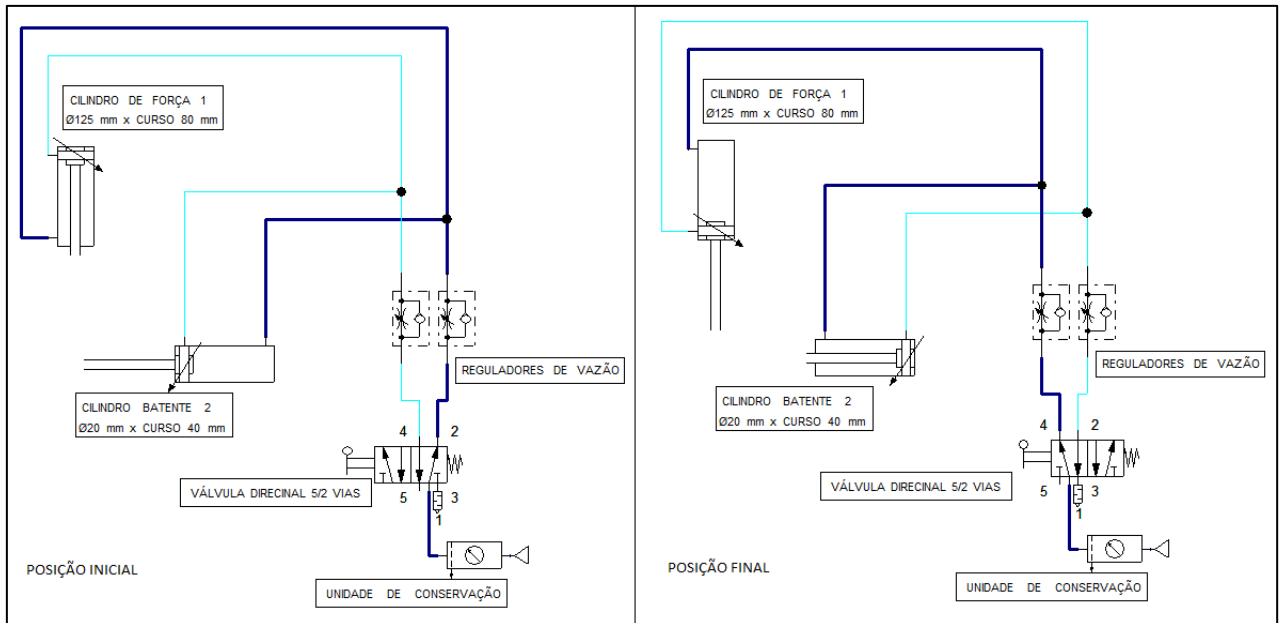


Figura 24: Esquema pneumático da máquina de corte simulada no *software FluidSim*. [Autoria própria]

Segue abaixo a indicação e as características principais de cada elemento pneumático existente na máquina de corte atual:

1) Cilindro pneumático diâmetro 125 mm x curso 80 mm (Cilindro de força 1).

É o equipamento responsável por transmitir a força de compressão do ar através da movimentação linear do pistão para a realização do corte. Suas principais características serão apresentadas a seguir:

- Fornecedor: MiCRO pneumática
- Norma: ISSO 15552 – VDMA 24562
- Série: CN10
- Pressão de trabalho: 0,5 a 10 bar
- Temperatura: 20 °C a 80 °C (ambiente) e máximo de 80 °C para fluido de trabalho
- Materiais: Tampas e pistões injetados em alumínio, haste de aço SAE 1045 cromado duro, tubo de alumínio perfilado anodizado duro (Ø 200 e 250 de alumínio cilíndrico com tensores), guarnições de poliuretano (Ø125 a 250 de NBR), guia do pistão de resina acetálica (Ø200 e 250 de NBR), guia da haste de chapa com bronze sinterizado e teflon.

As principais vistas com dimensões e características de conexões podem ser observadas abaixo, na Fig. 25 e as correlações no Quadro 2:

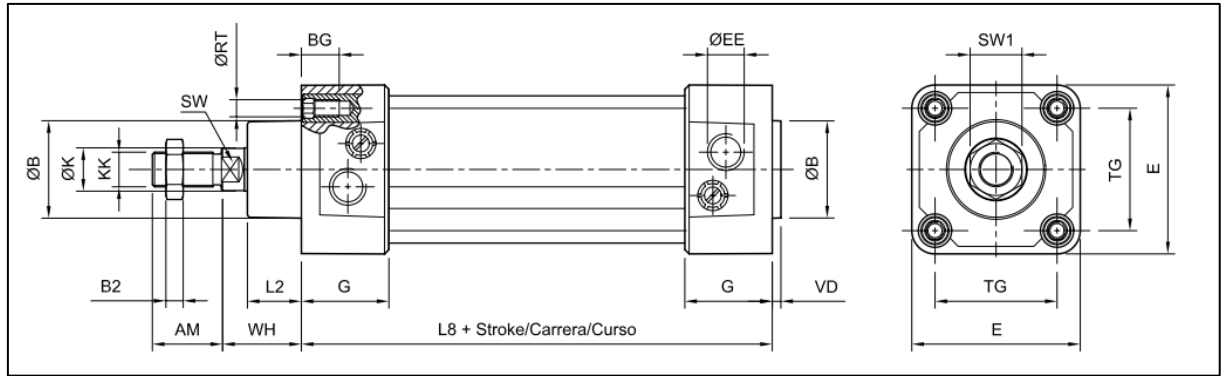


Figura 25: Desenho com principais dimensões do cilindro de força 1 [20].

Quadro 2: Valores das medidas indicadas na Figura 25 [20].

AM	ØB	BG	B2	ØEE	E	G	ØK	ØKK	L2	L8	ØRT	SW	SW1	TG	VD	WH
54	60	27,5	12	G 1/2"	140	55	32	M 27 x 2	45	160	M12 x 1,75	27	41	110	6	65

2) Válvula direcional 5/2 vias, acionamento por alavanca, retorno por mola.

As válvulas direcionais 5/2 vias são componentes pneumáticos que possuem cinco orifícios de conexão e duas posições de comando, que neste caso são definidas a partir do acionamento da alavanca. A diferença em relação à 4/2 vias é que possuem dois escapes de ar, que correspondem um para cada utilização. Isto possibilita controlar a velocidade de avanço e retorno de um cilindro de maneira independente. A seguir, serão apresentadas suas principais características:

- Fornecedor: MiCRO pneumática
- Série: CH3 NG ½"
- Pressão de Trabalho: 0 a 10 bar
- Temperatura: 5 °C a 50 °C (ambiente) e 10 °C a 60 °C (fluido)
- Vazão nominal: 4400 l/min (4,4 Cv)

As principais vistas com dimensões, características de conexões e sua simbologia podem ser observadas abaixo, na Fig. 26.

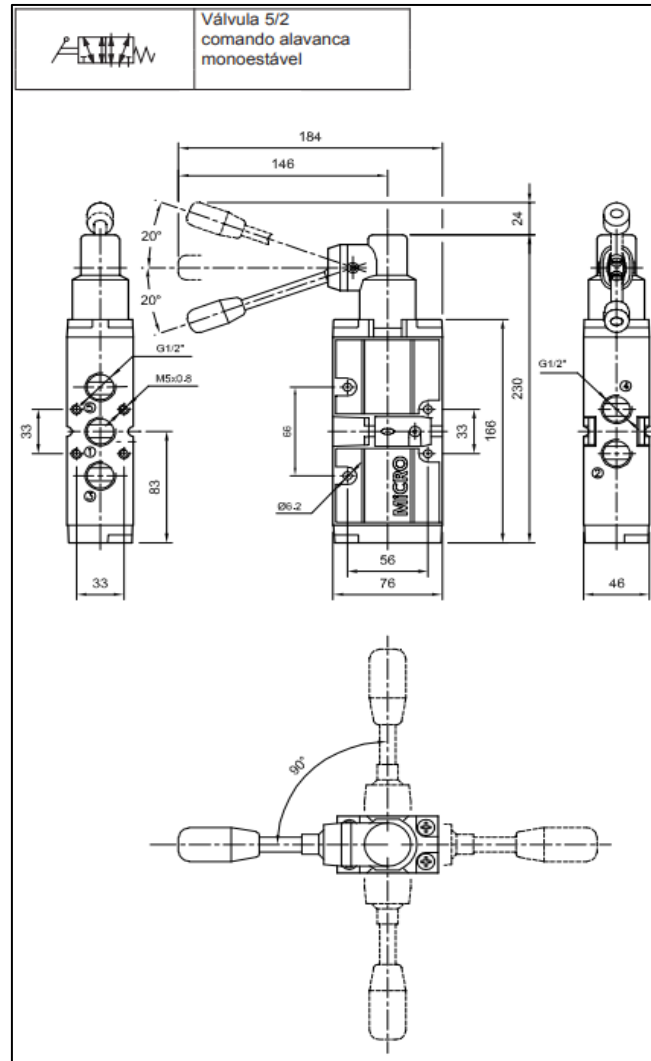


Figura 26: Desenho com principais dimensões e simbologia da Válvula 5/2 vias [20].

3) Cilindro pneumático diâmetro 20 mm x curso 40 mm (Cilindro batente 2).

É o componente utilizado para limitar o curso de alimentação da gaxeta. Suas principais características serão listadas abaixo:

- Fornecedor: MiCRO pneumática
- Norma: ISO 6432 – CETOP RP 52 P
- Série: MD8 NG CONSTRUÇÃO S
- Pressão de Trabalho: 0,5 a 10 bar
- Temperatura: 20 °C a 80 °C
- Materiais: Tampas de alumínio, tubo e haste de aço inoxidável, guarnições de Poliuretano, imã de plástico magnético (opcional, usado para limitar movimento).

As principais vistas com dimensões e características de conexões podem ser observadas abaixo, na Fig. 27 e as correlações no Quadro 3:

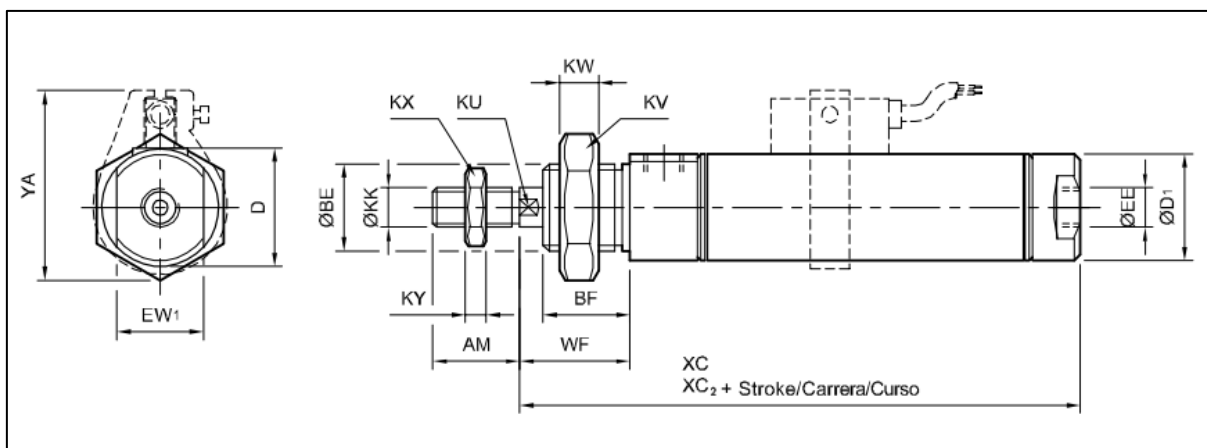


Figura 27: Desenho com principais dimensões do Cilindro batente 2 [20].

Quadro 3: Valores das medidas indicadas na Figura 27 [20].

AM	ØBE	BF	D	D1	EE	EW1	KK	KU	KV	KW	KX	KY	WF	XC	XC2	YA
20	M22 x 1,5	18	27	27	G 1/8"	22	M8 x 1,25	7	32	10	13	5	24	88,5	126	40

4) Tubo de poliuretano diâmetro 8 mm

Componente responsável por conduzir o ar comprimido no sistema, começando pelo ponto de entrega de ar comprimido, passando pelos equipamentos pneumáticos e ao final sendo direcionado para a atmosfera. Um dos principais benefícios da sua utilização é a maleabilidade, permitindo unir dois pontos próximos de forma eficiente. Suas dimensões encontram-se no Quadro 6, mostrada no tópico 3.3 deste capítulo.

5) Conexões pneumáticas

As conexões pneumáticas permitem efetuar conexão e desconexão entre os componentes pneumáticos e os tubos de poliuretano, manualmente, de forma instantânea e sem ferramentas. Os elementos utilizados neste projeto foram:

- a. Conexão reta, diâmetro da rosca G 1/2" x diâmetro entrada 8 mm – 2 peças
- b. Conexão reta, diâmetro da rosca G 1/4" x diâmetro entrada 8 mm - 6 peças
- c. Conexão reta, diâmetro da rosca G 1/8" x diâmetro entrada 8 mm - 4 peças
- d. Conexão T, diâmetro da rosca G 3/8" x diâmetro entrada 8 mm – 2 peças

As principais características das conexões podem ser observadas abaixo e, na Fig. 28 os tipos mais utilizados em projetos pneumáticos:

- Fluido de trabalho: Ar ou água
- Pressão de trabalho: 0 a 10 bar
- Roscas de conexão: Cilíndrica (G)
- Materiais: Corpo em latão niquelado e resina PBT, pinça de retenção de aço inoxidável, anéis *o-ring* de NBR.



Figura 28: Principais tipos de conexões pneumáticas [20]

6) Unidade de conservação – Lubrefil (Lubrificador, regulador e filtro)

O Lubrefil é chamado também de unidade de preparação de ar (ou unidade de conservação pneumática) porque é utilizado para preparar o ar comprimido para uma aplicação. Primeiro o ar comprimido passa pelo regulador com um manômetro acoplado, onde a pressão pode ser ajustada. Posteriormente, o ar comprimido passa pelo filtro de ar, que tem o objetivo de remover impurezas do ar comprimido que, se não removidas, podem danificar os componentes da aplicação. Por fim, a unidade lubrificadora que coloca uma leve nevoa de lubrificante no sistema, neste caso o óleo ISO VG 32 – SAE 10, e é importante para aumentar a vida útil dos componentes e ferramentas pneumáticas.

As principais características da Unidade de conservação utilizada no projeto podem ser observadas a seguir, assim como um desenho com as principais dimensões e simbologia, na Fig. 29:

- Fornecedor: MiCRO pneumática
- Posição de trabalho: Vertical, com os copos para baixo
- Temperatura: 0 °C a 50 °C
- Pressão de trabalho: 0,5 a 8 bar

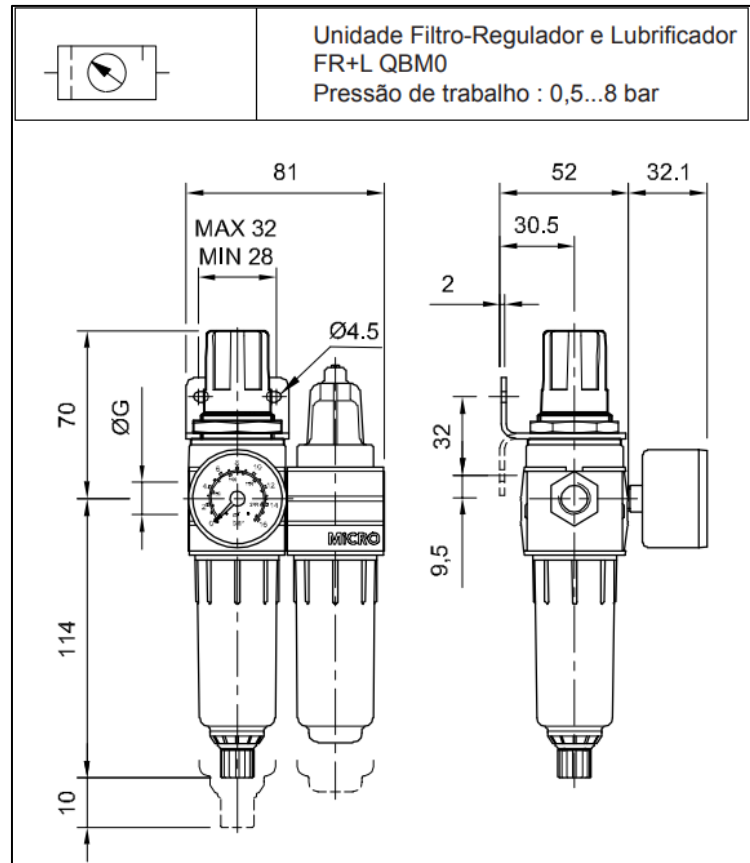


Figura 29: Desenho com principais dimensões e simbologia de uma Unidade de conservação [20]

7) Reguladores de vazão

Esses elementos são usados para controlar a velocidade de atuação de um cilindro pneumático ao restringir a passagem de ar no sentido de circulação do fluido. A seguir, serão evidenciadas as características destes componentes escolhidos para compor o projeto:

- Fornecedor: MiCRO pneumática
- Série: VA
- Temperatura: 20 °C a 80 °C
- Pressão de trabalho: 0,5 a 10 bar
- Conexões: Rosca G 1/8"
- Materiais: Corpo de zamac (M5 de alumínio), parafuso do registro de latão, guarnições de NBR (borracha nitrílica)

As principais vistas com dimensões e características de conexões podem ser observadas a seguir, na Fig. 30 e as correlações no Quadro 4:

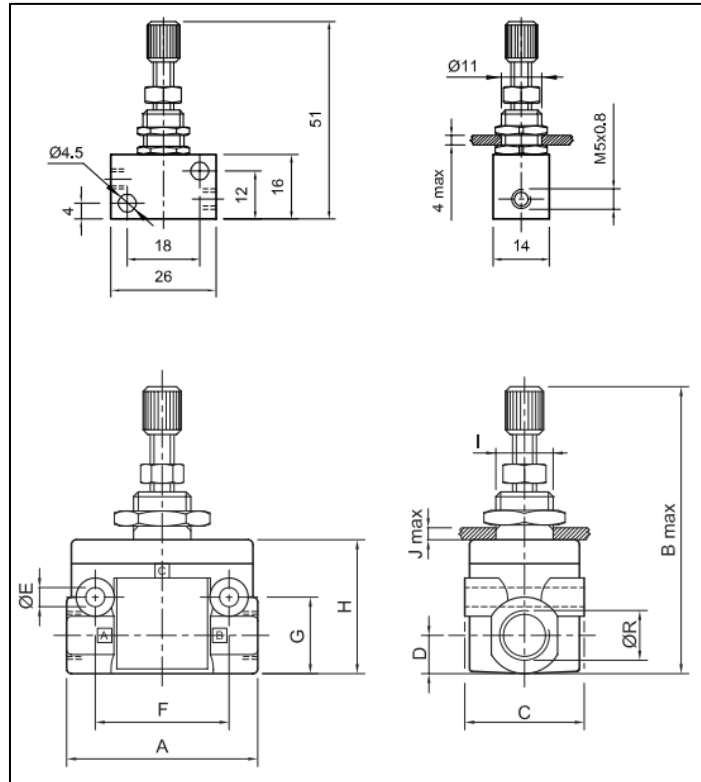


Figura 30: Desenho com principais dimensões dos reguladores de vazão [20].

Quadro 4: Valores das medidas indicadas na Figura 30 [20].

A	B	C	D	E	F	G	H	ØI	J
40	55	25	8,5	4,5	28	16	28	13	5,5

3.2 O funcionamento da máquina

Os *pads* podem ser vendidos em diferentes tamanhos: 51 mm, 70 mm e 75 mm e, o *setup* da máquina começa com a definição deste parâmetro através de uma regulagem manual do batente realizando a movimentação da parte superior do suporte, que possui uma marcação para indicar onde essas medidas padronizadas estão localizadas. Após essa etapa, são posicionados dois recipientes: uma caixa contendo o material a ser cortado é posicionada na área de alimentação e uma bombona (recipiente circular de plástico) revestida com a embalagem em que os *pads* serão armazenados, é colocada logo abaixo do rasgo na estrutura, aonde o produto cortado irá cair.

Posteriormente, o operador pega uma ponta da gaxeta, passa o material pelo guia regulável e leva até o batente em sua posição estendida. Esta é a posição inicial do processo e o retorno para ela configura o cumprimento de um ciclo e a geração *pad* pronto para inspeção.

A continuação do processo se dá a partir de uma ativação manual da alavanca da válvula 5/2 vias que permite a descida da haste do cilindro de força 1 e o recuo do da haste do cilindro batente 2, possibilitando o corte da gaxeta na medida exata.

Quando o operador solta a alavanca de ativação da válvula 5/2 vias, esta, por ser mono estável, ou seja, tem uma posição preferencial, retorna a sua posição inicial com o auxílio de uma mola e permite o retorno do cilindro de força 1, o avanço do cilindro batente 2 e o escape do ar que estava dentro da câmara do cilindro de força 1 é direcionado para um soprador, acoplado na base móvel e apontado para o rasgo na estrutura, garantindo o deslocamento do *pad* para a bombona.

Após a queda do *pad*, o operador reinicia o ciclo alimentando manualmente, com a gaxeta contínua, o espaço vazio deixado pelo produto cortado, voltando para a posição inicial de processo, pronta para ser cortada novamente através da ativação da válvula 5/2 vias, finalizando um ciclo.

3.3 Entrega de ar comprimido

O ar comprimido, disponibilizado em um cilindro através de processos mecânicos para compressão e armazenamento de ar gerados por um compressor, é entregue para utilização da máquina em uma tubulação de aço carbono com diâmetro de 1" nominal schedule 40 (diâmetro externo 26,64 mm) que sofre uma redução para um tubo de poliuretano com diâmetro 8 mm (diâmetro interno 5,5 mm) de acordo com os Quadros 5 e 6 abaixo:

Quadro 5: Características tubo schedule de acordo com a norma NBR 5590 [29]

TUBO SCHEDULE		Com ou Sem Costura			Aços Carbono/Ligado/Inox Preto/Galvanizado	
NOMINAL POLEGADAS	EXTERNO MM	INTERNO MM	PAREDE MM	PESO KG/MT	DENOMINAÇÃO	SCHEDULE
1	33,40	26,64	3,38	2,50	STD	40
		24,30	4,55	3,23	XS	80
		20,68	6,36	4,23	*	160
		15,22	9,09	5,45	XXS	*

Quadro 6: Características dos tubos de poliuretano segundo catálogo MiCRO [20].

ØD (mm)	ØD i (mm)	Azul	Vermelho	Verde	Amarelo	Preto
4	2,5	0.000.012.528	0.403.000.110	0.403.000.111	0.403.000.112	0.403.000.113
6	4	0.000.012.529	0.403.000.114	0.403.000.115	0.403.000.116	0.403.000.117
8	5,5	0.000.012.530	0.403.000.118	0.403.000.119	0.403.000.120	0.403.000.121
10	7	0.000.012.531	0.403.000.122	0.403.000.123	0.403.000.124	0.403.000.125
12	8	0.000.012.532	0.403.000.126	0.403.000.127	0.403.000.128	0.403.000.129
14	9,5	0.000.026.226				
16	12	0.900.004.800				

Para iniciar os cálculos de projeto, é preciso saber a vazão de ar comprimido que chega nesse ponto de entrega e, neste caso, serão utilizadas as informações acima, juntamente com o conhecimento prévio do valor da pressão disponível na chegada, 6 bar ou 600.000 N/m² no sistema internacional de unidades, no conceito de medição de vazão por diferença de pressão em escoamento com estrangulamento, proposto por Bernoulli conforme detalhado em seguida.

Inicialmente, aplica-se a Equação da Conservação da Massa, bem como a Equação da Conservação da Energia, sendo esta última na sua forma simplificada, conhecida como Equação de Bernoulli. Assim para o escoamento através de uma redução de área, considerando-o ideal e tomando uma linha de corrente entre os pontos 1 e 2, conforme a Fig. 31.

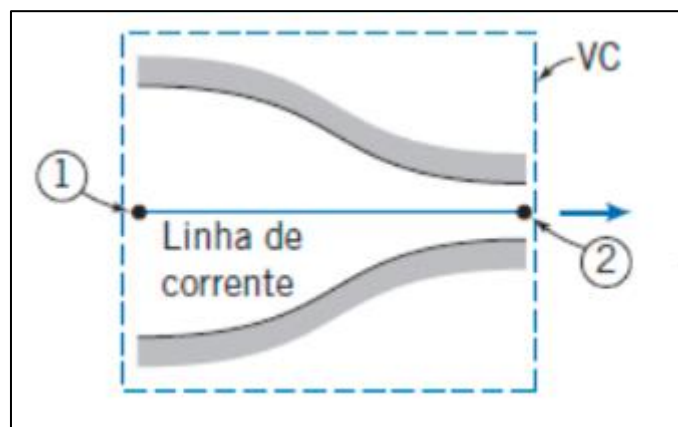


Figura 31: Escoamento com redução de seção [30]

A equação de Bernoulli aplicada ao escoamento ideal, entre os pontos 1 e 2 da figura, resulta na equação seguinte [30]:

$$\frac{V_1^2}{2} + \frac{P_1}{\rho} + gz_1 = \frac{V_2^2}{2} + \frac{P_2}{\rho} + gz_2 \quad (1)$$

Onde o primeiro termo representa a energia cinética, o segundo a energia de pressão, proveniente do trabalho de escoamento, enquanto o terceiro termo representa a energia potencial. Idênticas parcelas existem do lado direito, para o ponto 2. Esta igualdade significa que a soma das três parcelas é uma constante ao longo de uma linha de corrente, não havendo perdas por atrito. Para o escoamento na posição horizontal, não há variação de energia potencial, sendo $z_1 = z_2$. Usando a equação da conservação da massa entre as seções 1 e 2, para o escoamento incompressível, tem-se que:

$$V_1 \cdot A_1 = V_2 \cdot A_2 \quad (2)$$

Sendo A a área da seção transversal e V a velocidade do fluido na linha de escoamento analisada em cada seção, pode-se isolar uma das velocidades na equação (1), obtendo-se a equação seguinte:

$$V_2 = \sqrt{\frac{2 \cdot \left(\frac{P_1 - P_2}{\rho} \right)}{\left[1 - \left(\frac{A_2}{A_1} \right)^2 \right]}} \quad (3)$$

A vazão pode ser então obtida, multiplicando-se esta velocidade pela respectiva área, Equação (4). A vazão no caso é uma vazão ideal, pois foi obtida através da equação de Bernoulli, para o escoamento ideal.

$$Q_1 = V_2 \cdot A_2 \quad (4)$$

A seguir, na Fig. 32, é apresentada uma representação do ponto de chegada de ar comprimido na máquina com as variáveis citadas acima:

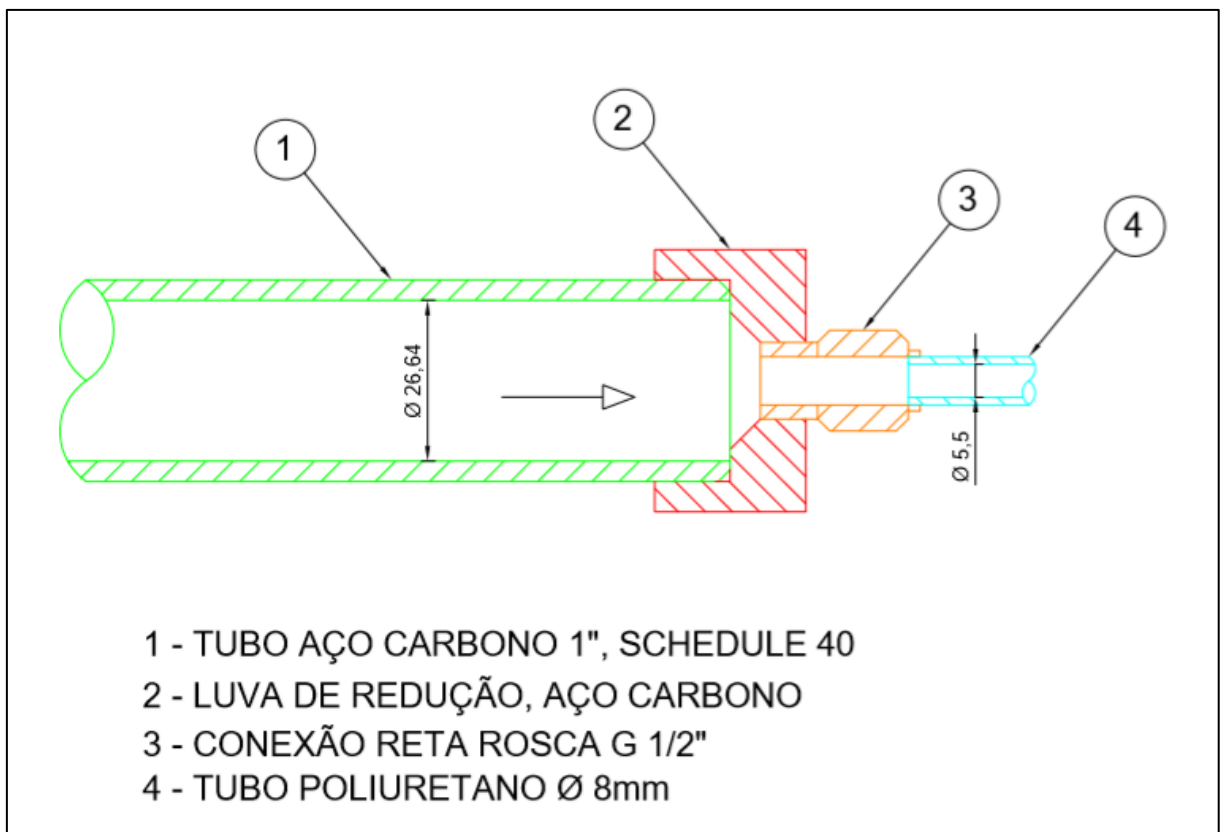


Figura 32: Representação em corte do ponto de chegada de ar comprimido [Autoria própria].

Por fim, segue o Quadro 7 com os valores calculados para este tópico:

Quadro 7: Valores utilizados e obtidos nas equações 3 e 4 [Autoria própria].

DESCRIÇÃO	VALORES
DIÂMETRO INTERNO TUBO 1 [mm]	26,64
ÁREA INTERNA TUBO 1 [m ²]	0,000557
DIÂMETRO INTERNO TUBO 4 [mm]	5,50
ÁREA INTERNA TUBO 4 [m ²]	0,000024
PRESSÃO EM 1 [Pa]	600000
PRESSÃO EM 4 [Pa]	100000
DENSIDADE ESPECÍFICA DO AR [kg/m ³]	1,225
VELOCIDADE EM 4 [m/s]	904,33
VELOCIDADE EM 1 [m/s]	38,55
VAZÃO [m ³ /s]	0,0215
VAZÃO [l/min]	1289,12

A partir dos valores obtidos acima, pode-se compreender melhor o funcionamento dos itens pneumáticos escolhidos para o projeto.

Vale ressaltar que foram utilizadas algumas premissas na obtenção desses valores calculados:

- Escoamento incompressível, em regime permanente, ao longo de uma linha corrente;
- Fluido ideal;
- Conhecimento prévio da pressão de chegada na linha;
- Desconsideração das perdas de carga envolvidas no sistema;
- Pressão atmosférica igual a 1 bar ou 100.000 N/m² no sistema internacional de unidades;
- Compressor com capacidade para atender a demanda de consumo de ar dos componentes da máquina.

3.4 Limitações e problemas enfrentados

Os componentes do dispositivo de corte possuem limitações físicas e para avaliar as melhorias possíveis de serem realizadas, é válido mapear e quantificar essas variáveis. Seguem abaixo as principais limitações da máquina:

- 1) Para o cilindro de força 1 dimensionado, tem-se:

Força de corte máxima: as forças realizadas pelos cilindros dependem da pressão do ar, da área do êmbolo e das resistências impostas pelos elementos de vedação. Abaixo, são apresentadas as fórmulas de acordo com o tipo de cilindro utilizado no projeto protótipo. A força exercida pelo cilindro é calculada segundo a Equação 8, segundo catálogo do fornecedor [20], em que é usado um fator de conversão de unidades para obtenção do resultado em Newtons:

$$Ft = 10 \times P \times A \quad (8)$$

Em que: Ft é a força teórica do êmbolo [N]

A é a superfície útil do êmbolo [cm²]

P é a pressão de trabalho [bar]

A força de avanço de um cilindro é dada pelas Equação 9 [20]:

$$Fav = 10 \times P \times \frac{\pi x D^2}{4} - Fr \quad (9)$$

Em que: Fav é a força de avanço [N]

$\frac{\pi x D^2}{4}$ é a superfície útil do êmbolo [cm²]

P é a pressão de trabalho [bar]

Fr é a resistência de atrito (entre 3 e 20% de Ft) [N]

D é o diâmetro do cilindro [cm]

Tempo de avanço: pode-se calcular o tempo de avanço do pistão pela Equação 10:

$$t = \frac{A \times h \times 6}{Q \times 1000} \quad (10)$$

Em que: t é o tempo [s]

A é a área do êmbolo [cm²]

h é o curso de descida [mm]

Q é a vazão de ar [l/min]

Analogamente, para calcular o tempo de recuo do cilindro, deve-se descontar a área da haste no cálculo da área útil do êmbolo.

Velocidade de avanço: a partir do tempo encontrado na Equação anterior, podemos obter a velocidade de avanço a partir da seguinte fórmula descrita na Equação 11:

$$v = \frac{h}{t \times 1000} \quad (11)$$

Em que: v é velocidade de avanço [m/s]

t é o tempo [s]

h é o curso de descida [mm]

Substituindo os parâmetros acerca do cilindro de força 1 evidenciados no sub tópico 3.1.2, obtém-se os valores apresentados no Quadro 8:

Quadro 8: Valores utilizados e obtidos nas equações 8, 9, 10, e 11 para cilindro de corte atual [Autoria própria].

DESCRIÇÃO	VALORES
VAZÃO DE TRABALHO COM REGULAGEM DE 10% DA VAZÃO DISPONÍVEL [l/min]	128,91
DIÂMETRO [mm]	125
ÁREA [cm ²]	122,72
CURSO [mm]	80
PRESSÃO NA LINHA [bar]	7
FORÇA TEÓRICA [N]	8590,29
FORÇA DE AVANÇO PARA $F_v = 20\%$ [N]	6872
TEMPO DE AVANÇO [s]	0,46
TEMPO DE RECUO [s]	0,44
VELOCIDADE DE AVANÇO [m/s]	0,18

Com o conhecimento das variáveis mais relevantes acerca da aplicação desse cilindro pneumático no sistema, pode-se conhecer suas limitações. Um dos principais problemas enfrentados por esta máquina foi a incapacidade de cortar uma nova gaxeta desenvolvida com almas de fibra de vidro, muito mais resistente que as comumente usadas para atender o mercado, de forma satisfatória.

Como gaxetas são produtos com constantes mudanças no seu processo de fabricação, não existem estudos relacionados ao seu módulo de resistência ao cisalhamento, por isso, para ter conhecimento da força de corte necessária para o novo produto, a máquina de corte foi levada a um laboratório para a realização de testes. O experimento consistiu em variar apenas a pressão disponível de entrada de ar no sistema com o auxílio de um cilindro de nitrogênio, a fim de descobrir com qual força aplicada o corte ficaria dentro da especificação desejada. Como resultado,

foi obtido que a uma pressão de 7 bar o corte era adequado e chegou-se às seguintes conclusões para adaptar a máquina à nova gaxeta:

- a) Incluir um compressor independente, com capacidade de disponibilizar 7 bar de pressão, pois a pressão máxima da linha da fábrica é de 6 bar.
- b) Através da substituição do valor da pressão na Equações 5, uma alternativa pode ser trocar o cilindro de corte 1 por outro capaz de atingir uma força máxima de, aproximadamente 8600 N com 6 bar de pressão disponível.

Por fim, deveria avaliar-se o impacto que essas alterações gerariam no funcionamento da máquina e em outras peças diretamente relacionadas ao corte, para descobrir se apenas essas modificações seriam suficientes e viáveis.

2) Alimentação manual

Uma das limitações da máquina é a alimentação feita de forma manual, logo, apesar de a velocidade de avanço dos cilindros poder ser calculada, não se pode definir algum parâmetro com base nessa variável, como tempo de corte, por exemplo, pois ela não é constante por fatores de limitação humana. Por isso, claramente, o valor da produtividade (quantidade de produtos por hora) da máquina está diretamente relacionado à velocidade com que um funcionário é capaz de realizar aquela operação e irá variar de acordo com as medições realizadas por questões de limitação humana.

3) Folga e formato do rasgo

Por último, pode-se indicar a relação entre a faca de corte e a base fixa como um fator limitante e problemático da máquina. Avaliando-se essa interação de forma mais criteriosa, pode-se perceber que a folga entre essas peças é assimétrica, o que torna o corte menos eficiente e, além disso, o rasgo não possui angulação para uma melhor saída do material durante o processo de cisalhamento e isso aumenta o atrito entre o material e a faca, diminuindo a vida útil da ferramenta. Isso mostra a necessidade de melhoria dos componentes do equipamento.

3.5 Proposta de modernização

Com o intuito de aumentar a produtividade da máquina, resolver os problemas de operação, diminuir os custos de funcionamento e adequá-la às normas regulamentadoras, este trabalho visa fazer uma revisão da máquina em todos os quesitos mapeados e, além disso, aplicar o processo de *retrofitting* ao desenvolver uma adaptação eletropneumática para alimentação automática de gaxetas, incluindo dispositivos de segurança, sinalização e apresentar uma proposta de modernização no seu funcionamento.

Capítulo 4

4. O *Retrofitting* da máquina

4.1 Definição dos requisitos do projeto

Os requisitos do projeto de *retrofitting* da máquina contemplam:

- 1) Tornar a máquina capaz de cortar a nova gaxeta mencionada, ou seja, aplicar uma força de avanço do cilindro de corte maior que 8600 N;
- 2) Melhorar as condições atuais de corte ao redefinir a folga e angulação de saída;
- 3) Avaliar o impacto de qualquer alteração nas peças diretamente relacionadas com os equipamentos que poderão ser trocados;
- 4) Criar um mecanismo eletropneumático para alimentação automática do material;
- 5) Incluir mecanismos de sinalização, identificação e segurança (NR's 10, 12 e 26) para o uso do novo mecanismo desenvolvido;
- 6) Melhorar a ergonomia do processo (NR 17).

4.2 Aumento da capacidade de aplicação de força

Conforme citado anteriormente, um dos problemas a serem solucionados na máquina é a incapacidade para realizar o corte em uma gaxeta mais resistente e, dentre as opções pensadas e apresentadas no capítulo anterior, tópico 3.4 item 1), a alternativa de melhor custo-benefício seria a substituição do cilindro atual por um com dimensões de base aproximadas, para evitar o custo com adaptações. A opção que contempla o uso de um compressor independente, apesar de ter um custo próximo de instalação, não se torna vantajoso pelo acréscimo de ruído no ambiente em comparação à simples substituição do cilindro, além disto, seria mais um equipamento para incluir no plano de manutenções periódicas, portanto, como proposta de solução para o problema apresentado definiu-se:

- Substituir o cilindro pneumático diâmetro 125 mm x curso 80 mm por outro com dimensões de base semelhantes, capaz de realizar uma força maior que 8600 N.

Com isso, ao procurar alternativas para a substituição, encontrou-se a opção de cilindros Tandem ou duplo pistão, que consiste em um equipamento com dois cilindros de dupla ação acoplados em série com uma haste em comum, formando uma unidade compacta. Aplicando-se simultaneamente pressão sobre os dois êmbolos, obtém-se uma força de quase o dobro daquela

produzida por um cilindro convencional de mesmo diâmetro (pois deve-se descontar a área da haste no segundo êmbolo para o cálculo) o que satisfaria à solicitação a que a máquina seria submetida e ainda ofereceria uma margem para o corte de futuras gaxetas desenvolvidas.

Por fim, como definição de escolha para o início da aplicação do *retrofitting* na máquina tem-se um cilindro pneumático Tandem com as mesmas dimensões de diâmetro do êmbolo e curso, porém com a opção de imã incorporado no pistão para ser usado como referência de posição para enviar sinais de atuação para outras válvulas no circuito eletropneumático. A representação do novo equipamento com a indicação das dimensões que diferem do cilindro a ser substituído é apresentada na Fig. 33, a seguir:

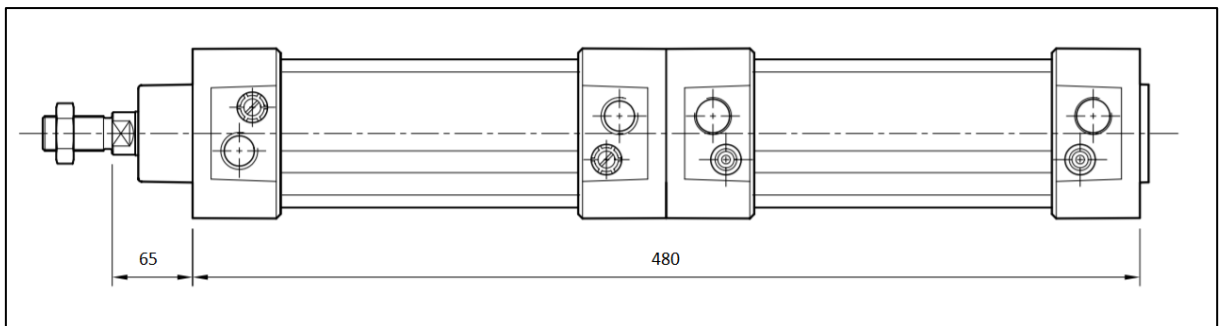


Figura 33: Desenho com principais dimensões do novo cilindro pneumático Tandem [20].

A correta seleção do equipamento, depende do conhecimento de duas condições: a força teórica e a pressão de trabalho, complementadas por coeficientes de segurança. Ambas são conhecidas no projeto em questão. A força teórica com coeficientes de segurança (F_{tc}) também pode ser definida como o resultado da somatória da força efetiva (realmente necessitada para a aplicação) com os coeficientes de segurança.

$$\text{Força teórica (Ftc)} = \text{Força efetiva} + \text{Coeficientes}$$

Coeficientes de segurança:

- Cilindro lento com carga no final de curso = coeficiente 25%
- Cilindro lento com carga em todo curso = coeficiente 35%
- Cilindro rápido com carga no final de curso = coeficiente 35%
- Cilindro rápido com carga em todo curso = coeficiente 50%

Além destes coeficientes, deve-se atentar para o ângulo de ataque do cilindro em relação ao objeto (atuação perpendicular ou em ângulo).

Os atritos de dispositivos e do próprio cilindro devem ser considerados. Costuma-se utilizar entre 3% e 20% de acordo com as condições. Pode-se assim, determinar o diâmetro do cilindro ideal a partir da Equação 13 [20]:

$$D = \sqrt{\frac{Ftc}{P.0,0785}} \quad (13)$$

Em que: D é o diâmetro do êmbolo [mm]

Ftc é a força a realizar com os coeficientes [N]

P é a pressão [bar]

Como o novo cilindro possui dois êmbolos, para dimensioná-lo, será usada a área útil para aplicação de força, ao invés do diâmetro.

A flambagem também é um fator limitante na escolha de cilindros cujas hastes sejam submetidas à compressão, já que somente sob tal solicitação é que surge este fenômeno. Ele se manifesta por uma flexão lateral da haste que gera esforços radiais sobre as buchas e as camisas dos cilindros, diminuindo sua vida útil e até produzindo ruptura. Particularmente, a verificação de flambagem ocorre em cilindros de cursos longos nos quais o fenômeno pode adquirir grandes proporções, sendo o único fator construtivo que limita o curso dos cilindros. As causas associadas à solicitação de flambagem dependem não somente dos materiais utilizados na construção da haste, mas também das condições de montagem a que o cilindro é submetido. Certos tipos de montagens ou suas combinações demonstram-se resistentes ao efeito, como por exemplo, nas montagens com articulação, o cilindro se auto alinha em qualquer plano; nas montagens basculantes somente em um plano; com fixação rosqueada da haste, o alinhamento é crítico; com articulação para a haste, os desalinhamentos são compensados em qualquer plano e com garfo dianteiro o alinhamento é crítico. Dependendo do tipo de montagem existe o fator de correção k , que pode assumir valores de 0,25 para fixações mais favoráveis até 2 para as mais críticas.

O valor calculado da força máxima admissível na haste, dado seu diâmetro e um curso de trabalho, pode ser obtido a partir da Equação 14 [20]:

$$F \leq \frac{20.350.\phi^4}{C^2.K^2} \quad (14)$$

Em que: F é a força máxima admissível na haste [N]

ϕ é o diâmetro da haste [mm]

C é o curso de trabalho [mm]

K é o coeficiente de comprimento livre dependendo da montagem. Neste caso será considerado $K = 2$, pois é a condição mais favorável para a ocorrência da flambagem, para fins de critério de projeto.

4.2.1 Manutenção de cilindros pneumáticos

Além das propriedades calculadas para o cilindro anterior, neste projeto foi incluído um período de manutenção conforme indicado pelo fabricante. A vida dos cilindros pneumáticos é determinada pelos quilômetros percorridos pelo conjunto haste e pistão. Portanto, em função deste parâmetro define-se um programa de manutenção preventiva. Os períodos de manutenção e a vida útil dos cilindros são afetados também pela qualidade da montagem (alinhamento e esforços) e pela qualidade do ar (umidade e lubrificação). Podem ser feitas intervenções semanais a cada 500 e 3000 km percorridos. Nesse plano, é importante incluir as seguintes atividades: controles visuais de vazamentos e alinhamento, regulagem de amortecimentos, desmontagens parciais, limpeza de elementos e reposições preventivas de peças estragadas. A conversão do período indicado em km para horas de funcionamento de máquina pode ser estabelecida para cada atuador mediante a seguinte fórmula indica na Equação 12:

$$H = \frac{8,33 \cdot km}{C \cdot N} \quad (12)$$

Em que: H é o período de manutenção [horas]

km é o período de manutenção [km]

C é o curso do cilindro expresso [m]

N é a frequência de operação do atuador [ciclos/min]

Com isso, pode-se apresentar a Quadro 9 com os valores dos principais parâmetros de projeto do novo cilindro, a seguir:

Quadro 9: Valores utilizados e obtidos nas equações 8 a 14 para novo cilindro de corte [Autoria própria].

DESCRIÇÃO	VALORES
VAZÃO DE TRABALHO COM REGULAGEM DE 10% DA VAZÃO DISPONÍVEL [l/min]	128,91
DIÂMETRO DOS ÊMBOLOS [mm]	125
DIÂMETRO HASTE [mm]	27,00
ÁREA DA HASTE [cm ²]	6
ÁREA ÚTIL DOS ÊMBOLOS [cm ²]	239,71
CURSO [mm]	80
PRESSÃO NA LINHA [bar]	6,00
FORÇA TEÓRICA [N]	14383
FORÇA DE AVANÇO, CONSIDERANDO 20% DE PERDA POR ATRITO [N]	11506,15
ÁREA ÚTIL MÍNIMA DESEJÁVEL PARA APLICAR UMA FORÇA DE 8600 N, COEFICIENTE DE SEGURANÇA 35% E COEFICIENTE DE ATRITO 10% [cm ²]	213
FORÇA MÁX ADMISSÍVEL NA HASTE [N]	422454,08
TEMPO DE AVANÇO [s]	0
TEMPO DE RECUO [s]	0,44
ROSCAS DAS CONEXÕES DE AR [pol]	G 1/2"
VELOCIDADE DE ATUAÇÃO [m/s]	0,18
NÚMERO DE CICLOS POR MINUTO	131
PERÍODO DE MANUTENÇÃO PRÉ ESTABELECIDO [Km]	3000,00
PERÍODO DE MANUTENÇÃO [h]	2379

A partir da análise dos valores obtidos e apresentados no Quadro 9, pode-se afirmar que o equipamento atende à nova solicitação, com uma limitação máxima de aplicação de força de, aproximadamente, 11500 N.

4.3 Melhoria das condições atuais de corte

No processo de corte, a folga entre punção e matriz é um dos parâmetros de maior relevância, em que o mau dimensionamento de ambas as partes pode levar a uma série de problemas como, por exemplo, desgaste excessivo das partes ativas das ferramentas, grande esforço dos equipamentos, alto consumo de energia, surgimento e propagação de micro trincas, formação excessiva de rebarbas, entre outros. Um dos problemas encontrados no produto final é má qualidade dimensional do *pad* e, quanto maior for a folga entre a faca de corte e o rasgo na Base fixa, usado como contra faca, maior é a chance desse produto ser rejeitado, diminuindo a produtividade da máquina.

Vale citar, também, que a Base fixa é feita de aço carbono SAE 1020, um material considerado macio por sua resistência à deformação superficial e dureza serem baixos comparados a outras ligas, não sendo o ideal para ser usada em processos de corte por perder com facilidade suas dimensões iniciais.

Com isso, chegou-se à conclusão de que a folga precisava ser reduzida e colocada de forma simétrica em relação à faca para minimizar os problemas relacionados ao corte e melhorando o controle dimensional do produto final.

Para isso, foi realizada uma usinagem na Base fixa, abrindo um rebaixo para o encaixe de duas contra facas feitas com aço VC 131, que é um produto muito utilizado no mercado para confecção de matrizes de corte e facas de tesouras de alto rendimento, mesma dureza da faca de corte, com formato mais adequado para o corte, de acordo com a representação mostrada na Fig. 34:

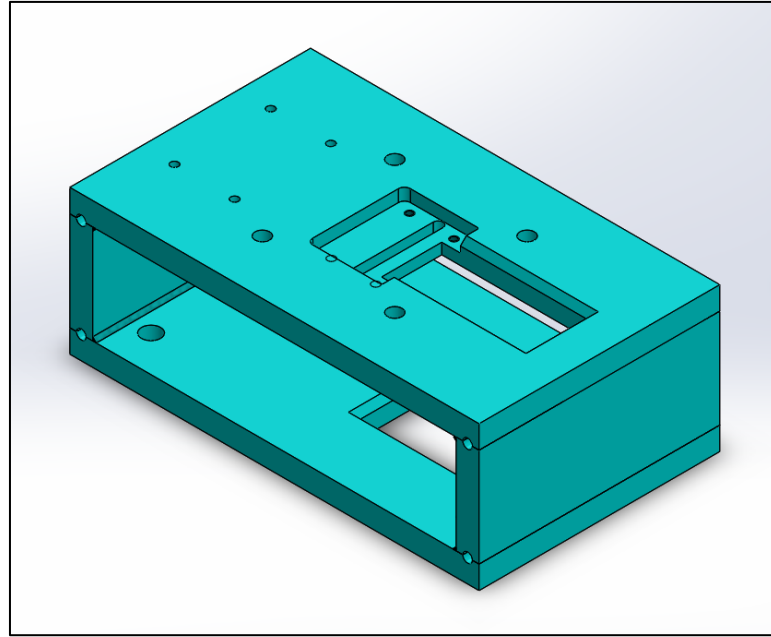


Figura 34: Representação da abertura de rebaixo para encaixe de duas contra facas [Autoria própria].

Os valores de folga entre a matriz e o punção são geralmente mostrados como percentuais em relação à espessura do material a ser processado. Esses valores normalmente utilizados em processos de corte convencionais variam de 5 a 10% da espessura do material, e para os processos de corte fino este percentual pode chegar a 1% [33]. Com isso, as contra facas fabricadas para a aplicação do *retrofitting* terão furos oblongos para que a regulagem da folga possa ser realizada. O detalhamento da abertura do rebaixo na Base fixa e das novas contra facas encontram-se no Apêndice deste trabalho e a representação em 3D pode ser observada na Fig 35:

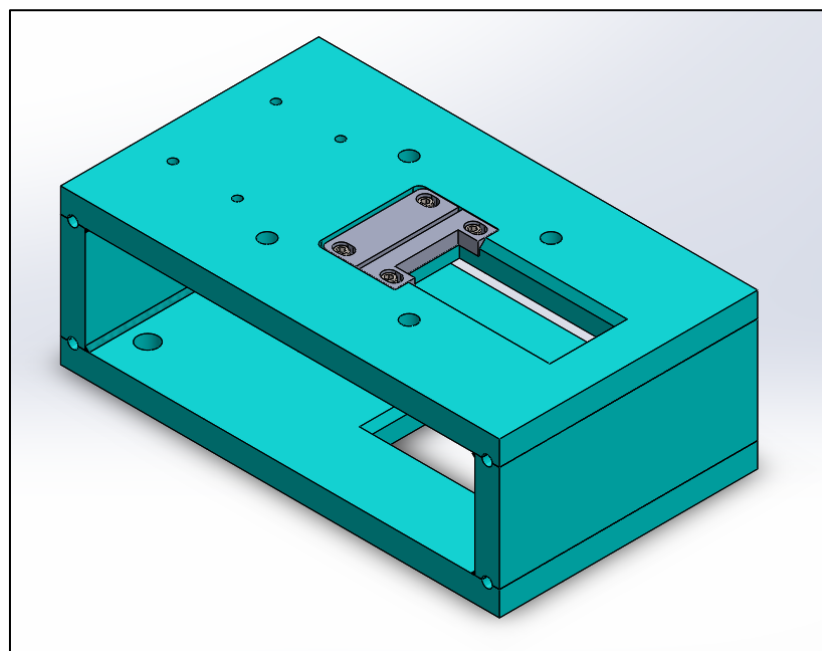


Figura 35: Representação das novas contra facas encaixadas no rebaixo [Autoria própria].

Além da possibilidade de regulagem, as contra facas possuem um ângulo para facilitar a saída do material, que também ajuda a diminuir o atrito com a faca de corte, aumentando sua vida útil e isso pode ser observado no corte mostrado na Fig.36:

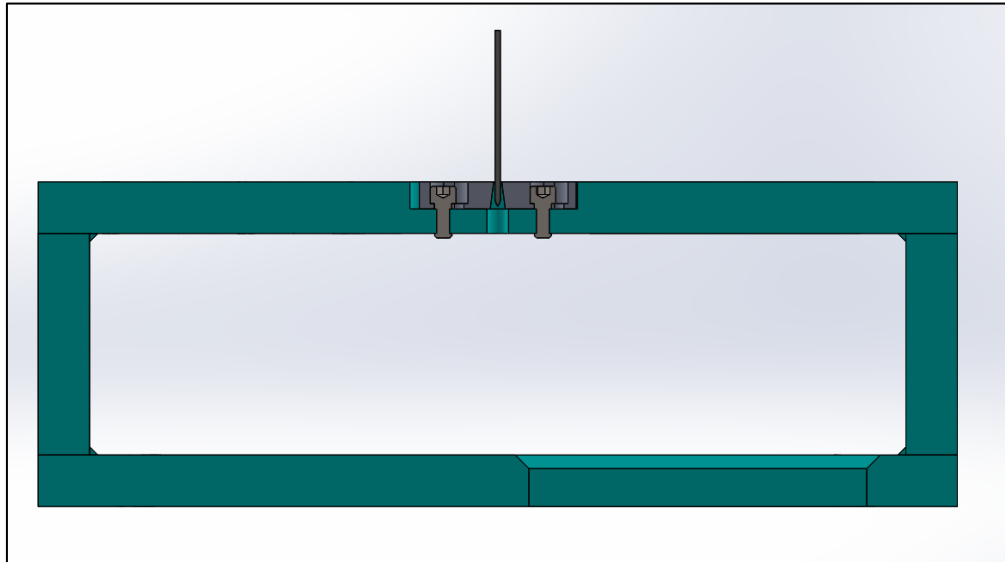


Figura 36: Representação em corte do novo sistema proposto de faca e contra faca [Autoria própria].

4.4 Avaliação do impacto das mudanças na faca de corte

Para avaliar se a faca de corte existente estava devidamente dimensionada para a nova solicitação é necessário avaliar a falha deste componente com a nova força aplicada e, para isso, deve-se determinar a altura máxima da faca para que este não falhe por flambagem. Esta dimensão (Equação 15) é função da força de Flambagem estabelecida por Euler (F_t). Logo a condição mínima de flambagem é $F_c = F_t$. Dessa forma, segundo [32]:

$$h_{max} < \pi \cdot \sqrt{\frac{E \cdot I}{F_c}} \quad (15)$$

Em que: $h_{máx}$ é a altura máxima da faca [mm];

E é o módulo de elasticidade do material da faca [Pa];

I é o menor momento de inércia em relação a um eixo que passa pelo centro da seção transversal da faca [mm⁴];

F_c é a força de avanço máxima [N].

Lembrando que para calcular o momento de inércia da faca, será usada a fórmula apresentada na Equação 16:

$$I = \frac{1}{12} \cdot (b \cdot h^3) \quad (16)$$

Em que: I é o momento de inércia [mm^4];

b é a espessura da faca [mm];

h é a altura da faca [mm];

Com isso, a partir da análise dos dados informados no Quadro 10, pode-se afirmar que a altura da faca atual, com altura de 65 mm e espessura de 2 mm, não falhará por flambagem, pois suas dimensões encontram-se dentro do valor obtido para a altura máxima exigida.

Quadro 10: Valores utilizados e obtidos nas Equações 15 e 16 para faca de corte

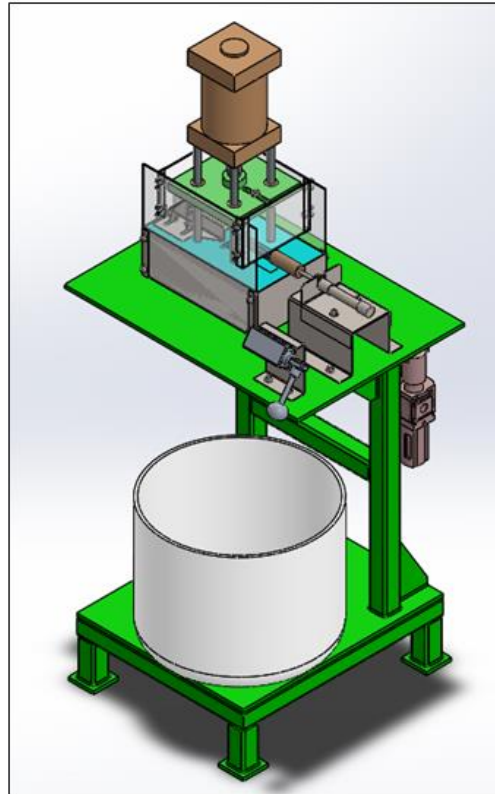
[Autoria própria]

DESCRIÇÃO	VALORES
MÓDULO DE ELASTICIDADE AÇO AISI M2 [MPa]	217000
MOMENTO DE INÉRCIA [mm^4]	45770,83
FORÇA DE AVANÇO MÁXIMA [N]	11500
ALTURA MÁXIMA [mm]	2919612,6

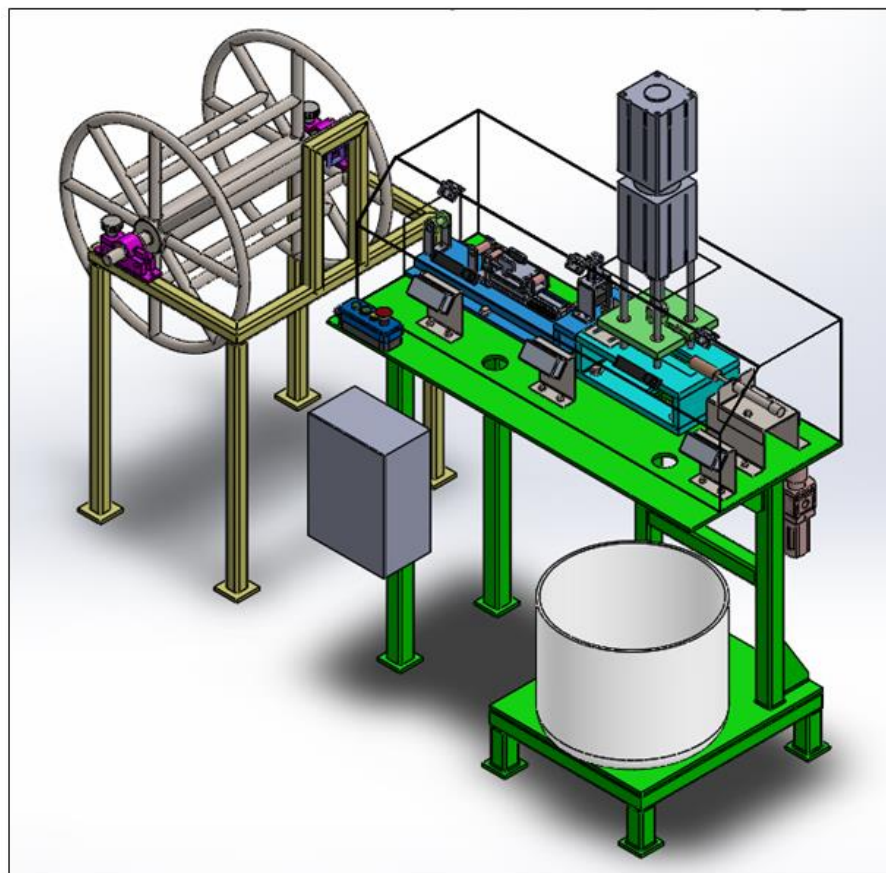
4.5 Alimentação automática de gaxetas

Este tópico aborda a parte do processo de modernização mais intenso da máquina, em que a intenção é torná-la independente após um setup inicial ao implementar um sistema eletropneumático com controle por CLP, otimizando o tempo entre ciclos e evitando o trabalho repetitivo do operador, podendo redefinir sua função para outras tarefas.

Para que isso aconteça, foram necessárias algumas alterações em peças já existentes, compra de novos equipamentos e fabricação de novas peças. Na Fig. 37, pode-se observar uma comparação antes e depois, em 3D do projeto desenvolvido e, posteriormente, será apresentada cada mudança em detalhes:



ANTES



DEPOIS

Figura 37: Modelo em 3D com antes e depois do processo de retrofiting completo da máquina de corte [Autoria própria].

4.5.1 O funcionamento do novo sistema eletropneumático

O novo sistema é composto basicamente por cinco principais grupos, representados pelas peças pneumáticas do projeto:

- 1) Corte: composto por um cilindro pneumático Tandem de dupla ação, diâmetro do êmbolo 125 e curso 80 mm, acoplado a uma base móvel com uma faca de corte, conforme apresentado;
- 2) Batente: composto por um micro cilindro pneumático de dupla ação, diâmetro do êmbolo 20 mm e curso 40 mm, acoplado a uma peça cilíndrica, conforme apresentado;
- 3) Prensa: composto por um cilindro pneumático compacto de dupla ação, diâmetro do êmbolo 16 mm e curso 30 mm, acoplado a uma peça deslizante em uma estrutura que permite a passagem da gaxeta;
- 4) Pegador: composto por uma garra pneumática de dupla ação e dedos paralelos, diâmetro do êmbolo 25 mm, acoplada a duas peças que permitirão a fixação da gaxeta enquanto a haste deste componente estiver acionada;
- 5) Carro: composto por um cilindro sem haste de dupla ação, diâmetro do êmbolo 16 mm e curso 10 mm, que está acoplado é responsável por deslocar o Pegador do grupo 4 linearmente até uma posição específica.

Esses componentes serão acionados por servo válvulas 5/2 vias que, por sua vez, serão atuadas através de sinais captados por sensores magnéticos de posição e enviados ao CLP que indicará, de forma lógica e integrada, a ordem de atuação de cada um desses grupos. O método intuitivo foi o escolhido para elaborar a sequência lógica de atuação que será comandada pelo CLP pois, a partir de disso, pode-se montar um programa em qualquer linguagem desejada.

Primeiramente, foi definida uma posição inicial de todos os componentes e, caso o botão de emergência seja acionado, todo o sistema volta para essa posição, que pode ser definida como:

Posição inicial:

- Grupo 1 – Cilindro recuado (permitindo a entrada de material)
- Grupo 2 – Cilindro avançado (limitando o curso de alimentação)
- Grupo 3 – Cilindro recuado (permitindo passagem do material)
- Grupo 4 – Cilindro recuado (indica a garra pneumática aberta)
- Grupo 5 – Cilindro recuado (posição inicial do carro)

Este arranjo pode ser averiguado na simulação de circuito realizada no *software FluidSim* e apresentado na Fig. 38, a seguir:

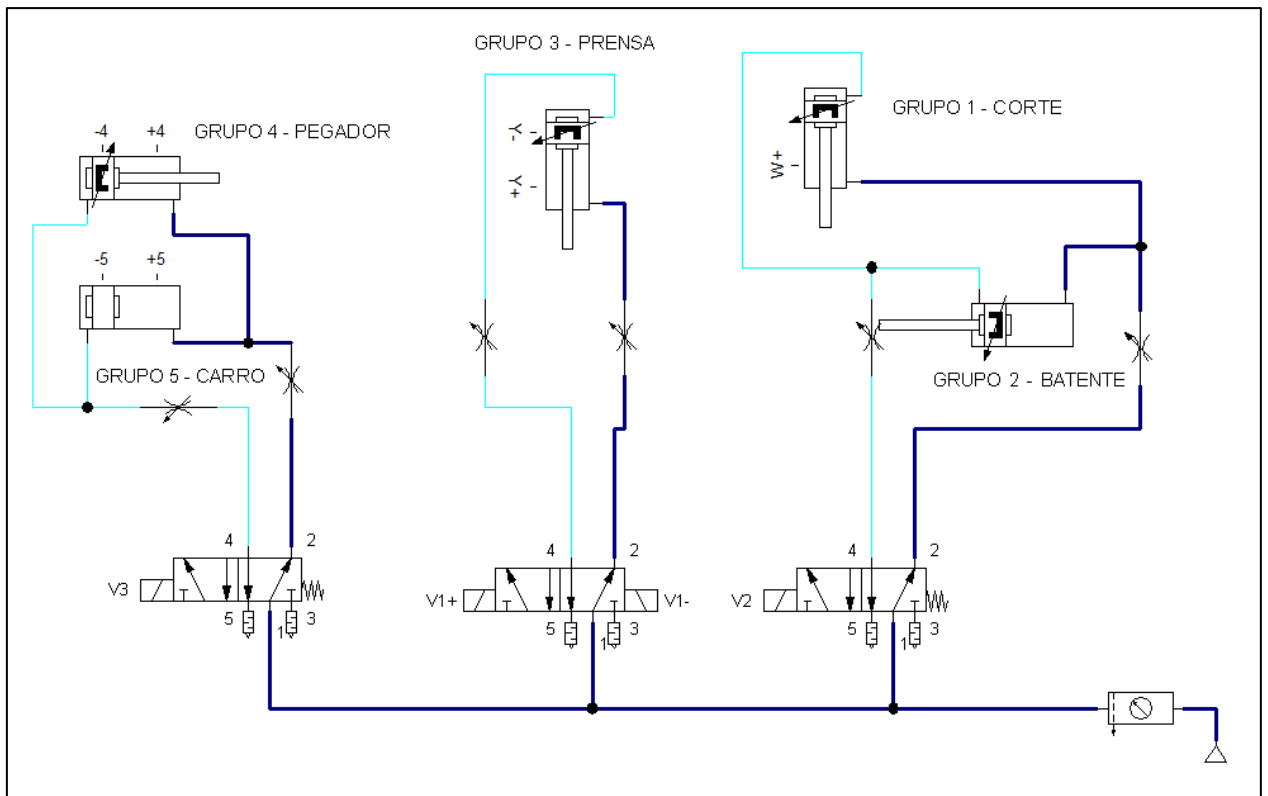


Figura 38: Posição inicial dos cilindros no novo circuito eletropneumático da máquina [Autoria própria].

A partir dessa posição, a máquina está pronta para receber a gaxeta, que estará disposta de forma enrolada em um carretel de aço, que é a maneira como se encontra após seu processo de fabricação nas Tricotadeiras. Este carretel será deslocado até uma nova estrutura com dois mancais bipartidos e uma peça para guiar a gaxeta até o próximo componente. Esses componentes podem ser observados na Fig 39 e o detalhamento da estrutura com o guia e mancais bipartidos encontra-se no Apêndice deste projeto.

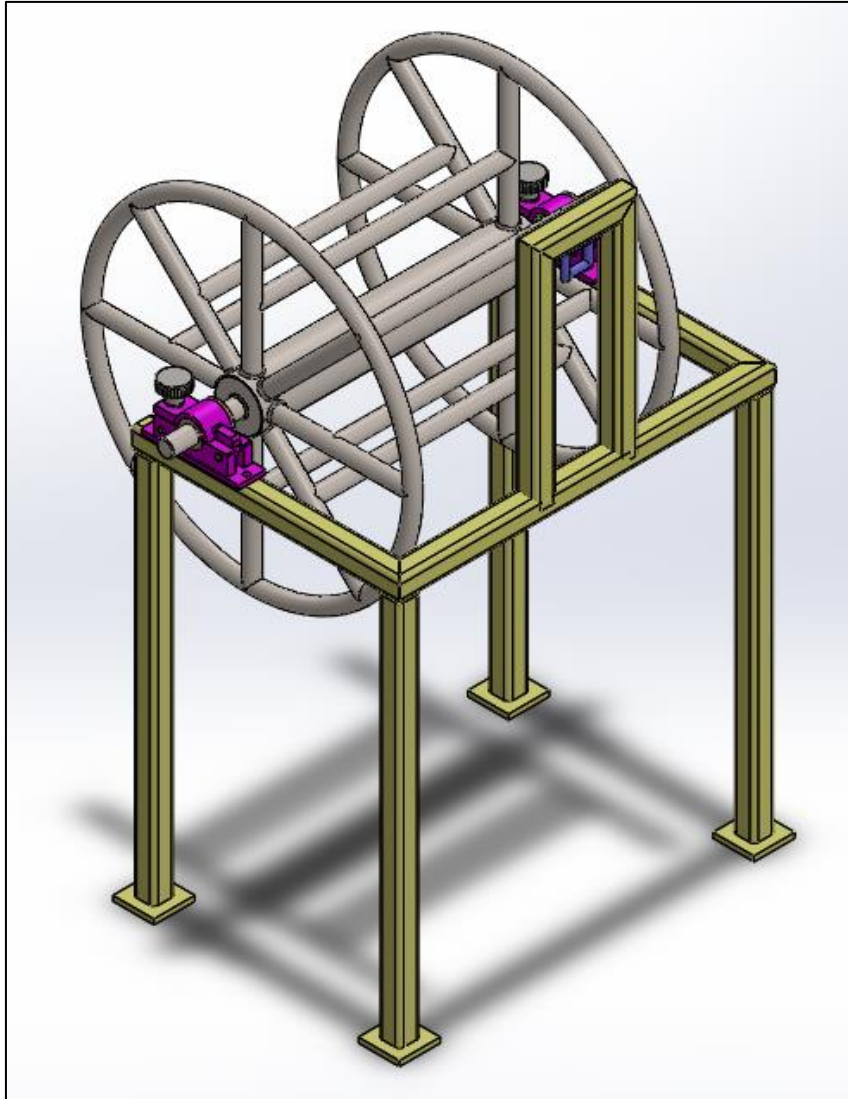


Figura 39: Representação de nova estrutura com carretel de gaxetas, mancais bipartidos e guia [Autoria própria].

A gaxeta é conduzida até os roletes que servirão como guia e facilitadores de movimentação, passando por entre as peças da garra pneumática que estarão abertas, logo depois por baixo da peça deslizante acoplada ao cilindro prensa, que estará recuado, e por fim, chegando na peça cilíndrica acoplada ao cilindro batente. Após esta etapa, pode-se dizer que a máquina está pronta para operar de maneira independente após o aperto do botão de ligar e isso se dará da seguinte forma:

- O botão de ligar é apertado;
- Um sensor de presença X avaliará se a gaxeta está na posição correta para o corte e enviará um sinal A para acionar a válvula V1 (biestável, atuação elétrica nos dois terminais) que atua o cilindro do Grupo 3, logo o cilindro prensa avança e um sensor de posição Y+ interpreta que este cilindro se encontra avançado e emite um sinal

B. Caso o sensor X não detecte presença de material a ser cortado, o sistema permanecerá em posição inicial;

- Este sinal B aciona a válvula V2 (com retorno por mola) que atua os cilindros dos Grupos 1 e 2. O cilindro do Grupo 1 avança, cortando o material e o cilindro do Grupo 2 recua, permitindo o deslocamento da gaxeta. Um sensor de posição W+, acoplado ao fim de curso do cilindro do Grupo 1, interpreta que este componente está avançado e emite um sinal C;
- Este sinal C, além de cessar o acionamento da válvula V2, aciona a válvula V1, que atua o Grupo 3, fazendo com que o cilindro recue e, um sensor de posição Y- interpreta que este componente está recuado e envia um sinal D;
- Este sinal D é responsável por acionar a válvula V3, que controla o acionamento da garra pneumática e do cilindro sem haste, no primeiro caso o componente irá apertar a gaxeta e no segundo, o conjunto mudará de posição de acordo com a posição de um sensor magnético acoplado ao instrumento, limitando o seu curso de acordo com a medida necessária para o *pad*. Assim que o conjunto composto pela garra e carro que percorre o cilindro chega na posição desejada, é emitido um sinal E.
- Este sinal E, além de cessar o acionamento da válvula V3, aciona novamente a válvula V1, responsável por atuar o cilindro prensa do Grupo 3 que, por sua vez, possui um sensor magnético de posição Y+ que envia novamente um sinal B e realiza de maneira cíclica estas atuações sequenciadas de maneira lógica até que o sensor de presença X não detecte nenhum material para ser cortado por cinco segundos, seja apertado o botão de desligar ou o botão de emergência.

A partir dessa lógica, foi montado, juntamente com o circuito pneumático apresentado na Fig. 38, um circuito elétrico de tensão 24 V para traduzir esse funcionamento em uma simulação no *software FluidSim*, incluindo componentes que funcionariam como as entradas e saídas de um CLP e indicando os relés, contatos, temporizadores, sensores e botões que farão parte do projeto.

4.5.2 Dimensionamento dos equipamentos dos Grupos 3, 4 e 5

Conforme observado no subtópico anterior, o projeto eletropneumático pode ser dividido em grupos, de acordo com a sua função. Os componentes dos grupos 1 e 2 já foram apresentados e dimensionados anteriormente para cada solicitação que serão submetidos, porém, para introduzir de forma completa o funcionamento do novo sistema, em seguida serão apresentados os componentes dos grupos 3, 4 e 5 e seus respectivos dimensionamentos:

- Grupo 3 (Prensa) - o cilindro escolhido para compor este grupo possui as seguintes características listadas abaixo e sua representação com as principais dimensões pode ser observada na Fig. 40 e os valores correspondentes no Quadro 11, a seguir:
- Fornecedor: MiCRO Pneumática
- Tipo: Cilindro pneumático compacto, perfilado, de dupla ação, com imã incorporado no pistão, terminação rosca macho, diâmetro do êmbolo 16 mm e curso 30 mm
- Norma: UNITOP RU-P/6
- Temperatura: 20 °C a 80 °C
- Pressão de trabalho: 0,6 a 10 bar
- Materiais: Tubo de alumínio perfilado anodizado duro, haste de aço inoxidável, tampas de alumínio e selos de poliuretano.

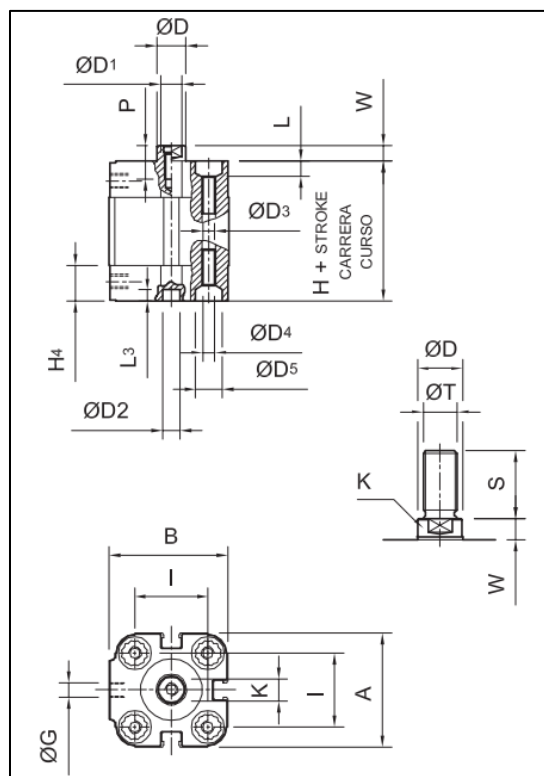


Figura 40: Desenho com principais dimensões do cilindro Prensa [20].

Quadro 11: Valores das medidas indicadas na Figura 40 [20]

Ø	A	B	ØD	ØD1	ØD2	ØD3	ØD4	ØD5	ØG	H	H4	I	K	L	L3	P	S	ØT	W
16	29	30	8	M4	6	3,3	M4	6,2	M5	38	12,5	18	7	3,5	4	10	20	M8x1,25	4,5

Este cilindro precisa transferir uma força para a peça que ficará acoplada ao seu terminal suficiente para segurar a gaxeta em sua posição no momento do corte, simulando a força aplicada pela mão do operador. Com isso, de acordo com as equações de dimensionamento de cilindros dispostas neste trabalho, constam na Quadro 12, os valores utilizados e obtidos nos cálculos para este cilindro:

Quadro 12: Valores utilizados e obtidos nas equações 8 a 14 para cilindro prensa

DESCRIÇÃO PARA CILINDRO COMPACTO	VALORES
VAZÃO DE TRABALHO COM REGULAGEM DE 0,1% DA VAZÃO DISPONÍVEL [l/min]	1,29
DIÂMETRO ÊMBOLO [mm]	16
ÁREA DO ÊMBOLO [cm ²]	2,01
CURSO [mm]	30
PRESSÃO NA LINHA [bar]	6
FORÇA TEÓRICA [N]	120,64
FORÇA DE AVANÇO [N]	96,51
DIÂMETRO HASTE [mm]	8
ÁREA DA HASTE [cm ²]	0,50
TEMPO DE AVANÇO [s]	0,28
TEMPO DE RECUO [s]	0,21
VOLUME DA CÂMARA [L]	0,01
ROSCAS DAS CONEXÕES DE AR	M5
VELOCIDADE DE ATUAÇÃO [m/s]	0,11
NÚMERO DE CICLOS POR MINUTO	214
PERÍODO DE MANUTENÇÃO PRÉ ESTABELECIDO [Km]	3000
PERÍODO DE MANUTENÇÃO [h]	3897,65

Além do cilindro pneumático, o conjunto Prensa contempla uma estrutura feita de aço carbono SAE 1020 obtida a partir da união aparafusada de uma chapa de ¼” e duas cantoneiras de mesma espessura. Nessas últimas peças é necessária uma usinagem retificada para ser usada como guia para uma peça retangular feita de acetato para fazer o contato direto com a gaxeta. Uma representação desses componentes em conjunto pode ser observada na Fig. 41. O detalhamento das peças pode ser encontrado no Apêndice deste projeto.

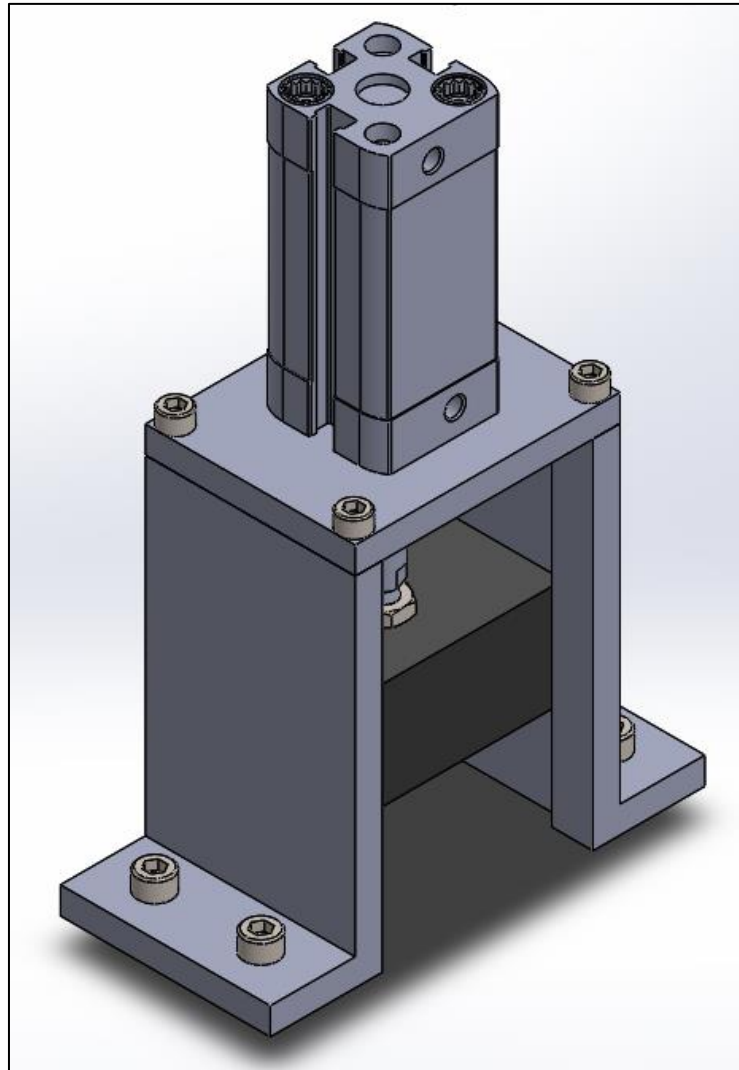


Figura 41: Representação do conjunto Prensa composto por cilindro, estrutura e peça deslizante [Autoria própria].

- Grupos 4 e 5 (Pegador e Carro) - como estes dois grupos trabalham em conjunto, serão apresentados da mesma forma. Os equipamentos pneumáticos escolhidos para esse conjunto podem ser observados abaixo junto ao seu respectivo dimensionamento para às solicitações as quais serão submetidos:
 - a) Grupo 4 (Pegador): para este grupo foi escolhida uma garra pneumática paralela com dois dedos que ficará fixada a uma estrutura que permitirá a passagem da gaxeta e simulará o movimento da mão do operador no momento de alimentar o material a ser cortado. Na Fig. 42, pode-se observar uma representação com as principais dimensões desta garra, os valores correspondentes no Quadro 13, assim como suas principais características:

- Fornecedor: MiCRO Pneumática
- Tipo: Garra pneumática de dupla ação com dois dedos autocentrantes de abertura paralela, curso 6 mm
- Pressão de trabalho: 1 a 6 bar
- Temperatura: 10 °C a 60 °C
- Modelo: MCHC-16

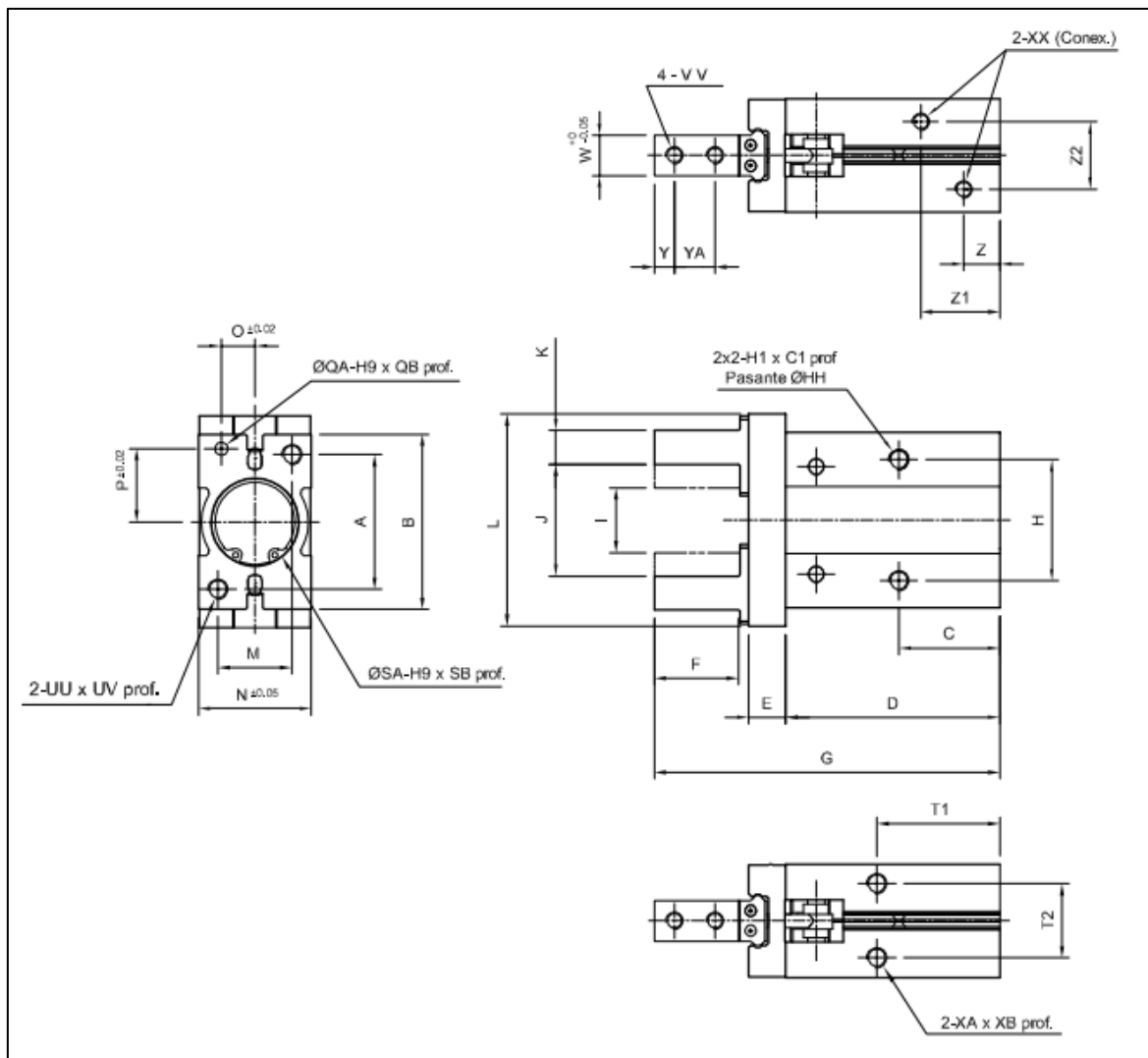


Figura 42: Desenho com as principais dimensões da garra pneumática [20]

Quadro 13: Valores das medidas indicadas na Figura 42 [20].

Ø	A	B	C	D	E	F	G	H	H1	H2	HH	I	J	K	L	M	N	O	P
Ø16	22	30,6	24,5	42,5	7,5	15	67,3	24	M4	8	3,4	14,9	20,9	5	38	15	23,6	6,5	11

Para o dimensionamento deste componente, utilizou-se uma adaptação da fórmula proposta pelo fornecedor MiCRO Pneumática, em que se diz que na seleção de uma garra é necessário considerar a geometria, o peso da peça e as condições de movimento (velocidade e aceleração) para que ela propicie uma força de sujeição ou aperto em acordo com a necessidade. Deve-se respeitar, não obstante, um fator de segurança segundo o tipo de trabalho a desenvolver e desenho dos dedos de sujeição. A Equação 17 mostra a relação que deve ser seguida para cálculo da força de aperto ou sujeição:

$$F = W \times G \times F_s \quad (17)$$

Em que: F é a força de sujeição ou aperto por dedo [N]

W é a massa da peça [Kg]

G é a aceleração da gravidade [m/s^2]

F_s é o fator de segurança

- Tarefa em condições normais: $F_s = 10$

- Tarefa em condições aceleradas: $F_s = 20$

A adaptação para a solicitação a qual a garra será submetida pode ser descrita com a alteração do produto $W \times G$, que neste caso seria a força peso realizada pela peça a ser erguida, pela força mínima necessária para rotacionar o carretel cheio, já que a gaxeta ficará apoiada em grande parte da sua extensão durante o processo de corte.

Para descobrir a força mínima necessária para rotacionar o carretel, foram usados os conceitos da segunda lei de Newton [38]. Para um corpo em movimento circular, isto é, para um corpo em rotação, pode-se determinar sua posição e velocidade em função de variáveis como o ângulo e a velocidade angular, além do raio da trajetória.

No caso em questão, o carretel está fixo a um eixo central que gira em uma trajetória circular. A força de intensidade F que será aplicada na direção da velocidade tangencial do corpo será aplicada pelo cilindro sem haste, porém deve-se atentar para que a força de aperto seja suficiente para prender a gaxeta sem ceder. Com isso, pode-se escrever a segunda lei de Newton para os módulos das grandezas conforme mostrado na equação abaixo:

$$F = m \cdot \frac{\Delta v}{\Delta t}$$

Como a velocidade linear de um movimento circular é dada por $v = \omega \cdot R$, é possível escrever a equação acima da seguinte forma:

$$F = m \cdot \frac{\Delta(\omega \cdot R)}{\Delta t}$$

Multiplicando ambos os lados por R , tem-se:

$$F \cdot R = m \cdot R^2 \cdot \frac{\Delta\omega}{\Delta t}$$

Sabe-se que o quociente entre a velocidade angular e o tempo nos fornece a aceleração angular, tem-se:

$$F \cdot R = m \cdot R^2 \cdot \alpha$$

Como a força é perpendicular ao raio da trajetória, nota-se que $F \cdot R = M$ é o módulo do torque exercido pela força F em relação ao centro do movimento circular. Temos como resultado a Equação 18:

$$M = m \cdot R^2 \cdot \alpha \quad (18)$$

Em que o fator $m \cdot R^2$ é o momento de inércia do carretel e pode ser representado pela letra I e tem como unidade o Kg/m^2 . A equação $M = I \cdot \alpha$ relaciona o módulo do torque M com a aceleração angular α e com a quantidade I que representa a inércia rotacional do objeto.

A partir desses conceitos apresentados, calculou-se a força de aperto da garra em função do momento de inércia do carretel cheio, ignorando as forças de atrito envolvidas no sistema e adotando valores médios para velocidade e aceleração a fim de simplificar a obtenção dos dados necessários e para isso, utilizou-se o auxílio dos gráficos apresentados na Fig. 43, disponibilizados pelo fornecedor.

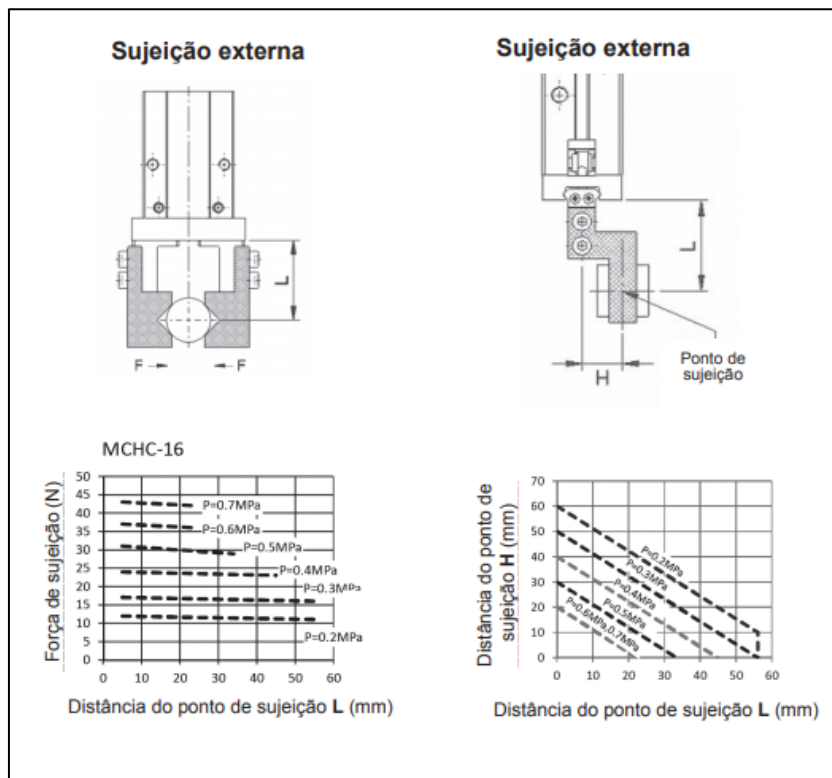


Figura 43: Gráficos para obter valores de força de aperto em função das dimensões L e H [20]

Uma vez selecionada a garra com a ajuda dos gráficos, tendo em conta a pressão de trabalho e a distância desde a garra até o centro de gravidade da peça a prender (distância L), determina-se a força de sujeição ou aperto (F) máxima admitida para a condição exemplificada na Fig. 44, a seguir:

- Se $L = L1$ logo $F = F1$
- Se $L = L2$ logo $F = F2$

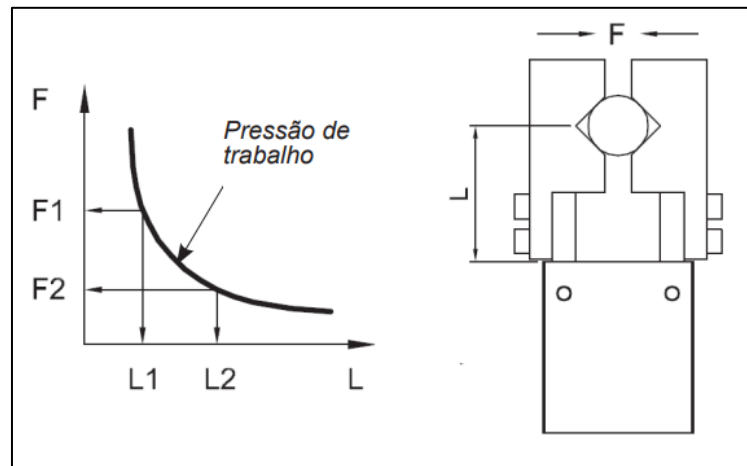


Figura 44: Figura exemplificando como fazer a leitura do gráfico de força de sujeição [20]

Por fim, é possível que o ponto de sujeição ou aperto esteja num plano diferente do plano de acionamento dos dedos a uma distância H . Aconselha-se que a distância H não ultrapasse os valores recomendados nos gráficos para cada modelo, diâmetro e pressão de trabalho da garra. No caso das garras paralelas, também deve-se respeitar a relação entre as cotas L e H . Esta relação depende do tamanho da garra do tipo de sujeição ou aperto (interna ou externa) e da pressão de trabalho. O desrespeito a esta relação, entre as cotas L e H , ocasionará o surgimento de esforços adversos reduzindo sensivelmente a vida útil da garra [20].

- b) Grupo 5 (Carro) – Este componente consiste em um cilindro sem haste com diâmetro do êmbolo 16 mm e curso de 100 mm e será responsável por fazer o deslocamento linear do produto e sua consequente alimentação depois de cada corte realizado. Seu êmbolo será magnético para que um sensor externo possa identificar sua correta posição que será regulada de acordo com a necessidade do tamanho do *pad* e isso se dará a partir da limitação do seu curso. A seguir, na Fig. 45, pode-se observar um desenho com suas principais dimensões e, no Quadro 14, os valores correspondentes.

- Fornecedor: MiCRO Pneumática

- Tipo: Cilindro sem haste de dupla ação, com amortecimento regulável e imã incorporado. Possui guias de alumínio anodizado e elementos plásticos antifricção ajustáveis
- Temperatura: 10 °C a 80 °C
- Pressão de trabalho: até 8 bar.
- Velocidade máxima: 2 m/s
- Materiais: Tubo perfilado de alumínio anodizado, tampas e pistão de alumínio, fitas de aço inoxidável temperado (interna e externa), guias de materiais sintéticos antifricção.

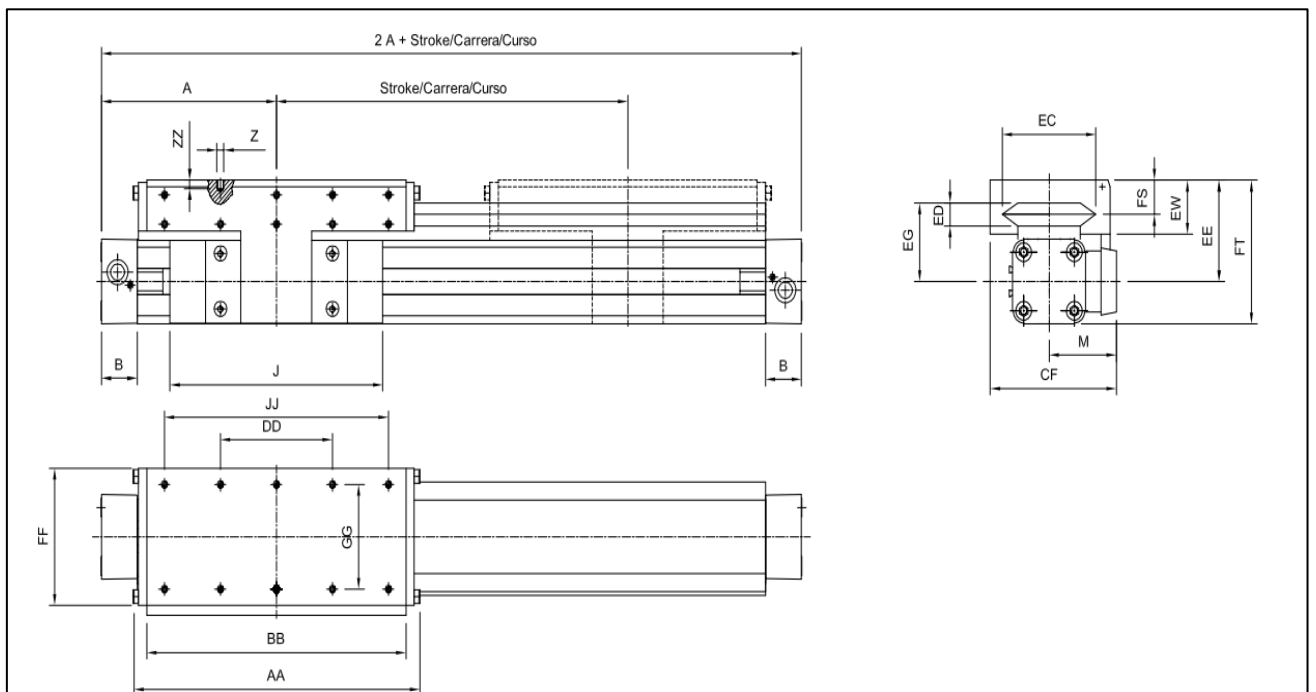


Figura 45: Desenho com as principais dimensões do cilindro sem haste [20]

Quadro 14: Valores das medidas indicadas na Figura 45 [20].

Tipo	A	AA	B	BB	CF	DD	EC	ED	EE	EG	EW	FF	FS	FT	GG	J	JJ	M	Z	ZZ
SL 16	65	106	14	88	55	30	36	8	40	30	22	48	14	55	36	69	70	30	M4	8

Uma representação em vista isométrica do conjunto composto pelos Grupos 4 e 5 pode ser observada na Fig. 46:

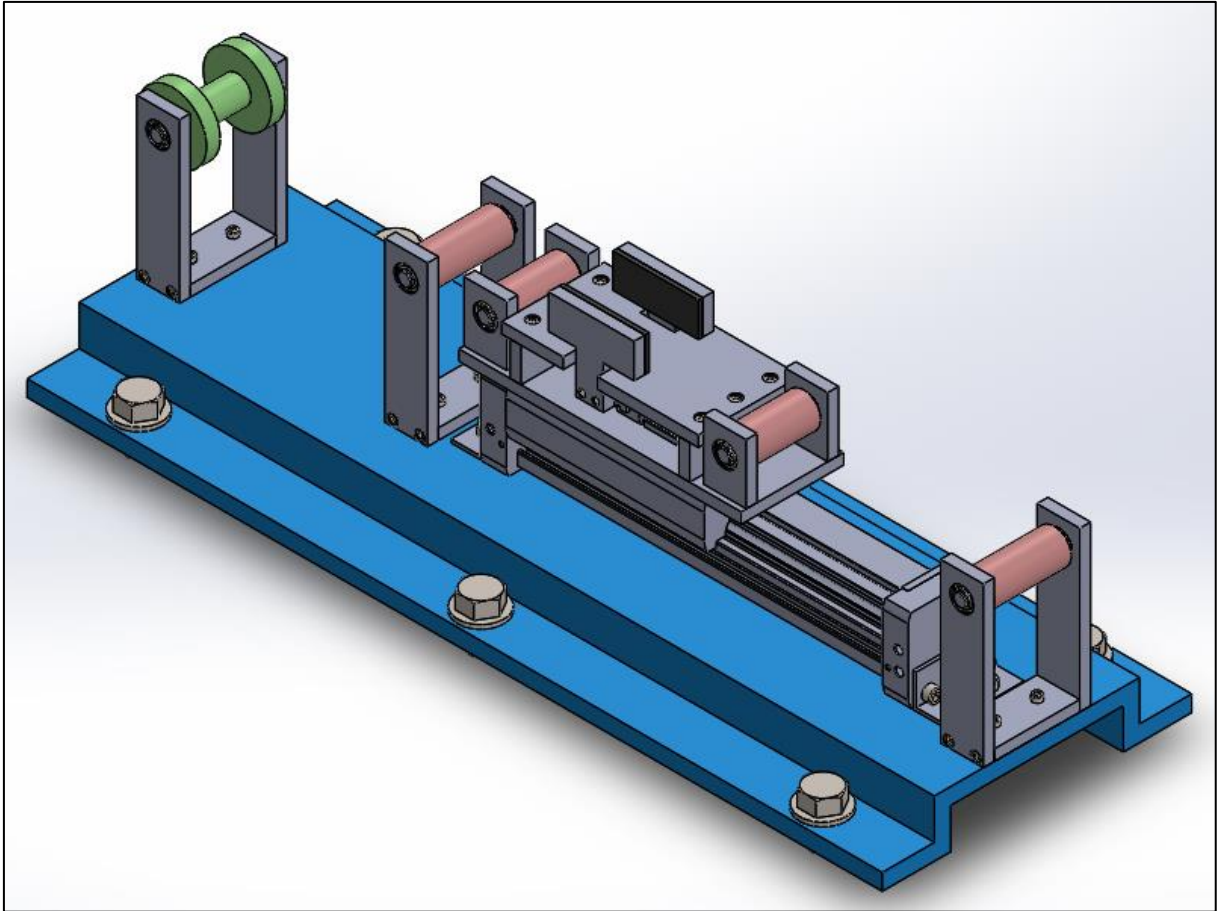


Figura 46: Representação dos conjuntos Carro e Pegador com roletes [Autoria própria].

A estrutura contempla dois roletes fixos e outros dois que ficam acoplados à estrutura do carro e se movem em conjunto, com a finalidade de diminuir o contato com as superfícies que, devido ao atrito, possam interferir de maneira negativa na movimentação do material. Convém citar, também, a presença de um rolete localizado no início da estrutura com a finalidade de guiar a gaxeta e permitir que ela fique na mesma altura que os outros roletes. O detalhamento das peças fabricadas que compõem os grupos 4 e 5 podem ser observadas no Apêndice deste projeto.

Por fim, nos Quadros 15, 16 e 17, são apresentados os valores utilizados e obtidos no dimensionamento da garra pneumática e do cilindro sem haste, utilizados no conjunto apresentado na Fig. 46, anteriormente:

Quadro 15: Valores referentes ao carretel para dimensionamento da garra e cilindro sem haste [Autoria própria].

DESCRIÇÃO DO CARRETEL CHEIO	VALORES
MASSA DO CARRETEL CHEIO [Kg]	10
DIÂMETRO INTERNO [m]	0,150
DIÂMETRO EXTERNO [m]	0,350
VELOCIDADE LINEAR (V) [m/s]	0,20
TEMPO ATUAÇÃO CILINDRO SEM HASTE [s]	0,47
VELOCIDADE ANGULAR FINAL MÉDIA (ω) [rad/s]	1,14
ACELERAÇÃO ANGULAR MÉDIA (α) [rad/s ²]	2,29
MOMENTO DE INÉRCIA [m^4]	0,125
FORÇA MÍNIMA PARA ROTACIONAR O CARRETEL [N]	1,63

Quadro 16: Valores utilizados e obtidos no dimensionamento da garra pneumática [Autoria própria].

DESCRIÇÃO PARA GARRA PNEUMÁTICA	VALORES
FORÇA DE APERTO POR DEDO [N]	32,65
FORÇA MÍNIMA PARA ROTACIONAR O CARRETEL [N]	1,63
FATOR DE SEGURANÇA	20
DISTÂNCIA L [mm]	0
DISTÂNCIA MÁXIMA H [mm]	20

Quadro 17: Valores utilizados e obtidos no dimensionamento do cilindro sem haste [Autoria própria]

DESCRIÇÃO PARA ATUADOR SEM HASTE	VALORES
VAZÃO DE TRABALHO COM REGULAGEM DE 0,2% DA VAZÃO DISPONÍVEL [l/min]	2,58
DIÂMETRO ÊMBOLO [mm]	16
CURSO [mm]	100
PRESSÃO NA LINHA [bar]	6
FORÇA MÁXIMA [N]	120
ÁREA EMBOLO [cm ²]	2,01
TEMPO DE ATUAÇÃO [s]	0,5
ROSCAS DAS CONEXÕES DE AR [pol]	G 1/2"
VELOCIDADE ATUAÇÃO [m/s]	0,21
NÚMERO DE CICLOS POR MINUTO	128
PERÍODO DE MANUTENÇÃO PRÉ ESTABELECIDO [Km]	3000,00
PERÍODO DE MANUTENÇÃO [h]	1949

4.5.3 Dimensionamento das válvulas utilizadas

Para a realização do dimensionamento das válvulas serão utilizados os seguintes parâmetros: A vazão nominal, expressa em NI/min, que é representada pela vazão normal de ar em l/min que passa pela válvula, com uma pressão de alimentação de 6 bar e uma perda de carga de 1 bar e a frequência de comutação, que reflete a rapidez com que a válvula comuta as suas posições. A vazão normal necessária para o acionamento de um cilindro pneumático dependerá, em geral, da vazão necessária para o acionamento, que por sua vez, dependerá do tamanho do cilindro, da velocidade de seu acionamento e da pressão de operação [20]. Esta relação pode ser expressa na Equação 19, abaixo:

$$Qr = 0,0028 \cdot \frac{d^2 \cdot C}{t} \cdot (p + 1,013) \quad (19)$$

Em que: Qr é a vazão necessária [Nm³/h]

d é o diâmetro do pistão do cilindro [cm²]

C é o curso do cilindro [cm]

t é o tempo de execução do movimento [seg]

p é a pressão de operação [bar]

Já a vazão nominal normal que a válvula deve ter é determinada pela seguinte expressão indicada na Equação 20:

$$Qn = \frac{40,89 \cdot Qr}{\sqrt{\Delta p \cdot (pe - \Delta p)}} \quad (20)$$

Em que: Qn é a vazão nominal da válvula [NI/min]

Δp é a queda de pressão admitida na válvula [bar]

pe é a pressão absoluta de alimentação da válvula [bar] (pressão manométrica + 1,013)

Qr é a vazão exigida pelo acionamento [Nm³/h]

4.5.4 Manutenção de válvulas pneumáticas

A vida útil das válvulas direcionais é determinada pelos ciclos de comutação realizados. Portanto, em função deste parâmetro é realizado também o programa de manutenção preventiva desses equipamentos. As intervenções nesse plano podem ocorrer em períodos semanais, a cada 8 milhões de ciclos de comutação (ou 1 ano) e a cada 24 milhões de ciclos de comutação (ou 3 anos). Deve-se estipular por exemplo controles visuais de vazamentos, vibrações ou aquecimento, desmontagens parciais, limpeza de elementos e reposições preventivas de peças deterioradas. A

conversão do período em ciclos de comutação para horas de funcionamento de máquina, pode ser estabelecida para cada válvula em particular, através da seguinte fórmula expressa na Equação 21:

$$H = \frac{Cc}{60 \times n} \quad (21)$$

Em que: H é o período de manutenção [h]

Cc é o período de manutenção em ciclos de comutação

n é a frequência de atuação da válvula [ciclos/min]

Por fim, serão apresentados os valores obtidos e utilizados nas equações 19, 20 e 21 para os dimensionamentos das válvulas responsáveis por acionar os Grupos 1 e 2 (Cilindro de força e Batente), o Grupo 3 (Prensa) e os Grupos 4 e 5 (Pegador e carro), respectivamente, no Quadro 18, abaixo:

Quadro 18: Valores utilizados e obtidos no dimensionamento das válvulas [Autoria própria].

VÁLVULA	1	2	3
VAZÃO NECESSÁRIA [Nm ³ /h]	0,54	53,72	1,07
VAZÃO NOMINAL DA [NI/min]	26,42	2641,79	52,84
PERÍODO MANUTENÇÃO PRÉ ESTABELECIDO [Cc]	8000000	8000000	8000000
PERÍODO MANUTENÇÃO [h]	2222	1481	2222

Com base nos valores obtidos acima, serão apresentadas as válvulas escolhidas para compor o projeto, suas principais características, especificações, além das principais vistas com dimensões e suas simbologias que podem ser observadas nas Fig. 47 e 48, a seguir:

Válvulas 1 e 3 (Atuação dos Grupos 3, 4 e 5 – Prensa, garra e carro): Válvula direcional 5/2 vias, atuação elétrica, biestável – 1/8”

- Fornecedor: MiCRO pneumática
- Série: SB0
- Pressão de Trabalho: 0 a 10 bar
- Temperatura: 5 °C a 50 °C (ambiente) e 10 °C a 60 °C (fluido)
- Vazão nominal: 420 l/min (0,42 Cv)

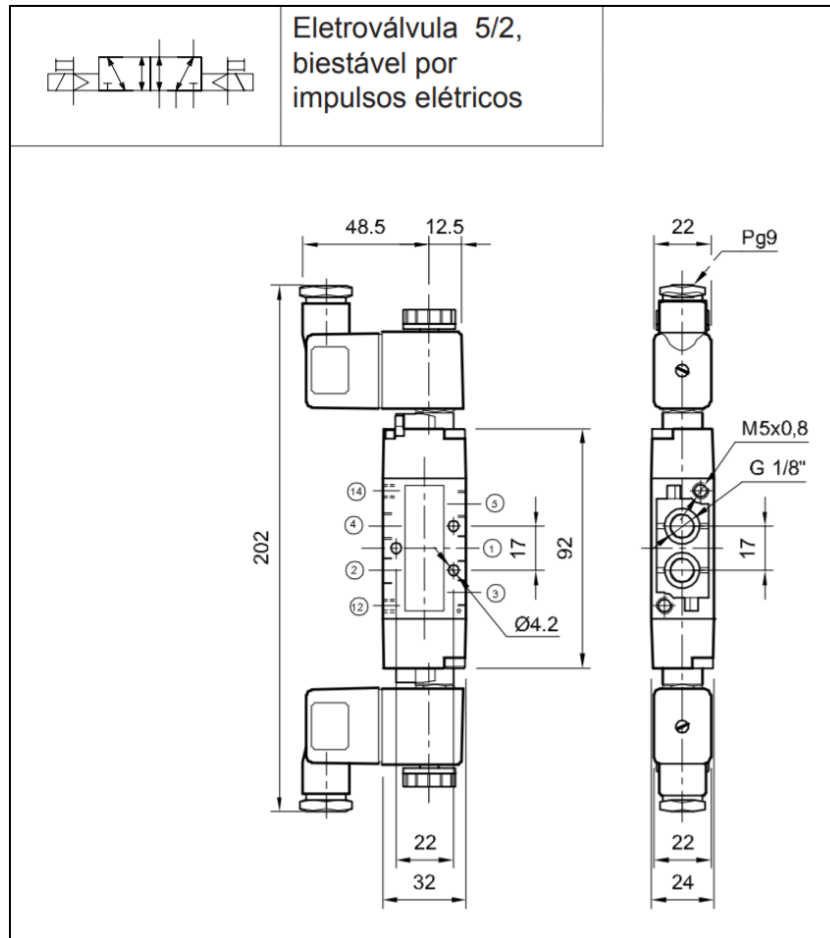


Figura 47: Desenho com principais dimensões e simbologia Válvula 1 [20].

Válvula 2 (Atuação Grupos 1 e 2 – Cilindro de força e batente): Válvula direcional 5/2 vias, atuação elétrica, monoestável com retorno por mola – 1/2”

- Fornecedor: MiCRO pneumática
- Série: CH3 NG
- Pressão de Trabalho: 0 a 10 bar
- Temperatura: 5 °C a 50 °C (ambiente) e 10°C a 60°C (fluido)
- Vazão nominal: 4200 l/min (4,2 Cv)

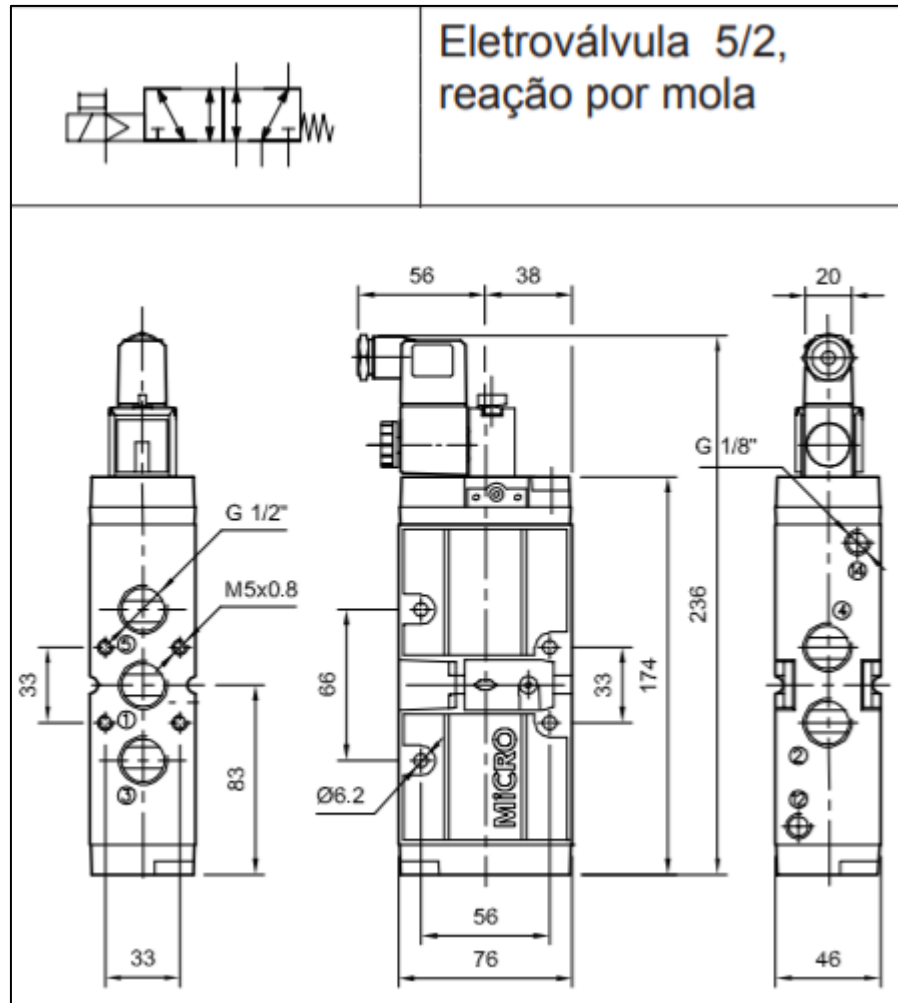


Figura 48: Desenho com principais dimensões e simbologia Válvula 2 [20].

4.5.5 Lista de materiais, análise de custos e viabilidade

Após o processo de dimensionamento dos equipamentos comerciais, é possível ser gerada uma lista completa dos materiais necessários para realizar o *retrofitting* proposto. No Quadro 19, consta uma relação dos itens, preços, quantidades e caracterizações (item novo, modificado ou mantido) para basear uma futura análise de custos e viabilidade do projeto através do cálculo de *payback* (ou retorno do investimento), que consiste em encontrar o tempo necessário para os ganhos gerados com a modificação da máquina se igualem ao valor investido.

Quadro 19: Lista de materiais para o *retrofitting* com valores [Autoria própria]

LISTA DE MATERIAIS PARA O RETROFITTING						
EQUIPAMENTOS	QTD	PREÇO UN	PREÇO TOTAL	STATUS	ÁREA	
CILINDRO PNEUMÁTICO TANDEM Ø125 mm x 80 mm	1	R\$ 3.455,00	R\$ 3.455,00	NOVO	PNEUMÁTICA	
HASTES	4	R\$ -	R\$ -	MANTIDO	MECÂNICA	
BASE MÓVEL	1	R\$ -	R\$ -	MANTIDO	MECÂNICA	
SOPRADOR	1	R\$ -	R\$ -	MANTIDO	PNEUMÁTICA	
FACA DE CORTE	1	R\$ -	R\$ -	MANTIDO	MECÂNICA	
BASE FIXA	1	R\$ 450,00	R\$ 450,00	MODIFICADO	MECÂNICA	
CONTRA FACAS	2	R\$ 650,00	R\$ 1.300,00	NOVO	MECÂNICA	
CILINDRO PNEUMÁTICO Ø20 mm x 40 mm	1	R\$ -	R\$ -	MANTIDO	PNEUMÁTICA	
SUORTE PARA BATENTE	1	R\$ -	R\$ -	MANTIDO	MECÂNICA	
SUORTE PARA VÁLVULAS	3	R\$ -	R\$ -	EXISTENTE	MECÂNICA	
LUBREFIL	1	R\$ -	R\$ -	MANTIDO	PNEUMÁTICA	
MESA	1	R\$ 1.000,00	R\$ 1.000,00	MODIFICADA	MECÂNICA	
GUIAS PARA GAXETA	1	R\$ -	R\$ -	MANTIDO	MECÂNICA	
TUBO POLIURETANO Ø 8mm	5 M	R\$ 13,98	R\$ 69,90	NOVO	PNEUMÁTICA	
REGULADORES DE VAZÃO	4	R\$ 348,90	R\$ 1.395,60	NOVO	PNEUMÁTICA	
CARRETEL	1	R\$ -	R\$ -	EXISTENTE	MECÂNICA	
ESTRUTURA CARRETEL	1	R\$ 250,00	R\$ 250,00	NOVO	MECÂNICA	
MANCAL BIPARTIDO COM BUCHA DE BRONZE	2	R\$ 600,00	R\$ 1.200,00	NOVO	MECÂNICA	
CILINDRO PNEUMÁTICO Ø16 mm x 30 mm	1	R\$ 286,65	R\$ 286,65	NOVO	PNEUMÁTICA	
ESTRUTURA PRENSA COMPLETA	1	R\$ 400,00	R\$ 400,00	NOVO	MECÂNICA	
GARRA PNEUMÁTICA PARALELA Ø 16 mm x 6 mm	1	R\$ 1.866,90	R\$ 1.866,90	NOVO	PNEUMÁTICA	
ELETROVÁLVULA 1/8" 5/2 VIAS BIESTÁVEL IMPULSOS ELÉTRICOS	1	R\$ 457,95	R\$ 457,95	NOVO	ELÉT/PNEUM	
ELETROVÁLVULA 1/8" 5/2 VIAS RETORNO POR MOLA	1	R\$ 370,75	R\$ 370,75	NOVO	ELÉT/PNEUM	
ELETROVÁLVULA 1/2" 5/2 VIAS RETORNO POR MOLA	1	R\$ 1.070,35	R\$ 1.070,35	NOVO	ELÉT/PNEUM	
CILINDRO SEM HASTE DE DUPLA AÇÃO SL 16 - Ø 16 x 100 mm	1	R\$ 3.257,55	R\$ 3.257,55	NOVO	PNEUMÁTICA	
SISTEMA CARRO/PEGADOR COM ROLETES COMPLETO	1	R\$ 1.200,00	R\$ 1.200,00	NOVO	MECÂNICA	
CONEXÕES PNEUMÁTICAS VARIADAS	30	R\$ 25,00	R\$ 750,00	NOVO	PNEUMÁTICA	
PROTEÇÃO EM ACRÍLICO	1	R\$ 600,00	R\$ 600,00	NOVO	MECÂNICA	
SENSOR PARA CILINDROS NA	4	R\$ 78,90	R\$ 315,60	NOVO	ELÉTRICA	
SENSOR CAPACITIVO	1	R\$ 534,00	R\$ 534,00	NOVO	ELÉTRICA	
CLP LOGO 220 VCA 16 DI / 8 DO	1	R\$ 632,00	R\$ 632,00	NOVO	ELÉTRICA	
FONTE 24 VDC	1	R\$ 421,00	R\$ 421,00	NOVO	ELÉTRICA	
CONTATOS MURR NA	4	R\$ 92,00	R\$ 368,00	NOVO	ELÉTRICA	
BOTÃO VERDE NA	1	R\$ 80,00	R\$ 80,00	NOVO	ELÉTRICA	
BOTÃO EMERGÊNCIA NF	1	R\$ 85,00	R\$ 85,00	NOVO	ELÉTRICA	
BOTÃO VERMELHO STOP NF	1	R\$ 80,00	R\$ 80,00	NOVO	ELÉTRICA	
PAINEL 400x 400 x 250	1	R\$ 350,00	R\$ 350,00	NOVO	ELÉTRICA	
DISJUNTOR MONOFÁSICO 220 V	1	R\$ 50,00	R\$ 50,00	NOVO	ELÉTRICA	
DISJUNTOR BIFÁSICO 4A	1	R\$ 67,00	R\$ 67,00	NOVO	ELÉTRICA	
BORNE FUSÍVEL 24 V	4	R\$ 12,00	R\$ 48,00	NOVO	ELÉTRICA	
BORNE PASSAGEM	30	R\$ 12,00	R\$ 360,00	NOVO	ELÉTRICA	
FIO 1,5 mm ² PRETO	100 m	R\$ 1,67	R\$ 167,00	NOVO	ELÉTRICA	
FIO 1,5 mm ² AZUL	100 m	R\$ 1,67	R\$ 167,00	NOVO	ELÉTRICA	
CABO PP 3 x 2,5 mm ²	50 m	R\$ 3,20	R\$ 160,00	NOVO	ELÉTRICA	
BORNE TERRA	3	R\$ 13,40	R\$ 40,20	NOVO	ELÉTRICA	
LÂMPADA VERMELHA	1	R\$ 53,00	R\$ 53,00	NOVO	ELÉTRICA	
LÂMPADA AMARELA	1	R\$ 53,00	R\$ 53,00	NOVO	ELÉTRICA	
CONTATOR GERAL	1	R\$ 134,00	R\$ 134,00	NOVO	ELÉTRICA	
CHAVE ROTATIVA PARA SECCIONAMENTO	1	R\$ 103,00	R\$ 103,00	NOVO	ELÉTRICA	
SWITCH PARA PORTAS	1	R\$ 84,00	R\$ 84,00	NOVO	ELÉTRICA	

4.4 Adequação da máquina às normas regulamentadoras

Conforme mencionado no tópico 2.7 deste trabalho, existem diversas normas regulamentadoras para garantir a segurança no ambiente de trabalho e, conseqüentemente, o bem estar, saúde e integridade física dos funcionários. Vale ressaltar que qualquer empresa está sujeita à fiscalização do Ministério do Trabalho e Emprego. Nesses casos, um fiscal verifica se as exigências das NR12 estão sendo atendidas. O risco de não se adequar à NR12 ou a qualquer outra NR é alto. Em alguns casos, os fiscais fazem apenas notificações recomendatórias e indicam novos prazos para que a empresa se adeque, porém, caso seja encontrada alguma irregularidade, a empresa é autuada e passa a uma situação irregular perante o órgão, o que pode gerar diversos efeitos negativos. Além do prejuízo à sua imagem e reputação, as irregularidades resultam em várias punições, como multas (que podem chegar a 50 vezes o valor do equipamento dependendo do grau e da iminência do risco apresentado), interdição de equipamentos ou das instalações da empresa, proibição de participar de licitações públicas e até perda de mão de obra causada pelo afastamento de um colaborador por acidente de trabalho [34].

Para isso, alguns pontos no processo de modernização da máquina de corte de gaxetas foram considerados para adequar o equipamento às normas regulamentadoras de segurança. Seguem abaixo as modificações realizadas de acordo com cada NR:

- NR12 – Segurança no trabalho em máquinas e equipamentos
 - Botão de emergência no circuito de comandos que corta a alimentação de ar comprimido para o sistema;
 - Enclausuramento em acrílico que impede o operador de acessar áreas com peças em movimentação;
 - Inclusão de sensor de abertura da porta que possibilita o funcionamento do sistema apenas com a porta fechada;
 - Mapeamento de períodos de manutenção preventiva que proporciona não só uma maior vida útil dos componentes da máquina, mas também reduz o risco de falhas e conseqüentes acidentes;
- NR17 – Ergonomia
 - Automatização do sistema de corte, que permite que o operador realize apenas o *setup* da máquina e não precise realizar movimentos repetitivos ou ficar em pé durante seu funcionamento, diminuindo o risco de uma LER (Lesão por esforço repetitivo), além de evitar a monotonia do movimento realizado atualmente;

- NR26 – Sinalização de segurança
 - Inclusão de identificações luminosas de acordo com o funcionamento da máquina, que permitirá ao operador uma tradução da etapa em que o sistema se encontra;
 - Identificação dos circuitos elétricos;
- NR10 – Segurança em instalações e serviços com eletricidade
 - Painel elétrico normatizado sem acesso direto ao operador;

A partir dessas modificações, pode-se afirmar que a máquina atenderá as normas regulamentadoras e proporcionará mais segurança e conforto aos operadores, além de não submeter a empresa aos riscos citados anteriormente.

4.5 Mensuração de ganhos com o processo

Além dos benefícios obtidos no processo de operação da máquina, pode-se, também, mensurar os ganhos financeiros com as modificações propostas. Para isso, a primeira atividade foi apurar os dados já registrados, gerar algumas informações relevantes e compilar no Quadro 20.

Quadro 20: Variáveis obtidas através da dados da máquina atual [Autoria própria].

DADOS DE PRODUTIVIDADE DA MÁQUINA ATUAL	
PERÍODO ANALISADO (21 MESES - 2017/2018) [Mês]	21
HORAS TRABALHADAS NO PERÍODO [h]	14
HORAS TRABALHADAS POR MÊS [h]	1,5
TOTAL PADS PRODUZIDOS NO PERÍODO [Kg]	3127
PESO MÉDIO DO PAD [Kg]	0,066
PESO MÉDIO PRODUZIDO POR MÊS [Kg]	148,90
Nº MÉDIO DE PEÇAS POR MÊS [Un]	2256
PROJEÇÃO DE VENDAS PARA 2020 (Nº MÉDIO DE PEÇAS POR MÊS) [Un]	12000
PROJEÇÃO DE VENDAS PARA 2020 (PESO MÉDIO DE PEÇAS POR MÊS) [Kg]	792
HORAS NECESSÁRIAS PARA ATINGIR PROJEÇÃO DE VENDAS POR MÊS [h]	54

A segunda atividade foi realizar um teste em laboratório para medir alguns parâmetros da máquina atual.

O teste consistiu em cortar 10 Kg de uma gaxeta, calcular os tempos da atividade e analisar o tempo necessário para finalizar a operação. Os dados obtidos encontram-se no Quadro 21.

Quadro 21: Variáveis obtidas em teste realizado em laboratório [Autoria própria].

DADOS LABORATÓRIO - AMOTSRA 10KG	
N° MÉDIO DE PEÇAS EM 10 KG GAXETA [Un]	153
TEMPO EFETIVO DE CORTE OPERADOR [min]	34,20
TEMPO REAL DE CORTE OPERADOR [min]	41,04
TEMPO MÉDIO POR PEÇA [s]	16,09
PRODUTIVIDADE DO OPERADOR [Kg/h]	14,62
PRODUTIVIDADE DO OPERADOR [N° peças/h]	223,68
VALOR HORA DO OPERADOR [R\$] FICTÍCIO	25,00

A partir do conhecimento das variáveis apresentadas nos Quadros 20 e 21, é possível comparar com os valores obtidos no orçamento do *retrofitting* (valor total: R\$ 23.732,45) mostrados no Quadro 19 e os apresentados no Quadro 22 e calcular o valor do *payback*. Esse cálculo é essencial para basear uma tomada de decisão assertiva em determinado investimento por parte da diretoria industrial.

Quadro 22: Variáveis calculadas para desempenho da máquina modernizada [Autoria própria]

DADOS DE PRODUTIVIDADE NOVA MÁQUINA DE CORTE	
TEMPO PARA CORTAR UMA PEÇA [s]	6
PRODUTIVIDADE DA MÁQUINA [N° peças/h]	600
PRODUTIVIDADE DA MÁQUINA [Kg/h]	39,6

Para realizar o cálculo do retorno do investimento, foi apurada uma projeção de vendas para o próximo ano e quantas horas de um operador seriam necessárias para atingir o número meta de peças por mês utilizando a máquina de corte já existente, sem modificações. A partir disso, comparou-se com o tempo necessário para realizar a mesma atividade, só que desta vez com as modificações implementadas. Essa economia de tempo foi convertida para o âmbito econômico através de um valor fictício adotado para a hora de um operador de máquinas com todos os encargos e obrigações [35], que podem chegar até a 191,2% do valor do salário pago ao profissional de acordo com pesquisa realizada pela FGV (Fundação Getúlio Vargas) em parceria com a CNI (Confederação Nacional de Indústrias) [36] e a partir disso, pode-se concluir que o investimento terá seu retorno em 2 anos e 4 meses, aproximadamente. Os dados utilizados neste cálculo em combinação com os apresentados nos Quadros 20, 21 e 22, encontram-se no Quadro 23.

Quadro 23: Variáveis obtidas e utilizadas no cálculo do *payback* [Autoria própria].

COMPARATIVO PROJEÇÃO DE VENDAS	
NÚMERO DE PEÇAS NECESSÁRIAS POR MÊS [Un]	12000
QTD HORAS TRABALHADAS MÁQ. ATUAL [h]	54
QTD HORAS TRABALHADAS MÁQ. NOVA [h]	20
GANHO MENSAL [R\$]	841,18
GANHO ANUAL [R\$]	10.094,12
PAYBACK [ANOS]	2,35

Capítulo 5

5. Considerações finais

5.1 Conclusão

O desenvolvimento do projeto de modernização de uma máquina de corte de gaxetas em uma empresa dominante no setor de vedações industriais no Brasil, e com grande representatividade no exterior, é um importante passo para o desenvolvimento industrial do nosso país, não só pela otimização de processos, mas pela iniciativa em melhorar e desenvolver soluções que implementam tecnologia, praticidade e segurança aos equipamentos já existentes em uma planta industrial.

Pode-se afirmar que a partir das modificações propostas, a máquina atenderá a todos os objetivos do escopo do projeto, como: cortar de forma satisfatória a nova gaxeta desenvolvida com maior resistência a partir de uma melhoria no processo de corte e instalação de novo equipamento com maior capacidade de aplicação de esforço, mantendo grande parte do sistema existente; ter um mecanismo de alimentação automática do material a ser cortado, que garante um aumento de produtividade em aproximadamente três vezes em relação à máquina atual e ainda tem seu funcionamento independente após ajustes iniciais, que proporciona menos riscos de lesões por esforços repetitivos, monotonia de trabalho (enquadrando a operação à NR17 ao melhorar a ergonomia dos funcionários), além de uma grande economia financeira com horas de operação no processo atual; contar com sistemas mecânicos (enclausuramento em acrílico) e elétricos (botão de emergência, sinalizações e sensores) de segurança que assegura uma adequação à NR12, além de sinalizações luminosas para indicar etapas do funcionamento da máquina, atendendo aos requisitos da NR26; e, por fim, realizar uma análise do impacto que o processo de modernização causará nos componentes mais críticos existentes ou diretamente ligados aos novos equipamentos e garantir que são propostas válidas de implementação.

Por fim, apesar de necessitar de uma visão estratégica da empresa e análise mais minuciosa da projeção de vendas de *pads* para embasar a aquisição, o retorno sobre o investimento aplicado nesta modernização, que é de menos de dois anos e meio, é considerado um número atrativo quando se analisa apenas como um investimento, porém, a modernização também proporciona ganhos imensuráveis conforme citado anteriormente, concluindo-se que o projeto possui um grande potencial de sucesso após sua implementação.

5.2 Sugestões de melhorias para projetos futuros

A continuidade dos estudos relacionados a melhorias no processo de corte envolvendo o material aqui estudado é de extrema importância, pois, para se manter competitivo, o setor de pesquisa e desenvolvimento precisa estar em constante processo de criação de novas soluções e combinações de materiais que atendam cada vez melhor as solicitações a que o produto é submetido, com isso indica-se a pesquisa de materiais ou ligas mais resistentes e que realizem o corte com mais precisão durante um período maior de tempo de trabalho ou até alternativas viáveis operacional e financeiramente para a confecção dos *pads*.

Uma outra questão relacionada ao corte também pode ser identificada durante o desenvolvimento do projeto, a saber, a possibilidade do desenvolvimento de mais pontos de corte durante o processo, o que aumentaria a produtividade da máquina de maneira proporcional ao número de novos pontos.

Propõe-se realizar, em conjunto, um estudo acerca das sobras de gaxetas, pois ao final da operação da máquina aqui desenvolvida, uma pequena quantidade de material aproveitável precisa ser retirada manualmente e tem sua utilização inviabilizada no processo automático, gerando perdas, mesmo que em baixa escala, para a produção.

Sugere-se, também, uma otimização da alimentação de gaxetas na máquina, onde não haja a necessidade de abertura de portas pelo operador e a entrega da gaxeta a ser cortada seja feita por um pequeno espaço de uma máquina totalmente fechada, evitando ainda mais o risco de acidentes durante a operação ou até mesmo alguma solução móvel que possua possibilidade de acoplamento direto na saída da máquina Tricotadeira, que produz a gaxeta.

Por fim, com o intuito de aumentar a produtividade da máquina, recomenda-se desenvolver um mecanismo que possibilite a entrada de duas ou mais gaxetas no sistema de alimentação, que seriam cortadas simultaneamente.

Capítulo 6

6. Referências Bibliográficas

- [1] DCI, 2019. Disponível em <<https://www.dci.com.br/impreso/brasil-recua-em-ranking-de-produc-o-global-1.787396>>. Acesso em 29 set. 2019.
- [2] COELHO, P. M. N. Rumo à Indústria 4.0. Universidade de Coimbra, 2016. Disponível em: <<https://estudogeral.uc.pt/bitstream/10316/36992/1/Tese%20Pedro%20Coelho%20Rumo%20%C3%A0%20Industria%204.0.pdf>> Acesso em: 29 set. 2019.
- [3] ARBIX, Glauco; SALERNO, Mario; ZANCUL, Eduardo; AMARAL, Guilherme; LINS, Leonardo. O BRASIL E A NOVA ONDA DE MANUFATURA AVANÇADA: O que aprender com Alemanha, China e Estados Unidos. Novos estud. CEBRAP, São Paulo, v. 36, n. 3, p. 29-49, Nov. 2017. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0101-33002017000300029&lng=en&nrm=iso>. Acesso em: 29 set. 2019.
- [4] OLIVEIRA, F. T. de; SIMÕES, W. L. A indústria 4.0 e a produção no contexto dos estudantes da engenharia. In: Simpósio de Engenharia de Produção, 2017, Goiás. Disponível em: <https://sienpro.catalao.ufg.br/up/1012/o/Fernanda_Tha%C3%ADs_de_Oliveira.pdf> Acesso em: 29 set. 2019.
- [5] SAKURAI, R.; ZUCHI, J. D. AS REVOLUÇÕES INDUSTRIAIS ATÉ A INDÚSTRIA 4.0. Revista Interface Tecnológica, v. 15, n. 2, p. 480-491, 2018. Disponível em: <<https://revista.fatectq.edu.br/index.php/interfacetecnologica/article/view/386>>. Acesso em: 29 set. 2019.
- [6] KUPFER, D. Indústria 4.0 Brasil. Instituto de Economia da Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2016. Disponível em: <http://www.ie.ufrj.br/intranet/ie/userintranet/ienamidia/arquivo/080820165505_080816_Industria_4.0_Brasil.pdf> Acesso em: 29 set. 2019.
- [7] TECHMACHINE. Disponível em: <<http://www.tecmachine.ind.br/retrofitting.php>> Acesso em 30 set. 2019
- [8] CIMM, 2010. Disponível em: <https://www.cimm.com.br/portal/noticia/exibir_noticia/6817-a-gaxeta-e-a-importancia-da-vedacao-industrial> Acesso em 13 out. 2019.
- [9] INTERSEALS. Disponível em: <<http://interseals.com.br/gaxetas>> Acesso em 13 de out. 2019.

- [10] CIMM, 2010. Disponível em: <https://www.cimm.com.br/portal/noticia/exibir_noticia/6817-a-gaxeta-e-a-importancia-da-vedacao-industrial> Acesso em 13 out. 2019.
- [11] TEADIT, 2018. Disponível em: <<https://www.teadit.com/br/categoria/gaxetas>> Acesso em 20 out. 2019.
- [12] EURODRAW, 2019. Disponível em: <<http://gcreurodraw.com/galvanized-wire-wipe-systems>> Acesso em 30 out. 2019.
- [13] QED WIRE LINES. Disponível em: <<http://www.qedwire.com/wiping-systems/vertical-pad-wiping/>> Acesso em 05 nov. 2019.
- [14] TKT GROUP. Disponível em: <<http://www.tktgroup.com/en/products/auxiliary-equipment/wiping-pads>> Acesso em 05 nov. 2019.
- [15] METALÚRGICA IDEAL, 2018. Disponível em: <<http://www.metalurgicaideal.com.br/conheca-as-funcionalidades-do-corte-nas-industrias/>> Acesso em 10 nov. 2019
- [16] CIMM, 2010. Disponível em: <https://www.cimm.com.br/portal/material_didatico/4805-materiais-para-ferramentas-de-corte#.Xe5fwuhKiUl> Acesso em 05 nov. 2019.
- [17] CIMM, 2010. Disponível em: <https://www.cimm.com.br/portal/material_didatico/4806#.Xe5f1OhKiUn> Acesso em 05 nov. 2019.
- [18] MARINHO, Gustavo, 2019. Disponível em: <<https://hidraulicaepneumatica.com/aplicacoes-da-pneumatica-industrial-para-a-industria-do-oleo-e-gas/>> Acesso em 15 nov. 2019.
- [19] MASTER, Tecnologia Industrial. Disponível em: <<https://www.mtibrasil.com.br/artigos/porque-usar-pneumatica-na-automacao-industrial.php>> Acesso em 15 nov. 2019.
- [20] MiCRO Automação Catálogo de Equipamentos 2018-2019. Disponível em: <<http://www.microautomacao.com.br/loja/pneumatica.html>> Acesso em 05 fev. 2020.
- [21] PARKER TRAINING, Tecnologia eletropneumática industrial, 2001. Disponível em: <http://www.eterfs.com.br/material/mecanica/Apostila_Eletropneumatica_Parker.pdf> Acesso em 02 abr. 2020.
- [22] SENAI-SP, 2006. Disponível em: <https://edisciplinas.usp.br/pluginfile.php/4232909/mod_resource/content/0/Metodos%20de%20programacao%20em%20CLP.pdf> Acesso em 02 abr. 2020.

- [23] VIEWTECH, automação industrial. Disponível em: <<https://www.viewtech.ind.br/controlador-logico-clp-clic-clw-02-12hr-d-3rd-24vcc-weg>> Acesso em 02 abr. 2020.
- [24] TECHMACHINE. Disponível em: <<http://www.tecmachine.ind.br/retrofitting.php>> Acesso em 20 nov. 2019.
- [25] MANUTEC, 2014. Disponível em: <<http://www.tecmachine.ind.br/retrofitting.php>> Acesso em 20 nov. 2019.
- [26] SAFE, 2019. Disponível em: <<https://blog.safesst.com.br/16-normas-regulamentadoras-de-seguranca-do-trabalho-e-sua-importancia/>> Acesso em 25 nov. 2019.
- [27] BETA EDUCAÇÃO, 2017. Disponível em: <<https://betaeducacao.com.br/normas-regulamentadoras-nrs-o-que-e/>> Acesso em 25 nov. 2019.
- [28] GOVERNO DO BRASIL. Disponível em: <<http://trabalho.gov.br/images/Documentos/SST/NR/NR10.pdf>> Acesso em 19 fev. 2020.
- [29] BRASETUBOS, 20??. Disponível em: <<http://www.brastetubos.com.br/tubo-schedule.php>> Acesso em 05 abr. 2020.
- [30] FOX, Robert; MCDONALD, Alan; PRITCHARD, Philip. Introdução à mecânica dos fluidos, 8ª edição, 2014. Capítulo 6, p. 317 – 318.
- [31] SERRAMETAL, 2020. Disponível em <<https://serrametal.com.br/aco-m2/>> Acesso em 18 abr. 2020.
- [32] PROVENZA, F. Estampos I, II, III, vol. 1, 2, 3 Editora F. Provenza 1976.
- [33] BoFF, u.; sChAeFFer, l.: Fundamentos do projeto de ferramentas para o processo de corte. Corte e Conformação, n. 78, p. 39-44, 2011.
- [34] LOCADORA EQUILOC, 2020. Disponível em: <<https://locadoraequiloc.com.br/blog/nr12/>> Acesso em 10 nov. 2020.
- [35] SALÁRIO, 2020. Disponível em: <<https://www.salario.com.br/profissao/operador-de-maquinas-fixas-cbo-862150/rio-de-janeiro-rj/#:~:text=O%20valor%20do%20pis%C3%B3%20salarial,de%2043%20horas%20por%20semana.>> Acesso em 12 nov. 2020.
- [36] SOUZA, André; FIRPO, Sérgio; PONCZEK, Vladimir; ZYLBERSTAJN, Eduardo; RIBEIRO, Felipe. FGV, Centro de Microeconomia Aplicada, Custo do Trabalho no Brasil,

2012. Disponível em:
<[https://cmicro.fgv.br/sites/cmicro.fgv.br/files/file/Custo%20do%20Trabalho%20no%20Brasil%20-%20Relat%C3%B3rio%20Final\(1\).pdf](https://cmicro.fgv.br/sites/cmicro.fgv.br/files/file/Custo%20do%20Trabalho%20no%20Brasil%20-%20Relat%C3%B3rio%20Final(1).pdf)> Acesso em 12 nov. 2020.

[37] CATÁLOGO SKF, 2015. Disponível em:
<https://www.skf.com/binaries/pub45/Images/0901d19680416a2b-10000_2-PT-BR---Rolling-bearings_tcm_45-121486.pdf> Acesso em 01 nov. 2020.

[38] HALLIDAY, David; RESNICK Robert; WALKER, Jearl. Fundamentos de física volume 1, tradução Ronaldo Sérgio de Biasi. - 10. ed. - Rio de Janeiro: LTC, 2016.

APÊNDICE A: Detalhamento dos novos itens utilizados para orçamentos

Desenho 1 – Mancal bipartido estrutura carretel

DE ACORDO COM O PROJETO DESENVOLVIDO EM COLABORAÇÃO COM O DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA DE MÁQUINAS E MECÂNICA DE VEÍCULOS DA UNICAMP. NÃO SE RESPONSABILIZA POR ERROS DE CÁLCULO OU DESENO. NÃO SE RESPONSABILIZA POR ERROS DE CÁLCULO OU DESENO. NÃO SE RESPONSABILIZA POR ERROS DE CÁLCULO OU DESENO.

*** FABRICAR 02 CONJUNTOS**
*** ACAB.: BICROMATIZADO**

ITEM	DESCRIÇÃO	QUANT.	MATERIAL
1	MANCAL BI PARTIDO	1	VER DESENHO 1/1
2	TAMPA DO MANCAL	1	VER DESENHO 1/2
3	PINO ROSCADO	1	VER DESENHO 1/3
4	PINO	2	VER DESENHO 1/4
5	BUCHA DE BRONZE	2	VER DESENHO 1/5
6	ANEL ELÁSTICO	4	P/ EIXO Ø 10
7	PARAF ALLEN C/ CABEÇA	6	Ø1/8" W X 1/2"
8	PORCA	1	VER DESENHO 1/6

ALIND: GABRIEL ARAÚJO DE SOUZA
 PROJ: LEYDIVAN DE SOUZA XAVIER
 DATA: 01/11/2020
 VISTO:

CEFET/RJ

SAVÃO ESPECIALIZAÇÃO CONTÁBIL
 DIMENSÕES EM MILÍMETROS
 TOLERÂNCIAS: ANGULO=±30°
 GEOM=±0,2

ESC: 1:1 TÍTULO: MANCAL BIPARTIDO ESTRUTURA CARRETEL	TURMA: - NÚMERO DO DESENHO: 1	NÚMERO: - FOLHA Nº: 01
---	----------------------------------	---------------------------

1/1 Mancal bipartido

SE REQUISER TOLERÂNCIAS SÃO DE NÍVEL INDUSTRIAL. SÃO REQUISER AS COTAS, ANOTAÇÕES OU REQUISITOS TÉCNICOS DO PROJETO, SEM PREVISÃO DE COTAÇÃO E EXECUÇÃO, NÃO DE ACORDO COM O NÍVEL DE EXATidão E ACABAMENTO INDICADO.

Top view dimensions: 180 (total length), 160 (inner length), 135 (inner length to hole center), 50 (width), 43 (total width), 10 (hole offset), 15 (hole offset), 15 (hole offset), 18.5 (hole offset), $\phi 11$ (hole diameter), $\phi 10$ (hole diameter), $\phi 52.5$ (outer diameter), R22.5 (fillet radius).

Side view dimensions: 45 (height), 15 (height).

CORTE "AA" (Cross-section AA).

3D exploded view showing two parts labeled 1 and 2.

*** FABRICAR 01 PEÇA.**
*** ACAB.: BICROMATIZADO**

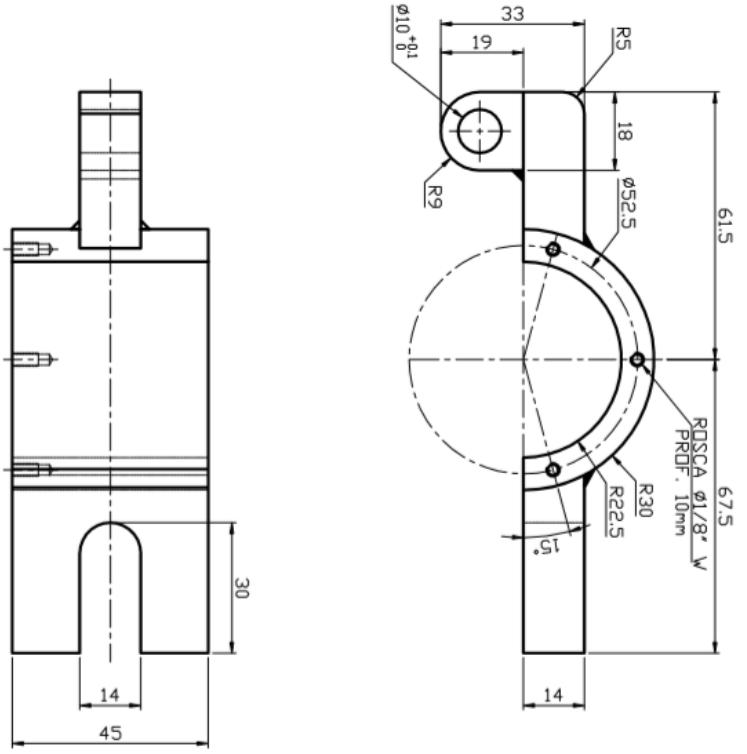
2	CHAPA	2	AÇO SAE 1020 - 5/8" X 40 X140
1	CHAPA	1	AÇO SAE 1020 - 3/8" X 55 X 185

SALVO ESPECIFICAÇÃO CONTRÁRIA
DIMENSÕES EM MILÍMETROS
TOLERÂNCIAS: GERAL: $\pm 0,2$ ANGULO: $\pm 130'$

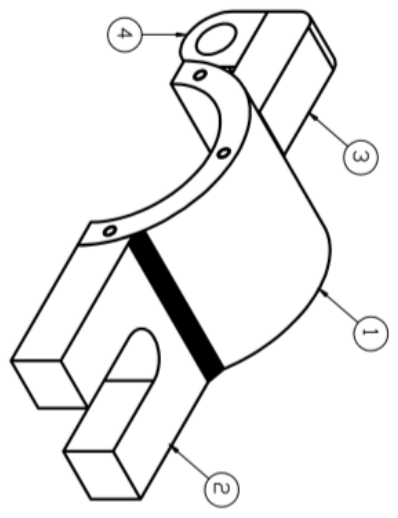
ITEM	DESCRIÇÃO	QUANT.	MATERIAL
ALINDO	GABRIEL APOLDO DE SOUZA		
PROF	LEYBERVAN DE SOUZA XAVIER		
DATA	01/11/2020	VISTO	
ESC.	TÍTULO		
1:1	MANCAL BIPARTIDO		
		TUBA	NÚMERO
		-	-
		NÚMERO DO DESenho	FOLHA Nº
		1/1	01

1/2 Tampa do mancal

OS DIMENSÕES E DETALHES SÃO DE NÓSSA PROPRIEDADE. SÃO DE USO INTERNO. NÃO REPRODUZIR, COPIAR, REPRODUZIR, REIMPRIMIR, TRANSMITIR, NEM PRESTAR SERVIÇOS DE TERCEIROS, SALVO COM NÓSSA AUTORIZAÇÃO DE ACORDO COM A LEGISLAÇÃO BRASILEIRA.



* FABRICAR 01 PEÇA.
* ACAB.: BICROMATIZADO

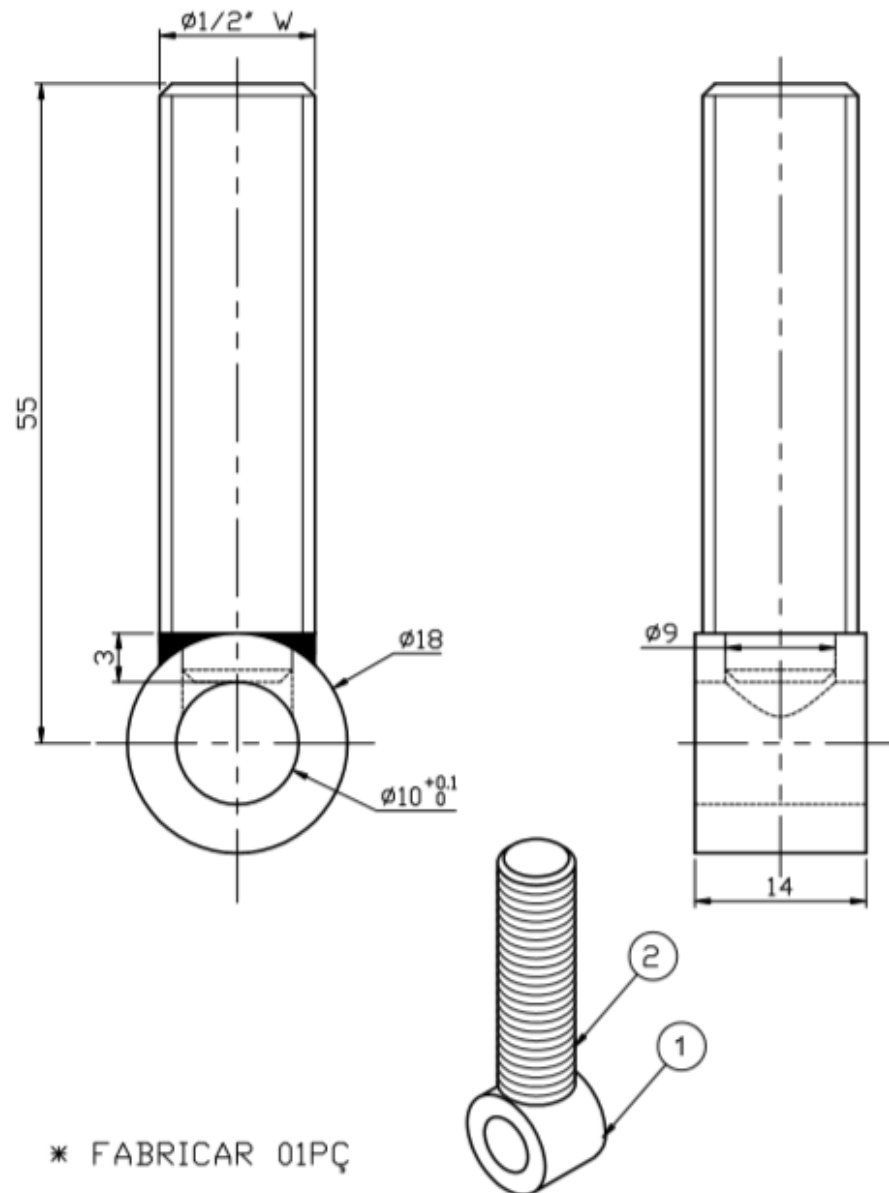



SALVO ESPECIFICAÇÃO CONTRÁRIA	ANGULO=45º
DIMENSÕES EM MILÍMETROS	
TOLERÂNCIAS:	
GERAL: ± 0,2	

4	CHAPA	1	AÇO SAE 1020				
3	CHAPA	1	AÇO SAE 1020				
2	CHAPA	1	AÇO SAE 1020				
1	BARRA REDONDA	1	AÇO SAE 1020 - Ø2 1/2" X 50				
ITEM		DESCRIÇÃO	QUANT.	MATERIAL			
ALIND		GABRIEL ABALDO DE SOUZA					
PROF.		LETICIANE DE SOUZA XAVIER					
DATA		01/11/2020	VISTO				
ESC.		1:1	TÍTULO		TUBINA	NÚMERO	FOLHA Nº
			TAMPA DO MANCAL		-	-	01
					NÚMERO DO DESENHO		
					1/2		

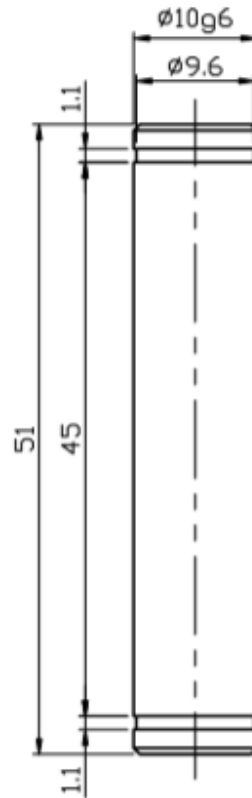


1/3 Pino roscado





2	BARRA ROSCADA	1	AÇO SAE 1020 - $\frac{1}{2}$ " W X 20		
1	BARRA REDONDA	1	AÇO SAE 1020 - $\frac{3}{4}$ " X 20		
ALUNO	GABRIEL ARAUJO DE SOUZA		 CEFET/RJ		
PROF	LEYDERVAN DE SOUZA XAVIER				
DATA	01/11/2020	VISTO			
ESC.	TÍTULO		TURMA	NÚMERO	FOLHA Nº
2:1	PINO ROSCADO		-	-	01
			NÚMERO DO DESENHO		
			1/3		

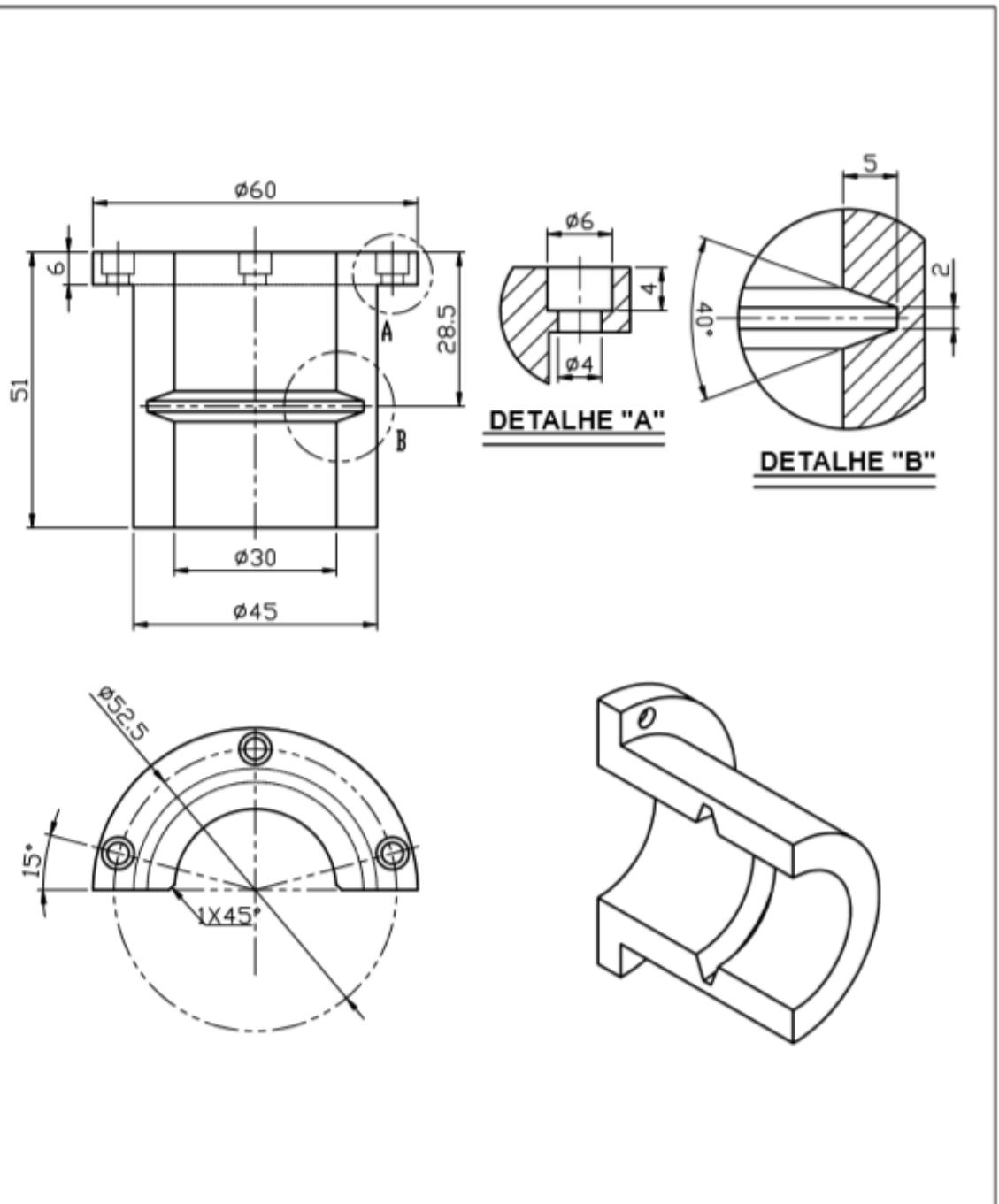
1/4 Pino



* ACAB.: BICROMATIZADO

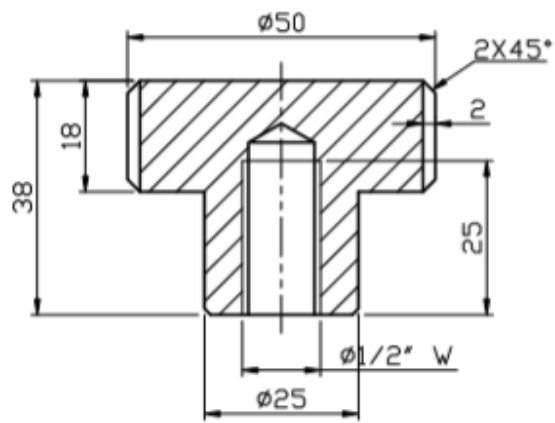
1	BARRA REDONDA	1	AÇO SAE 1020 - Ø1/2" X 55	
ALUNO	GABRIEL ARAUJO DE SOUZA		 CEFET/RJ	
PROF	LEYDERVAN DE SOUZA XAVIER			
DATA	01/11/2020	VISTO		
ESC.	TÍTULO	TURMA	NÚMERO	FOLHA Nº
2:1	PINO	-	-	01
		NÚMERO DO DESENHO		
		1/4		

1/5 Bucha de bronze bipartida

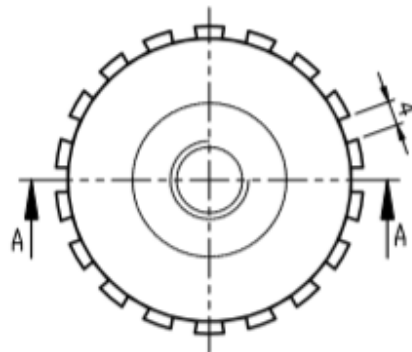
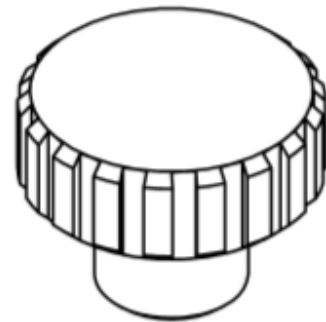


1	BARRA REDONDA	2	BRONZE SAE 64 - ϕ 2 1/2" X 56		
ALUNO	GABRIEL ARAUJO DE SOUZA		 CEFET/RJ		
PROF	LEYDERVAN DE SOUZA XAVIER				
DATA	01/11/2020	VISTO			
ESC.	TÍTULO		TURMA	NÚMERO	FOLHA Nº
1:1	BUCHA BIPARTIDA		-	-	01
			NÚMERO DO DESENHO		
			1/5		



1/6 Porca



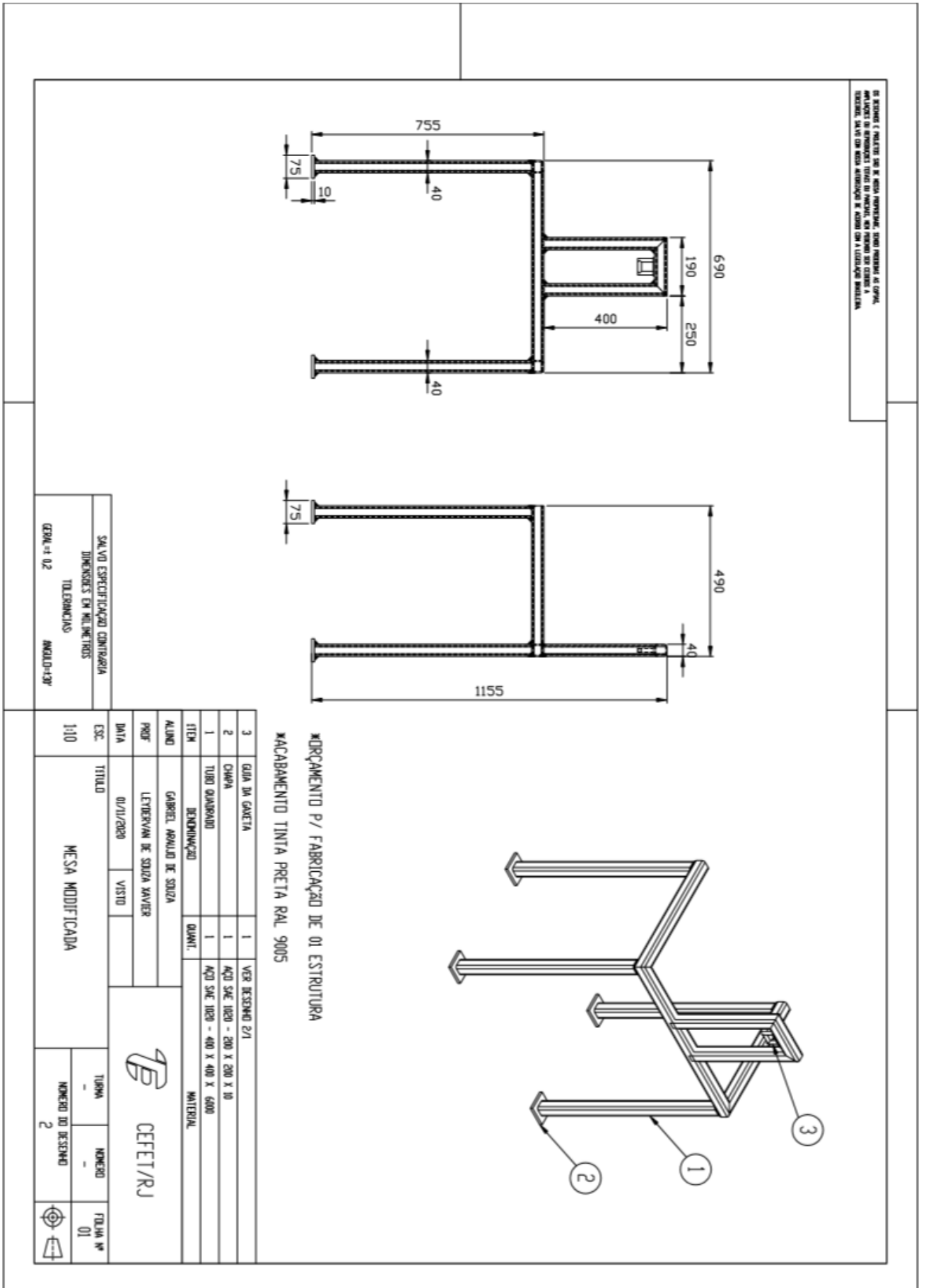
CORTE "AA"



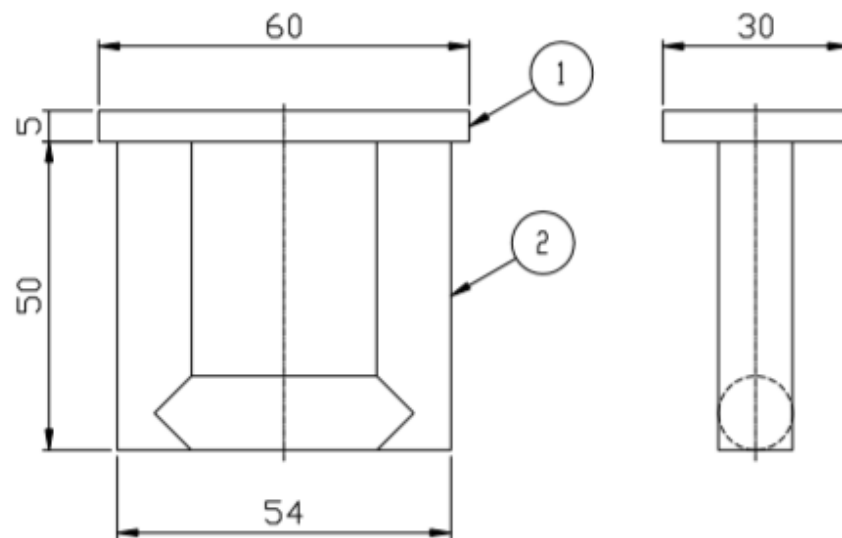
* ACAB.: BICROMATIZADO



1	BARRA REDONDA	1	AÇO SAE 1020 - ø2" X 45	
ALUNO	GABRIEL ARAUJO DE SOUZA		 CEFET/RJ	
PROF	LEYDERVAN DE SOUZA XAVIER			
DATA	01/11/2020	VISTO		
ESC.	TÍTULO	TURMA	NÚMERO	FOLHA Nº
1:1	PORCA	-	-	01
		NÚMERO DO DESENHO		
		1/6		

Desenho 2 – Estrutura carretel

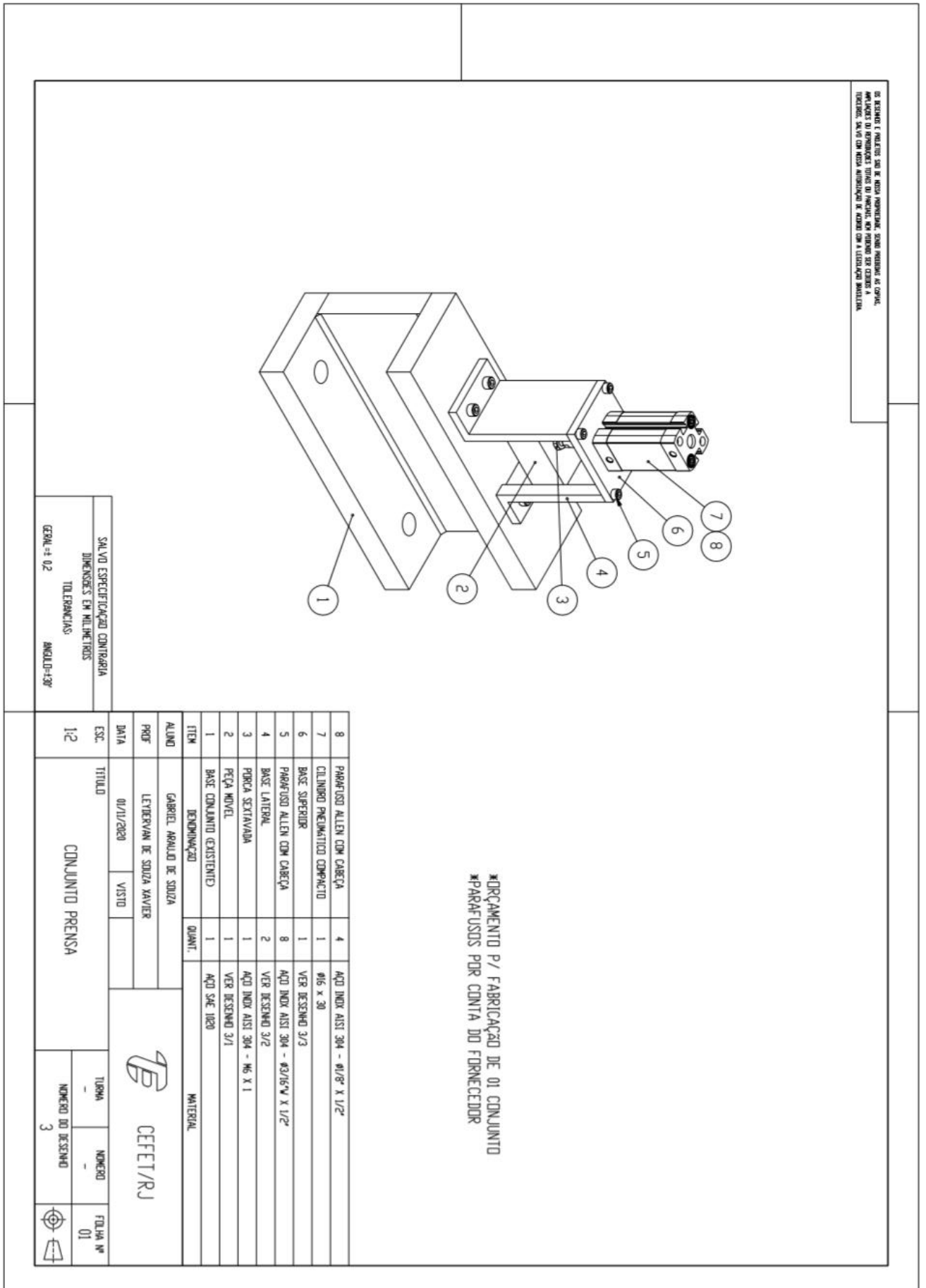


2/1 Guia carretel

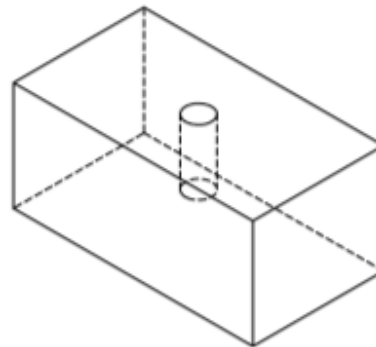
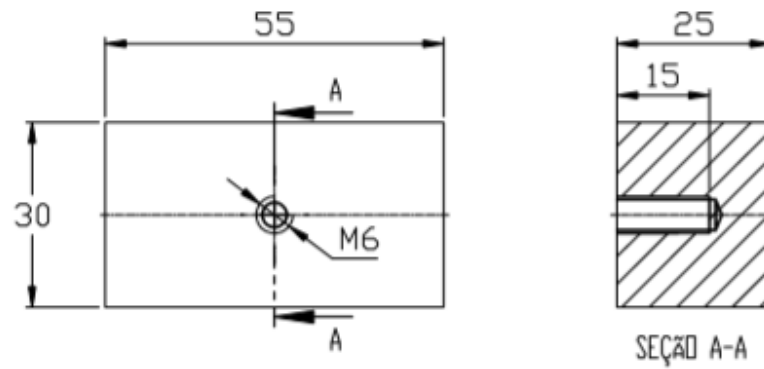


2	BARRA REDONDA	1	AÇO INOX AISI 304 - $\phi 1/2"$ X 200	
1	CHAPA	1	AÇO INOX AISI 304 - 70 X 40 X 8	
ALUNO	GABRIEL ARAUJO DE SOUZA		 CEFET/RJ	
PROF	LEYDERVAN DE SOUZA XAVIER			
DATA	01/11/2020	VISTO		
ESC.	TÍTULO	TURMA	NÚMERO	FOLHA Nº
1:1	GUIA CARRETEL	-	-	01
		NÚMERO DO DESENHO		
		2/1		



Desenho 3 – Conjunto prensa



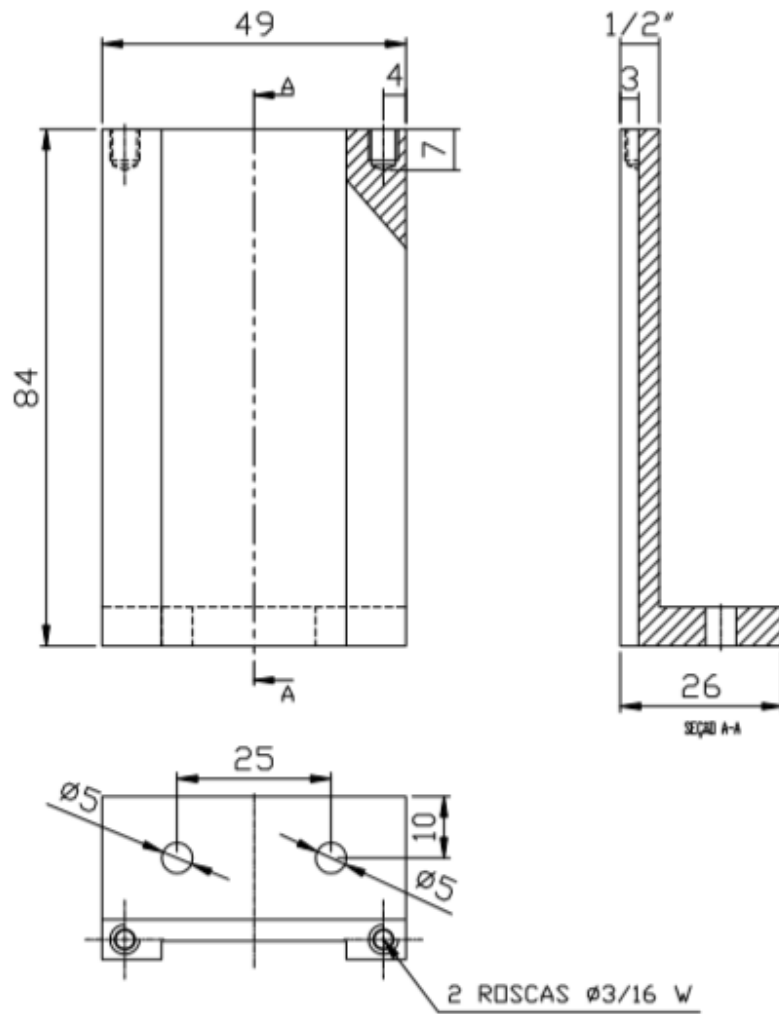
3/1 Peça móvel





VISTA ISOMÉTRICA

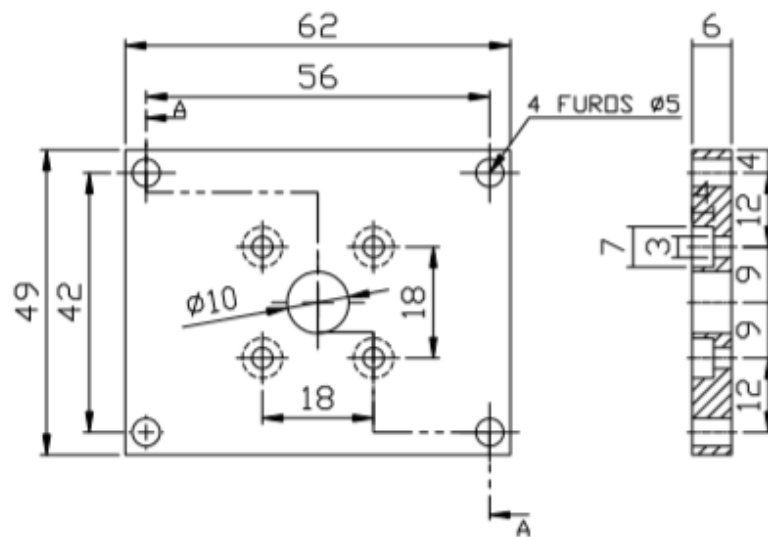
1	BARRA RETANGULAR	1	ACETAL - Ø3/4" X 20	
ALUNO	GABRIEL ARAUJO DE SOUZA		 CEFET/RJ	
PROF	LEYDERVAN DE SOUZA XAVIER			
DATA	01/11/2020	VISTO		
ESC.	TÍTULO	TURMA	NÚMERO	FOLHA Nº
1:1	PEÇA MÓVEL	-	-	01
		NÚMERO DO DESENHO		
		3/1		



3/2 Base Lateral



1	CANTONEIRA	1	AÇO SAE 1020 - 1/2" X 100		
ALUNO	GABRIEL ARAUJO DE SOUZA		 CEFET/RJ		
PROF	LEYDERVAN DE SOUZA XAVIER				
DATA	01/11/2020	VISTO			
ESC.	TÍTULO		TURMA	NÚMERO	FOLHA Nº
1:1	BASE LATERAL		-	-	01
			NÚMERO DO DESENHO		
			3/2		

3/3 Base superior



1	CANTONEIRA	1	ACETAL - 200 X 1/2"		
ALUNO	GABRIEL ARAUJO DE SOUZA		 CEFET/RJ		
PROF	LEYDERVAN DE SOUZA XAVIER				
DATA	01/11/2020	VISTO			
ESC.	TÍTULO		TURMA	NÚMERO	FOLHA Nº
1:1	BASE SUPERIOR		-	-	01
			NÚMERO DO DESENHO		
			3/3		

Desenho 4 – Conjunto carro/pegador

OS RECURSOS E MATERIAIS SÃO DE NÚMERO NUMÉRICO, SENDO NECESSÁRIO AO CONSULTAR, ANTES DE SE ENVIAREMOS TÍTULOS DE PROJETO, NÃO ENVIAR SEM COTAR A EXECUÇÃO, SALVO COM NÚMERO AUTORIZADO DE COTAR COM A CATEGORIA DE MATERIAIS.

✱MONTAGEM P/ FABRICAÇÃO DE 01 CONJUNTO
✱PARAFUSOS POR CONTA DO FORNECEDOR

ITEM	DESCRIÇÃO	QUANT.	MATERIAL
22	SUPRIRTE CANTONEIRA P/ CILINDRO	2	ACESSÓRIO DE MONTAGEM CILINDROS SEM HASTE Ø16
21	CILINDRO PNEUMÁTICO SEM HASTE	1	DIPLA AÇO Ø16 X CURSO 100
20	ROLETE CARRO	2	VER DESENHO 4/13
19	EIXO ROLETE CARRO	2	VER DESENHO 4/12
18	APÓIO BASE SUPERIOR CARRO	2	VER DESENHO 4/11
17	GARRA PNEUMÁTICA	1	PARALELA Ø16 X CURSO 6
16	PARAFUSO ALLEN COM CABEÇA	4	AÇO INOX AISI 304 - Ø1/8" X 7/16"
15	PARAFUSO ESCARAVÃO	2	AÇO INOX AISI 304 - Ø3/16" X 1/2"
14	BASE INTERIOR CARRO	1	VER DESENHO 4/10
13	BASE SUPERIOR CARRO	1	VER DESENHO 4/9
12	GARRAS	2	VER DESENHO 4/8
11	APÓIO LATERAL CARRO	4	VER DESENHO 4/7
10	ROLETE 1	2	VER DESENHO 4/6
9	BASE APÓIO ROLETE	3	VER DESENHO 4/5
8	ROLETE GUIA	1	VER DESENHO 4/4
7	LATERAL APÓIO ROLETE	6	VER DESENHO 4/3
6	ROLAMENTO ESTERAS	10	SIG 628/8 22
5	ANEL ELÁSTICO	10	PARA FURTO Ø16 - DIN 472
4	ANEL ELÁSTICO	10	PARA EIXO Ø8 - DIN 471
3	EIXO ROLETE 1	3	VER DESENHO 4/2
2	PARAFUSO ALLEN COM CABEÇA	38	AÇO INOX AISI 304 - Ø1/8" X 1/2"
1	BASE CILINDRO	1	VER DESENHO 4/1

ALUNO	GABRIEL ABALDO DE SOUZA	
PROF.	LEYDIEVAN DE SOUZA XAVIER	
DATA	12/11/2020	VISTO
ESC.	TÍTULO	

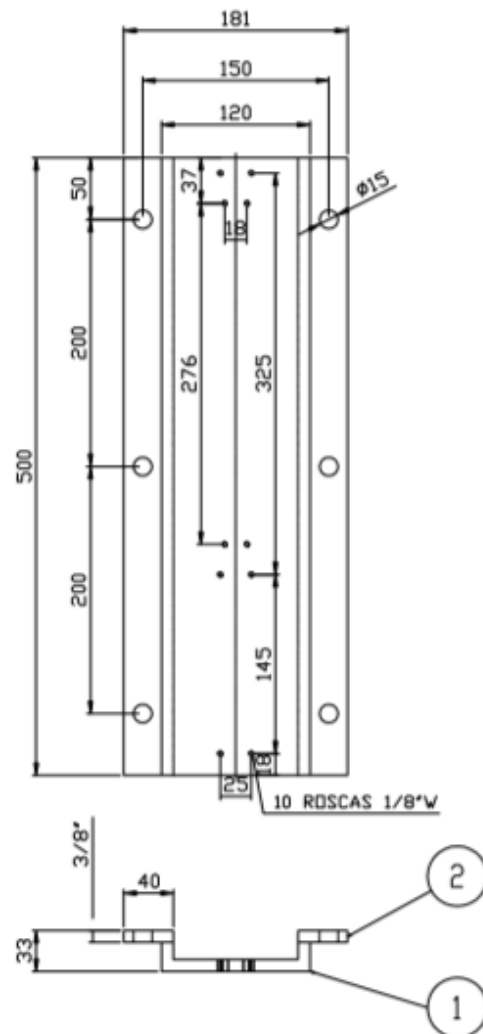
CONJUNTO CARRO/PEGADOR	
1:2	



SALVO ESPECIFICAÇÃO CONTRÁRIA
DIMENSÕES EM MILÍMETROS
TOLERÂNCIAS
CERRAL ± 0,2
ÂNGULO ± 30°

CEFET/RJ

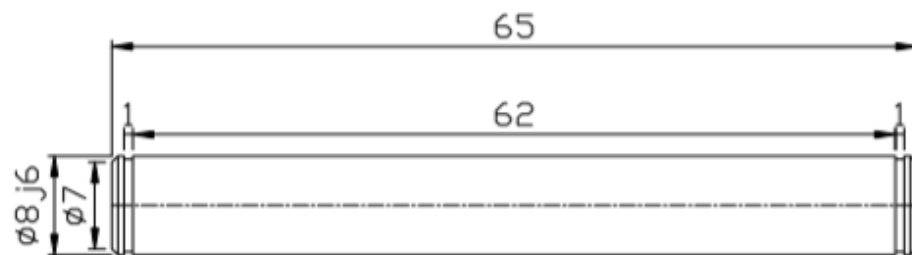
TUBINA	NÚMERO	FILHA Nº
-	-	01
NÚMERO DO DESENHO		
4		



4/1 Base conjunto



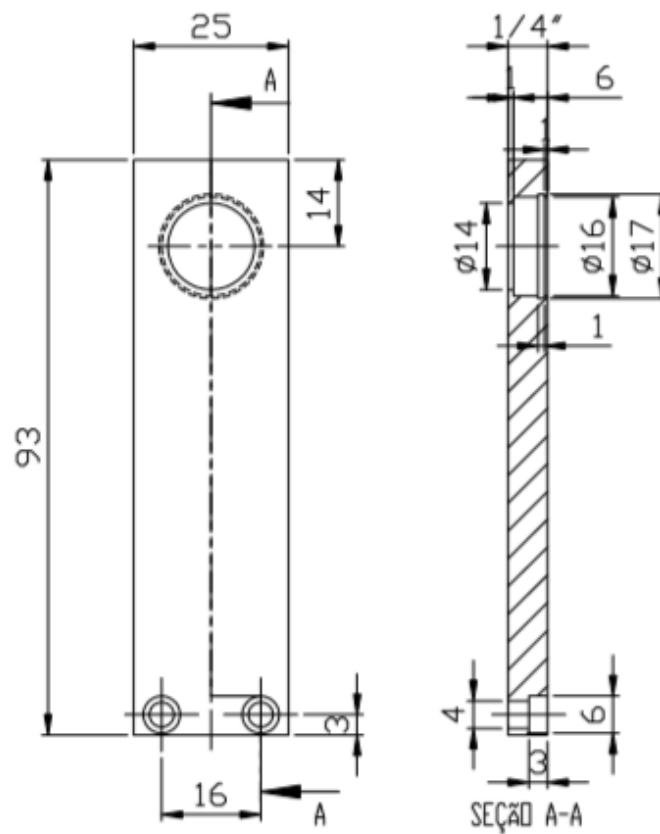
2	CHAPA	2	AÇO SAE 1020 - 100 X 500 X 3/8"	
1	BARRA PERFIL U	1	AÇO SAE 1020 - 120 X 500 X 3/8"	
ALUNO	GABRIEL ARAUJO DE SOUZA		 CEFET/RJ	
PROF	LEYDERVAN DE SOUZA XAVIER			
DATA	01/11/2020	VISTO		
ESC.	TÍTULO	TURMA	NÚMERO	FOLHA Nº
1:5	BASE CONJUNTO CARRO	-	-	01
		NÚMERO DO DESENHO		
		4/1		

4/2 Eixo rolete 1



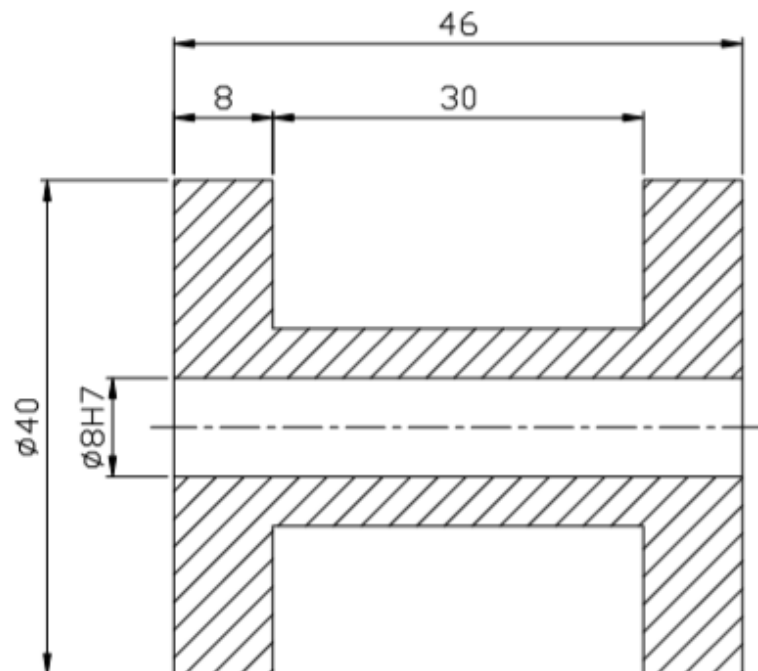
1	BARRA REDONDA	1	AÇO SAE 1020 - $\phi 10' \times 75$		
ALUNO	GABRIEL ARAUJO DE SOUZA		 CEFET/RJ		
PROF	LEYDERVAN DE SOUZA XAVIER				
DATA	12/11/2020	VISTO			
ESC.	TÍTULO	TURMA		NÚMERO	FOLHA Nº
2:1	EIXO ROLETES 1	-		-	01
			NÚMERO DO DESENHO		
			4/2		



4/3 Lateral apoio rolete



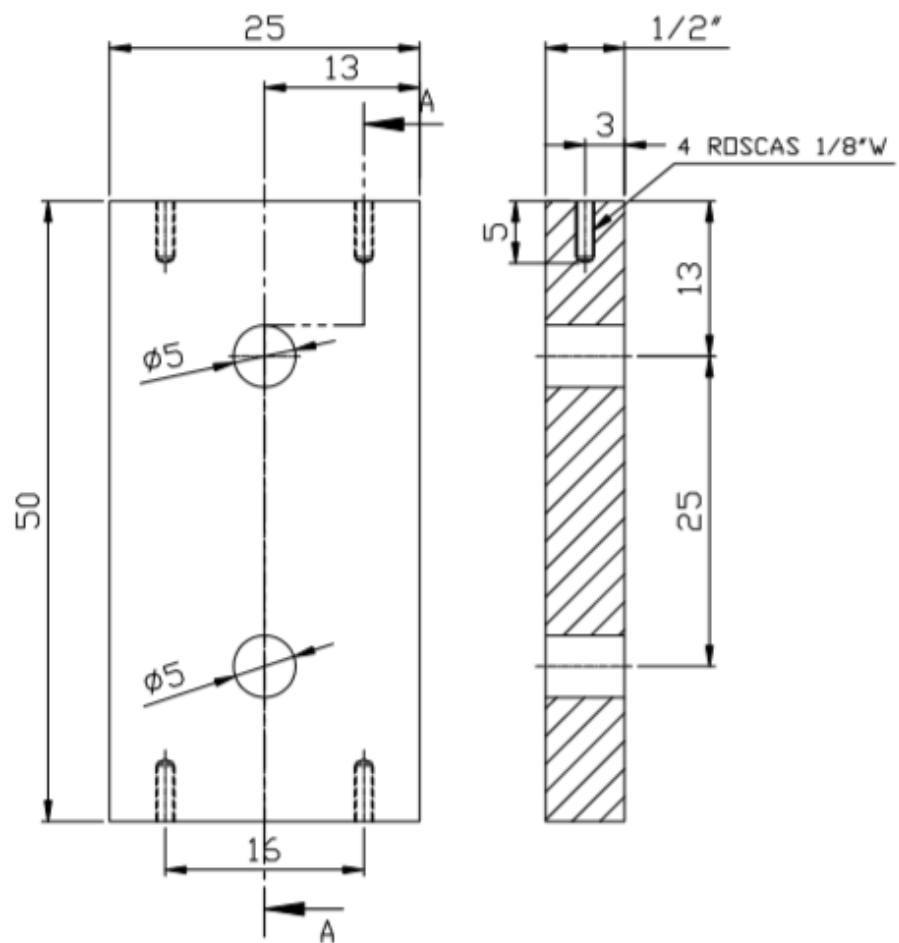
1	CHAPA	1	AÇO SAE 1020 - 50 X 100 X 5/16"
ALUNO	GABRIEL ARAUJO DE SOUZA		
PROF	LEYDERVAN DE SOUZA XAVIER		
DATA	12/11/2020	VISTO	
ESC.	TÍTULO	TURMA	NÚMERO
1:1	LATERAL APOIO ROLETE	-	-
		NÚMERO DO DESENHO	FOLHA Nº
		4/3	01



4/4 Rolete guia



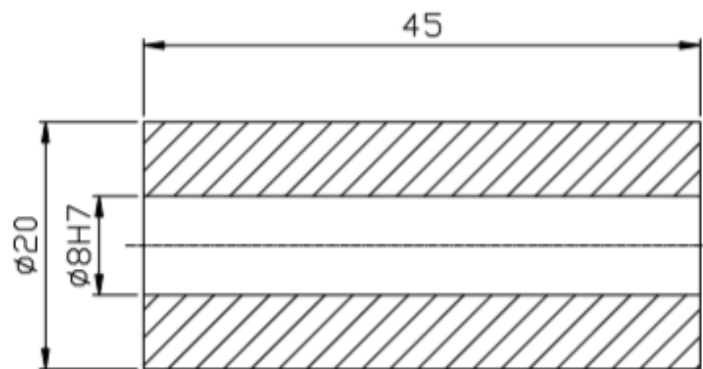
1	BARRA REDONDA	1	AÇO SAE 1020 - $\phi 50 \times 60$	 CEFET/RJ				
ALUNO	GABRIEL ARAUJO DE SOUZA							
PROF	LEYDERVAN DE SOUZA XAVIER							
DATA	12/11/2020	VISTO						
ESC.	TÍTULO			TURMA	NÚMERO	FOLHA Nº		
2:1	ROLETE GUIA			-	-	01		
				NÚMERO DO DESENHO				
				4/4				



4/5 Base apoio rolete



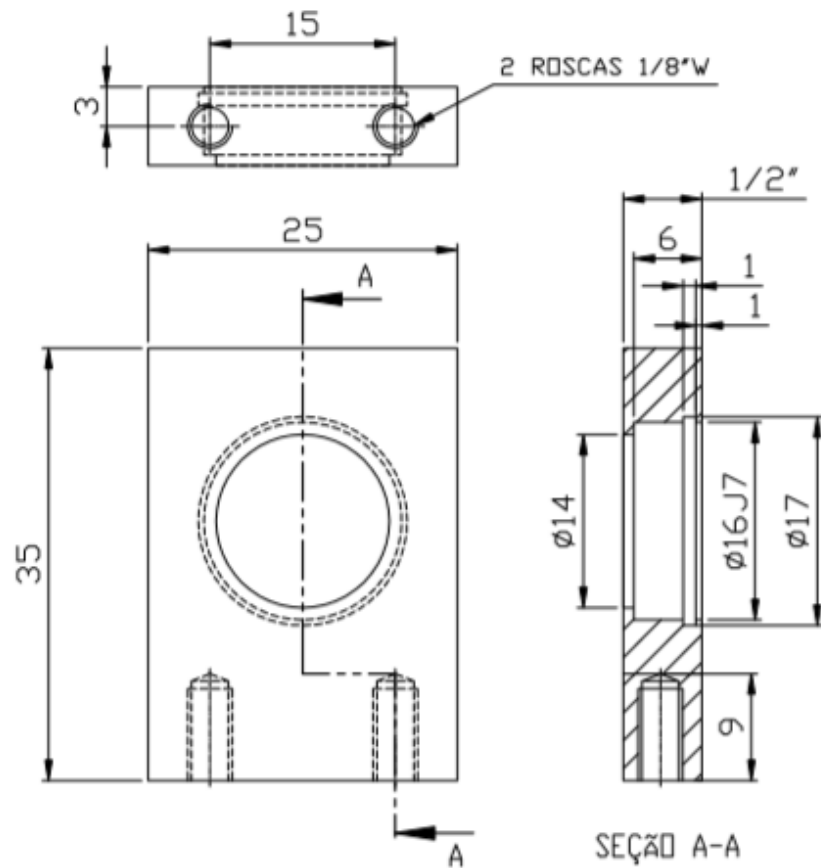
1	CHAPA	1	AÇO SAE 1020 - 60 X 40 X 5/16"	
ALUNO	GABRIEL ARAUJO DE SOUZA		 CEFET/RJ	
PROF	LEYDERVAN DE SOUZA XAVIER			
DATA	12/11/2020	VISTO		
ESC.	TÍTULO	TURMA	NÚMERO	FOLHA Nº
2:1	BASE APOIO ROLETE	-	-	01
		NÚMERO DO DESENHO		
		4/5		

4/6 Rolete 1



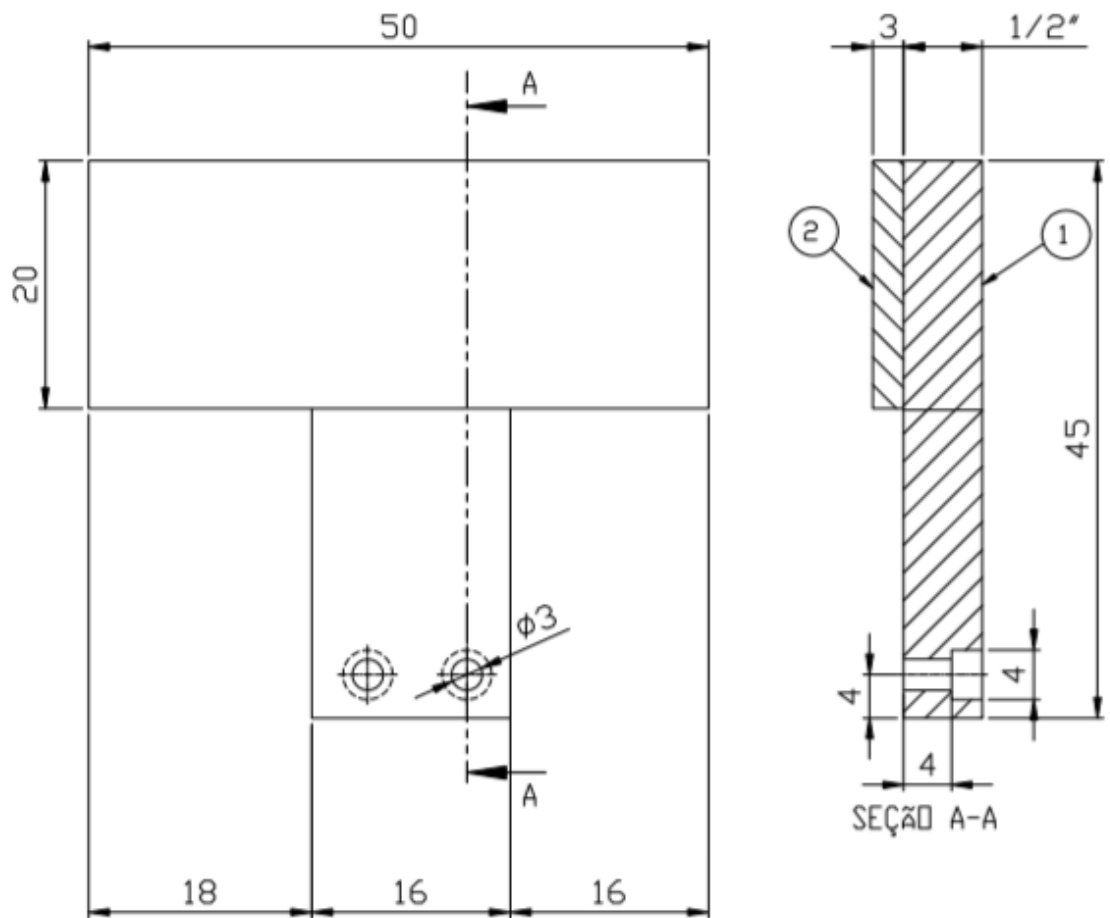
1	BARRA REDONDA	1	AÇO SAE 1020 - Ø30 X 60	
ALUNO	GABRIEL ARAUJO DE SOUZA		 CEFET/RJ	
PROF	LEYDERVAN DE SOUZA XAVIER			
DATA	12/11/2020	VISTO		
ESC.	TÍTULO	TURMA	NÚMERO	FOLHA Nº
2:1	ROLETE 1	-	-	01
		NÚMERO DO DESENHO		
		4/6		



4/7 Apoio lateral carro



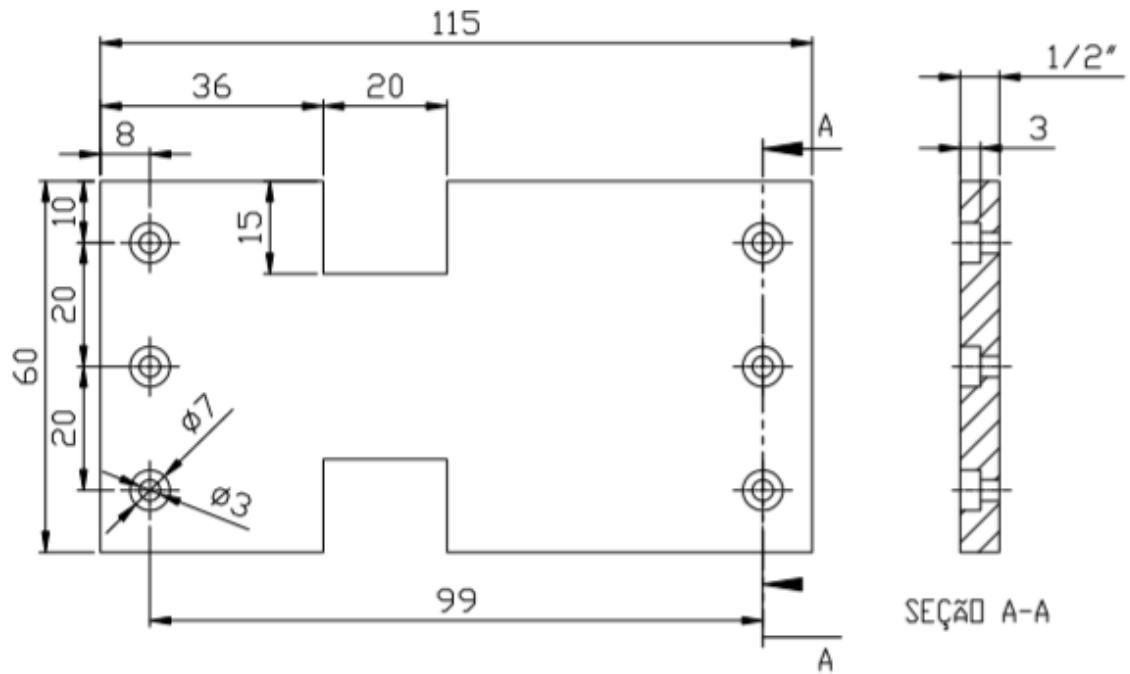
1	BARRA RETANGULAR	1	AÇO SAE 1020 - 40 X 50 X 5/16"
ALUNO	GABRIEL ARAUJO DE SOUZA		
PROF	LEYDERVAN DE SOUZA XAVIER		
DATA	12/11/2020	VISTO	
ESC.	TÍTULO	TURMA	NÚMERO
2:1	APOIO LATERAL CARRO	-	-
		NÚMERO DO DESENHO	FOLHA Nº
		4/7	01



4/8 Garra



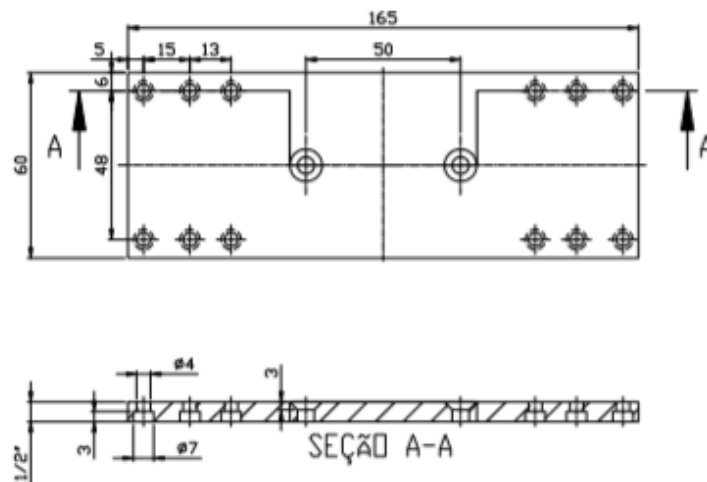
2	BARRA RETANGULAR	1	BORRACHA NITRILICA - 20 X 50 X 3	
1	BARRA RETANGULAR	1	AÇO SAE 1020 - 60 X 60 X 5/16"	
ALUNO	GABRIEL ARAUJO DE SOUZA		 CEFET/RJ	
PROF	LEYDERVAN DE SOUZA XAVIER			
DATA	12/11/2020	VISTO		
ESC.	TÍTULO	TURMA	NÚMERO	FOLHA Nº
2:1	GARRA	-	-	01
		NÚMERO DO DESENHO		
		4/8		



4/9 Base superior carro



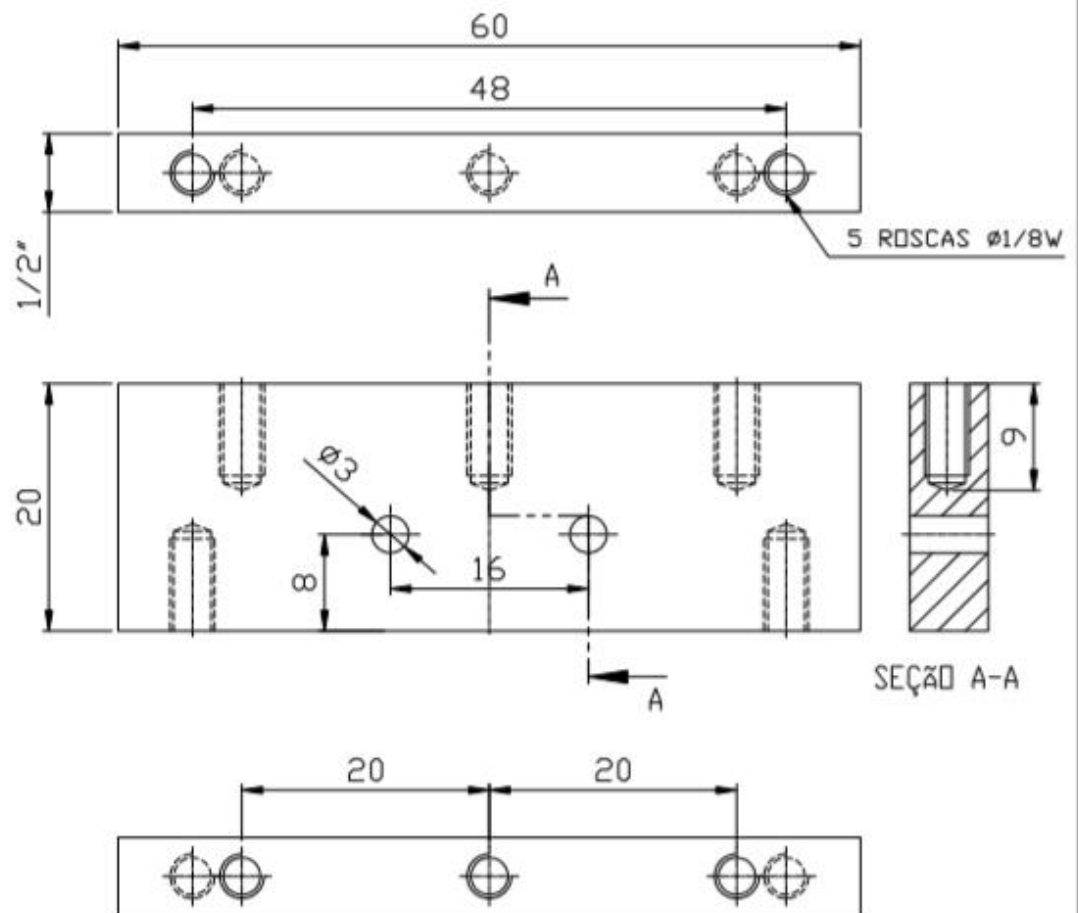
1	BARRA RETANGULAR	1	AÇO SAE 1020 - 130 X 70 X 5/16"	
ALUNO	GABRIEL ARAUJO DE SOUZA		 CEFET/RJ	
PROF	LEYDERVAN DE SOUZA XAVIER			
DATA	12/11/2020	VISTO		
ESC.	TÍTULO	TURMA	NÚMERO	FOLHA Nº
1:1	BASE SUPERIOR CARRO	-	-	01
		NÚMERO DO DESENHO		
		4/9		

4/10 Base inferior carro





1	BARRA RETANGULAR	1	AÇO SAE 1020 - 180 X 70 X 5/16"	
ALUNO	GABRIEL ARAUJO DE SOUZA		 CEFET/RJ	
PROF	LEYDERVAN DE SOUZA XAVIER			
DATA	12/11/2020	VISTO		
ESC.	TÍTULO	TURMA	NÚMERO	FOLHA Nº
1:2	BASE INFERIOR CARRO	-	-	01
		NÚMERO DO DESENHO		
		4/10		

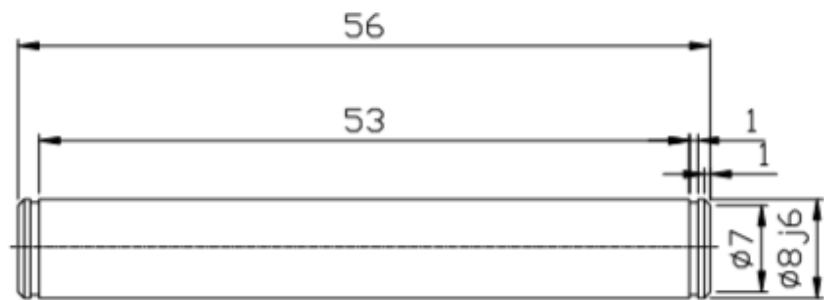
4/11 Apoio base superior carro


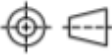


*2 PÇS - FAZER FURDS CENTRAIS APENAS EM 1

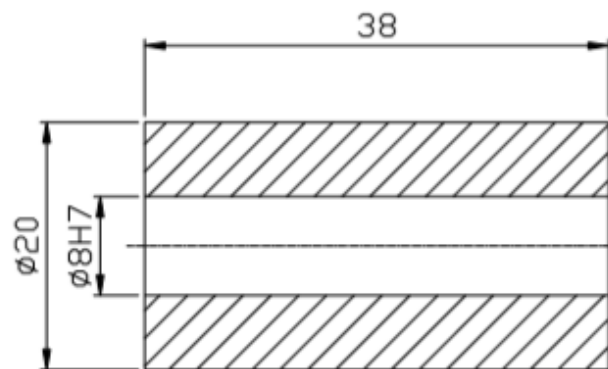
1	BARRA RETANGULAR	2	AÇO SAE 1020 - 70 X 30 X 5/16"		
ALUNO	GABRIEL ARAUJO DE SOUZA		 CEFET/RJ		
PROF	LEYDERVAN DE SOUZA XAVIER				
DATA	12/11/2020	VISTO			
ESC.	TÍTULO		TURMA	NÚMERO	FOLHA Nº
2:1	APOIO BASE SUPERIOR CARRO		-	-	01
			NÚMERO DO DESENHO		
			4/11		



4/12 Eixo rolete carro



1	BARRA REDONDA	1	AÇO SAE 1020 - Ø10 X 65	
ALUNO	GABRIEL ARAUJO DE SOUZA		 CEFET/RJ	
PROF	LEYDERVAN DE SOUZA XAVIER			
DATA	12/11/2020	VISTO		
ESC.	TÍTULO	TURMA	NÚMERO	FOLHA Nº
2:1	EIXO ROLETE CARRO	-	-	01
		NÚMERO DO DESENHO		
		4/12		

4/13 Rolete carro



1	BARRA REDONDA	1	AÇO SAE 1020 - $\varnothing 30 \times 50$	 CEFET/RJ				
ALUNO	GABRIEL ARAUJO DE SOUZA							
PROF	LEYDERVAN DE SOUZA XAVIER							
DATA	12/11/2020	VISTO						
ESC.	TÍTULO			TURMA	NÚMERO	FOLHA Nº		
2:1	ROLETE CARRO			-	-	01		
				NÚMERO DO DESENHO				
				4/13				

Desenho 5 – Mesa modificada

OS DESENHOS E PROJETO SÃO DE MESMA PROPRIEDADE, COMO INSTRUMENTO DE CREDITO, ANEXADOS AO PROPOSTA DE TRABAHO DE PROJETO, SEM PREZO POR COTAR E TORNAR, SALVO COM INTERVENCAO DE MESMO COM A LEGISLACAO APLICAVEL.

***ORÇAMENTO P/ INCLUSÃO DOS COMPONENTES EM MESA EXISTENTE SINALIZADOS EM VERMELHO NA VISTA ISOMÉTRICA**

***ACABAMENTO TINTA PRETA RAL 9005**

ITEM	DESCRIÇÃO	QUANT.	MATERIAL
1	CHAPA QUADRADO (NOVO)	1	AÇO SAE 1020 - 500 X 500 X 5
2	TUBO QUADRADO (NOVO)	1	AÇO SAE 1020 - 500 X 500 X 2000
3	CHAPA (EXISTENTE)	1	AÇO SAE 1020 - 1500 X 600 X 10

SALVO ESPECIFICAÇÃO CONTRÁRIA
DIMENSÕES EM MILÍMETROS
TOLERÂNCIAS
ANGULO=±30°
COTAR=± 0,2

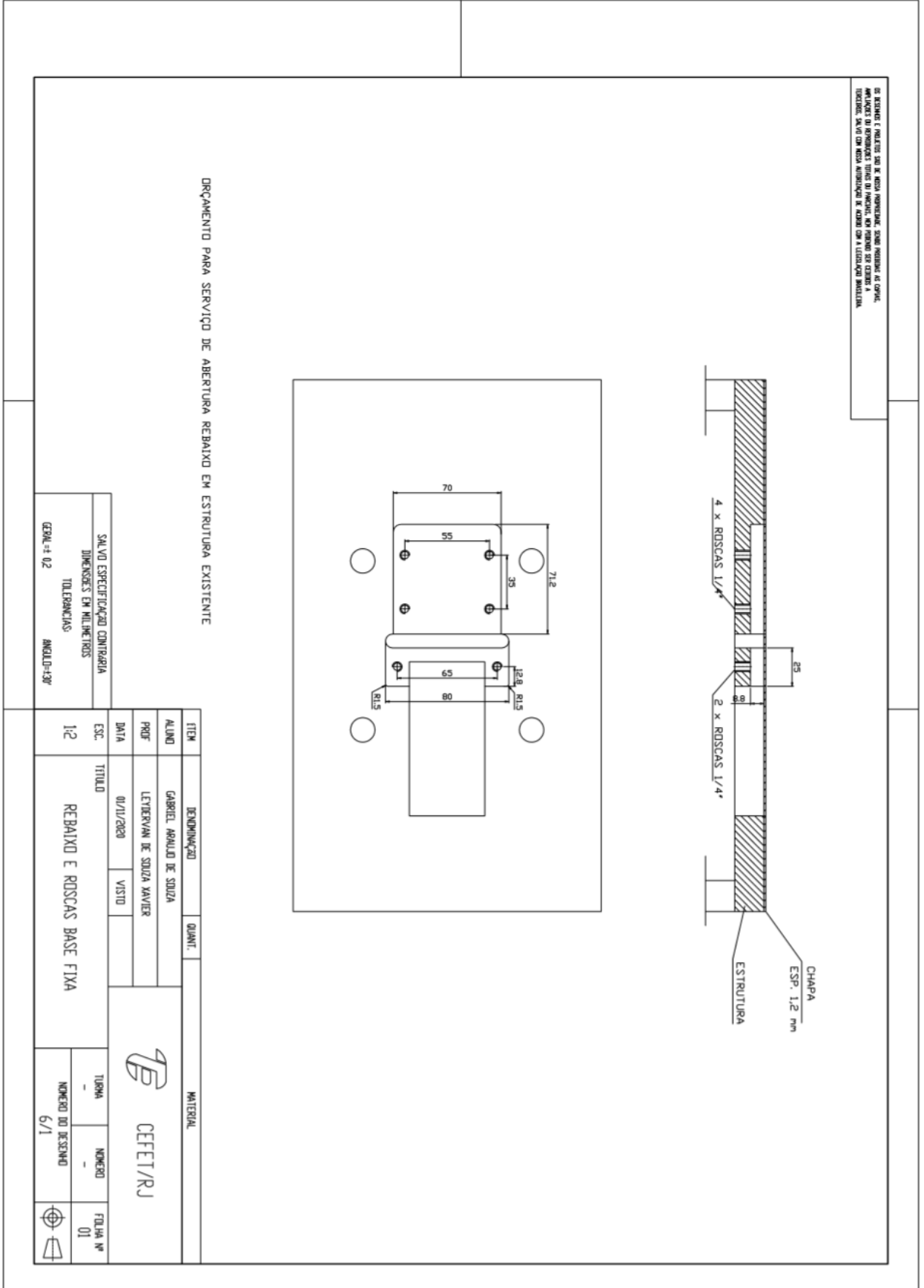
ALIND	GABRIEL APARELHO DE SOLDAZA
PROF	LEYDERIVAN DE SOUZA XAVIER
DATA	04/IV/2020
ESC.	TÍTULO
1:10	MESA MODIFICADA

TORNA	NUMERO	FOLHA Nº
-	-	01
NUMERO DO DESENHO		
5		

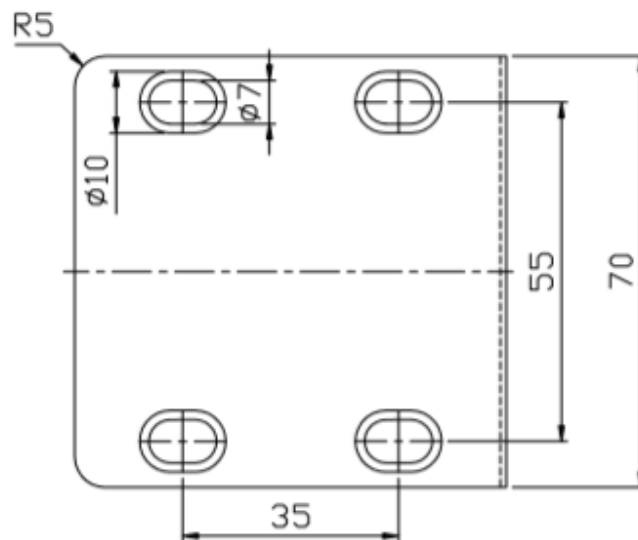
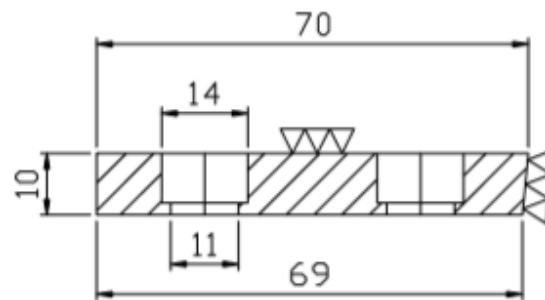
CEFET/RJ

Desenho 6 – Abertura de rebaixo e contra facas



6/1 Abertura de rebaixo e roscas em base fixa existente



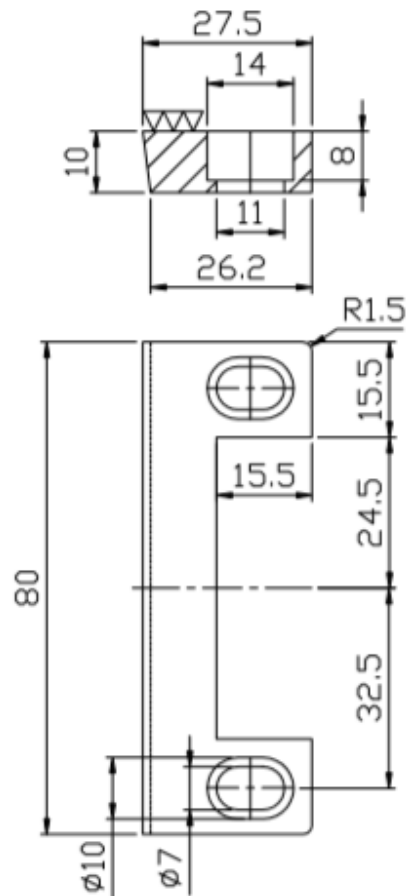
6/2 Contra faca 1




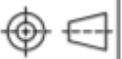
TEMPERAR E REVENIR DUREZA 63/65 HRC
ORÇAMENTO PARA FABRICAÇÃO DE 01 PEÇA

1	BARRA RETANGULAR	1	AÇO VC 131 - 80 X 80 X 15	
ALUNO	GABRIEL ARAUJO DE SOUZA		 CEFET/RJ	
PROF	LEYDERVAN DE SOUZA XAVIER			
DATA	01/11/2020	VISTO		
ESC.	TÍTULO	TURMA	NÚMERO	FOLHA Nº
1:1	CONTRA FACA 1	-	-	01
		NÚMERO DO DESENHO		
		6/2		

6/3 Contra faca 2

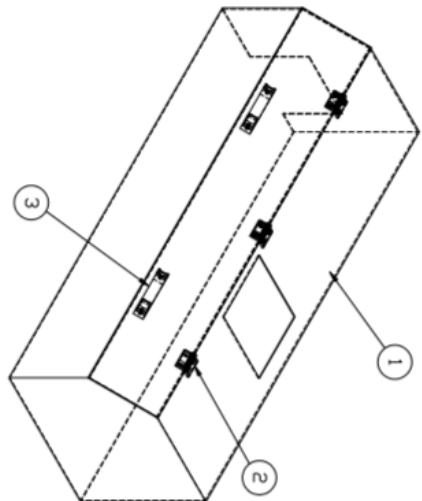
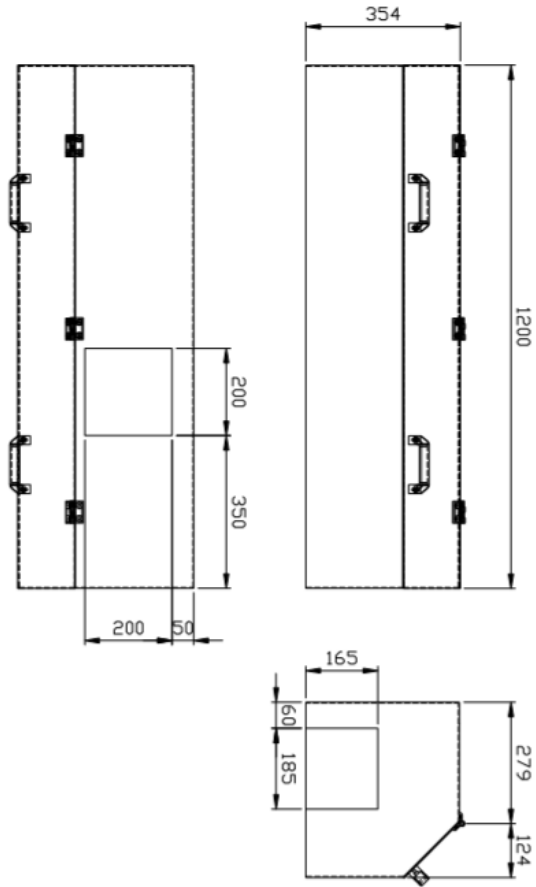


TEMPERAR E REVENIR DUREZA 63/65 HRC
ORÇAMENTO PARA FABRICAÇÃO DE 01 PEÇA


1	BARRA RETANGULAR	1	AÇO VC 131 - 90 X 40 X 15		
ALUNO	GABRIEL ARAUJO DE SOUZA		 CEFET/RJ		
PROF	LEYDERVAN DE SOUZA XAVIER				
DATA	01/11/2020	VISTO			
ESC.	TÍTULO		TURMA	NÚMERO	FOLHA Nº
1:1	CONTRA FACA 2		-	-	01
			NÚMERO DO DESENHO		
			6/3		

Desenho 7 – Proteção em acrílico

OS RECURSOS E MATERIAIS SÃO DE ADESAO PROPOSTA. SÃO DE RESPONSABILIDADE DO CLIENTE. APLICADOS OS REQUISITOS TÉCNICOS DO PROJETO, SEM PREJUÍZO DE OUTROS APLICADOS. SALVO COM MUDANÇA DE ACRÍLICO COM A UTILIZAÇÃO DE ACRÍLICO.



*ORÇAMENTO P/ MONTAGEM DE 1 CONJUNTO
*UNIR AS PEÇAS COM COLA PARA ACRÍLICO

3	PEÇADOR	1	COMERCIAL	
2	DOBRADEIRA	3	COMERCIAL	
1	CHAPA	2	ACRÍLICO - 2000 X 2000 X 2	
ITEM		QUANT.	MATERIAL	
ALUNO GABRIEL ARAUJO DE SOUZA				
PROF. LEYDERVAN DE SOUZA XAVIER				
DATA	12/11/2020	VISTO		
ESC.	1:10	TÍTULO	PROTEÇÃO EM ACRÍLICO	
SALVO ESPECIFICAÇÃO CONTRÁRIA		 CEFET/RJ		
DIMENSÕES EM MILÍMETROS				
TOLERÂNCIAS				
GERAL: ± 0,2		TUBA	NOME DO	FOLHA Nº
			7	01