



ENGENHARIA MECÂNICA

ALCIONE DONZELLI

VINÍCIUS BRAGA FERRARI

**DESENVOLVIMENTO E DIMENSIONAMENTO DE UM SISTEMA HIDRÁULICO /
PNEUMÁTICO PARA MELHORIAS DE PROCESSOS EM UMA EXTRUSORA DO
SETOR PLÁSTICO.**

Itaperuna

2022

ALCIONE DONZELLI

VINÍCIUS BRAGA FERRARI

**DESENVOLVIMENTO E DIMENSIONAMENTO DE UM SISTEMA HIDRÁULICO /
PNEUMÁTICO PARA MELHORIAS DE PROCESSOS EM UMA EXTRUSORA DO
SETOR PLÁSTICO.**

Trabalho de Conclusão de
Curso apresentado como
requisito parcial para obtenção
do título de Bacharel em
Engenharia Mecânica no Centro
Universitário Redentor.

Orientador: Daniel Passos Gallos

Itaperuna

2022

FOLHA DE APROVAÇÃO

Autores: ALCIONE DONZELLI E VINÍCIUS BRAGA FERRARI

Título: DESENVOLVIMENTO E DIMENSIONAMENTO DE UM SISTEMA HIDRÁULICO / PNEUMÁTICO PARA MELHORIAS DE PROCESSOS EM UMA EXTRUSORA DO SETOR PLÁSTICO.

Natureza: Trabalho de Conclusão de Curso.

Objetivo: Título de Bacharel em Engenharia Mecânica

Instituição: Centro Universitário Redentor

Área de Concentração: Engenharia Mecânica

Aprovada em: 06/12/2022

Banca Examinadora:



Prof. Daniel Passos Gallos

M.Sc. Engenharia e Ciências dos Materiais

Instituição: Universidade Estadual do Norte Fluminense



Prof. Leone de Oliveira Gonçalves

B.Sc. Engenharia Mecânica

Instituição: Faculdade Redentor



Prof. Jarilson de Souza Silva

B.Sc. Sistema da Gestão da Qualidade

Instituição: Cruzeiro do Sul

RESUMO

Em frente a um mercado cada vez mais competitivo e exigente, tomar a decisão de investir em máquinas e mecanismos cada vez mais tecnológicos e velozes não é fácil, muito menos simples, visto que o custo aumenta e a mão de obra necessita ser mais elevada. Com isso, as indústrias vêm buscando inovar e criar através de ideias de seus próprios funcionários, logo, obtém-se custos de fabricação e instalação muita das vezes mais baixos.

Em busca de um crescimento cada vez mais elevado em relação aos concorrentes, inúmeras empresas buscam melhorar os set ups das máquinas e implementar padrões ergonômicos eficazes para melhorar a experiência profissional do dia a dia dos colaboradores. Nesse sentido, o presente trabalho tem como objetivo o desenvolvimento de um mecanismo hidráulico e pneumático em uma máquina extrusora de plástico, localizada em uma empresa de embalagens na cidade de Três Rios –RJ, aplicando métodos como: pesquisas quantitativas e qualitativas com o intuito de entender a visão dos colaboradores no dia a dia e elaboração de uma EAP com o intuito de nortear todos os passos do projeto.

Inicialmente foi descrito o processo produtivo através de imagens e por um fluxograma e identificando todos os tempos gastos em cada etapa. Em seguida foi desenvolvido um croqui com o intuito de entender como poderia iniciar o projeto, seguido pelos desenhos técnicos e pelos cálculos estruturais.

Com base nisso, iniciou-se o processo de levantamento de preços, com fornecedores variados, com o intuito de obter o menor valor possível para fabricação do projeto futuramente. E os resultados obtidos através das análises foram considerados satisfatórios pelo gerente de manutenção e gerente da planta, concluindo que o projeto se enquadra no orçamento da empresa, podendo proporcionar uma melhora no tempo de set-up, ergonomia dos colaboradores e diminuição de funcionários em um mesmo equipamento.

Palavras-chave: Set-up, Ergonomia, Extrusora de Plástico.

ABSTRACT

Faced with an increasingly competitive and demanding market, making the decision to invest in increasingly technological and fast machines and mechanisms is not easy, much less simple, since the cost increases and the workforce needs to be higher. As a result, industries have been seeking to innovate and create through the ideas of their own employees, therefore, manufacturing and installation costs are often lower.

In pursuit of ever-higher growth in relation to competitors, numerous companies seek to improve machine set ups and implement effective ergonomic standards to improve the professional experience of the day to day of employees. In this sense, the present work aims to develop a hydraulic and pneumatic mechanism in a plastic extrusion machine, located in a packaging company in the city of Três Rios -RJ, applying methods such as: quantitative and qualitative research with the aim of understand the view of employees on a day-to-day basis and create a WBS with the aim of guiding all the steps of the project.

Initially, the production process was described through images and a flowchart, identifying all the time spent in each step. Then a sketch was developed in order to understand how the project could start, followed by technical drawings and structural calculations.

Based on this, the price survey process began, with various suppliers, in order to obtain the lowest possible value for the manufacture of the project in the future. And the results obtained through the analyzes were considered satisfactory by the maintenance manager and the plant manager, concluding that the project fits in the company's budget, being able to provide an improvement in the set-up time, ergonomics of the collaborators and reduction of employees in a same equipment.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1- Máquina Extrusora.....	15
Figura 2- Processo Corona	16
Figura 3- Eixo Expansor	17
Figura 4- Posto de Trabalho 1 (antes).....	18
Figura 5- Posto de Trabalho 1 (depois).....	18
Figura 6- Peso Sobre a Coluna Vertebral Perante Diferentes Posturas.....	19
Figura 7- Caracterização do Tempo de Set-up	20
Figura 8- Atuador Pneumático de Efeito Simples.....	24
Figura 9- Atuador Pneumático de Dupla Ação com Válvula Direcional 5/2 vias.....	25
Figura 10- Válvula Direcional 3/2 vias com Acionamento por Botão	26
Figura 11- Acoplamentos que Sofrem Força de Cisalhamento	27
Figura 12- Tabela com Levantamento dos Fatores de Segurança.....	27
Figura 13- Imagem Ampliada da Fábrica em Três Rios - RJ	28
Figura 14- Extrusoras na Unidade de Três Rios	28
Figura 15- Estrutura Analítica de Projeto	30
Figura 16- Croqui inicial do Sistema Hidráulico e Pneumático	33
Figura 17- Modelos de Parafusos	38
Figura 18- Tabela de Resistência dos Parafusos.....	39
Figura 19- Fluxograma do Processo	42
Figura 20- Tempo de Preparo de Acerto da Extrusora.....	42
Figura 21- Braço do Tensionador da Bobina.....	47
Figura 22- Braço do Elevador da Bobina	48
Figura 23- Protótipo Virtual	49
Figura 24- Vista Lateral do Protótipo Virtual.....	49
Figura 25- Decomposição das Forças no Braço Tensionador.....	56
Figura 26- Parafusos dos Braços Tensionadores e Elevadores.....	58
Figura 27- Parafusos dos braços tensionadores e elevadores fixados no eixo.....	60

LISTA DE TABELAS

Tabela 1- Questionário para Levantamento de Dados	31
Tabela 2- Questionário para Levantamento de Dados	32
Tabela 3- NBR de Desenhos Técnicos	33
Tabela 4- Determinação da Constante φ	35
Tabela 5- Determinação da Constante φ	37
Tabela 6-Questionário Realizado ao Setor de Extrusão	43
Tabela 7- Apuração dos Dados Obtidos	44
Tabela 8- Pesquisa Qualitativa.....	46
Tabela 9- Diâmetros Comerciais de Atuadores Hidráulicos	52
Tabela 10- Dimensionamento de Cilindros Pneumáticos.....	55
Tabela 11- Valores para o Cálculo do Diâmetro dos Parafusos.....	58
Tabela 12- Valores para o Cálculo do Diâmetro dos Parafusos.....	60
Tabela 13- Levantamento Financeiro das Peças	61

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 – Satisfação de Postura no Local de Trabalho	44
Gráfico 2 – Grau de Esforço Exigido no Posto de Trabalho	45

LISTA DE DIAGRAMAS

Diagramas 1 – Aplicação da Força Peso do Atuador Hidráulico	50
Diagramas 2 – Aplicação da Força Peso do Atuador Pneumático	53

SUMÁRIO

1.	INTRODUÇÃO	11
2.	OBJETIVOS	13
2.1	Objetivo Geral	13
2.2	Objetivos Específicos	13
3.	JUSTIFICATIVA	14
4.	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	15
4.1	Conceito de Extrusora	15
4.2	Ergonomia.....	17
4.3	Manuseio de Carga.....	18
4.4	Tempo de Melhoria em Processos.....	20
4.5	Desenvolvimento de Projetos	21
4.5.1	Projeto Informacional.....	21
4.5.2	Projeto Conceitual	22
4.5.3	Projeto Preliminar e Projeto Detalhado	22
4.6	Sistemas Hidráulicos	22
4.7	Sistemas Pneumáticos	23
4.7.1	Válvulas Pneumáticas	25
4.8	Resistência dos Materiais.....	26
4.9	Fator de Segurança.....	27
5.	MATERIAIS E MÉTODOS	28
5.1	Descrição da área do projeto	28
5.2	Metodologia para desenvolvimento do projeto	29
5.2.1	Elaboração de EAP	2229
5.2.2	Realização de Pesquisas Bibliográficas	2231
5.2.3	Descrição e Acompanhamento do Processo Produtivo	2231
5.2.4	Criação de Questionários para Levantamento de Dados	2231
5.2.5	Elaboração dos Desenhos Preliminares/ Croqui	2232
5.2.6	Elaboração dos Desenhos Técnicos Preliminares	2233
5.7	Cálculos das Estruturas do Mecanismo.....	2234
5.7.1	Dimensionamento dos Atuadores Hidráulicos.....	2234
5.7.2	Cálculo de Dimensionamento para Atuador Pneumático	2236
5.7.3	Dimensionamento dos Parafusos.....	2238

5.7.4 Verificação da Tensão de Esmagamento.....	2240
5.8 Levantamento Financeiro das Peças.....	2240
5.9 Conclusão e Finalização do Projeto	2240
6. Resultados Esperados	41
6.1 A Empresa.....	41
6.2 Processo Produtivo	41
6.3 Pesquisas Realizadas	43
6.3.1 Pesquisa Quantitativa.....	43
6.3.2 Pesquisa Qualitativa.....	45
6.4 Elaboração dos Desenhos Técnicos Preliminares	46
6.5 Cálculos das Estruturas do Mecanismo	50
6.5.1 Cálculo do Atuador Hidráulico Necessário para o Projeto.....	50
6.5.2 Cálculo do Atuador Pneumático Necessário para o Projeto.....	53
6.5.3 Cálculo da Espessura Necessária do Braço Tensionador da Bobina.....	55
6.5.4 Dimensionamento dos Parafusos.....	57
6.5.5 Dimensionamento dos Parafusos.....	59
6.6 Levantamento Financeiro das Peças	61
7. Considerações Finais	63
7.1 Sugestões de Melhoria.....	64
8. Referências	65
9. Apêndices	68
9.1 Esquema Pneumático	68
9.2 Esquema Hidráulico	69
9.3 Desenhos das Peças.....	70

1. INTRODUÇÃO

Nos tempos atuais, é cada vez mais relevante que as organizações se preocupem com dois pontos muito estratégicos e vitais, que são: as questões ergonômicas/ acidentes de trabalho e com os tempos de processos (tempos de produção) (SILVA,2010).

Para Santos et al (2013) bem estar e saúde do colaborador em uma corporação moderna depende da atuação da empresa na área ergonômica, sendo a avaliação de riscos ergonômicos uma das formas de ponderação.

Este modelo de conduta é estratégica para companhias que buscam ser certificadas e asseguradas por boas práticas quanto ao tratamento de seus funcionários, visto que é cada vez maior o comprometimento de profissionais de diversas áreas em estudos que possibilitam melhorar o local de trabalho, e como consequência, aumentar a lucratividade e a competitividade das empresas (COUTO,2002).

Sobre isso, Lida (2005, p. 02) afirma que:

“A ergonomia tem a função de adaptar o trabalho ao homem e estudos neste sentido podem ser aplicados utilizando-se de métodos, para que assim se possa analisar o problema e indicar soluções de melhoria para os postos de trabalho e funcionários”.

As indústrias do setor plástico apresentam riscos de acidentes e ergonômicos aos colaboradores por serem agregadas ao processo de produção atividades de manejo de produtos durante o acabamento, embalagem e inspeção, tornando-se necessário que os cuidados com o trabalhador, recebam um lugar de destaque na gestão da indústria (SIQUEIRA, 2014).

Em adição, nos meados dos anos 80, acompanhou-se a uma mudança de modelo em diversas corporações, na qual, o foco apenas nos resultados não estava a trazer os ganhos esperados. Assim sendo, iniciou uma nova diretriz para a orientação da qualidade dos processos, fazendo com que os gestores abram as mentes, em relação às oportunidades que o novo paradigma proporcionava. Esta mudança foi importante no assentimento da melhoria contínua como uma ferramenta

primordial para o sucesso de todas as organizações que se encontrem num mercado competitivo. (Hagerdorn & Weißhuhn, 1995).

Em outras palavras, a gestão apropriada dos recursos produtivos, junto com a diminuição dos tempos de preparação das máquinas (setup), torna-se indispensável para a diminuição dos custos de matérias produzidas, alavancando, dessa forma, o ganho de competitividade (ADAMS & DOLIN, 2008).

De acordo com SILVA & MELO (2010), os setups auxiliam para as despesas de preparação e encontram-se subdivididos através de quatro partes:

- Preparação de matéria prima, dispositivos de montagem e acessórios.
- Fixação e remoção de matrizes e ferramentas.
- Centragem e determinação das dimensões das ferramentas.
- Preparação da matéria prima, dispositivos de montagem e acessórios.

Através do citado, a primeira etapa, tem um percentual de 50% do tempo gasto em um indústria, a segunda possui 30%, a terceira 15% e a quarta apenas 5%. Logo, fica evidenciado que 95% do tempo são utilizados/gastos em atividades que podem ser deslocadas para atividades secundárias, fora da cadeia de produção, efetuadas sincronicamente à substituição de matrizes, podendo, até mesmo, serem eliminadas ou fazendo que seja criado uma melhoria no processo ou na criação de mecanismos, para a diminuição desses longos períodos.

2. OBJETIVOS

2.1 Objetivo Geral

Realizar o dimensionamento de um sistema hidráulico e pneumático de baixo custo, a fim de atingir melhorias ergonômicas no trabalho e redução de tempo no setup, no setor de extrusão do plástico.

2.2 Objetivos Específicos

- Pesquisar referências bibliográficas a cerca das funcionalidades das máquinas extrusoras blow film.
- Entender os problemas ergonômicos causados pelo processo.
- Analisar os tempos gastos atualmente com setup.
- Analisar Através dos desenhos técnicos o que pode ser melhorado através desse novo mecanismo.
- Dimensionar o mecanismo proposto.
- Levantar os custos para implementação dessa melhoria.

3. JUSTIFICATIVA

Referindo-se às indústrias, sujeitam-se a atividades que ocupam, cerca, de um terço do tempo da jornada diária de um profissional. De imediato, pondera-se de caráter fundamental um olhar particular a esse ambiente e suas interações.

De acordo com Cardoso Júnior (2006), deve-se preocupar com todo um conjunto de sensações físicas e emocionais envolvidas em cada atividade praticada no local de trabalho. Tais sensações, quando constantes negativamente, podem provocar doenças graves e afetar a integridade da saúde do trabalhador.

Além dos avanços nas questões ergonômicas e doenças no local de trabalho, é notório que há uma busca crescente em relação à melhoria de processos e tempos no setor produtivo.

A redução dos tempos de mudança, acerto e setup tem a capacidade de aprimorar a produtividade de uma empresa, reduzir custos com pessoal e aumentar flexibilidade (Davidow & Malone, 1992). Em indústrias onde existe uma forte variedade de produtos e em que muito tempo é despendido na troca de ferramentas e/ou matérias primas durante a mudança, às alterações de referência significam grandes perdas de capacidade produtiva.

De acordo com o referido anteriormente, esse trabalho se justifica pela necessidade de encontrar uma melhoria referente às questões ergonômicas e um ganho de tempo ao realizar a troca de ferramentas e/ou matérias primas de uma máquina extrusora, de uma empresa do setor plástico, situado na cidade de Três Rios.

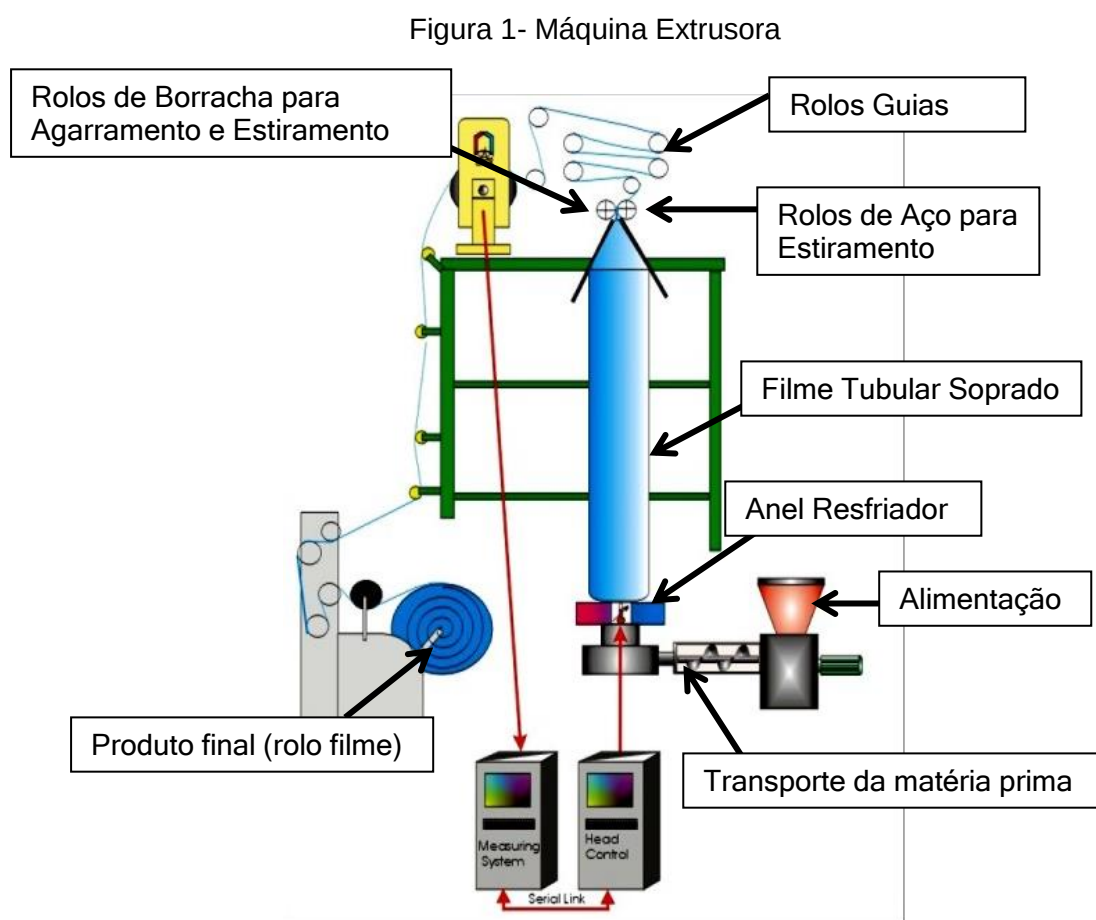
4. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

4.1 Conceito de Extrusora

O início do tratamento dos materiais poliméricos começou a aparecer mundialmente por meado do século XIX, com o aproveitamento de borrachas naturais. O primeiro projeto e desenvolvimento de uma máquina extrusora foi feito por Thomas Hancock no ano de 1851, com a finalidade de proteção de cabos de energia e comunicação (TADMOR, 2006).

Uma máquina extrusora executa uma função crucial em indústrias voltadas para o ramo de polímeros (plástico) como matéria prima principal. Este tipo de equipamento é normalmente utilizado para a fabricação de produtos como: Perfil, tubos, filmes, entre outros (RAWENDAAL, 2014).

A seguir é possível visualizar um esquema de uma extrusora blow film na figura 1, para esclarecer como funciona o passo a passo da matéria prima, até o produto acabado.

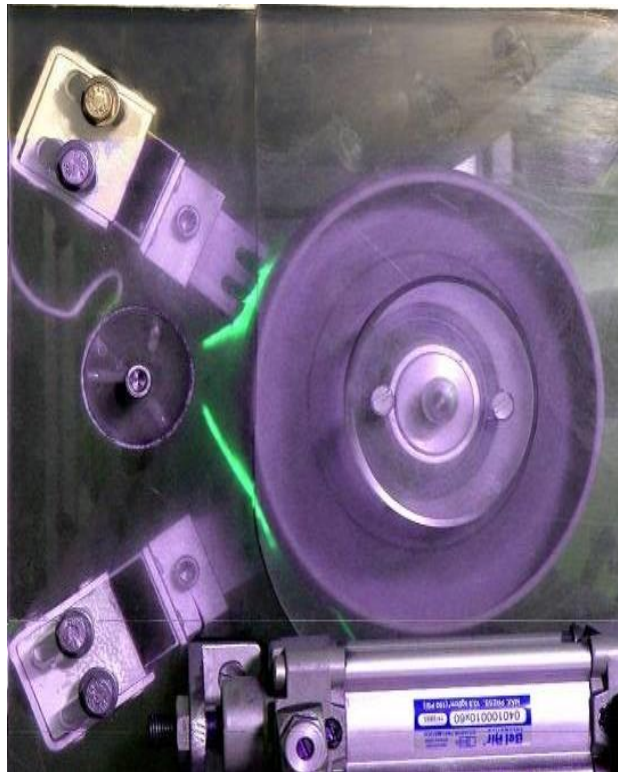


Fonte: Gamag (2012)

Em relação a qualidade do filme plástico a ser produzido, pode-se falar da cristalinidade que depende diretamente do controle da temperatura e da altura do balão. O resfriamento do filme é dado através de um anel de ar frio que forma uma linha de congelamento ou linha de neve (MANRICH, 2005).

Após a formação do filme, caso seja necessário realizar uma impressão (com tinta) na superfície do plástico, é necessário realizar um procedimento na qual faça com que a energia superficial do produto seja elevada. Pode-se ver na figura 2, o processo na qual retém o nome de Corona e constitui de descargas elétricas contínuas de alta tensão e alta frequência.

Figura 2- Processo Corona



Fonte: Celimar (2021)

Em seguida, o plástico passará pelo processo de corte, processo na qual poderá ser realizado por cortadores pneumáticos ou por apenas lâminas posicionadas na medida ideal de corte.

Por último, é realizado a rebobinagem do filme plástico, processo esse na qual ocorre após o estiramento do filme. O plástico, já esticado, entra em contato com um rolo chamado bobinador que tem por finalidade enrolar o produto final sobre tubos de papelão. Os eixos onde são colocados os tubos de papelão possuem um

sistema de ar, que funciona como um expensor, para que o tubo não deforme ou saia de posição no decorrer do processo.

A seguir é possível entender o que fora dito através da figura 3.

Figura 3- Eixo Expensor



Fonte: Autor (2022)

4.2 Ergonomia

A palavra ergonomia é composta pelas palavras gregas *ergon* (trabalho) e *nomos* (leis e regras) (DUL; WEERDMEESTER, 2016), e tem sua inicialização como disciplina a partir do ano de 1949, com a criação do Ergonomics Research Society, na Inglaterra (ABRAHÃO et al. 2009).

Segundo COUTO (2002), a palavra ergonomia consiste em “um trabalho inter profissional” onde, fundamentado em uma união de tecnologias e ciências, busca determinar o ajuste mútuo entre o ser humano e o ambiente profissional, buscando

adaptar o trabalho às pessoas.

Em busca desse ajuste, é necessário falar da existência de duas perspectivas para avaliar/estudar os postos de trabalho, o taylorista e o ergonômico. O foco taylorista é baseado no racionamento dos movimentos, ao passo que o ergonômico foca-se em analisar a portura entre homem, máquina e os equipamentos (IIDA, 2005).

Conforme Lida (2005), a perspectiva ergonômica busca um aprimoramento das colocações de trabalho, visando à diminuição dos esforços biomecânicos e cognitivos do funcionário durante o tempo em que o mesmo se encontra dentro da empresa, moldando os equipamentos conforme as características do trabalhador.

É possível visualizar esse aprimoramento nas imagens 4 e 5 a seguir.

Figura 4 – Posto de trabalho 1 (antes)



Fonte: Lima (2019)

Figura 5 – Posto de trabalho 1 (depois)



Fonte: Lima (2019)

4.3 Manuseio de Carga

O manejo de cargas é uma atividade que consiste em levantar, abaixar, puxar, empurrar, carregar, segurar e arrastar. Logo, é possível destacar que abrange grandemente esforços estáticos e dinâmicos.

Mesmo com as diversas tratativas e procedimentos que as empresas estão adotando, como treinamentos e DDS (diálogo semanal de segurança) para um manuseio correto e com menos riscos, este procedimento ainda é o maior responsável pelo absenteísmo e afastamentos do trabalho. Provocando lesões

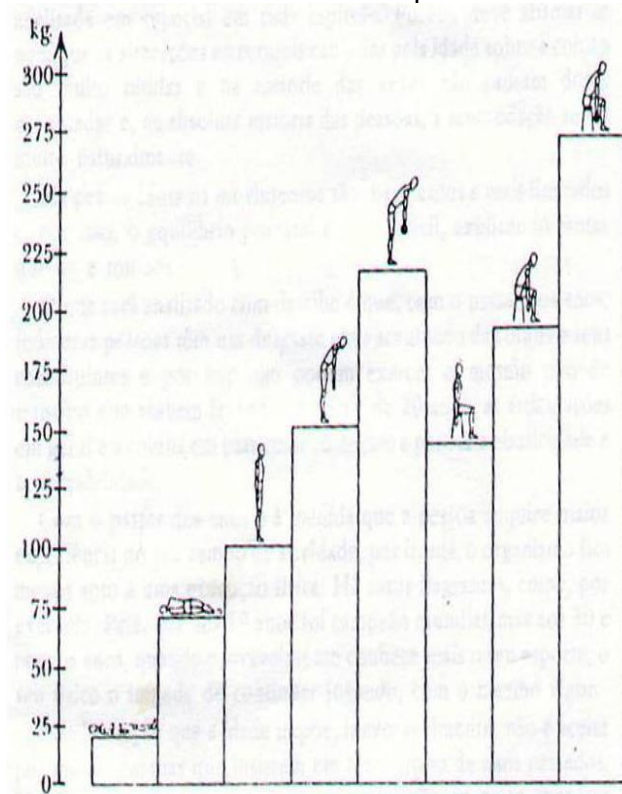
relativamente sérias, e com uma grande perda economica para as empresas.

Dores na coluna afetam 80% das pessoas em países industrializados em algum momento na vida (Troussier et al, 1994).

Quando se fala em trabalho manuseando cargas, pode-se dizer que a maior dificuldade desta forma de trabalho não é só o esforço muscular, todavia o desgaste das articulações dos membros superiores e inferiores e da coluna vertebral, particularmente dos discos intervertebrais da região lombar (Grandjean, 2005).

A figura 6 apresenta o aumento dos esforços, conforme o estado da coluna.

Figura 6 – Peso sobre a coluna vertebral perante diferentes posturas



Autor: Grandjean, (2005)

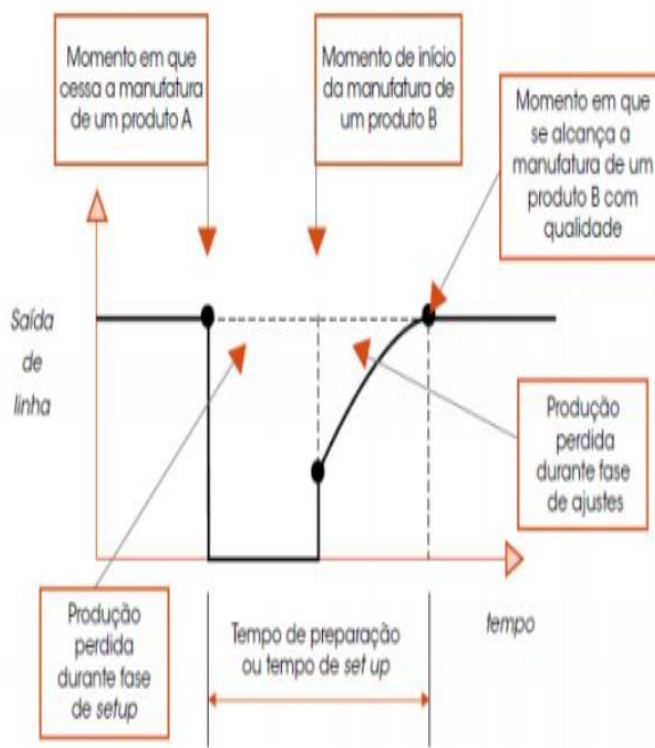
4.4 Tempo de Melhoria em Processos

Quando o assunto é melhoria de processos, pode-se dizer que o mais importante e necessário é fazer com que os processos se tornem mais rápidos, eficientes e confiáveis. Ou seja, torná-los melhores do que são atualmente .

As abordagens para melhoria de processos variam de acordo com as necessidades de negócios e o processo em questão, mas em um alto nível a melhoria de processos é bastante simples. Ela se concentra na identificação e na atuação diante de oportunidades para tornar um processo mais eficiente (WILTSIE, 2012).

Conforme Satolo e Calarge (2008), tempo de setup nada mais é que a preparação que acontece entre a peça produzida em lote corrente até a produção da primeira peça boa do lote posterior, como pode-se ver na figura 7.

Figura 7 – Caracterização do Tempo de Setup



Fonte: Adaptado de Satolo e Calarge (2008)

Com as constantes alterações e mudanças empresariais e com a criação e grandes desenvolvimentos de produtos, as produções vêm alcançando um grande

aumento de produtividade e com isso, causando superprodução, grandes desperdícios, grandes estoques e elevando os custos de produção (SATOLO; CALARGE, 2008; CORAZZA, 2016).

Por conseguinte existe um aumento considerável de ocorrências de setup, logo torna-se imprescindível que o tempo do mesmo seja diminuído. Visto que, caso não haja uma diminuição ou melhora nos tempos de setup é notório que haverá um grande impacto nas disponibilidades das máquinas. (SATOLO; CALARGE, 2008; CORAZZA, 2016).

4.5 Desenvolvimento de Projetos

Com o desenvolvimento e crescimento dos sistemas industriais, muitas empresas vêm modificando seus sistemas corporativos de acordo com o ambiente na qual estão inseridos. Visando um futuro próximo de grandes mudanças e novas tecnologias de processos e produtos, inúmeras empresas buscam introduzir novas ideias de projetos e inovações tecnológicas (PEDRASSOLI NETO et al., 2001).

Segundo Pahl e Beitz (2005) e Back et al. (2008) é recomendado que o desenvolvimento de um projeto ou produto seja fragmentado em quatro etapas: projeto informacional, projeto conceitual, projeto preliminar e projeto detalhado.

4.5.1 Projeto Informacional

Possui como ideias principais: definição do cliente; identificação dos requisitos do cliente, conversão dos requisitos dos clientes em requisitos dos produtos e obtenções das especificações dos projetos. Com isso, busca-se obter o máximo de informações possíveis com uma escrita natural e livre. Em seguida, inicia-se a segunda parte, onde as informações iniciais são transformadas em uma escrita mais técnica (Roozenburg; Eekels 1995).

Conforme Fonseca (2000), um projeto informacional é necessário que seja discriminado com toda precisão possível, visto que, qualquer informação esquecida ou perdida tornará o desenvolvimento do projeto mais difícil e com isso pode ocorrer problemas indesejados.

4.5.2 Projeto Conceitual

Pode ser considerada a fase mais crucial na descrição/definição do produto. Caso haja alguma interrupção ou perda de foco nesta etapa, pode ser comprometido grande parte do custo final do projeto, logo essa etapa é tão importante e é necessário que seja bem planejada.

O projeto conceitual é um fragmento do projeto na qual é obtido a definição do problema e com isso elabora-se uma organização funcional do produto que propõe alcançar os princípios e as categorias mais adequado (Pahl; Beitz 1998).

4.5.3 Projeto Preliminar e Projeto Detalhado

Com a finalização das duas primeiras etapas, partiremos para fora do papel e será colocado em prática (parte física), onde se juntam as etapas finais: Projeto preliminar e detalhado.

Nessas fases o projeto já identificado começa a criar forma e as pessoas a frente iniciam o dimensionamento dos itens, baseando-se em cálculos dinâmicos e estáticos. Após a finalização dos cálculos, toda a parte de modelagem dos itens começam a serem criadas através de programas como: Autocad, Solidworks, entre outros e também inicia-se toda a parte de montagem dos mecanismos.

4.6 Sistemas Hidráulicos

Visto que a física é dividida em algumas áreas como a hidráulica que é aplicada à entender o comportamento dos líquidos estáticos e em movimento. Logo, esta é encarregada pelo conhecimento das leis que dominam o transporte, a conversão de energia, a regulação e o controle do fluido atuando sobre suas variáveis (vazão, temperatura, pressão, viscosidade e etc) (PALMIERI,1997).

A seguir encontra-se alguns tipos de sistemas hidráulicos:

- Os sistemas hidráulicos transmissores de potência ou movimento são aproximadamente imcompreensíveis e podem ser classificados de duas

maneiras: cinético e estático.

- Os sistemas óleo-hidráulicos cinéticos são utilizados com frequência em transmissão de potência, na qual o fluido é animado a altas velocidades, produzindo em torno de 50 m/seg.
- Os sistemas óleo-hidráulicos estáticos possui o fluido em alta pressão e baixa velocidade e são consideravelmente aplicados em: prensas, guindastes, máquinas-ferramentas, injetoras de plástico e etc.

Os Sistemas hidráulicos também podem ser classificados em relação à: pressão, aplicação, tipo de bomba e controle de direção.

De acordo com a pressão podemos classificar da seguinte forma

- a) 0 a 14 bar – **Baixa pressão**
- b) 14 a 35 bar – **Média pressão**
- c) 35 a 84 bar – **Média-alta pressão**
- d) 84 a 210 bar – **Extra alta pressão**

Em relação a aplicação, é possível classificar quanto às de pressão intermitente e contínua.

De acordo com o tipo, pode-se encontrar às de vazão constante e vazão variável.

No que diz respeito ao controle de direção, existem (válvulas) de uma via e (bombas reversíveis) de duas vias.

4.7 Sistemas Pneumáticos

Um dos elementos mais conhecidos no universo industrial, os atuadores pneumáticos possuem uma construção robusta e simples que permitem algumas possibilidades de atuação e utilização, como: transporte, usinagem, fixação, tencionar e entre outras.

Os atuadores pneumáticos podem ser encontrados em relação a algumas variáveis, como:

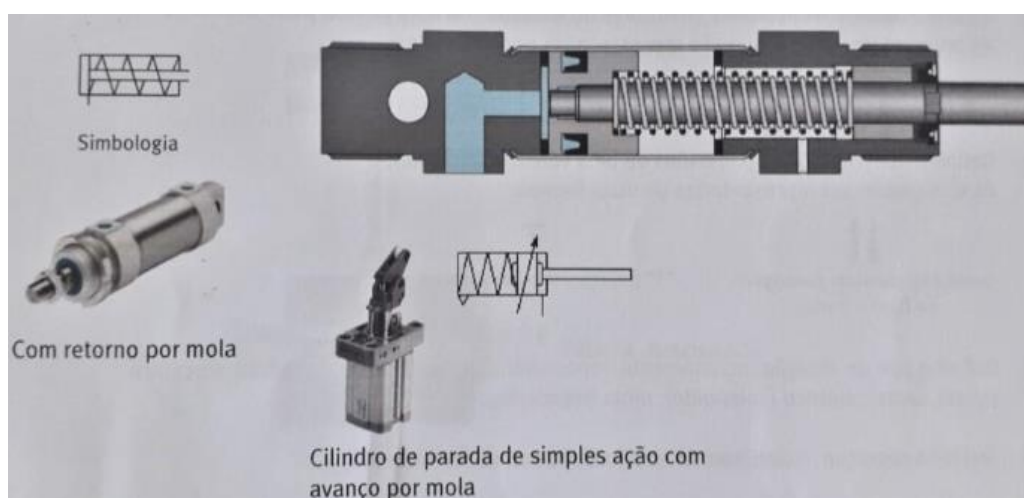
- Diâmetro do atuador = 6 a 320mm
- Curso do atuador = 1 a 2000mm
- Força do atuador = 0,5 a 50000N
- Velocidade do embolo = 0,02 a 1m/s

Tais componentes podem ser classificados como Lineares, que geram movimentos lineares e rotativos que geram movimentos rotativos.

Os atuadores lineares podem ser encontrados como de simples ou de duplo efeitos.

- **Simple Efeito:** Fornecem um movimento linear em apenas um único sentido e o movimento de recuo do pistão é dado por uma mola. É possível entender melhor através da figura 8 que se encontra a seguir.

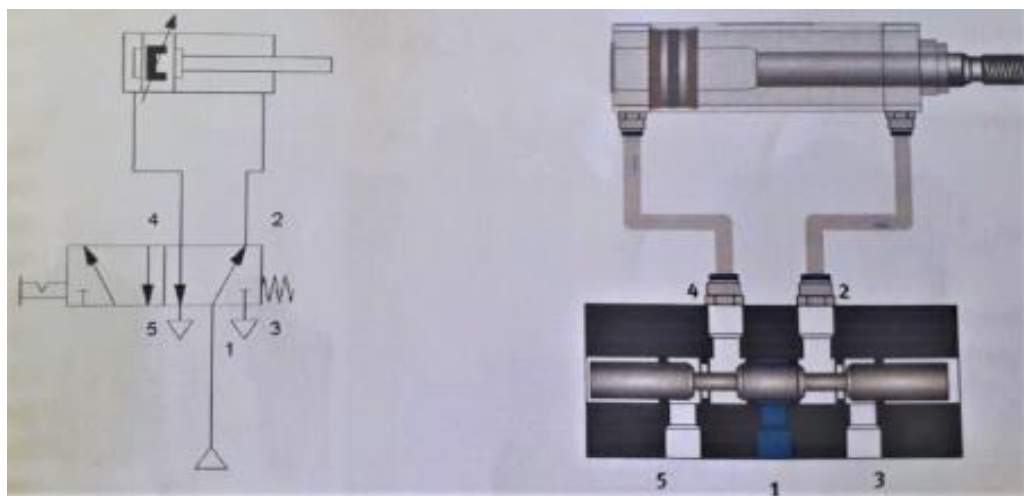
Figura 8 – Atuador pneumático de efeito simples



Fonte: Perdomo (2019)

- **Duplo Efeito:** É assim denominado, pois a ação gerada pela pressão de ar faz com que o êmbolo se movimente em ambos os sentidos (avanço e retorno). Este atuador não permite cargas radiais em suas hastes. A figura número 9 a seguir demonstra um esquema desse tipo de atuador.

Figura 9 – Atuador pneumático de dupla ação com válvula direcional 5/2 vias



Fonte: Perdomo (2019)

4.7.1 Válvulas Pneumáticas

É de suma importância que para um funcionamento pleno dos sistemas pneumáticos, haja uma válvula direcionadora de fluxo entre a rede de distribuição e os atuadores. Geralmente essas válvulas funcionam com uma pressão entre 3 a 10 bar.

Pode-se destacar a existências de quatro modelos de válvulas:

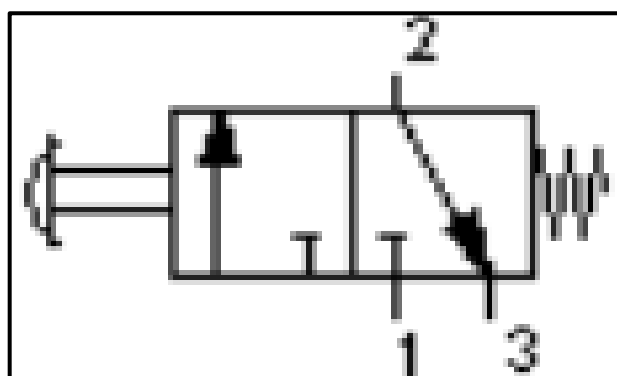
- Válvulas direcionais: Controlam a partida, parada e o sentido de movimento do atuador.
- Válvulas de Fluxo: Influenciam a vazão de ar comprimido, aumentando ou diminuindo, tendo como consequência alteração nas velocidades do pistão.
- Válvulas de Bloqueio: Interrompem o fluxo de ar preferencialmente em um sentido e liberando no sentido contrário.
- Válvulas de Pressão: Induzem a pressão de ar comprimido ou são comandadas pela pressão.

As válvulas voltadas para trabalhos pneumáticos são identificadas por dois números separados por uma barra, na qual o primeiro determina a quantidade de

orifícios e o segundo número indica as posições de trabalho.

A seguir está um exemplo de uma válvula 3/2 vias com um acionamento por botão e retorno por mola, conforme a figura 10.

Figura 10 – Válvula direcional 3/2 vias com acionamento por botão e retorno por mola



Fonte: Dorneles e Mugge (2008)

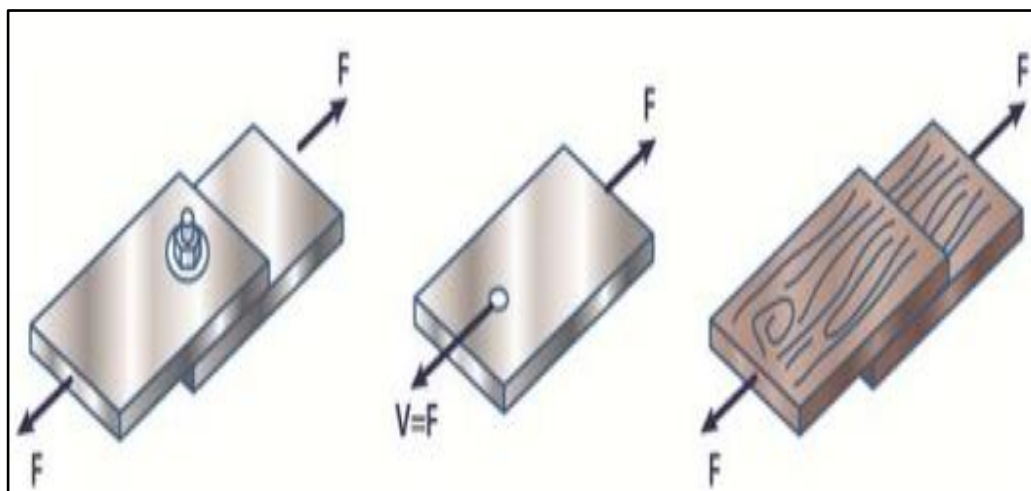
4.8 Resistência dos Materiais

O desenvolvimento de estruturas, tanto para a engenharia civil, quanto para a engenharia mecânica faz parte de um estudo no qual suas partes e componentes são dimensionados de tal maneira que tenha resistência necessária para suportar os esforços nas condições de utilização (CARVALHO, 2018).

De acordo com Hibbeler (2010), o processo envolve análises das tensões dos elementos da estrutura e entendimento a respeito das propriedades mecânicas dos materiais. A análise dos esforços, tensões e as propriedades mecânicas, são as principais características da resistência dos materiais.

A seguir é possível visualizar na figura 11 uma das ações sofridas por uma peça, na qual é bastante comum na área da mecânica (cisalhamento).

Figura 11 – Acoplamentos que sofrem a força de cisalhamento



Fonte: Carvalho (2018)

4.9 Fator de Segurança

Segundo Hibbeler (2010), o fator de segurança é um número maior que 1 com o objetivo de evitar maior possibilidade de falhas.

A figura 12 apresenta um quadro com os respectivos valores de fator de segurança, em relação à determinados projetos. Entretanto, é preciso que a tomada de decisão seja realizada pela pessoa na qual está projetando o equipamento, máquina ou mecanismo.

Figura 12 – Tabela com levantamento dos fatores de segurança

APLICAÇÕES	FATORES DE SEGURANÇA
CABOS E CORDOALHAS ESTÁTICAS	3 A 4
CABO PARA TRAÇÃO NO SENTIDO HORIZONTAL	4 A 5
GUINCHOS, GUINDASTES, ESCAVADEIRAS	5
PONTES ROLANTES	6 A 8
TALHAS ELÉTRICAS E OUTRAS	7
GUINDASTES ESTACIONÁRIOS	6 A 8
LAÇOS	5 A 6
ELEVADORES DE OBRA	8 A 10
ELEVADORES DE PASSAGEIROS	12

Fonte: Cepep, online

5. MATERIAIS E MÉTODOS

5.1 Descrição da Área do Projeto

O projeto está sendo realizado em uma determinada empresa do ramo de embalagens plásticas flexíveis, com sede em Santa Catarina e com um de seus polos situado no interior do Rio de Janeiro, na cidade de Três Rios. No ano de 2022 a empresa comemora 36 anos no mercado de trabalho, com um crescimento notável que se iniciou em um pequeno galpão na cidade de Videira em Santa Catarina.

O início da fábrica contava com apenas duas máquinas e cinco colaboradores, atualmente pode-se encontrar unidades espalhadas em cinco diferentes estados, como: Rio de Janeiro (Três Rios); Santa Catarina (Videira); Goiás (Rio Verde); Mato Grosso (Várzea Grande) e Paraná (União da Vitória). Com todos os investimentos e crescimentos nos últimos anos, é possível ressaltar que cerca de 300 máquinas entre extrusoras, impressoras, corte e solda, refiladeiras e entre outras incorporam o processo produtivo. Nas figuras 13 e 14 encontram-se o modelo da fábrica visto por fora e um parte do setor de extrusão.

Figura 13 – Imagem ampliada da fábrica em
Três Rios - RJ



Fonte: Autor (2022)

Figura 14 – Extrusoras na unidade de Três
Rios - RJ



Fonte: Autor (2022)

5.2 Metodologia para Desenvolvimento do Projeto

Para o desenvolvimento deste projeto, utilizou-se pesquisas aplicadas, visto que a intenção é entender a real necessidade dos profissionais da área e melhorar o desempenho da empresa, aplicando na prática todo o estudo realizado. No que se refere à perspectiva do tratamento do problema, as pesquisas são especificadas como: Quantitativa e Qualitativa.

Pode-se ressaltar que os padrões quantitativos respondem à perguntas “quanto”, levando em consideração apenas os traços mensuráveis dos questionários. Enquanto os padrões qualitativos respondem às questões “como”, não se preocupando com os traços mensuráveis, mas sim, com a opinião de um grupo a respeito do tema em questionamento (MARCONI; LAKATOS, 2002).

Com tudo, o presente objetivo deste projeto é o dimensionamento de um mecanismo para ser implantado em uma extrusora de plástico blow film, para auxiliar a troca de bobinas.

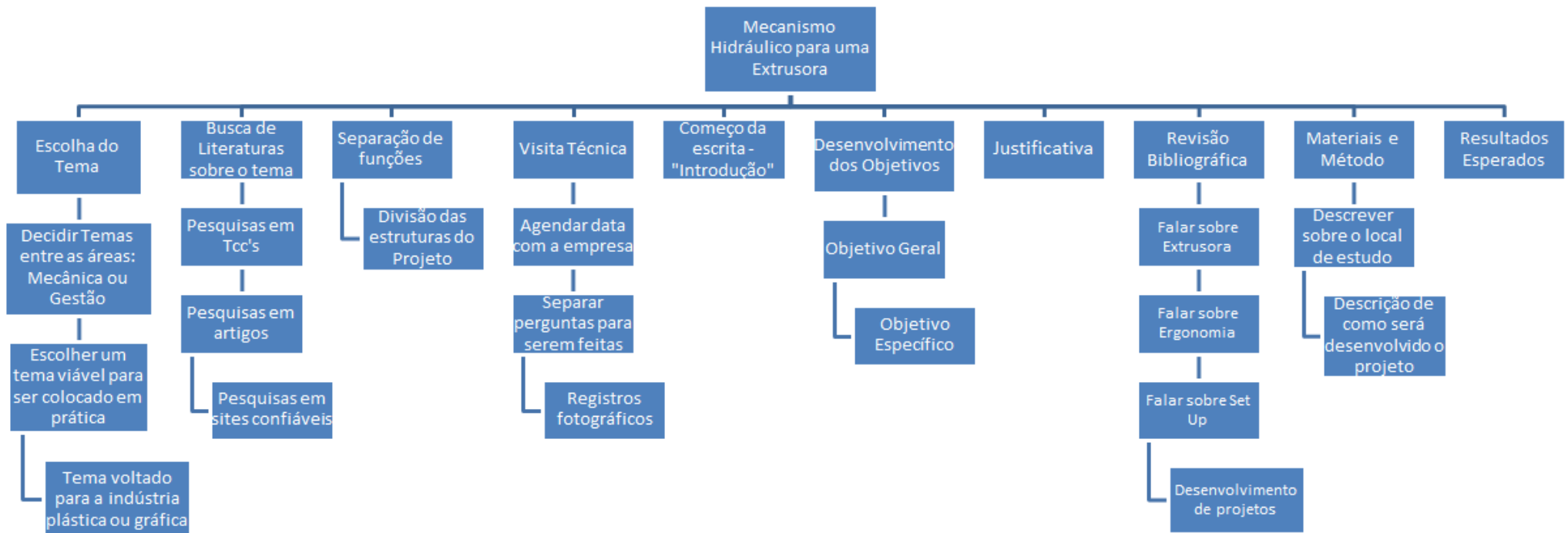
Logo, as etapas para desenvolvimento do projeto serão:

5.2.1 Elaboração de EAP

Conhecida no ramo de projetos como (Estrutura Analítica de Projeto) ou EAP, é um diagrama com níveis hierárquicos, composta pelos processos que compõem um projeto. Em propostas com ações sequenciadas, ajuda o detalhamento dos processos e a administração do escopo, das equipes e dos recursos ao longo do tempo (DUARTE, 2010).

Na figura 15 é possível encontrar o passo a passo da elaboração da estrutura.

Figura 15 – Estrutura Analítica de Projeto (EAP)



Fonte: Autor (2022)

5.2.2 Realização de Pesquisas Bibliográficas

Com o intuito de entender as demandas voltadas através do projeto, fora realizado uma busca pelos seguintes temas: Set up's mais rápidos, ergonomia, elaboração de projetos e extrusoras.

Buscando obter fidelidade nos textos lidos e estudados, iniciou-se uma busca por artigos, tcc's, projetos, teses e livros, em uma linha de tempo entre 1992 à 2022, sendo assim, os últimos 30 anos.

5.2.3 Descrição e Acompanhamento do Processo Produtivo

Fora realizadas visitas à fábrica nos dias 16/07/2022 e 17/09/2022 com o intuito de acompanhar e entender as demandas da produção, como funciona o processo produtivo, tempos de set up's das extrusoras e observação de como são preparadas as bobinas ao serem retiradas da máquina, visando ergonomia e tempo do processo.

5.2.4 Criação de Questionários para Levantamento de Dados.

Para a elaboração das pesquisas quantitativas e entendimento dos dados levantados, algumas perguntas foram confrontadas junto aos colaboradores do setor de extrusão, conforme é possível observar no quadro 1.

Tabela 1 : Questionário para levantamento de dados

Perguntas	Respostas		
Como é sua postura de trabalho ?	() Satisfatória	() Insatisfatória	() Não Sabe
Precisa pegar peso ?	() Sim	() Não	() Não Sabe
Realiza muitos exercícios repetitivos ?	() Sim	() Não	() Não Sabe
Já sentiu ou sente algum desconforto muscular ?	() Sim	() Não	() Não Sabe
No seu trabalho você sente dor ou desconforto nos braços ?	() Sim	() Não	() Não Sabe
No seu trabalho você sente dor ou desconforto nos pés ?	() Sim	() Não	() Não Sabe
No seu trabalho você sente dor ou desconforto nas costas ?	() Sim	() Não	() Não Sabe
No seu trabalho você sente dor ou desconforto no pescoço ?	() Sim	() Não	() Não Sabe
Quanto de esforço físico é exigido em seu trabalho	() Muito	() Pouco	() Não Sabe
Seu trabalho é monótono	() Sim	() Não	() Não Sabe

Além dos levantamentos quantitativos, teve-se como ideia a elaboração de uma pequena pesquisa qualitativa, onde através de três perguntas tentou-se enquadrar o local em estudo e verificar as ideias dos operadores e auxiliares.

O quadro 2 apresenta as perguntas feitas e as respostas captadas.

Tabela 2 : Questionário para levantamento de dados

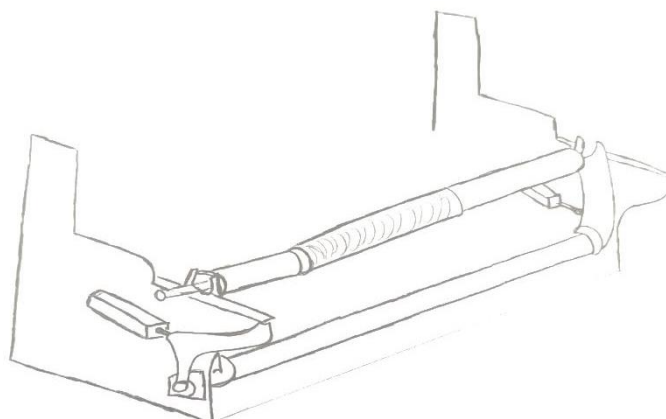
Qual a sua opinião a respeito da retirada da bobina da máquina ?	Cansativa
	É necessário pegar muito peso
	É preciso ter duas pessoas totalmente focadas, para não acontecer problemas.
	Perigoso
	Ruim, devido à posição.
	Já senti dores musculares (costas, ombros, braços e pescoço)
Como deveria ser o processo de retirada da bobina ?	Através de paleteiras
	Elaboração de um projeto automático
	Revezamento das pessoas para retirar
	Diminuição do peso da bobina
	Ter mais de duas pessoas para retirada da bobina
Na sua opinião, qual o pior momento do processo de extrusão ?	Retirada da bobina finalizada da máquina
	Quando há variação de espessura do material
	Alinhamento e dobras na bobina

5.2.5 Elaboração do Desenho Preliminares / Croqui

Conforme Norton (2004), o croqui de uma ideia é normalmente o ponto inicial de um projeto preliminar e detalhado, na qual poderá ser realizado a mão livre, porém sempre mantendo uma escala padronizada, com o intuito de demonstrar proporções geométricas mais realistas.

O esboço inicial da figura 16 possui a finalidade de demonstrar como será o desenvolver do projeto, além de nortear para os cálculos e bases das estruturas em estudo.

Figura 16 – Croqui inicial do sistema hidráulico e pneumático



Fonte: Autor (2022)

5.2.6 Elaboração dos desenhos técnicos preliminares.

A realização do detalhamento dos desenhos técnicos seguem as seguintes diretrizes das NBR's (Normas brasileiras regulamentadoras), conforme apresentado no quadro 3 a seguir:

Tabela 3 : NBR de Desenhos Técnicos

NBR	Descrição
NBR10067	Princípios gerais de representação em desenhos técnicos
NBR8403	Aplicação de linhas de escala
NBR16752	Folha de desenhos e dimensões
NBR8196	Emprego de escala
NBR13142	Dobramento e cópia
NBR10582	Apresentação de folha de desenho
NBR10126	Cotagem de desenho técnico

5.7 Cálculos das Estruturas do Mecanismo.

5.7.1 Dimensionamento dos Atuadores Hidráulicos

Para realizar o dimensionamento faz-se necessário analisar os esforços envolvidos, amplitude de deslocamento e tipo de montagem.

Os esforços em atuadores lineares aumentam quando sua haste está em expansão. Logo, se faz necessário definir a força de projeto (Fa) atribuída para efetuar a movimentação da carga.

Além disso, deve-se calcular a pressão de trabalho estimada (Ptb), na qual é composta pela pressão nominal, menos uma perda de carga estimada entre 10 a 15%.

Pressão de trabalho estimada

$$P_{tb} = P_N - (0,15 \cdot P_N) \quad (1)$$

Onde:

- P_{tb} = Pressão de trabalho estimada
- P_N = Pressão Nominal

Em seguida, é preciso calcular a força de avanço necessária para o pistão:

Força de Avanço do pistão

$$F_A = F_t \cdot \varphi \quad (2)$$

Onde:

- F_a = Força de avanço
- P_{tb} = Força peso
- φ = Fator de correção

Com tudo, é possível determinar a constante φ através do quadro 4 abaixo.

Tabela 4: Determinação da constante φ

Velocidade de deslocamento da haste do atuador	Exemplos	Fator de Correção φ
Lenta e carga aplicada somente no fim de curso	Operação de rebitagem	1,25
Lenta e carga aplicada em todo o desenvolvimento do curso	Talha pneumática	1,35
Rápida e com carga aplicada somente no fim de curso	Operação de estampagem	1,35
Rápida e com carga aplicada em todo o desenvolvimento do curso	Deslocamento de mesas	1,5
Situações gerais não descritas anteriormente	-	1,25

A seguir, é preciso calcular a área do cilindro do atuador hidráulico:

Cálculo da área do Cilindro

$$A_c = \frac{F_a}{P_{tb}} \quad (3)$$

Onde:

- A_c = Área do cilindro
- F_a = Força de avanço
- P_{tb} = Pressão de trabalho

Posteriormente, é preciso calcular o diâmetro interno do atuador hidráulico:

Diâmetro necessário do pistão

$$D_p = \sqrt{\frac{4 \cdot F_a}{\pi \cdot P_{tb}}} \quad (4)$$

Onde:

- D_p = Diâmetro do pistão/haste
- F_a = Força de avanço
- P_{tb} = Pressão de trabalho

Seguidamente, é fundamental recalcular a pressão de trabalho para adequar ao diâmetro do atuador:

Pressão de trabalho

$$P_{tb} = \frac{F_a}{\pi \cdot D_p^2} \quad (5)$$

Após a realização dos cálculos e chegada à um resultado final, será utilizado como base de escolha do atuador hidráulico a tabela disposta por Parker, conforme pode-se encontrar na seção 6.5.1 deste projeto.

5.7.2 Cálculo de Dimensionamento para Atuador Pneumático

Para realizar o dimensionamento do atuador desejado, faz-se necessário identificar a força de projeto (F_p) necessária para mover a carga.

Um dos pontos importantes para se destacar são os coeficientes de atrito, que se modificam de acordo com a aplicação, a natureza do material, o acabamento e até mesmo em relação à velocidade imposta.

Com isso, ao calcular a força de projeto essencial à operação, é preciso corrigir o valor multiplicando-o por um fator de correção ϕ , conforme apresentado no quadro 5 à seguir, com o intuito de determinar a verdadeira força de avanço ou retorno, além de apontar o diâmetro mínimo necessário do atuador.

Tabela 5: Determinação da constante φ

Velocidade de deslocamento da haste do atuador	Exemplos	Fator de Correção φ
Lenta e carga aplicada somente no fim de curso	Operação de rebitagem	1,25
Lenta e carga aplicada em todo o desenvolvimento do curso	Talha pneumática	1,35
Rápida e com carga aplicada somente no fim de curso	Operação de estampagem	1,35
Rápida e com carga aplicada em todo o desenvolvimento do curso	Deslocamento de mesas	1,5
Situações gerais não descritas anteriormente	-	1,25

Cálculo da Força de Projeto

$$Fp = Fa \cdot \varphi \quad (6)$$

Onde

- Fp = Força de projeto
- Fa = Força de avanço
- φ = Fator de correção

Cálculo da área do cilindro

$$Ac = \frac{Fa}{Pt} \quad (7)$$

Onde

- Ac = Área do cilindro
- Fp = Força de avanço ou força de projeto
- Pt = Pressão da linha

Cálculo do diâmetro do cilindro

$$Dc = 2 \cdot \sqrt{\frac{Ac}{\pi}} \quad (8)$$

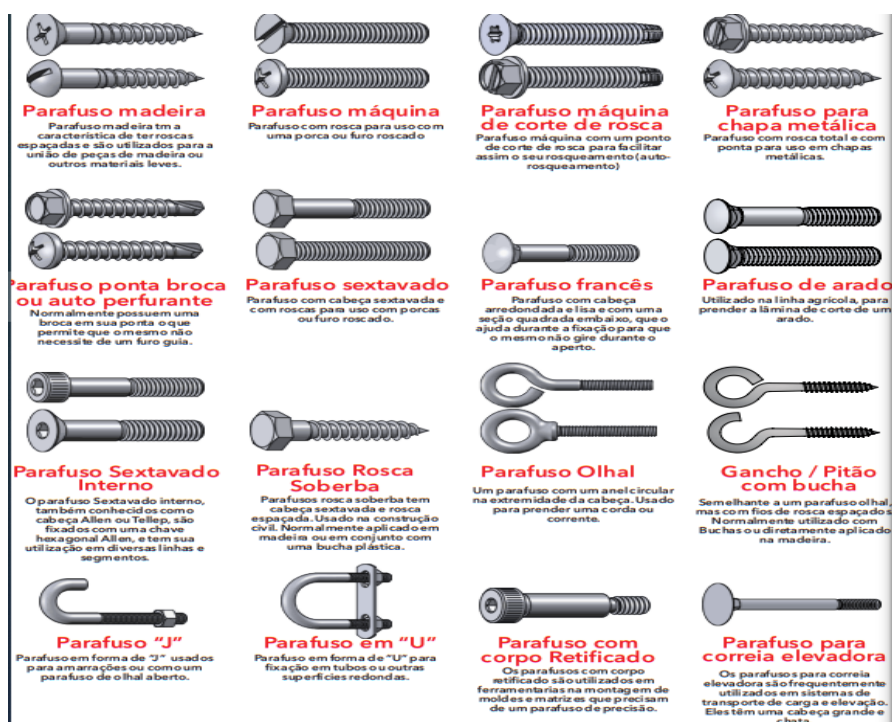
Conforme fora encontrado os resultados destes cálculos, utilizar-se-á como base de escolha do atuador pneumático a tabela disposta por Parker, conforme pode-se encontrar na seção 6.5.2 deste projeto.

5.7.3 Dimensionamento dos parafusos

Encarregados de unir peças e elementos mecânicos, os parafusos são elementos de fixação extremamente importantes ao caminhar do desenvolvimento de um projeto mecânico.

É possível identificar um parafuso através de seu diâmetro, passo do filete de rosca e formato da cabeça. A figura 17 a seguir demonstra alguns modelos de parafusos.

Figura 17: Modelos de parafusos



Fonte: Parafuso Fácil, online (2022)

Para que seja calculado o parafuso com diâmetro mínimo necessário para suportar a tensão de cisalhamento, tensão essa na qual se encontra na maioria dos parafusos desse projeto, será utilizado as equações a seguir:

Cálculo de tensão admissível

$$\tau_{adm} = \frac{F}{A} \quad (9)$$

Onde

- τ_{adm} = Tensão admissível [Mpa];
- F = Força [N];
- A = Área [mm²].

Manipulação da Equação 9 para determinação da área

$$A = \frac{F_s \cdot F}{\tau_{adm} \cdot N} \quad (10)$$

Na figura 18, encontra-se uma tabela na qual será obtido alguns valores determinantes para a realização dos cálculos dos parafusos.

Figura 18: Tabela de resistências dos Parafusos

Número de classe	Intervalo de diâmetro externo (mm)	Resistência mínima de prova (MPa)	Resistência mínima de escoamento (MPa)	Resistência mínima à tração (MPa)	Material
4.6	M5-M36	225	240	400	aço carbono, médio ou baixo
4.8	M1,6-M16	310	340	420	aço carbono, médio ou baixo
5.8	M5-M24	380	420	520	aço carbono, médio ou baixo
8.8	M3-M36	600	660	830	carbono médio, Q&T
9.8	M1,6-M16	650	720	900	carbono médio, Q&T
10.9	M5-M36	830	940	1040	baixo carbono, martensítico, Q&T
12.9	M1,6-M36	970	1100	1220	liga, Q&T

Fonte: Norton (2004)

5.7.4 Verificação da Tensão de Esmagamento

Conforme Norton (2004), no momento em que as forças não atuam em um mesmo plano, é possível que ocorra além do cisalhamento, tensões de esmagamento e flexão.

No caso da tensão de esmagamento, a mesma deve ser inferior a tensão admissível.

Tensão de esmagamento

$$\sigma_{esm} = \frac{F}{e \cdot \phi} \quad (11)$$

Onde

- σ_{esm} = Tensão de esmagamento [Mpa];
- e = Espessura da chapa [mm];
- A = Diâmetro do pino [mm].

5.8 Levantamento Financeiro das Peças

Em seguida, com todos os dados dos cálculos finalizados, será iniciada a fase de levantamento financeiro das peças e estruturas necessárias para a montagem do mecanismo.

Com o intuito de chegar aos valores mais acessíveis possíveis, será realizado orçamentos com no mínimo 3 fornecedores distintos e escolhido a peça ou mecanismo com o valor mais baixo.

5.9 Conclusão e Finalização do Projeto.

Após o acompanhamento e verificação dos dados de antes e depois da instalação do mecanismo, será dada finalização ao projeto e com isso, fazer-se-á a análise se fora boa ou não a implantação.

6. RESULTADOS E DISCUSSÕES

6.1 A Empresa

A empresa em estudo é uma fábrica do setor plástico, situada na cidade de Três Rios- RJ, que conta com apenas uma linha de produção, porém com vários processos.

O processo de extrusão, na qual ocupa cerca de 40% de todo o processo produtivo vem ganhando uma atenção maior, visto que a necessidade de melhora nos set up's e ergonomia têm diso um diferencial junto a concorrência.

Atualmente a planta localizada na cidade de Três Rios possui 8 máquinas extrusoras balão, sendo que apenas uma delas possui um mecanismo automático já instalado de fábrica. Visto que uma máquina mais moderna possui um valor a cima do projetado para aquisições, ideias inovadoras estão sendo estudadas e acolhidas pela gestão atual.

Para funcionamento do projeto do novo mecanismo, foram estimados o fluxo de produção, o equipamento, o desenvolvimento e cálculos das novas peças e os custos envolvidos, que serão apresentados nas seções abaixo.

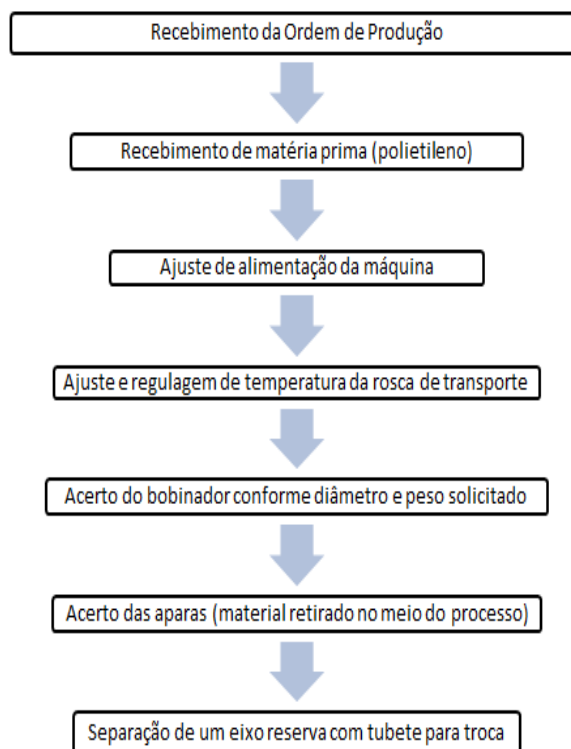
6.2 Processo Produtivo

De acordo com Adair e Murray (1996), a palavra processo designa a união de funções executadas em sequencia, com o propósito de gerar um resultado, que pode ser um bem, um serviço, dados ou informações.

Quando uma empresa não possui total conhecimento sobre seus processos, está sujeita a falhas, gargalos, retrabalhos e desperdícios como: tempo, mão de obra e matéria prima. Logo, fora realizado o mapeamento do processo da extrusão, objetivando estimar e documentar todos os elementos que compõem essa operação.

Abaixo, segue a descrição do processo de extrusão que tem como finalidade facilitar a compreensão em relação à realização das atividades:

Figura 19 – Fluxograma do Processo



Fonte: Autor (2022)

Além do levantamento de cada etapa do processo, foi realizado um levantamento dos tempos inseridos em cada fase, com o intuito de entender o que pode ser melhorado com a futura instalação deste mecanismo.

Na figura 20 encontra-se os tempos de cada processo específico.

Figura 20 – Tempo de Preparo de Acerto da Extrusora

Recebimento da O.P	1 minuto
Recebimento da Matéria Prima	2 minutos
Ajuste de Alimentação da Máquina	2 minutos
Ajuste e Regulagem de Temperatura da Rosca de Transporte	20 minutos
Acerto do Bobinador	11 minutos
Acerto das Aparas	4 minutos
Separação de um Eixo Reserva para Troca	4 minutos

Fonte: Autor (2022)

6.3 Pesquisas Realizadas

6.3.1 Pesquisa Quantitativa

Com o intuito de entender como estão os profissionais da área de extrusão através dos números, fora criado um questionário com o objetivo de elaborar uma pesquisa quantitativa.

Pesquisa essa na qual tem a função de medir opiniões, reações, sensações, hábitos e atitudes de um público alvo, através de uma amostra.

A seguir, encontra-se na tabela 1 o questionário utilizado com os colaboradores do setor de extrusão entre os dias 04/07/2022 à 15/07/2022.

Tabela 6 – Questionário realizado ao setor de Extrusão

Perguntas	Respostas
Como é sua postura de trabalho ?	☐ Satisfatória ☐ Insatisfatória ☐ Não Sabe
Precisa pegar peso ?	☐ Sim ☐ Não ☐ Não Sabe
Realiza muitos exercícios repetitivos ?	☐ Sim ☐ Não ☐ Não Sabe
Já sentiu ou sente algum desconforto muscular ?	☐ Sim ☐ Não ☐ Não Sabe
No seu trabalho você sente dor ou desconforto nos braços ?	☐ Sim ☐ Não ☐ Não Sabe
No seu trabalho você sente dor ou desconforto nos pés ?	☐ Sim ☐ Não ☐ Não Sabe
No seu trabalho você sente dor ou desconforto nas costas ?	☐ Sim ☐ Não ☐ Não Sabe
No seu trabalho você sente dor ou desconforto no pescoço ?	☐ Sim ☐ Não ☐ Não Sabe
Quanto de esforço físico é exigido em seu trabalho	☐ Muito ☐ Pouco ☐ Não Sabe
Seu trabalho é monótono	☐ Sim ☐ Não ☐ Não Sabe

O questionário a cima fora aplicado a um grupo de 51 pessoas entre operadores e auxiliares de extrusão e com isso, obtido os seguintes dados, conforme a tabela 2:

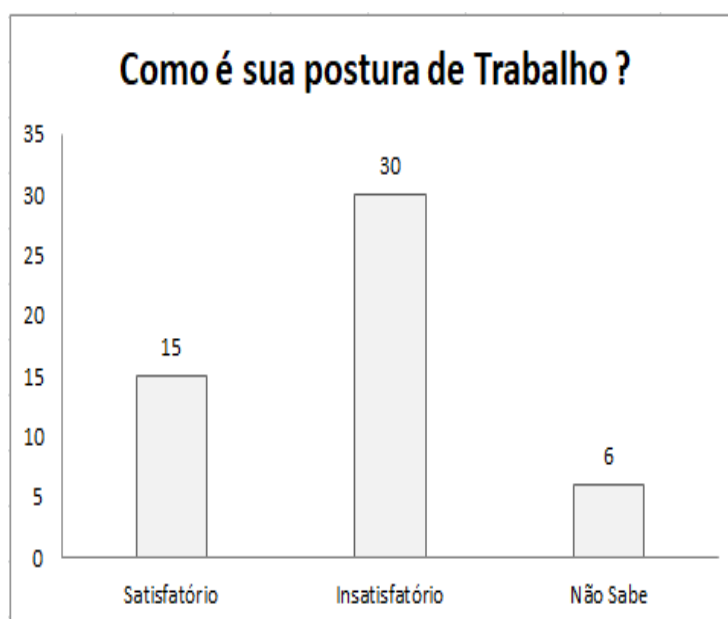
Tabela 7 – Apuração dos dados obtidos

	Sim	Não	Não Sabe
Precisa pegar peso ?	40	11	0
Realiza muitos exercícios repetitivos ?	12	29	10
Já sentiu ou sente algum desconforto muscular ?	41	10	0
No seu trabalho você sente dor ou desconforto nos braços ?	33	18	0
No seu trabalho você sente dor ou desconforto nos pés ?	5	38	8
No seu trabalho você sente dor ou desconforto nas costas ?	39	10	2
No seu trabalho você sente dor ou desconforto no pescoço ?	3	48	0
Seu trabalho é monótono ?	24	24	3

Através da primeira pesquisa realizada é notório que o serviço executado no setor estudado possui uma exigência elevada em relação ao peso e que mais de 80% dos entrevistados reclamaram de dores em alguma parte do corpo.

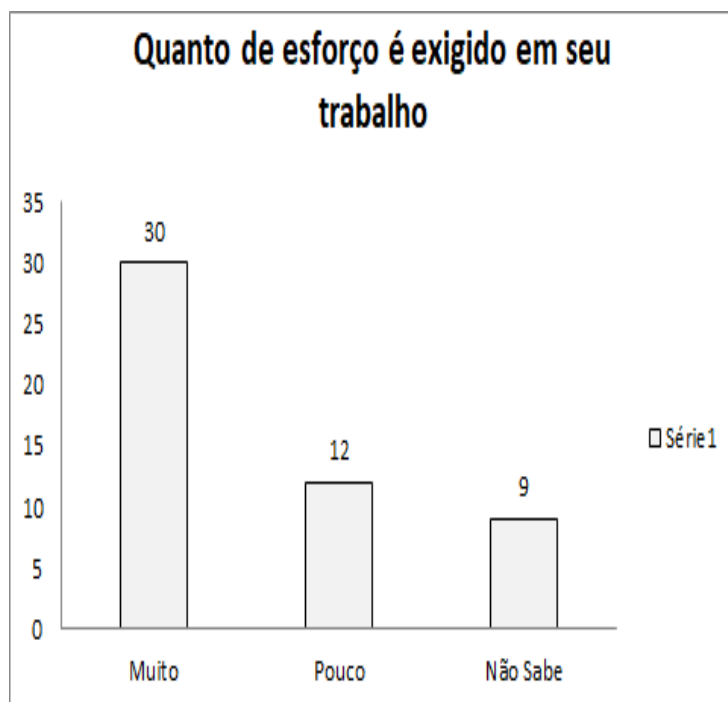
Logo, junto aos dados a cima, é possível visualizar no gráfico 1 que mais de 50% da população entrevistada reclamam da postura no local de trabalho.

Gráfico 1 – Satisfação de postura no local de trabalho



Além de entender como está a satisfação dos colaboradores em relação à postura, teve como necessidade o entendimento sobre esforço físico realizado no processo de extrusão do plástico, visto que o projeto visa uma melhora nessas duas áreas. Com isso, é possível observar no gráfico 2 os seguintes dados.

Gráfico 2 – Grau de esforço exigido no posto de trabalho



Através do segundo gráfico, pode-se observar que a questão voltada à ergonomia se encontra com uma precariedade, uma vez que mais da metade dos funcionários relatam um esforço grande, além de posturas inadequadas ao realizarem determinado trabalho.

6.3.2 Pesquisa Qualitativa

Pesquisa essa na qual tem como finalidade entender as percepções, comportamentos, motivações e atitudes de um grupo envolvido. Esse método não fornece estatísticas e/ou números, entretanto, responde perguntas como: por que ou como resolver um problema.

Logo, com o intuito de entender os pensamentos e vontades dos

colaboradores do setor de extrusão, fora elaborado três perguntas abertas e voltadas para o setor em estudo. A seguir é possível verificar na tabela 3, as perguntas e um resumo das respostas obtidas pelos colaboradores.

Tabela 8 – Pesquisa Qualitativa

Qual a sua opinião a respeito da retirada da bobina da máquina ?	Cansativa
	É necessário pegar muito peso
	É preciso ter duas pessoas totalmente focadas, para não acontecer problema
	Perigoso
	Ruim, devido a posição.
	Já senti dores musculares (costas, ombros, braços e pescoço)
Como deveria ser o processo de retirada da bobina ?	Através de paleteiras
	Elaboração de um projeto automático
	Revesamento das pessoas para retirar
	Diminuição do peso da bobina
	Ter mais de duas pessoas para retirada da bobina
Na sua opinião, qual o pior momento do processo de extrusão ?	Retirada da bobina finalizada da máquina
	Quando há variação de espessura do material
	Alinhamento e dobras na bobina

Após a verificação das respostas e entender que o problema realmente se encontra no local em estudo e verificar que fora levantado ideias de melhoria nesse processo, certica-se que o projeto em desenvolvimento vai ao encontro dos pensamentos dos colaboradores.

6.4 Elaboração dos Desenhos Técnicos Preliminares

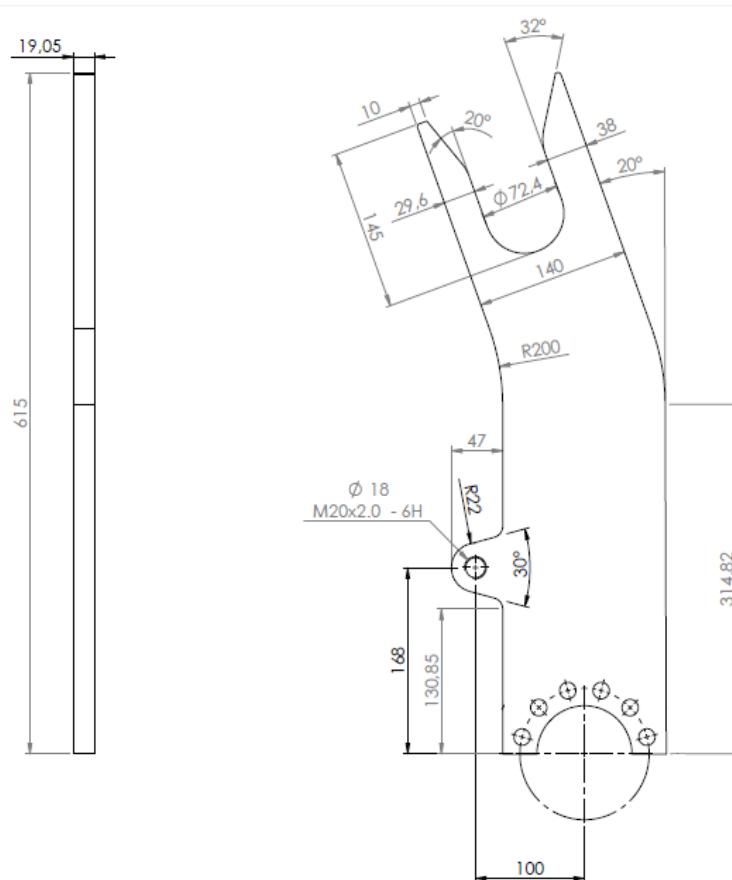
Para satisfazer a proposta deste projeto, elaborou-se desenhos em 2D e desenhos tridimensionais (protótipo), por meio de dois softwares desenvolvedores de desenhos: Auto Cad e SolidWorks, na qual certificou-se através de pequenas simulações as melhores formas geométricas para desenvolvimento do mecanismo.

Na figura 21 encontrasse o braço do tensionador da bobina, elemento

fundamental do projeto e na imagem seguinte (22) pode-se ver o braço elevador da bobina. As figuras 23 e 24 são os desenvolvimentos finais de como deverá ser o projeto final.

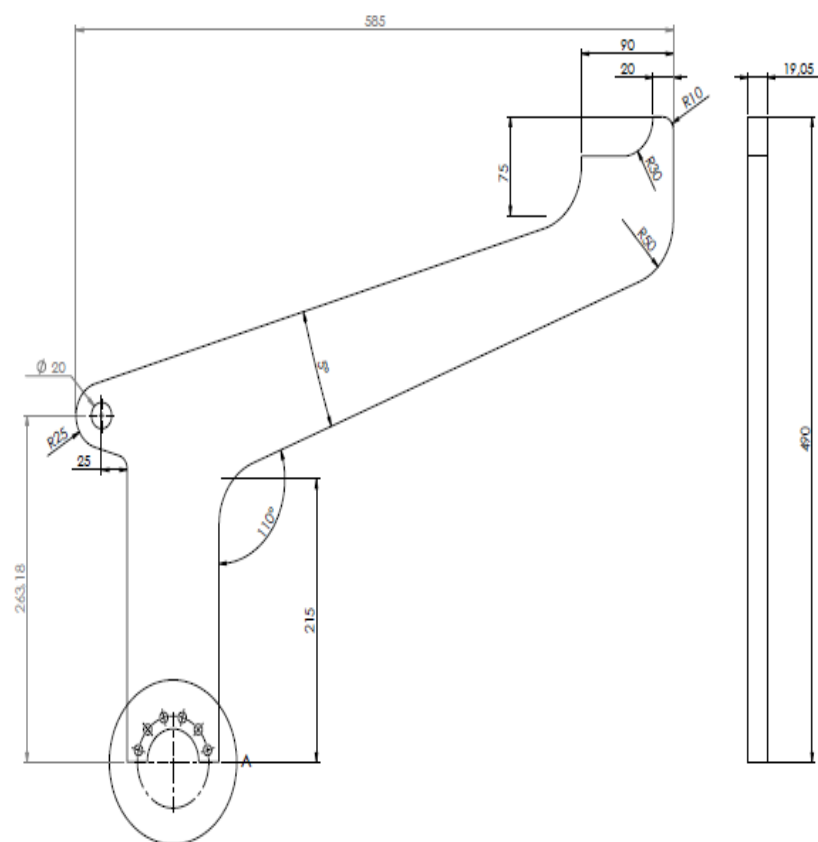
Além dos dois desenhos em 2D e dos desenhos em 3D a baixo, é possível encontrar no final deste projeto um apêndice com todas as peças necessárias para construção do mecanismo.

Figura 21 – Braço do Tensionador da Bobina



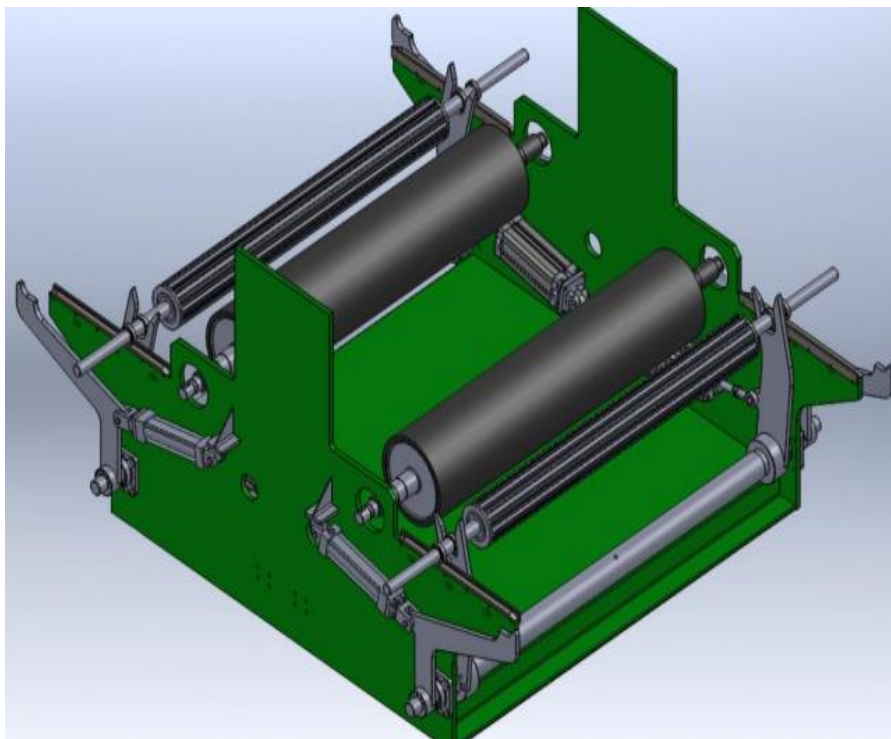
Fonte: Autor (2022)

Figura 22 – Braço do Elevador da Bobina



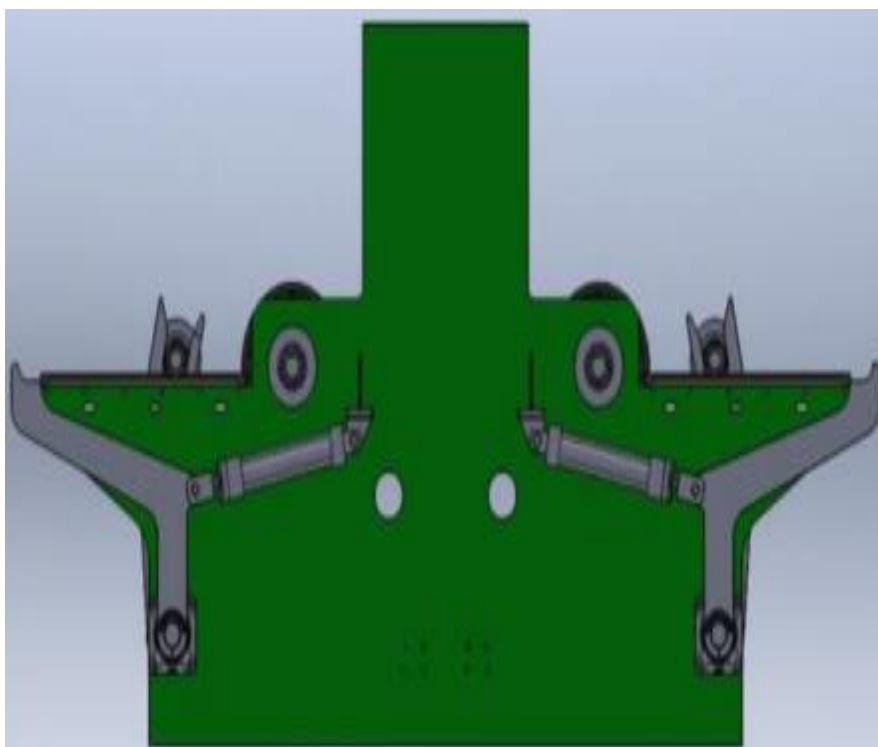
Fonte: Autor (2022)

Figura 23 – Protótipo Virtual



Fonte: Autor (2022)

Figura 24 – Vista Lateral do Protótipo Virtual



Fonte: Autor (2022)

6.5 Cálculos das Estruturas do Mecanismo

6.5.1 Cálculo do atuador hidráulico necessário para o projeto

As máquinas em estudo produzem bobinas de no máximo 300 kg, somando a massa dos eixos expansivos que possuem 80 kg aproximadamente, chegam a operar com 380 kg.

Visto que o sistema é formado por atuadores duplos um no lado operacional e outro no lado não operacional da máquina, pode-se dividir a massa por dois:

Equação (9) - Força peso

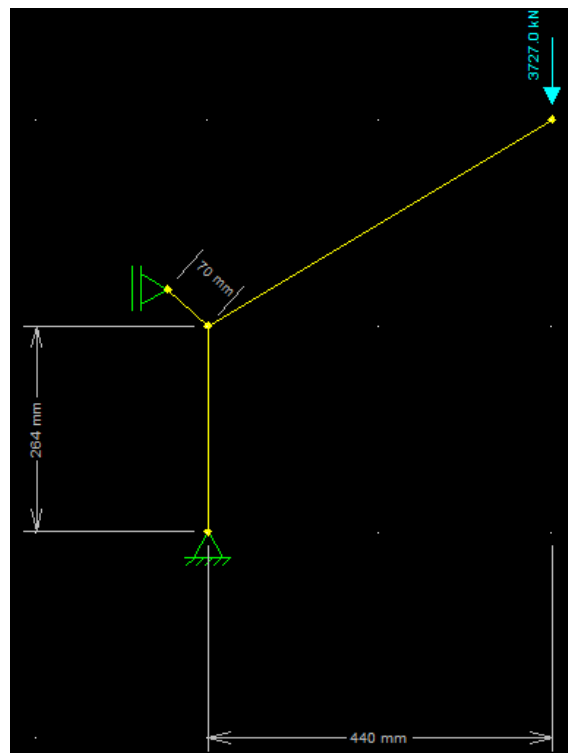
$$\text{Força peso} = 380\text{kg} \cdot 9.81\text{m/s}^2$$

$$\text{Força peso} = 3727,8 \text{ N}$$

$$\text{Força peso} = \mathbf{3,727 \text{ kN}}$$

(12)

Diagrama 1: Aplicação da força peso do atuador hidráulico



Fonte: Autor (2022)

Visto que através dos cálculos encontramos uma força de aproximadamente 3727 KN, tornasse possível dar início ao dimensionamento do atuador hidráulico. De modo que a empresa possui uma bomba que fornece ao sistema uma pressão por volta de 7,5 bar ou 108,77 psi.

Pressão de trabalho estimada

$$\begin{aligned} P_{tb} &= P_N - (0,15 \cdot P_N) \\ P_{tb} &= 7,5 - (0,15 \cdot 7,5) \\ \mathbf{P_{tb} \cong 6,4 \text{ bar}} \end{aligned} \quad (13)$$

Cálculo da Força de avanço

$$\begin{aligned} F_A &= F_t \cdot \varphi \\ F_A &= 3,7278 \text{ KN} \cdot 1,35 \\ \mathbf{F_A = 5032,53 \text{ N}} \\ \mathbf{F_A = 5,03 \text{ KN}} \end{aligned} \quad (14)$$

Cálculo da Área do Cilindro

$$\begin{aligned} A_c &= \frac{F_A}{P_{tb}} \\ A_c &= \frac{5,03 \text{ KN}}{92,45 \text{ psi}} \\ \mathbf{A_c = 785,9 \text{ mm}^2} \end{aligned} \quad (15)$$

Diâmetro necessário da Haste/Pistão

$$\begin{aligned} D_p &= \sqrt{\frac{4 \cdot F_A}{\pi \cdot P_{tb}}} \\ D_p &= \sqrt{\frac{4 \cdot 5,03 \times 10^3}{\pi \cdot 6,4}} \\ \mathbf{D_p \cong 31,6 \text{ mm}} \end{aligned} \quad (16)$$

De acordo com o resultado obtido, pode-se encontrar através da tabela 4, de diâmetros de Parker, o atuador necessário.

Tabela 9 - Diâmetros comerciais de atuadores hidráulicos

Ø do cilindro	Haste nº	MM Ø da haste	Estilo 4		Estilo 7		Estilo 9		B f9	D	NA	VE	WF	Apenas montagem JJ			
			KK	A	KK	A	KF	A						VL min.	RD f8	VJ	FJ
25	1	12	M10x1,25	14	-	-	M8x1	14	24	10	11	16	25	3	38	6	10
	2	18	M14x1,5	18	M10x1,25	14	M12x1,25	18	30	15	17	16					
32	1	14	M12x1,25	16	-	-	M10x1,25	16	26	12	13	22	35	3	42	12	10
	2	22	M16x1,5	22	M12x1,25	16	M16x1,5	22	34	18	21	22					
40	1	18	M14x1,5	18	-	-	M12x1,25	18	30	15	17	16	35	3	62	6	10
	2	28	M20x1,5	28	M14x1,5	18	M20x1,5	28	42	22	26	22				12	
50	1	22	M16x1,5	22	-	-	M16x1,5	22	34	18	21	22				6	
	2	36	M27x2	36	M16x1,5	22	M27x2	36	50	30	34	25	41	4	74	9	16
	3	28	M20x1,5	28	M16x1,5	22	M20x1,5	28	42	22	26	22				6	
63	1	28	M20x1,5	28	-	-	M20x1,5	28	42	22	26	22	48	4	75	6	
	2	45	M33x2	45	M20x1,5	28	M33x2	45	60	39	43	29			88	13	16
	3	36	M27x2	36	M20x1,5	28	M27x2	36	50	30	34	25				9	
80	1	36	M27x2	36	-	-	M27x2	36	50	30	34	25	51	4	82	5	
	2	56	M42x2	56	M27x2	36	M42x2	56	72	48	54	29			105	9	20
	3	45	M33x2	45	M27x2	36	M33x2	45	60	39	43	29					
100	1	45	M33x2	45	-	-	M33x2	45	60	39	43	29	57	5	92	7	
	2	70	M48x2	63	M33x2	45	M48x2	63	88	62	68	32			125	10	22
	3	56	M42x2	56	M33x2	45	M42x2	56	72	48	54	29				7	
125	1	56	M42x2	56	-	-	M42x2	56	72	48	54	29	57	5	105	9	20
	2	90	M64x3	85	M42x2	56	M64x3	85	108	80	88	32			150	10	22
	3	70	M48x2	63	M42x2	56	M48x2	63	88	62	68	32					
160	1	70	M48x2	63	-	-	M48x2	63	88	62	68	32	57	5	125	10	22
	2	110	M80x3	95	M48x2	63	M80x3	95	133	100	108	32			170	7	25
	3	90	M64x3	85	M48x2	63	M64x3	85	108	80	88	32					
200	1	90	M64x3	85	-	-	M64x3	85	108	80	88	32	57	5	150	10	22
	2	140	M100x3	112	M64x3	85	M100x3	112	163	128	138	32			210	7	25
	3	110	M80x3	95	M64x3	85	M80x3	95	133	100	108	32					

Fonte: Cilindros Parker

De acordo com a tabela a cima e em vista aos cálculos realizados, tomasse como base o cilindro com diâmetro de 50mm e haste de 36mm de diâmetro conforme o cálculo (16).

Logo, é necessário recalcular a pressão de trabalho.

Pressão de trabalho Recalculada.

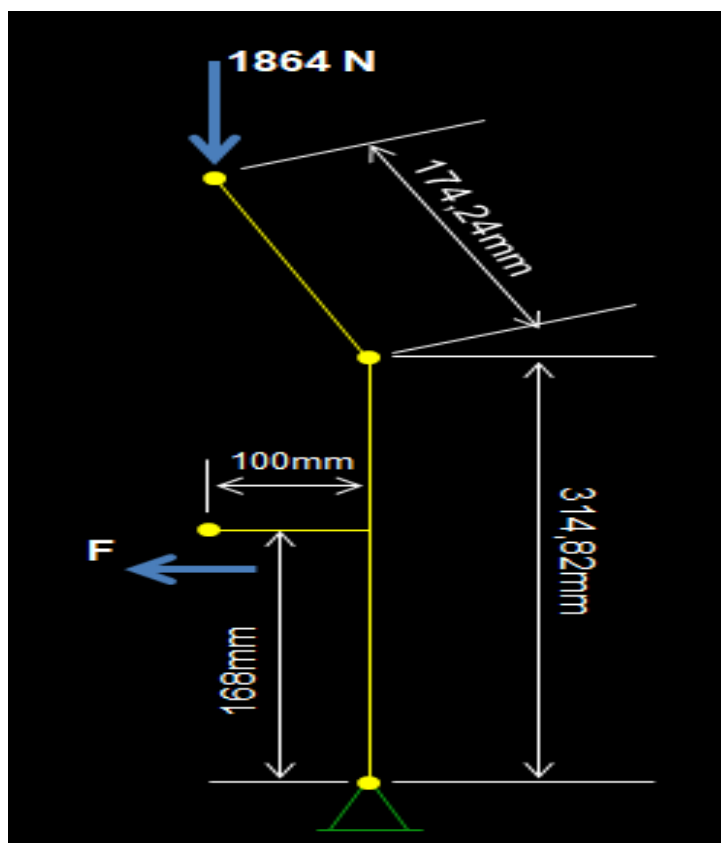
$$P_{tb} = \frac{F_a}{\pi \cdot D_p^2}$$

$$P_{tb} = \frac{5,03 \text{ KN}}{\pi \cdot 31,6^2 \text{ mm}}$$

$$P_{tb} = 1,6 \text{ bar} \quad (17)$$

6.5.2 Cálculo do Atuador Pneumático Necessário para o Projeto

Diagrama 2: Aplicação da força peso do atuador pneumático



Fonte: Autor (2022)

Para determinarmos a força de projeto necessária, iremos multiplicar a força de avanço pela segunda linha da tabela de fator de correção (Lenta e carga aplicada em todo o desenvolvimento do curso), logo:

Cálculo da Força de Projeto

$$Fp = Fa \cdot \varphi$$

$$Fp = 1864 \cdot 1,35$$

$$Fp = 2515,05 \text{ N}$$

$$Fp = 2,515 \times 10^3 \text{ KN}$$

(18)

Posteriormente, será obtido a área interna necessário do atuador pneumático. Entretanto, é necessário saber a pressão de ar da linha na fábrica em estudo. Nesse caso a pressão está entre 7,5 bar ou 7,64 kgf/cm².

Cálculo da área do cilindro

$$A_c = \frac{F_a}{P_t}$$

$$A_c = \frac{2,515 \times 10^3 \text{ N}}{7,5 \text{ bar}} \quad (19)$$

$$\mathbf{A_c = 335,34 \text{ mm}^2}$$

Cálculo do diâmetro da haste/êmbolo

$$D_c = 2 \cdot \sqrt{\frac{A_c}{\pi}}$$

$$D_c = 2 \cdot \sqrt{\frac{335,34}{\pi}} \quad (20)$$

$$\mathbf{D_c = 20 \text{ mm}}$$

De acordo com os resultados obtidos, pode-se encontrar através da tabela 5, de diâmetros, o atuador necessário.

Tabela 10 – Dimensionamento de cilindros pneumáticos

Ø cilindro	Ø haste	Área cm ²	Pressão (bar)	Força máxima teórica em Newton (N)									
				1,0	2,0	3,0	4,0	5,0	6,0	7,0	8,0	9,0	10,0
32	12	8,0	Avanço	80	161	241	322	402	483	563	643	724	804
		6,9	Retorno	69	138	207	276	346	415	484	553	622	691
40	16	12,6	Avanço	126	251	377	503	628	754	880	1005	1131	1257
		10,6	Retorno	106	212	318	424	530	636	742	848	954	1060
50	20	19,6	Avanço	196	393	589	785	982	1178	1374	1571	1767	1963
		16,5	Retorno	165	330	495	660	825	990	1155	1319	1484	1649
63	20	31,2	Avanço	312	623	935	1247	1559	1870	2182	2494	2806	3117
		28,0	Retorno	280	561	841	1121	1402	1682	1962	2242	2523	2803
80	25	50,3	Avanço	503	1005	1508	2011	2513	3016	3519	4021	4524	5027
		45,4	Retorno	454	907	1361	1814	2268	2721	3175	3629	4082	4536
100	25	78,5	Avanço	785	1571	2356	3142	3927	4712	5498	6283	7069	7854
		73,6	Retorno	736	1473	2209	2945	3682	4418	5154	5890	6627	7363
125	32	122,7	Avanço	1227	2454	3682	4909	6136	7363	8590	9817	11045	12272
		114,7	Retorno	1147	2294	3440	4587	5734	6881	8027	9174	10321	11468

Fonte: Cilindros Parker

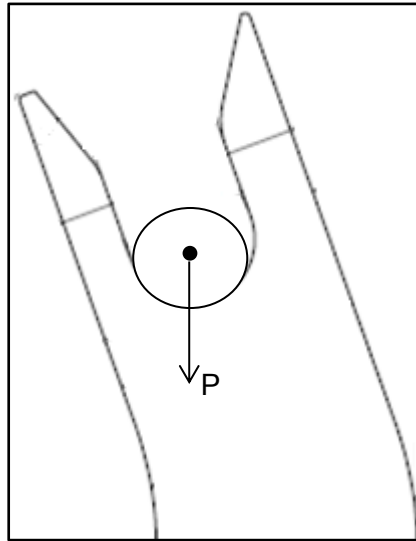
De acordo com a tabela a cima e em vista aos cálculos realizados, tomasse como base o cilindro/êmbolo com diâmetro de 50mm e haste de 20mm de diâmetro conforme o cálculo (20).

6.5.3 Cálculo da Espessura Necessária do Braço Tensionador da Bobina

Primeiramente fora realizado os cálculos de decomposição das forças exercidas no braço tensionador, a fim de levantar onde estará o maior esforço, como pode-se ver na figura 25.

Em seguida iniciou-se os cálculos de momentos encontrados na barra, com o intuito de utilizar o resultado para encontrar a espessura necessária para que a barra utilizada suporte o peso total.

Figura 25 – Decomposição das forças no braço tensionador



Fonte: Autor (2022)

Em continuação, foi necessário calcular a tensão de cisalhamento, através do valor de tensão de escoamento, com o intuito de que não tenha um rompimento do material, caso chegue na tensão calculada. Além de encontrar a área adequada para suportar o peso do eixo com a bobina.

Para que seja realizado os cálculos, foi escolhido o aço 1020 como base de estudo, visto que o mesmo possui um valor de mercado mais baixo e propriedades que satisfazem o projeto.

Cálculo da tensão de Cisalhamento

$$\begin{aligned}\tau_{1020} &= 0,6 \cdot \sigma_r \\ \tau_{1020} &= 0,6 \cdot 430 \text{ MPa} \\ \tau_{1020} &= 258, \text{ MPa}\end{aligned}\tag{21}$$

Cálculo da tensão Admissível

$$\tau_{Adm} = \frac{\tau_{cis}}{F_s}\tag{22}$$

$$\tau_{Adm} = \frac{258 \text{ MPa}}{5}$$

$$\tau_{Adm} = 51,6 \text{ MPa}$$

Cálculo da Espessura necessária do Braço Tensionador

$$\tau_{Adm} = \frac{N}{A}$$

$$A = \frac{N}{\tau_{Adm}}$$

$$b \cdot h = \frac{N}{\tau_{Adm}}$$

$$0,0724 \cdot h = \frac{3727 \text{ N}}{51,6 \cdot (1000) \cdot (1000)} \quad (25)$$

$$0,0724 \cdot h = \frac{3727 \text{ N}}{51600000 \text{ N}}$$

$$15 \text{ mm} \cdot h = 72,22 \text{ mm}^2$$

$$\mathbf{h \cong 5 \text{ mm}}$$

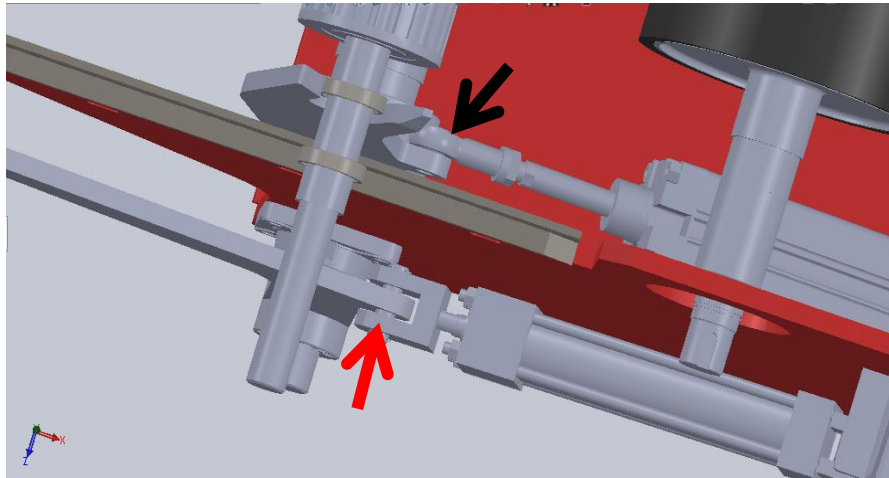
Com o intuito de comprovar a eficácia do projeto através dos cálculos, encontrou-se que a espessura mínima para que o braço tensionador suporte o peso da estrutura é de 5mm. Logo, será adotado como base da estrutura uma chapa de aço 1020 com espessura de 3/4" (19,05mm).

6.5.4 Dimensionamento dos Parafusos

Para o cálculo dos parafusos que serão utilizados nos braços tensionadores e elevadores, foi empregado a máxima força presente nos mesmos.

A figura 26 a seguir demonstra a posição do parafuso.

Figura 26 – Parafuso dos braços tensionadores e elevadores



Fonte: Autor (2022)

Tabela 11 – Valores para o Cálculo do Diâmetro dos Parafusos

Descrição	Nomenclatura	Valor	Unid. De Medida	Referência
Força	F	$2,515 \times 10^3$	KN	Equação 21
Fator de Segurança	Fs	5	-	Definição do Projeto
Tensão	τ	240	MPa	Figura 16
Número de Parafusos	Nº	1	-	Definição do Projeto

Cálculo da área do parafuso do braço extensor e bobinador que fixão os cilindros pneumáticos e hidráulicos

$$A = \frac{Fs \cdot F}{N^\circ \cdot \tau}$$

$$A = \frac{5 \cdot 2,515 \times 10^3}{1 \cdot 240} \quad (26)$$

$$A \cong 52,4 \text{ mm}$$

Onde

- F_s = Fator de segurança;
- F = Força [N];
- N° = Quantidade de parafusos;
- τ = Tensão de escoamento

Cálculo do diâmetro do parafuso do braço extensor e bobinador

$$A = \pi \cdot r^2$$

$$52,4 = \pi \cdot r^2$$

$$r^2 = 16 \quad (27)$$

$$r \cong 4,1mm$$

$$d = 8,2mm$$

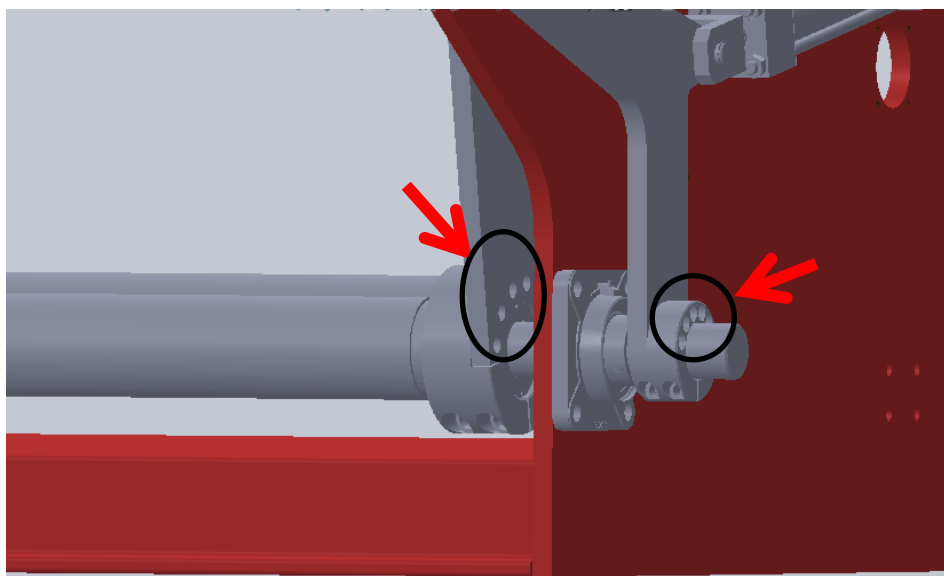
Obs1.: Através dos cálculos, é possível determinar que os parafusos que fazem a ligação dos atuadores com os braços extensores e bobinadores necessitam ter diâmetro maior do que 8,2mm.

6.5.5 Dimensionamento dos Parafusos

Para o cálculo dos parafusos que serão utilizados nos braços tensinadores e elevadores que serão fixados nos eixos, fora empregado a máxima força presente nos mesmos.

A figura 27 a seguir demonstra as posições dos parafusos.

Figura 27 – Parafusos dos braços tensionadores e elevadores fixados no eixo



Fonte: Autor (2022)

Tabela 12 – Valores para o Cálculo do Diâmetro dos Parafusos

Descrição	Nomenclatura	Valor	Unid. De Medida	Referência
Força	F	$3,727 \times 10^3$	KN	Equação 9
Fator de Segurança	Fs	5	-	Definição do Projeto
Tensão	τ	240	MPa	Figura 16
Número de Parafusos	Nº	6	-	Definição do Projeto

Cálculo da área do parafuso do braço extensor e bobinador que fixão nos eixos

$$A = \frac{Fs \cdot F}{N^\circ \cdot \tau}$$

$$A = \frac{5 \cdot 3,727 \times 10^3}{6 \cdot 240}$$

$$A \cong 13, \text{mm}^2$$
(28)

Cálculo do diâmetro do parafuso do braço extensor e bobinador

$$A = \pi \cdot r^2$$

$$13 = \pi \cdot r^2$$

$$r^2 = 4,13 \tag{29}$$

$$r \cong 2,1mm$$

$$d = 4,1mm$$

Obs1.: Através dos cálculos, é possível determinar que os parafusos que fazem a ligação dos braços extensores e bobinadores com o eixo, necessitam ter diâmetro maior do que 4,1mm.

6.6 Levantamento Financeiro das Peças

Em concordância com os parâmetros encontrados através dos cálculos e feedbacks de profissionais da empresa em estudo, iniciou-se os estudos financeiros necessários, junto à fornecedores, para a apresentação do custo final do projeto.

Na tabela a seguir, é possível visualizar cada peça, equipamento ou mecanismo adquirido.

Tabela 13 – Levantamento financeiro das peças

Item	Quantidade	Preço unitário(R\$)	Preço total (R\$)
Barra quadrada 2"x2", comprimento 650mm	4	R\$ 137,2	R\$ 548,8
Barra redonda Ø 4", comprimento 250mm	1	R\$ 157,9	R\$ 157,9
Barra redonda Ø 6", comprimento 350mm	1	R\$ 679,29	R\$ 679,29

Barra redonda trefilada ABNT1020, Ø40mm, comprimento 3300mm	4	R\$ 792,00	R\$ 3168,00
Barra redonda trefilada ABNT1020, Ø50mm, comprimento 3250mm	2	R\$ 534,00	R\$ 1068,00
Tubo mecânico Ø ext. 95mm e Ø int. 51mm, comprimento 2600mm	2	R\$ 2930,5	R\$ 5861,00
Chapa ¾ do braço elevador	4	R\$ 155,5	R\$ 622,00
Chapa ¾ do braço tensionador	4	R\$ 369,00	R\$ 1476,00
Mancal SKF FYJ 50 TF	4	R\$ 537,68	R\$ 2150,72
Rolamento SKF/NSK 6008ZZ	32	R\$ 36,00	R\$ 1152,00
Rolamento UC 50	4	R\$ 117,00	R\$ 468,00
Rolamento 6910ZZ	8	R\$ 48,00	R\$ 384,00
Mini central hidráulica 1,7cm ³	2	R\$ 1100,00	R\$ 2200,00
Motor elétrico 2cv	2	R\$ 2348,75	R\$ 4697,5,00
Cilindro hidráulico 50mm	4	R\$ 1970,00	R\$ 7880,00
Ponteira rotular	8	R\$ 167,00	R\$ 1336,00
Cilindro Pneumático 50mm	4	R\$ 790,00	R\$ 3160,00
Parafusos	80	R\$ 15,9	R\$ 1272,00
TOTAL			R\$ 38.281,21

7. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O objetivo geral do projeto foi desenvolver e dimensionar um sistema hidráulico e pneumático, com o intuito de melhorar a ergonomia dos colaboradores e reduzir o tempo de set-up das máquinas extrusoras de plástico. O desenvolvimento iniciou-se através de pesquisas em artigos, livros, teses e projetos.

A princípio fora desenvolvido um croqui com a ideia inicial de melhoria, a fim de facilitar a correção e entender os pontos para melhora. Após essa fase, foi realizado um acompanhamento junto com pesquisas para entender as reais necessidades e problemas que deverão ser aperfeiçoados.

Ao realizar os cálculos foi constatado que alguns componentes precisavam ser redimensionados, logo, houve um aumento na estrutura como um todo. Através das equações descritas no projeto, foi comprovado que os componentes mecânicos estão isentos de falhas. Além de todo sistema hidráulico e pneumático, na qual também foram analisados e comprovados suas eficiências. Com isso, o mecanismo possui completa condição de fabricação.

Os desenhos técnicos foram produzidos por programas como: SolidWorks e AutoCad e relatam os detalhes das peças e as montagens dos componentes. Os mesmos podem ser encontrados no apêndice A deste trabalho.

Após todo o desenvolvimento, chegou-se aos parâmetros desejados do mecanismo. O sistema hidráulico e pneumático possui capacidade de operar com uma bobina de até 300 kg sem afetar a estrutura dimensionada. Para trabalhos que necessitam retirar bobinas a cima desse valor, será necessário refazer os cálculos com a mudança da massa total.

Buscando sempre manter qualidade e um preço acessível, todos os componentes do mecanismo foram orçados com pelo menos três fornecedores distintos de cada material, chegando a um valor final de R\$ 38.281,21. Sendo assim, se adequando ao orçamento da empresa e satisfazendo as ideias dos gerentes de manutenção e gerente da planta.

Além da busca por valores acessíveis, pode-se citar que os tempos gastos de set-up e produção em relação ao antigo sistema manual terá uma queda de aproximadamente de 3 à 5 minutos e não necessitará de auxiliares para a retirada do eixo finalizado nem a colocação de um eixo vazio. Chegando então a mais um

ponto inicial do projeto, que é a melhoria da ergonomia no processo em estudo.

Portanto, o objetivo inicial do projeto foi alcançado. Demonstrando um sistema não muito complexo, de valor acessível e com diminuição extrema das posturas irregulares dos auxiliares.

7.1 Sugestões de Melhoria

Assim como há uma evolução no mercado de trabalho, as máquinas e equipamentos também necessitam de uma melhoria constante. Com esse foco, será proposto como sugestões de aperçoamento:

- Dimensionar uma estrutura para suportar bobinas com maior peso, através dos cálculos utilizados.
- Estudo para redução do custo de produção.

8. REFERÊNCIAS

ABRAHÃO, J.; SZNELWAR, L. I.; SILVANO, A.; SAMET, M.; PINHO, D. **Introdução à Ergonomia**. 1.ed. São Paulo: Blucher, 2009.

ADAMS, M. J.; DOLIN, P. **Printing Technology**. New York: Delmar Publishers, 2008

CARDOSO JÚNIOR, M. M. **Avaliação Ergonômica: Revisão dos Métodos para Avaliação Postura**. Revista Produção Online, v.36, 2006.

CARVALHO, Paulo César Oliveira. **Resistência dos Materiais**. 2. ed. Niterói: Universoead, 2018. 162 p.

COUTO, Hudson de Araújo – **Ergonomia Aplicada ao Trabalho em 18 Lições** – Belo Horizonte: Ergo, 2002.

Davidow, H. W., & Malone, M. S. (1992). **The Virtual Corporation**. New York: Harper Collins.

DORNELES, Viviane; MUGGE, Tobias. **Pneumática Básica**. Rio Grande do Sul: Academia, 2008. 48 p.

DUARTE, Claudia. **Estrutura Analítica do Projeto (EAP)** – Work Breakdown Structure (WBS). Avellar e Duarte Consultoria e Design, 2010. Disponível em: <<http://www.avellareduarte.com.br/projeto/planejamento/planejamento5/planejamento5.htm>>
Acesso em: 25 de Agosto de 2022

DUL, Jan; WEERDMEESTER, Bernard. **Ergonomia Prática**: 3ª edição revista e ampliada. Tradução de Itiro Iida. 3. ed. 4ª reimpressão. São Paulo: Edgard Blücher, 2016.

FONSECA, A. J. H. **Sistematização do processo de obtenção das especificações de projeto de produtos industriais e sua implementação computacional**. 2000. 199 f. Tese (Doutorado em Engenharia Mecânica)–UFSC, Florianópolis, 2000.

GAMAG. **Sistema de Controle Automático de Espessura**. Bahia: Gamag, 2012.

Hagerdorn, C., & Weißhuhn, S. (1995). **Best Practices in Total Quality**. ESTIEM.

Hibbeler, R.C. – **Resistência dos Materiais**, 7 .ed. São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2010.

IIDA, Itiro. **Ergonomia Projeto e Produção**. 2a edição revisada e ampliada. São Paulo: Blucher, 2005.

KROEMER, K.H.E. & GRANDJEAN, E. – **Manual de Ergonomia: Adaptando o Trabalho ao Homem** - 5ª ed. Porto Alegre: Bookman, 2005.

MARCONI, Marina de Andrade; LAKATOS, Eva Maria. **Técnicas de pesquisa**. 5. ed. São Paulo: Atlas, 2002.

NORTON, Robert L.. **Projeto de máquinas: uma abordagem integrada**. 2. ed. Porto Alegre: Bookman, 2004.

PAHL, Gerhard; BEITZ, Wolfgang; FELDHUSEN, Jörg; GROTE, Karl-Heinrich. **Projeto na Engenharia**. São Paulo: Editora Edgard Blücher Ltda. 2005.

PALMIERI, Antônio Carlos. **Manual de hidráulica básica**. Porto Alegre, Albarus, 1997.

PREDRASSOLI, J.; SILVA, J.C.T. da; FERREIRA, D. **Análise de aspectos tecnológicos das empresas e sua relação com o meio ambiente**. VIII Simpósio de Engenharia de Produção (SIMPEP), Anais ... Bauru : SP, 12 a 14 de novembro de 2001.

RAUWENDAAL, Chris, Dr. **Polymer Extrusion** – 5ª. Edition. HANSER, 2014, Auburn - California, USA. dc.; 23.

ROOZENBURG, N. F. M.; EEKELS, J. Product design: **fundamentals and methods**. Chichester: Wiley, 1995.

SALOTO, E. G.; CALARGE, F. A. **Troca Rápida de Ferramentas**: estudo de casos em diferentes segmentos industriais. *Exacta*, p. 283-296, v. 6, n°2, 2008.

SANTOS, M. H. R. D. et al. **Análise de postura e carga através dos métodos OWAS e NIOSH em uma fábrica de sorvetes no sul do Brasil**. In: ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, 33, 2013. Salvador. Anais... Rio de Janeiro: ABEPRO, 2013. Disponível em: <
http://www.abepro.org.br/biblioteca/enegep2013_tn_sto_180_027_22719.pdf > .
Acesso em: 25 Maio de 2022.

SILVA, M. Z.; MELO, F. L. **Uma Solução Para Produtividade: Troca Rápida de Ferramentas**. In: ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, XXX, 2010, São Carlos. Anais... São Carlos: Abepro, 2010.

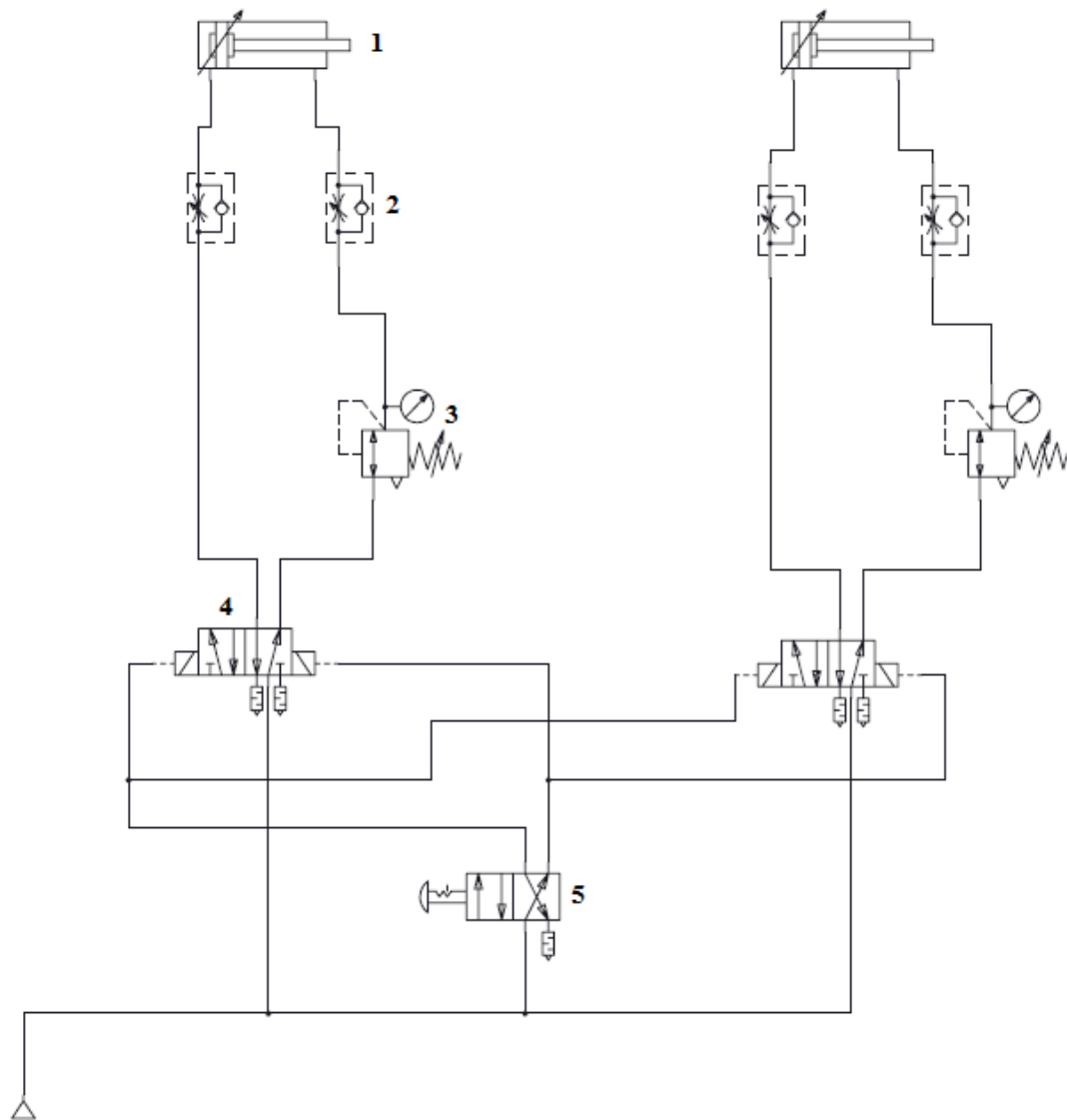
SIQUEIRA, Otávio Cardoso. **Análise Ergonômica do posto de trabalho do operador de produção em uma indústria de injeção plástica utilizando o método RULA (RAPID UPPER LIMB ASSESSMENT)**. 2014. 107 f. Monografia (Pós-Graduação em Engenharia de Segurança do Trabalho) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Curitiba, 2014.

TADMOR, Zehver. GOGOS, Costa G. **Principles of Polymer Processing** – Second Edition. WILEY-INTERSCIENCE, 2006, Hoboken, New Jersey, USA. p.cm.

9. APÊNDICES

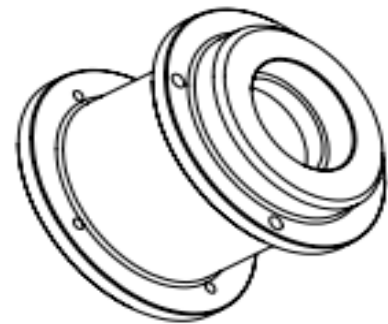
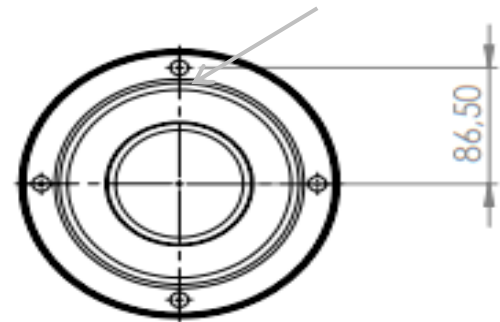
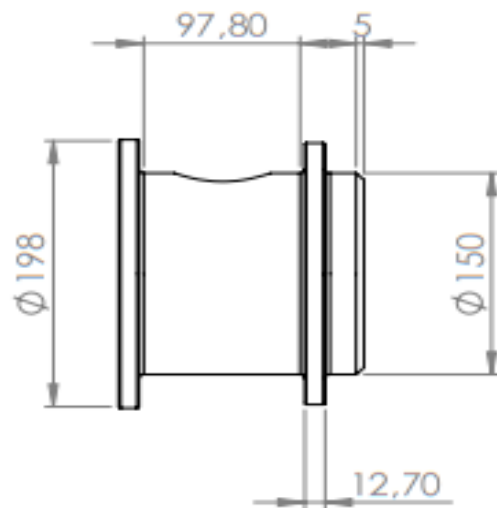
9.1 Esquema Pneumático

Esquema 1 – Esquema Pneumático de Acionamento do Tensionador



Fonte: Autor (2022)

9.3 Desenhos das Peças



Dimensões:
Milímetro

Acabamento



Rebarbar e
quebrar
arestas
cortantes

UnIREDENTOR
Centro Universitário

Afva

Título

**Sistema Hidráulico e Pneumático para
uma Extrusora de Plástico**

Nome do desenho e número

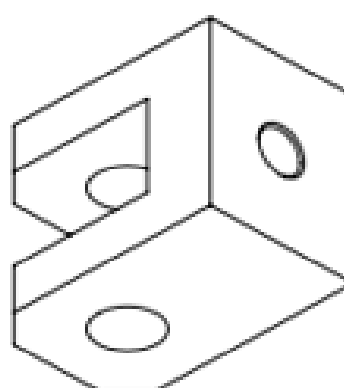
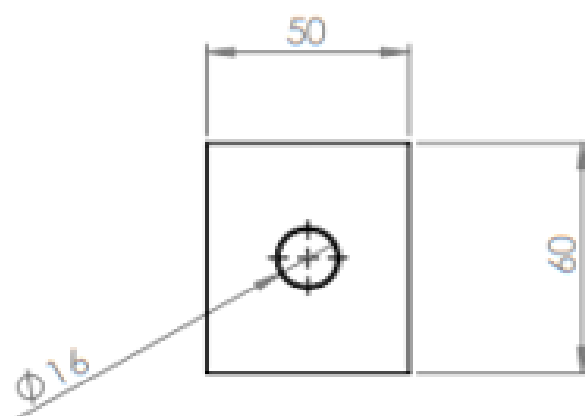
Suporte - 02

A4

Material

AISI 1020

Nome
Assinatura
Data
DESEN.
VERIF.
APROV.
MANUE
QUALC



Dimensões: Milímetro		Acabamento 		Rebarbar e quebrar arestas cortantes			
Nome		Assinatura		Data		Título	
DESEN.						Sistema hidráulico e Pneumático para uma Extrusora de Plástico	
VER. F.							
APROV.							
MANUF.							
QUALC.							
				Material		Nome do desenho e número	
				AISI 1020		Articulação - 03	
						A4	

F

F

E

E

D

D

C

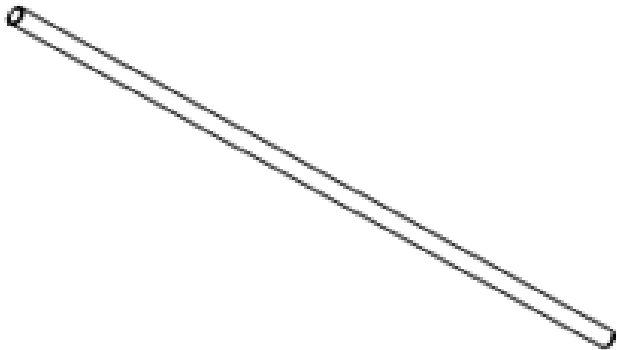
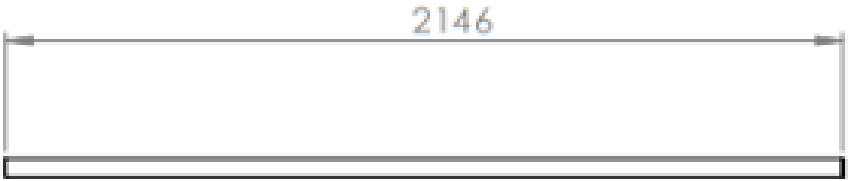
C

B

B

A

A



Dimensões:
Milímetro

Acabamento



Rebarbar e
cortar
arestas
cortantes

UnIREDENTOR
Centro Universitário

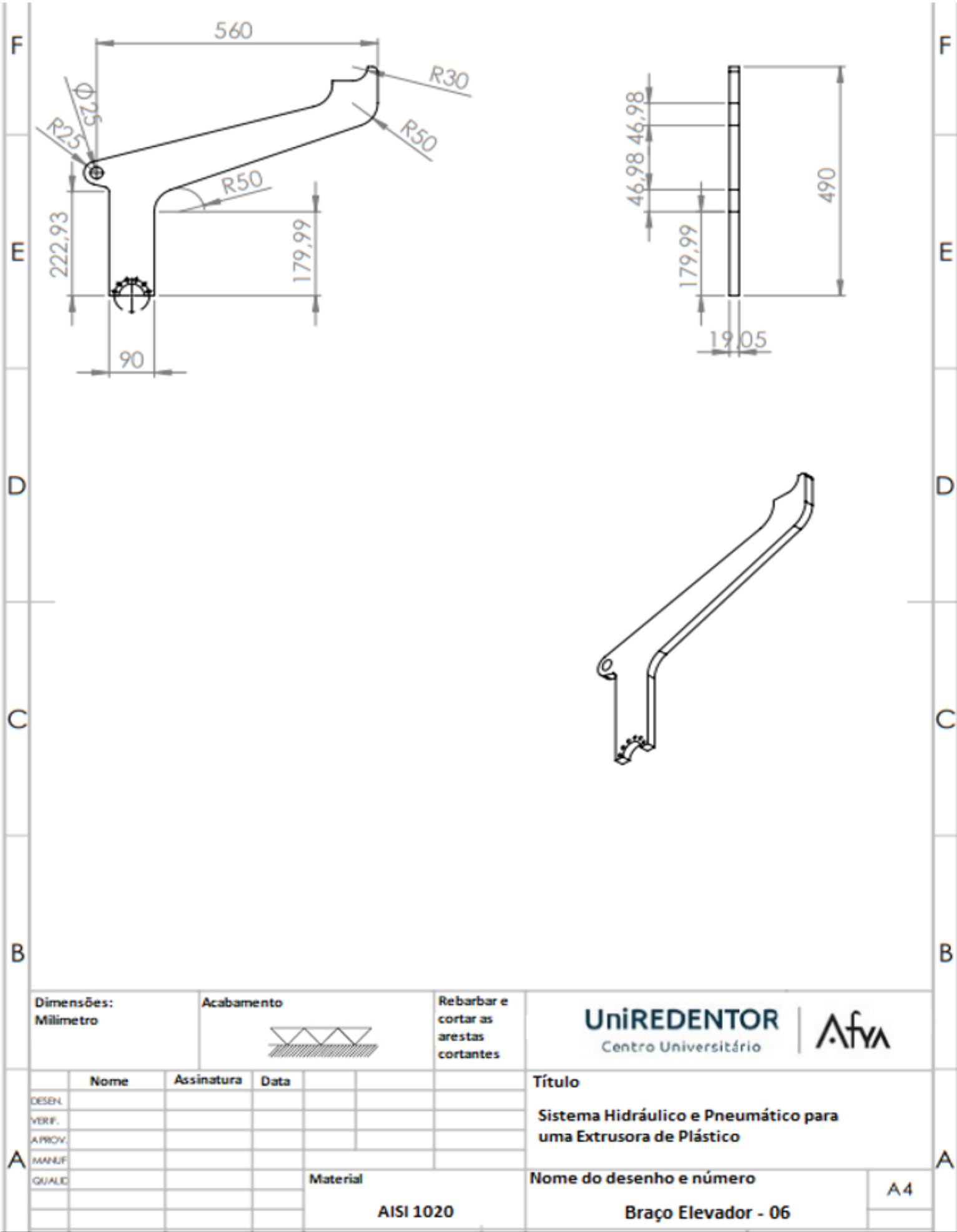


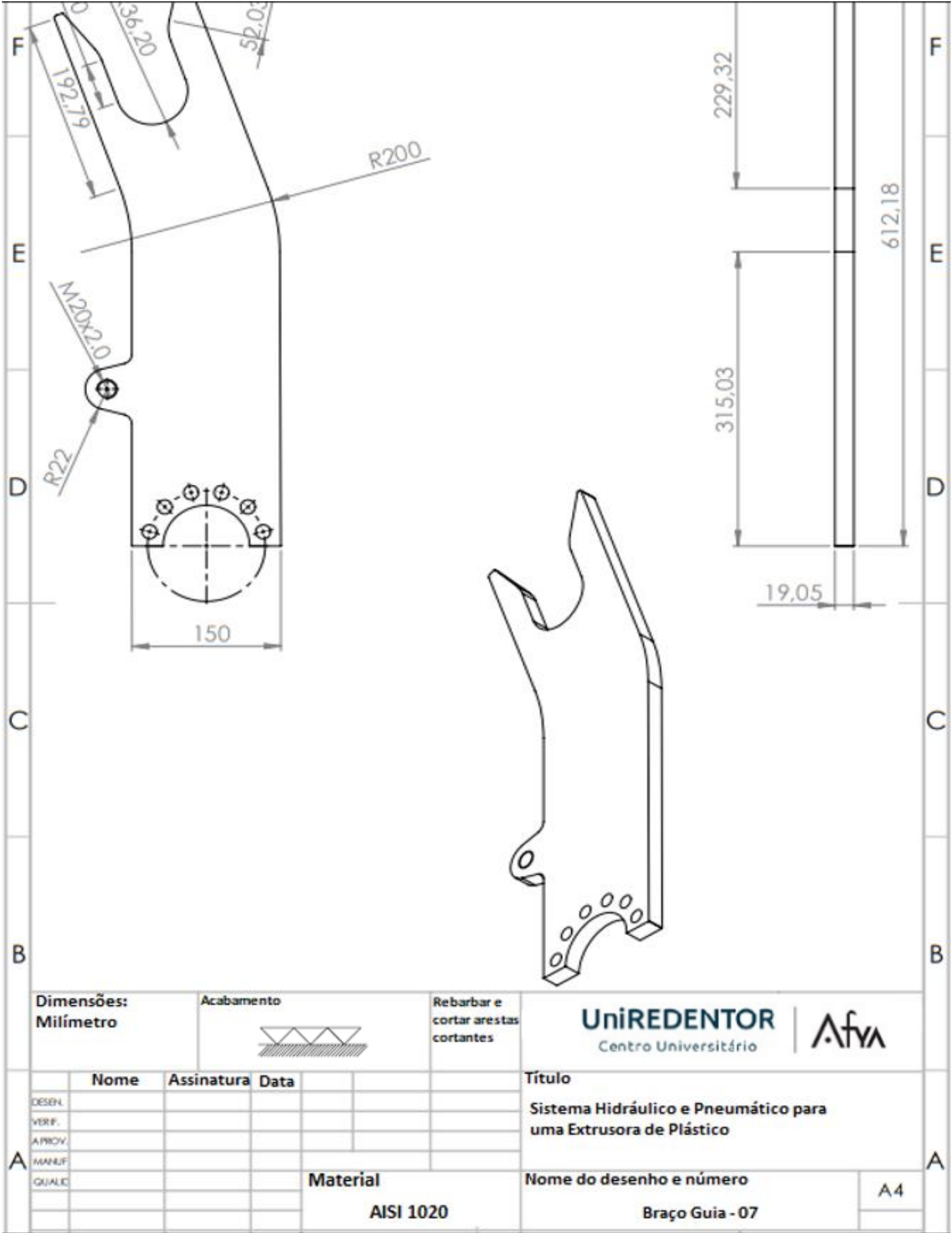
	Nome	Assinatura	Data			
DESEN.						
VERIF.						
A. PROJ.						
MANUF.						
QUALID.						
				Material		
				AISI 1020		

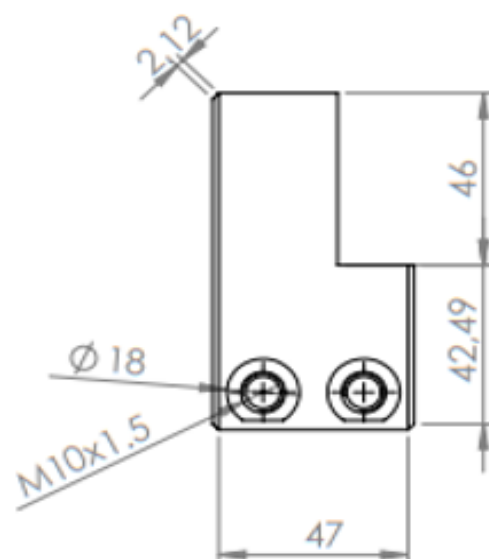
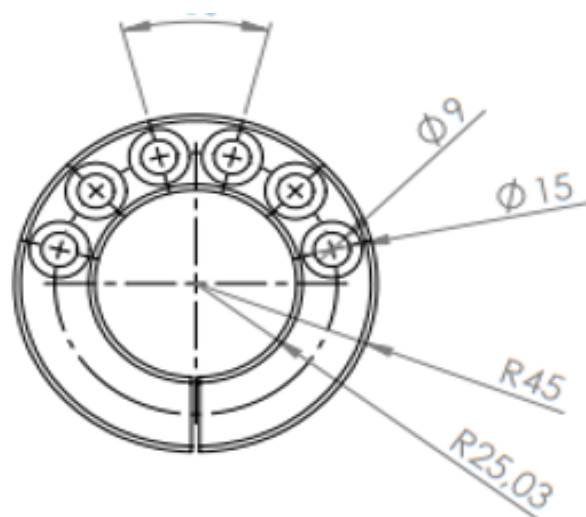
Título
Sistema Hidráulico e Pneumático
para uma Extrusora de Plástico

Nome do desenho e número
Barra de Torção do Elevador - 05

A4







Dimensões:
Milímetro

Acabamento



Rebarbar e
cortar arestas
cortantes

UnIRENTOR
Centro Universitário

Afva

Nome Assinatura Data

DESEN.
VERIF.
A. PROV.
MANUF.
QUALID.

Material

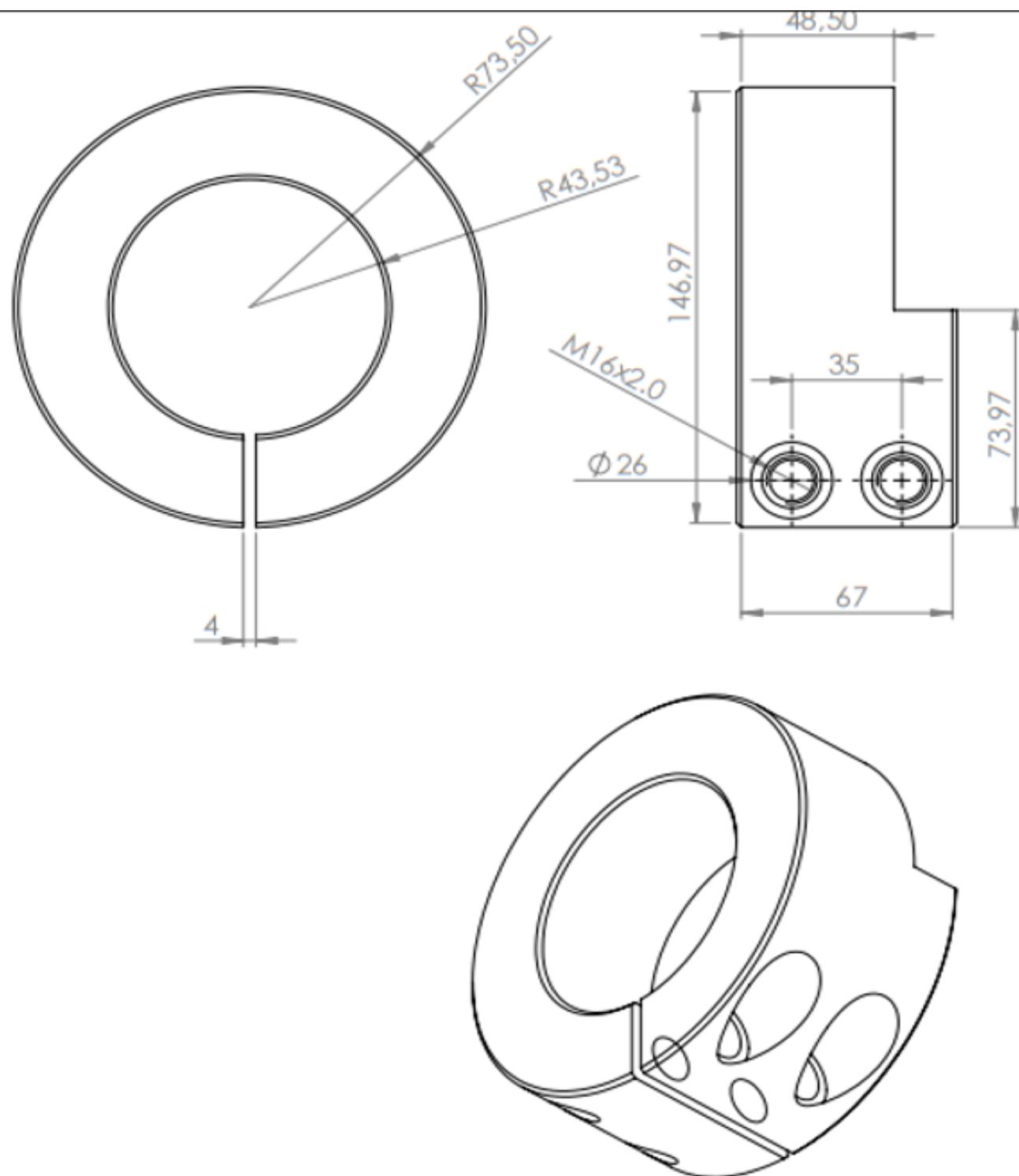
AISI 1020

Título

Sistema Hidráulico e Pneumático
para uma Extrusora de Plástico

Nome do desenho e número
Bucha de aperto do Braço Elevador - 08

A4



Dimensões:
Milímetro

Acabamento



Rebarbar e
cortar
arestas
cortantes

UnIRENTOR
Centro Universitário

Afva

Nome Assinatura Data

DESEN.
VERIF.
APROV.
MANUF.
QUALID.

Material

AISI 1020

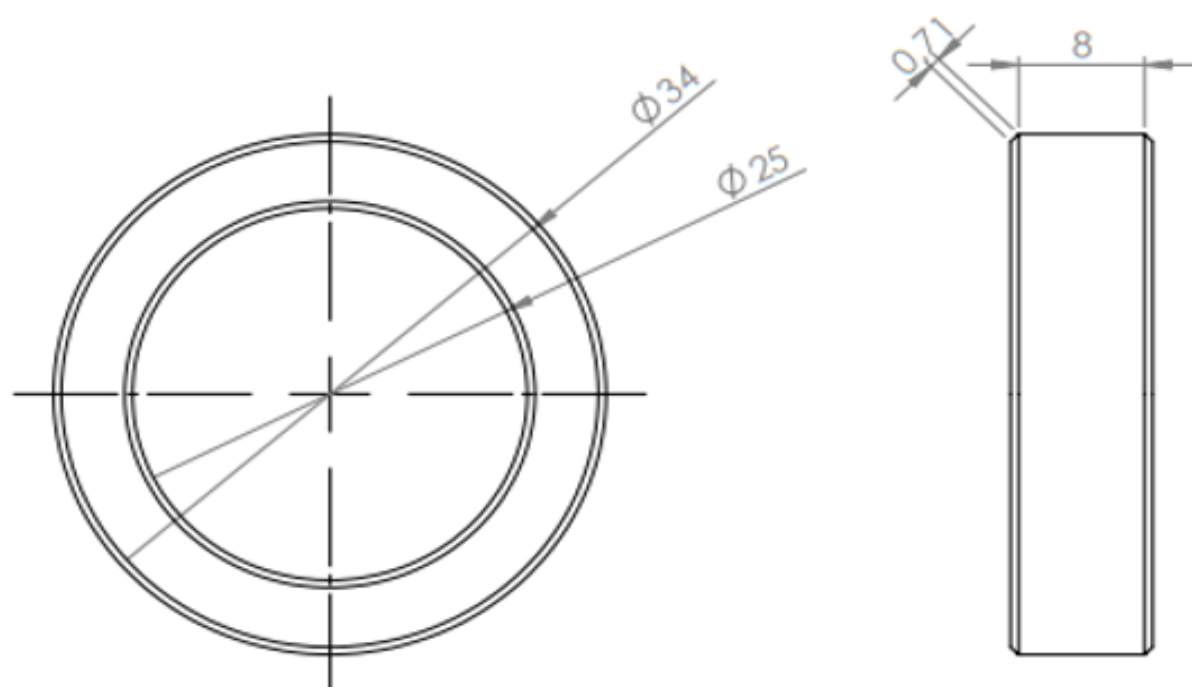
Título

Sistema Hidráulico e Pneumático
para uma Extrusora de Plástico

Nome do desenho e número

Bucha de Aperto do Braço Guia - 09

A4



Dimensões:
Milímetro

Acabamento



Rebarbar e
quebrar as
arestas
cortantes

UnIRENTOR
Centro Universitário

Afva

	Nome	Assinatura	Data		
DESEN.					
VERIF.					
APROV.					
MANUF.					
QUALID.					

Material

AISI 1020

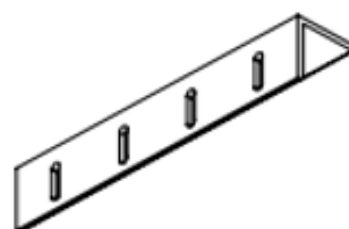
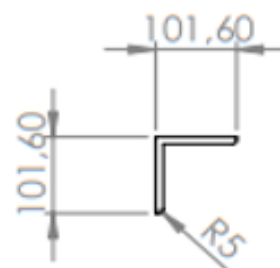
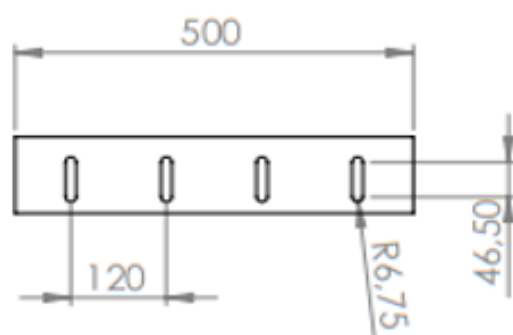
Título

Sistema Hidráulico e Pneumático
para uma Extrusora de Plástico

Nome do desenho e número

Bucha Separadora - 010

A4



Dimensões:
Milímetro

Acabamento



Rebarbar e
quebrar as
arestas
cortantes

UnIRENTOR
Centro Universitário

Afya

Nome	Assinatura	Data			
DESEN.					
VERIF.					
A.PROV.					
MANUF.					
QUALID.					
			Material		
			AISI 1020		

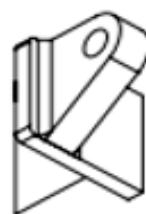
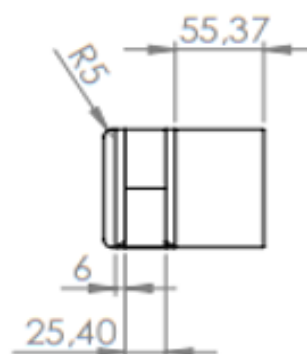
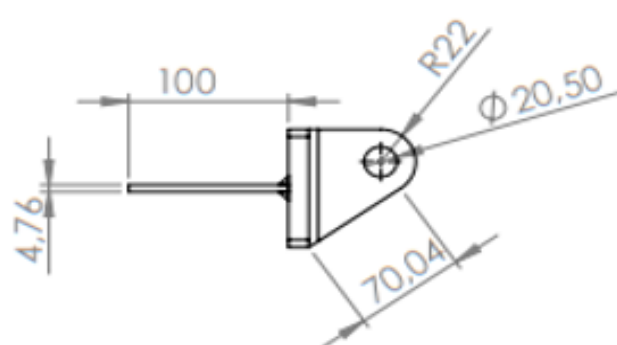
Título

**Sistema Hidráulico e Pneumático para
uma Extrusora de Plástico**

Nome do desenho e número

Chapa de Acoplamento - 011

A4



Dimensões:
Milímetro

Acabamento



Rebarbar e
quebrar
arestas
cortantes

UnIRENTOR
Centro Universitário

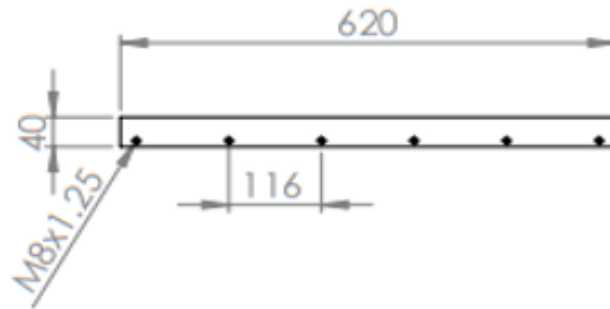
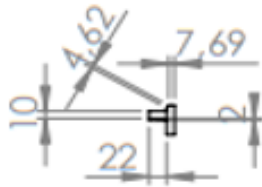
Afva

Nome	Assinatura	Data			
DESEN.					
VERIF.					
APROV.					
MANUF.					
QUALID.					
			Material		
			AISI 1020		

Título
**Sistema Pneumático e Hidráulico para
uma Extrusora de Plástico**

Nome do desenho e número
Suporte do Cilindro do Elevador - 012

A4



Dimensões:
Milímetro

Acabamento



Rebarbar e
quebrar
arestas
cortantes

UnIREDENTOR
Centro Universitário



	Nome	Assinatura	Data		
DESEN.					
VERIF.					
APROV.					
MANUF.					
QUALID.					
			Material		
			AISI 1020		

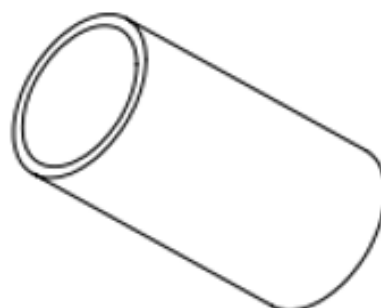
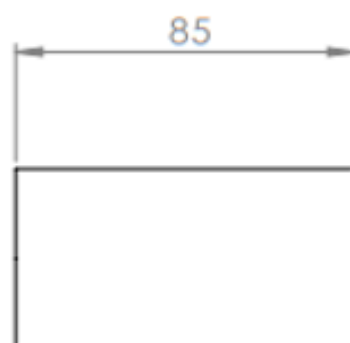
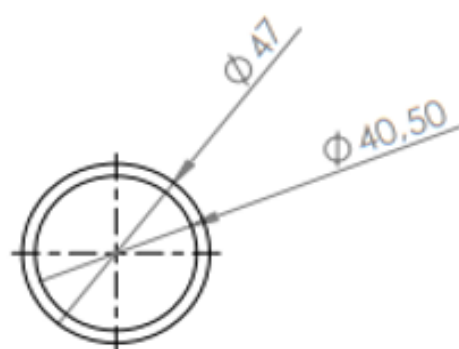
Título

**Sistema Hidráulico e Pneumático
para uma Extrusora de Plástico**

Nome do desenho e número

Guia do Rolamento - 013

A4



Dimensões:
Milímetro

Acabamento

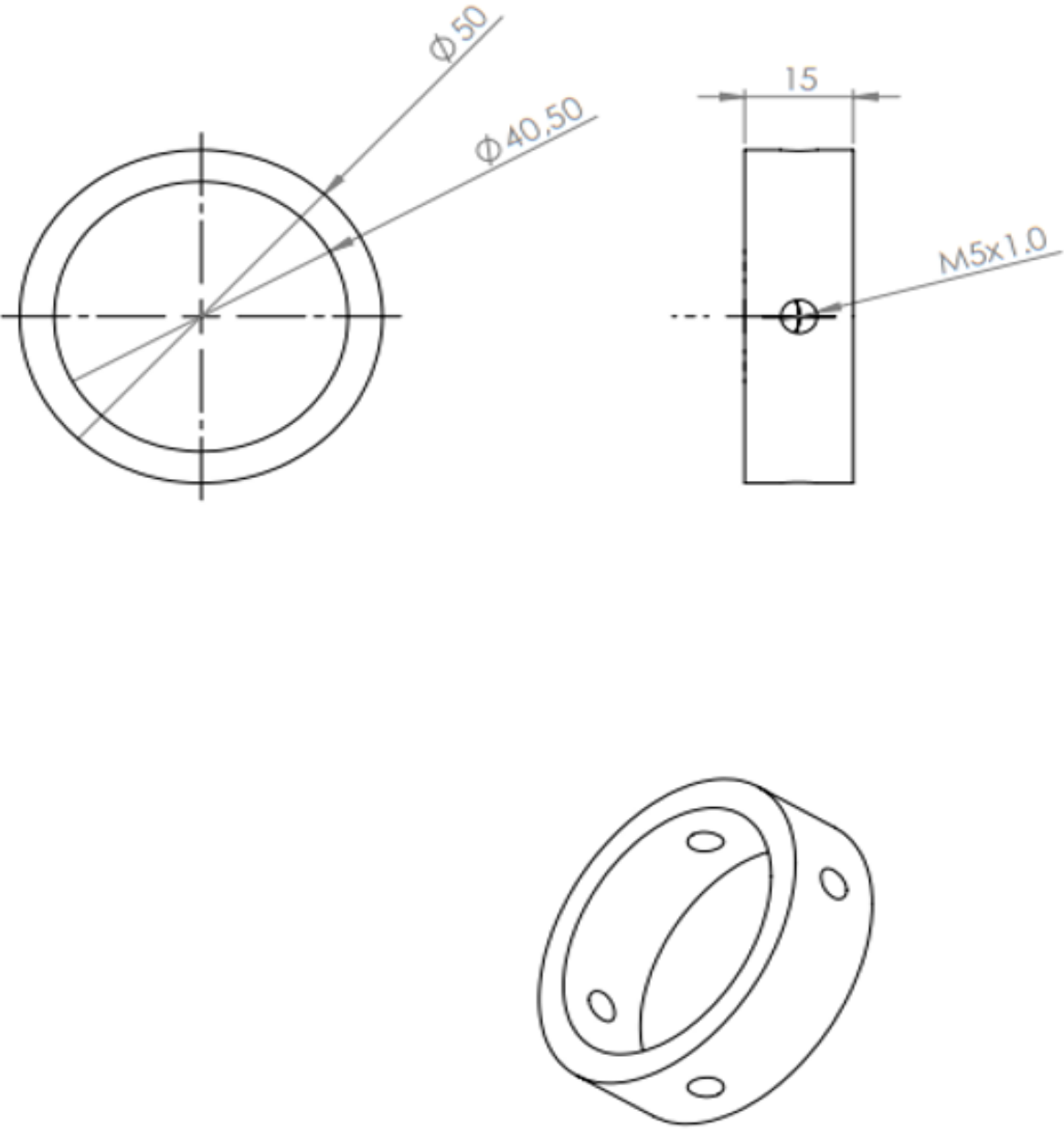


Rebarbar e
quebrar
arestas
cortantes

UnIRENTOR
Centro Universitário

Afva

Nome	Assinatura	Data				Título
DESEN.						Sistema Hidráulico e Pneumático para uma Extrudora de Plástico
VERIF.						
A. PROV.						
MANUF.						
QUALC.						
			Material			Nome do desenho e número
			AISI 1020			Separador - 016
						A4



F

E

D

C

B

A

F

E

D

C

B

A

Dimensões: Milímetros		Acabamento		Rebarbar e quebrar arestas cortantes			
	Nome	Assinatura	Data			Título	
DESEN.						Sistema Hidráulico e Pneumático para uma Extrusora de Plástico	
VERIF.							
APROV.							
MANUF.							
QUALC.				Material		Nome do desenho e número	
				AISI 1020		Separador - 017	
						A4	

