

**UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ
DEPARTAMENTO ACADÊMICO DE ENGENHARIA MECÂNICA
BACHARELADO EM ENGENHARIA MECÂNICA**

**ADRIANO DE FREITAS
MATHEUS GOMES COUTO PEREIRA
ROGER YOITI HAUENSTEIN**

**ESTUDO DE ALTERNATIVA PARA A REDUÇÃO DA CADEIA DE
SUPRIMENTOS DO PROCESSO DE IMPRESSÃO 3D**

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

**CURITIBA
2017**

ADRIANO DE FREITAS
MATHEUS GOMES COUTO PEREIRA
ROGER YOITI HAUENSTEIN

**ESTUDO DE ALTERNATIVA PARA A REDUÇÃO DA CADEIA DE
SUPRIMENTOS DO PROCESSO DE IMPRESSÃO 3D**

Monografia do Projeto de Pesquisa apresentada à disciplina de Trabalho de Conclusão de Curso 2 do curso de Engenharia Mecânica da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, como requisito parcial para aprovação na disciplina.

Orientador: Prof. Me. David Kretscheck

CURITIBA
2017

TERMO DE APROVAÇÃO

Por meio deste termo, aprovamos a Monografia do Projeto de Pesquisa "ESTUDO DE ALTERNATIVAS PARA A REDUÇÃO DA CADEIA DE SUPRIMENTOS DO PROCESSO DE IMPRESSÃO 3D", realizado pelos alunos ADRIANO DE FREITAS, MATHEUS GOMES COUTO PEREIRA e ROGER YOITI HAUENSTEIN, como requisito parcial para aprovação na disciplina de Trabalho de Conclusão de Curso 2, do curso de Bacharelado em Engenharia Mecânica da Universidade Tecnológica Federal do Paraná.

Prof. Me. David Kretscheck

Departamento Acadêmico de Mecânica - UTFPR

Orientador

Prof. Me. Fernando Irto Zanetti

Departamento Acadêmico de Mecânica - UTFPR

Avaliador

Prof. Dr. José Aguiomar Foggiatto

Departamento Acadêmico de Mecânica - UTFPR

Avaliador

Curitiba, 06 de julho de 2017.

*À memória do imortal
Prof. Alexandre Francisco de Moraes.*

Para a Marianinha.

AGRADECIMENTOS

Agradecemos, primeiramente, à Deus, por ter nos guiado e sustentado até aqui;

Aos nossos pais, parentes e esposa, pelo apoio em mais esta árdua caminhada;

Ao professor David Kretschek, nosso orientador nesta empreitada;

Aos professores José Aguiomar Foggiatto e Fernando Irto Zanetti, pelas palavras de conselho e sabedoria;

Ao professor Tiago Cousseau, que na ministração da disciplina de Elementos de Máquinas 2 nos auxiliou conceitualmente na execução deste trabalho;

Aos professores Márcia Silva de Araujo e Antonio Verguetz Silva, pelos valiosos conselhos;

E a todos os demais colegas, professores e amigos que, através do ensino e da convivência tornaram possível que este trabalho se tornasse realidade.

Adriano de Freitas

Roger Yoiti Hauenstein

Matheus Gomes Couto Pereira

*“Cada projeto representa um passo
Na contínua escalada do Saber;
E a Pátria inteira será mensageira
Da força ingente que a faz crescer”.*

*(trecho do Hino do Centro Federal de Educação Tecnológica do Paraná,
atual Universidade Tecnológica Federal do Paraná)*

RESUMO

FREITAS, Adriano de; HAUENSTEIN, Roger Yoiti; PEREIRA, Matheus Gomes Couto. **Estudo de alternativas para a redução da cadeia de suprimentos do processo de impressão 3D**. 2017. 95 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Mecânica) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Curitiba, 2017

Apesar de ser amplamente utilizados industrialmente, os processos de manufatura aditiva, mais comumente conhecidos como impressão 3D, possuem diversas vertentes em seu desenvolvimento. Algumas das quais, dedicadas a produção de equipamentos de baixo-custo voltados ao usuário não ligado à indústria, como pequenas ou microempresas ou mesmo pessoas comuns que tem interesse nos processos como um hobby ou a necessidade de criar objetos de seu uso pessoal, por exemplo. Este trabalho tem como meta o desenvolvimento metodológico de um produto que possibilite reduzir a cadeia de suprimentos do processo, enfatizando a utilização do material na forma de granulado e a etapa de extrusão, dando ao usuário a liberdade de personalização dos materiais e, principalmente, a redução nos custos de operação. Será apresentado as principais etapas de elaboração deste produto, bem como os resultados obtidos.

Palavras-chave: Impressão 3D. Baixo-custo. Cadeia de Suprimentos. Granulado. Extrusão.

ABSTRACT

FREITAS, Adriano de; YOITI, Roger; PEREIRA, Matheus Gomes Couto. **Study of alternatives for reducing the supply chain of the 3D printing process**. 2016. 95 p. Senior Under-graduation Project (BS. Mechanical Engineering) - Federal Technological University of Paraná. Curitiba, Brazil, 2017.

Despite being widely used industrially, additive manufacturing processes, also known as 3D printing, possibly several strands in its development. Some of them, dedicated to the production of low-cost equipment aimed at the common users, not connected to the industrial mass. Small or micro-businesses that are or even ordinary people who have an interest in processes as a hobby or the need to create objects for their personal use, for example. This project has as a goal the methodological development of a product that makes it possible to reduce the supply chain of the process, emphasizing the use of the material in pellet form and the extrusion process, giving the user the freedom to customize the materials and, mainly, the reduction in operating costs.

Keywords: 3D printing. Low cost. Supply chain. Pellet. Extrusion

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Cadeia de Suprimentos para o processo FDM	13
Figura 2 – Esquema de uma extrusora com suas diversas partes funcionais.....	16
Figura 3 – Mancal de apoio	17
Figura 4 – Funil para extrusoras em inox	17
Figura 5 – Cilindro para extrusão bi metálico	17
Figura 6 – Desenho esquemático de uma rosca de um estágio.....	18
Figura 7 – Distorção do perfil, em relação à seção transversal do orifício da matriz.	19
Figura 8 – Protótipo em túnel de vento	20
Figura 9 – Prótese infantil	21
Figura 10 – Esboço de impressora 3D de grande porte para construções	22
Figura 11 – Esboço da estrutura funcional.....	30
Figura 12 – Concepção da extrusora de baixo custo.	30
Figura 13 – Concepção do cabeçote extrusor a ser acoplado à impressora 3D	31
Figura 14 – Alterações das possíveis concepções na cadeia de suprimento.	32
Figura 15 – Estrutura funcional do sistema e divisão dos subsistemas	37
Figura 16 – Esboço da concepção gerada.....	38
Figura 17 – Montagem da concepção.	41
Figura 18 – Vista explodida do cabeçote extrusor.....	42
Figura 19 – Cabeçote Extrusor desenvolvido.....	48
Figura 20 – Montagem do cabeçote extrusor na impressora 3D.....	48

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Fluxograma de etapas da metodologia aplicada.....	25
Quadro 2 – Situação Problema e Processos envolvidos.....	27
Quadro 3 – Esboço das necessidades dos usuários.....	29
Quadro 4 – Levantamento das necessidades dos clientes	34
Quadro 5 – Desdobramento das necessidades em requisitos de projeto	35
Quadro 6 – Diferenciações entre a metodologia adotada e a proposta	45

LISTA DE SIGLAS

CAD	<i>Computer Aided Design</i> (Desenho assistido por Computador)
FDM	<i>Fusion Deposition Modeling</i> (Modelagem por deposição de material fundido)
DFX	<i>Design for 'X'</i> (Projeto para objetivo)
DFC	<i>Design for Cost</i> (Projeto para redução de Custos)
DFMA	<i>Design for Manufacturing and Assembly</i> (Projeto para Fabricação e Montagem)
ABS	<i>Acrylonitrile-Butadiene-Styrene</i> (Acrilonitrila Butadieno-Estireno)
PLA	<i>Poly(lactic Acid)</i> (Poliácido Láctico)

LISTA DE ACRÔNIMOS

RepRap	<i>Replicating Rapid Prototyper</i>
--------	-------------------------------------

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	13
1.1 CONTEXTO DO TEMA.....	13
1.2 CARACTERIZAÇÃO DO PROBLEMA.....	13
1.3 OBJETIVOS.....	14
1.4 JUSTIFICATIVA.....	14
1.5 CONTEÚDO OU ETAPAS DO TRABALHO	14
2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	15
2.1 MATERIAIS TERMOPLÁSTICOS.....	15
2.2 PROCESSO DE EXTRUSÃO DE TERMOLÁSTICOS.....	15
2.2.1 Mancal de Apoio	16
2.2.2 Funil de Alimentação ou Tremonha	17
2.2.3 Cilindro do Canhão	17
2.2.4 Parafuso de Extrusão	18
2.2.5 Matriz de Perfilado Maciço.....	19
2.3 PROCESSOS DE MANUFATURA ADITIVA.....	19
3 METODOLOGIA APLICADA	24
3.1 DEFINIÇÃO DO PROJETO DE ENGENHARIA.....	24
3.2 HISTÓRICO DAS METODOLOGIAS DE PROJETO	24
3.3 METODOLOGIAS DE PROJETO SELECIONADAS PARA O PROJETO	24
3.4 ETAPAS DE PROJETO.....	25
4 ETAPAS TEÓRICAS DE PROJETO.....	27
4.1 ETAPA INICIAL DE PROJETO	27
4.1.1 Situação Problema.....	27
4.1.2 Levantamento do estado da arte	28
4.1.3 Informações da tecnologia e viabilidade física.....	28
4.1.4 Viabilidade física no contexto da estrutura funcional	29
4.1.5 Esboço das conclusões preliminares.....	30
4.2 ETAPA INFORMACIONAL DE PROJETO.....	32
4.2.1 Benchmarking de produto.....	32
4.2.2 Levantamento das necessidades dos clientes.....	33
4.2.3 Definição dos requisitos de projeto.....	34
4.2.4 Aplicação da primeira casa da qualidade.....	36
4.2.5 Especificações-meta de projeto.....	36
4.3 ETAPA CONCEITUAL DE PROJETO	36
4.3.1 Função Global e estrutura funcional	36
4.3.2 Matriz unificada conceitual da concepção	37
4.3.3 Concepção gerada.....	37
5 ETAPAS PRÁTICAS DE PROJETO	39

5.1 ETAPA PRELIMINAR DE PROJETO.....	39
5.1.1 Dimensionamentos	39
5.1.2 Modelagens	40
5.2 ETAPA DETALHADA DE PROJETO	41
5.2.1 Representações de conjunto	41
5.2.2 Representações de componente	42
5.2.3 Execução de protótipo	43
5.2.3.1 Considerações sobre a montagem do subsistema cabeçote extrusor	43
5.2.3.2 Considerações sobre a montagem das resistências	43
5.2.3.3 Considerações sobre a montagem do cabeçote na estrutura da impressora	44
6 RESULTADOS OBTIDOS.....	45
6.1 PONDERAÇÕES QUANTO À METODOLOGIA.....	45
6.2 PONDERAÇÕES QUANTO ÀS ETAPAS TEÓRICAS DE PROJETO	46
6.3 PONDERAÇÕES QUANTO ÀS ETAPAS PRÁTICAS DE PROJETO	46
6.4 AVALIAÇÃO FINAL DO PROJETO	47
7 CONCLUSÕES	49
7.1 CONSIDERAÇÕES FINAIS	49
7.2 SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS	49
REFERÊNCIAS CONSULTADAS	51
APÊNDICE A – BENCHMARKING DE PRODUTO.....	55
APÊNDICE B – PRIMEIRA CASA DA QUALIDADE	59
APÊNDICE C – PLANILHA DE ESPECIFICAÇÕES-META	61
APÊNDICE D – MATRIZ CONCEITUAL DA CONCEPÇÃO	63
APÊNDICE E – DIMENSIONAMENTO DOS COMPONENTES	65
APÊNDICE F – REPRESENTAÇÕES DO CONJUNTO.....	71
APÊNDICE G – REPRESENTAÇÃO DOS COMPONENTES	74
APÊNDICE H – DESCRITIVO DA MONTAGEM DO SISTEMA.....	84
APÊNDICE I – PLANILHA DE CUSTOS	90
APÊNDICE J – ATAS DE REUNIÃO.....	92
ANEXO A – ESPECIFICAÇÕES DE COMPONENTES COMERCIAIS.....	96

1 INTRODUÇÃO

O presente capítulo possui a finalidade de apresentar o contexto da situação-problema abordada nesta monografia.

1.1 CONTEXTO DO TEMA

Das recentes inovações no desenvolvimento de produtos, destaca-se como uma das mais inovadoras áreas de pesquisa a manufatura aditiva, ou como é popularmente conhecida, impressão 3D. Entretanto o processo ainda demanda um considerável custo para sua implementação. Com o início do desenvolvimento de equipamentos de baixo custo, tornou-se possível que mais pessoas possuam acesso ao processo com uma considerável redução nos custos de maquinário.

Certamente existem restrições com relação à manufatura aditiva de baixo custo. Embora a redução de custo de maquinário tenha reduzido significativamente, o valor ainda pode ser um limitante para pequenos e microempreendedores com interesse em iniciar seus negócios na área, bem como para instituições de ensino, pesquisa e extensão, que possuem limitações financeiras acentuadas.

1.2 CARACTERIZAÇÃO DO PROBLEMA

O processo de extrusão de material é um dos processos mais comuns na manufatura aditiva. Como colocado anteriormente o procedimento mais comum consiste na deposição de um material extrudado oriundo de um filamento anteriormente extrudado e bobinado. Portanto, pode-se desenhar a cadeia de suprimentos do processo, como pode ser visto na Figura 1.

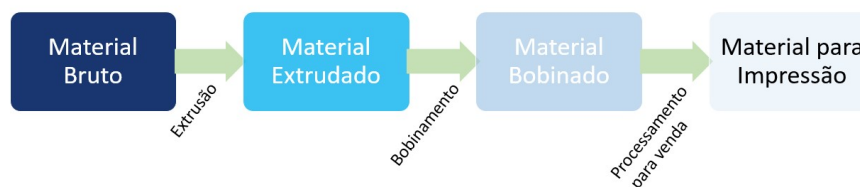


Figura 1 – Cadeia de Suprimentos para o processo FDM
Fonte: Autoria Própria (2017)

1.3 OBJETIVOS

O objetivo deste projeto é desenvolver um equipamento que possa reduzir a cadeia de suprimentos do processo de manufatura aditiva de baixo custo, mantendo a acessibilidade do processo e propiciando redução nos custos relacionados à aquisição de material.

Para tal objetivo, propõe-se realizar um levantamento bibliográfico dos processos, a adoção de uma metodologia sistemática de desenvolvimento de projeto, a aplicação desta metodologia e formação de protótipo.

1.4 JUSTIFICATIVA

O sucesso na realização deste projeto deve possibilitar, além da redução significativa dos custos, a utilização racional de material processado, com um mínimo de desperdício.

A matéria-prima utilizada nos processos é um fator limitante. O processo por extrusão de material utilizado nas impressoras 3D de baixo custo é predominantemente dependente do pré-processamento do material polimérico, em formato de filamento. Esse material processado possui um preço de processamento que agrega maior custo ao processo. Uma redução no custo da matéria prima promoverá redução significativa nos custos operacionais da máquina, podendo torná-la ainda mais acessível.

1.5 CONTEÚDO OU ETAPAS DO TRABALHO

Esta monografia encontra-se disposta na seguinte formatação: apresentação dos termos de responsabilidade, seguido das listas e do sumário geral; uma breve introdução à situação-problema; uma breve revisão da literatura; a adoção de uma metodologia de projeto, seguido de sua respectiva aplicação; os resultados obtidos e uma conclusão.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

O presente capítulo possui a finalidade de apresentar uma breve análise dos tópicos de materiais termoplásticos, extrusão de termoplásticos e de manufatura aditiva.

2.1 MATERIAIS TERMOPLÁSTICOS

Os materiais utilizados neste projeto são os polímeros termoplásticos. Seu uso é propício para o projeto pois possuem como uma de suas propriedades a capacidade de serem moldados através de processos de fusão e resfriamento, por diversas vezes, sem que ocorram alterações em suas propriedades físicas. Isto ocorre, pois, a rigidez destes materiais se altera de acordo com a temperatura.

Os materiais poliméricos são, em sua maioria, obtidos a partir do nafta, um subproduto derivado do petróleo que corresponde por aproximadamente 4 a 5% de sua composição. Seu processamento em petroquímicas se dá através de um processo denominado polimerização, que consiste em agrupar diversas moléculas menores a uma inicial (monômero) até que uma cadeia polimérica seja formada. Podendo esta ser composta por diversos tipos diferentes de moléculas. O que permite a fabricação de vários tipos de plásticos.

Tal processo ocorre dentro de um reator e o material que sai dele em formato viscoso é submetido ao processo de extrusão. De forma a ser comprimido contra uma matriz para definir seu formato.

Um dos possíveis formatos é o cilíndrico, que após ser picado em secções milimétricas passa a ser chamado de granulado ou pellet. Esta configuração é comercializada com as empresas transformadoras de polímeros que trabalham para moldar o plástico nas mais diversas formas, dependendo dos processos utilizados para tal.

2.2 PROCESSO DE EXTRUSÃO DE TERMOLÁSTICOS

Um dos processos mais utilizados para a transformação de termoplásticos é o de extrusão. Nos próximos tópicos serão apresentadas suas principais características e componentes.

O processo que será utilizado para a transformação do material granulado em filamento é o de extrusão. Este processo é bastante utilizado na indústria de transformação de polímeros para a fabricação de produtos que necessitem de um processo contínuo. Como tubos, filmes, perfis e, o material de interesse neste trabalho, filamentos.

De maneira simplificada, o processo, normalmente, consiste em admitir o termoplástico na forma de granulado, sendo posteriormente transportado com auxílio de uma rosca sem fim através de um cilindro. Durante esse transporte o material é comprimido e aquecido até assumir uma característica viscosa. O material, então, é forçado contra uma matriz que dará o formato final ao polímero e termina com o resfriamento do mesmo, para garantir que o polímero mantenha a forma desejada.

A Figura 2 apresenta as principais partes de uma extrusora comercial, no que se refere à parte de transformação do material granulado em um perfil contínuo.

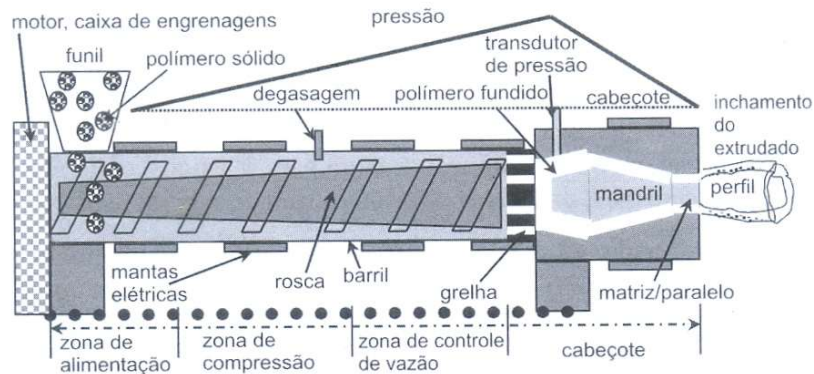


Figura 2 – Esquema de uma extrusora com suas diversas partes funcionais
Fonte: Manrich (2005, p. 110)

Nos próximos tópicos serão apresentados alguns dos componentes principais de uma extrusora.

2.2.1 Mancal de Apoio

O mancal de apoio tem a função de fixação da rosca e de mantê-la concêntrica ao cilindro. Além disso, é ele quem recebe a carga axial proveniente da pressão de extrusão transmitido pela rosca de extrusão. O mancal de apoio é representado na Figura 3.



Figura 3 – Mancal de apoio
Fonte: Preciolandia (2016)

2.2.2 Funil de Alimentação ou Tremonha

É o componente por onde se faz a alimentação de matéria prima para a extrusora, que pode estar em diversos formatos como pós, granulados, aparas ou mais de um formato simultaneamente. Em processos mais comuns a alimentação é feita apenas com auxílio da gravidade e a temperatura ambiente. É aconselhável que na região entre o funil e o parafuso de extrusão exista um resfriamento para que o material não comece a fundir e aderir nessa zona, podendo provocar um bloqueio no fluxo. A Figura 4 apresenta um exemplo de funil.



Figura 4 – Funil para extrusoras em inox
Fonte: Mercado Livre (2016)



Figura 5 – Cilindro para extrusão bi metálico
Fonte: Nordson (2016)

2.2.3 Cilindro do Canhão

Também conhecido como barril, é o cilindro por onde passa o termoplástico. Nele ocorrem o aquecimento e a compressão do polímero.

O aquecimento é normalmente feito por resistências elétricas, vapor ou dutos de fluidos aquecidos no lado externo do cilindro. O aquecimento não é uniforme em toda a extensão do canhão, ele é composto por diferentes zonas de temperatura que

aumentam gradativamente conforme se afastam do bocal. Um exemplo de cilindro de extrusão pode ser visto na Figura 5.

2.2.4 Parafuso de Extrusão

Componente localizado no interior do cilindro do canhão. É a peça principal de uma extrusora, responsável pelo transporte e homogeneização do material. O dimensionamento do parafuso de extrusão tem grande influência sobre o resultado final do produto desejado.

O diâmetro dos parafusos de extrusão é definido de acordo com a quantidade e dimensões do produto que se deseja obter. As roscas de extrusão clássicas geralmente são divididas por três zonas diretamente associadas que tem como diferença básica a profundidade dos sulcos do parafuso. Cada estágio tem grande influência no procedimento de extrusão. Um exemplo desse tipo de rosca é mostrado na Figura 6.

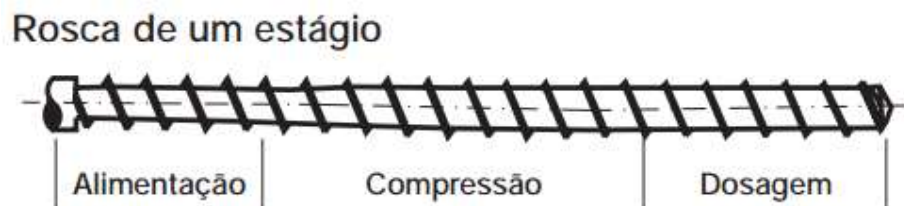


Figura 6 – Desenho esquemático de uma rosca de um estágio
Fonte: Nunes (2006, p. 227)

Os sulcos dos parafusos são relativamente profundos na zona de alimentação em que o material, ainda em forma granular, possui uma densidade aparente reduzida. Na zona de compressão os sulcos se tornam progressivamente mais rasos. A plastificação ocorre nessa região, devido ao suprimento de calor do cilindro e ao trabalho mecânico oriundo da rotação do parafuso. Por fim, a zona de dosagem o parafuso apresenta sulcos rasos; ela tem a função de controlar a vazão da máquina, gerar a pressão requerida para a extrusão e promover uma mistura eficiente do material.

2.2.5 Matriz de Perfilado Maciço

É a peça que determina o formato final do extrudado. Uma enorme variedade de perfis simples e complicados podem ser fabricados por extrusão. A seção transversal do orifício da matriz é muitas vezes, bastante diferente da do extrudado, como pode ser observado na Figura 7.

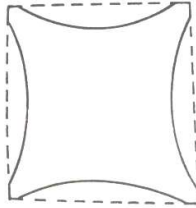


Figura 7 – Distorção do perfil, em relação à seção transversal do orifício da matriz
Fonte: Blass (1988, p. 245).

A matriz é uma peça que deve resistir a altas pressões e temperaturas. Seu projeto também deve evitar a formação de áreas de acúmulo de material em seu interior, para evitar entupimentos ou a interrupção da produção para limpezas frequentes. Mesmo levando em conta uma matriz bem projetada é aconselhável a extrusora garantir um acesso simples para a limpeza da mesma

2.3 PROCESSOS DE MANUFATURA ADITIVA

Manufatura aditiva, popularmente conhecida como “impressão 3D”, é um conjunto de processos de fabricação que consiste na “junção de material visando a produção de objetos a partir de modelos 3D, usualmente camada por camada, em oposição a metodologias de manufatura por subtração do material”. (ASTM, 2013) Apesar de existirem diversas variações nestes processos, a base comum para os mesmos consiste em construir objetos através da deposição por camadas de material, de maneira ordenada, a fim de se obter a forma final desejada.

Os processos de manufatura aditiva têm como principal característica a grande versatilidade de produção. Da mesma forma que uma impressora de mesa possui a capacidade de imprimir praticamente qualquer imagem armazenada ou gerada em um computador, uma impressora 3D consegue fazer o mesmo, porém com sólidos tridimensionais.

Quando se procura produzir peças únicas ou em pequenas quantidades, a possibilidade de produzir diversos objetos de diferentes formatos utilizando o mesmo

equipamento, garante à manufatura aditiva vantagem frente a outros processos de fabricação. Como, por exemplo, usinagem, fundição, injeção e fresamento que necessitam de ferramental apropriado para cada conjunto de peças diferentes. Porém para grandes lotes, devido à baixa velocidade de produção por unidade a manufatura aditiva é salvo exceções, superada pelos meios de produção mencionados anteriormente.

Apesar de parecer um processo futurista, esta técnica de fabricação teve suas origens nos anos 80. Foram necessários aproximadamente dez anos de desenvolvimento e evolução tecnológica para o início de sua utilização industrial, o que resultou em diversas vertentes e variações no processo. Então se permitiu que a manufatura aditiva passasse a ser amplamente utilizada. De acordo com Sullivan (2016), “o mercado global de fabricação aditiva está crescendo de cerca de US\$ 5 bilhões contabilizados em 2015 para mais de US\$ 21 bilhões em 2020”.

Atualmente, os processos de impressão 3D podem ser encontrados nos mais variados setores da indústria. Sua maior aplicação é na fabricação de protótipos de peças e produtos. Como, por exemplo, no desenvolvimento de formatos aerodinâmicos onde a formulação físico-matemática para sua geometria é bastante complexa e dispendiosa, sendo mais prática a exposição de um protótipo em um túnel de vento, como exemplifica a Figura 8.

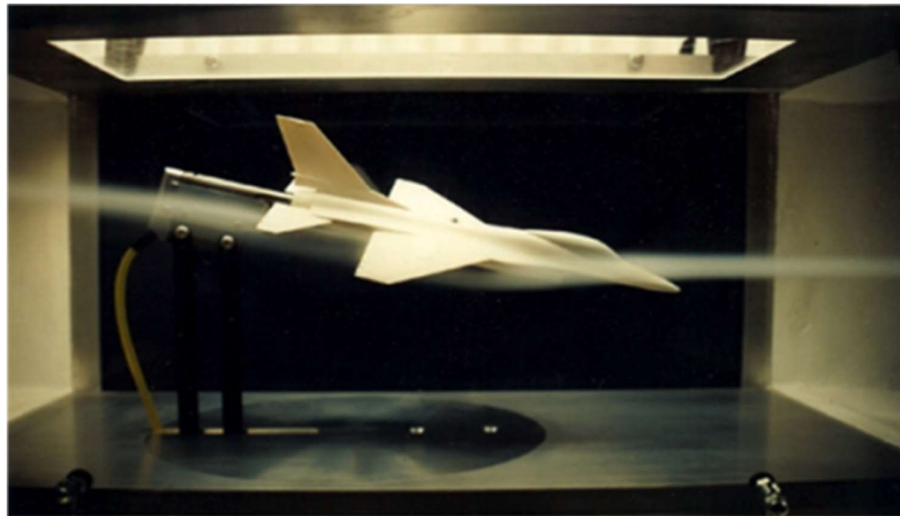


Figura 8 – Protótipo em túnel de vento
Fonte: SECTI-BA (2016).

Porém, também é possível encontrar situações onde a aplicação da manufatura aditiva atua diretamente na produção do produto final, que será entregue

ao consumidor. No campo da medicina o uso de próteses feitas por impressão 3D se tornou bastante comum nos últimos anos, servindo como paliativo ao substituírem membros perdidos. Um projeto interessante realizado pela ONG e-Nable enaltece as várias possibilidades da impressão 3D em função da criatividade ao desenvolver próteses infantis que remetem a personagens admirados pelos jovens, como alguns super-heróis. Uma prótese produzida pela e-Nable pode ser vista na Figura 9.



Figura 9 – Prótese infantil
Fonte: Hypheness (2014).

Ainda na área médica, uma outra utilização é a impressão de modelos baseados em tomografia computadorizada que auxiliam os profissionais da saúde a avaliar com maior exatidão do que apenas com imagens o estado do paciente. Também, diversas pesquisas têm sido realizadas com o intuito de se produzir tecidos vivos como estruturas ósseas, cartilaginosas e musculares para implantes.

Um projeto de manufatura aditiva, ainda em desenvolvimento durante a produção deste projeto, voltado para a construção civil pode se tornar uma revolução à indústria nesta área. Conhecido como *Contour Crafting*, idealizado e projetado pelo professor Behrokh Khoshnevis esta iniciativa consiste na utilização de uma versão bastante ampliada de uma impressora 3D para a construção de imóveis. Um esboço desta impressora é representado na figura 10. O projeto promete levantar uma estrutura de concreto do porte de uma casa em até 24 horas, diminuir os custos de produção devido ao menor desperdício de material e menor necessidade de mão de obra. As estruturas projetadas desta forma também prometem ser mais resistentes que as convencionais graças as maiores possibilidades geométricas permitidas que permitem melhores possibilidades estruturais.

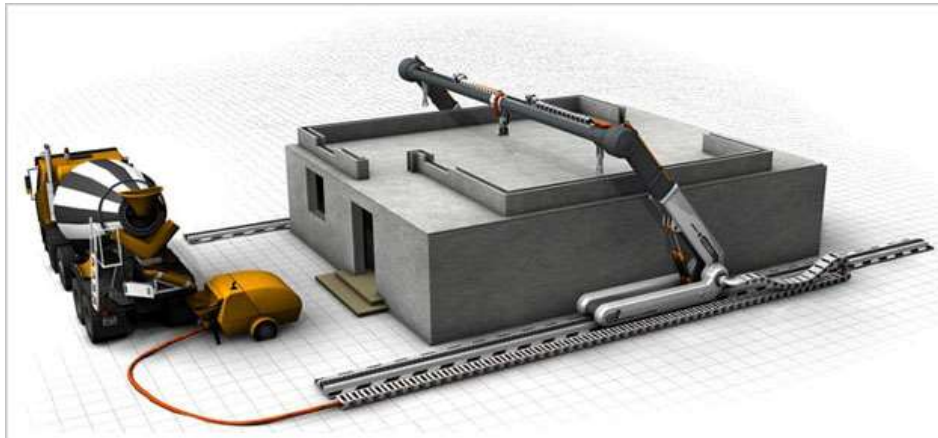


Figura 10 – Esboço de impressora 3D de grande porte para construções
Fonte: Contour Crafting (2010).

Recentemente a NASA anunciou estar testando a viabilidade de se usar impressoras 3D em missões espaciais. O objetivo seria permitir aos astronautas construir componentes necessários em experimentos e manutenções. Diminuindo a quantidade de tipos de peças e materiais a serem levadas ao espaço, o que reduziria os custos das missões espaciais, uma vez que os custos para se levar 1 kg de material ao espaço giram em torno de 22mil dólares. Além de diminuir o risco de se ter indisponível algum item cuja necessidade não havia sido prevista. Apesar das condições de operação no espaço serem diferentes das na Terra devido à falta de gravidade, a NASA alega já ter conseguido produzir peças metálicas neste meio.

A evolução da manufatura aditiva beneficiou não só a indústria, mas também ampliou o uso dessa tecnologia para o público doméstico, com a redução do custo de componentes e melhoramento dos sistemas, da mesma forma que ocorreu com os computadores no passado. É possível que em um futuro próximo a impressão 3D se torne algo tão cotidiano quanto a internet é hoje. Tal possibilidade poderia provocar significativa mudança na maneira atual de consumo e produção da sociedade, disponibilizando novas alternativas de maior eficiência.

Nessa linha de impressoras 3D populares, têm-se projetos como o RepRap, que surgiram a fim de tornar os equipamentos mais acessíveis. Os conceitos por trás deles se baseiam em dois pilares principais. O primeiro é a disponibilização de softwares open source (código aberto) e peças modeladas em CAD para que qualquer pessoa possa fazer download na internet, sem quaisquer restrições legais, permitindo também que desenvolvedores possam criar e disponibilizar seus projetos

para terceiros. O segundo pilar consiste na utilização de peças possíveis de serem produzidas nas próprias impressoras 3D em projetos de outras impressoras 3D. O conceito deste tipo de máquina, que tem a capacidade de construir outra máquina similar, é chamado de auto replicação.

Atualmente, é possível selecionar um modelo, dentre diversos projetos de impressoras 3D disponibilizados gratuitamente. A construção e obtenção dos componentes para a produção da impressora, assim como a obtenção do material para operá-la e sua manutenção, ficam por conta de quem estiver fabricando.

As impressoras 3D de baixo-custo utilizam normalmente o princípio de extrusão de material, conhecido pela sigla FDM, que é alimentado por filamentos poliméricos. Este processo foi desenvolvido por S. Scott Crump, fundador da StrataSys, fabricante de impressoras 3D que operam por este processo. Apesar de estes equipamentos terem evoluído a ponto de serem capazes de trabalhar com diversos tipos de polímeros, a necessidade de a matéria prima estar no formato de filamento se manteve presente na maioria dos projetos, justificando as afirmações citadas no capítulo 1 para a escolha do tema deste projeto de pesquisa.

3 METODOLOGIA APLICADA

O presente capítulo possui a finalidade de apresentar a metodologia aplicada para a elaboração dos passos subsequentes do desenvolvimento do processo de projeto.

3.1 DEFINIÇÃO DO PROJETO DE ENGENHARIA

De acordo com Back et al. (2008), define-se projeto de engenharia como "uso de princípios científicos, informações técnicas e imaginação na definição de estruturas, máquinas ou sistemas para desempenhar funções pré-estabelecidas com máxima economia e eficiência."

Neste contexto, as aplicações das metodologias de projeto de produto tornam-se indispensáveis no contexto da elaboração do projeto de pesquisa envolvendo desenvolvimento de maquinário.

3.2 HISTÓRICO DAS METODOLOGIAS DE PROJETO

Historicamente, os estudos do projeto de produtos, bem como o desenvolvimento das primeiras metodologias, ocorreram respectivamente após o término da Segunda Guerra Mundial, em 1945, e no início da década de 1960, inicialmente nos países europeus, posteriormente nos Estados Unidos. No Brasil, o estudo da metodologia teve seu início na Universidade Federal de Santa Catarina, através do professor Nelson Back, que publicou o primeiro trabalho em português em 1983.

Atualmente são várias as metodologias disponíveis para a elaboração de projetos de produto, e sua aplicação tornou-se essencial para a formulação de novos projetos de produto e melhorias dos existentes.

3.3 METODOLOGIAS DE PROJETO SELECIONADAS PARA O PROJETO

Para o desenvolvimento do projeto de pesquisa foi decidido utilizar algumas etapas extraídas das metodologias propostas por Woodson (1966) e Pahl e Beitz (1996) para complementar o modelo proposto por Back et. al. (2008). Assim sendo, as etapas de projeto encontram-se dispostas no Quadro 1.



Quadro 1 – Fluxograma de etapas da metodologia aplicada.

Fonte: Autoria própria (2016)

3.4 ETAPAS DE PROJETO

Para a realização deste projeto, serão desenvolvidas cinco etapas, como descrito no fluxograma acima. Inicialmente serão aplicadas, superficialmente, algumas etapas dos projetos informacional e conceitual; como levantamento do estado da arte, necessidades do usuário, estrutura funcional e matriz morfológica; com o intuito de obter um cenário inicial de trabalho, com a elaboração de alguns esboços iniciais de concepções possíveis.

Na sequência, serão realizadas as etapas de projeto informacional, complementando os esboços iniciais do levantamento do estado da arte, dos requisitos e necessidades do usuário, o desenvolvimento da casa da qualidade e da planilha de especificações-meta. Esta etapa possui o intuito de estabelecer metas de requisitos básicos de projeto; inclusive a questão de custos.

A execução da etapa seguinte visa a elaboração e a aprovação da melhor concepção disponível. Para tanto, serão realizadas as etapas de projeto conceitual, com o estabelecimento da função global e da estrutura funcional, o aprimoramento da matriz morfológica realizada na etapa de projeto inicial, e o aprimoramento dos esboços obtidos na conclusão da etapa 1 e/ou a elaboração de novas concepções.

Em sequência, será realizada a etapa preliminar, com o levantamento de todas as métricas dos componentes, a modelagem da concepção obtida na etapa anterior, visando um layout preliminar do produto, em um ambiente CAD 3D.

Finalmente, a etapa de projeto detalhado, que visa a obtenção de um protótipo funcional do produto, consiste na elaboração dos desenhos de fabricação e conjunto, seguidos da elaboração do protótipo e da avaliação da operação

De acordo com Back et al. (2008), subsequente à elaboração do protótipo funcional, ainda na etapa de projeto detalhado, seguiriam a etapa de otimização dos componentes, elaboração de manual de operações, instruções de assistência técnica e certificação dos componentes.

Após, seguir-se-ia o levantamento de recursos financeiros para a execução da produção e as etapas de preparação da produção, produção e lançamento de produto.

Estas etapas não serão aplicadas neste projeto de pesquisa devido ao tempo de execução deste projeto; entretanto serão colocadas como recomendação de trabalhos posteriores.

4 ETAPAS TEÓRICAS DE PROJETO

O presente capítulo possui a finalidade de descrever a aplicação das etapas de projetos inicial, informacional e conceitual.

4.1 ETAPA INICIAL DE PROJETO

Esta etapa inicial parte da situação problema estabelecida, aplicando algumas etapas, visando soluções que poderão ser estudadas nas etapas seguintes de projeto.

4.1.1 Situação Problema

Conforme descrito nos capítulos anteriores, a situação problema que será desenvolvida neste trabalho irá envolver dois processos de fabricação: o processo de impressão 3D por extrusão de material e o processo de extrusão do filamento para impressão 3D. O Quadro 2 demonstra esse raciocínio. Esta etapa inicial possui a finalidade de analisar estes processos de forma genérica para obter uma ideia superficial de soluções viáveis para a solução problema.



Quadro 2 – Situação Problema e Processos envolvidos
 Fonte: Autoria própria(2016)

4.1.2 Levantamento do estado da arte

O primeiro objetivo desta etapa é o levantamento das informações de mercado. Esta função abrange as soluções existentes nos depósitos de patentes, artigos e no mercado comercial. A busca e seleção destas soluções compreende o Levantamento do Estado da Arte, e seus resultados são dispostos em uma planilha denominada benchmarking de produto. Nesta etapa, como o objetivo é uma análise inicial do problema, foram obtidas para este levantamento inicial alguns modelos comerciais de impressoras 3D que utilizam o processo por deposição de material, registros de patentes envolvendo o processo e modelos de extrusoras para fabricação de filamento. Posteriormente, na etapa informacional, este levantamento será realizado de uma maneira mais abrangente.

4.1.3 Informações da tecnologia e viabilidade física

A segunda parte desta etapa inclui os objetivos de informações tecnológicas e viabilidade física. Estes objetivos devem descrever, de uma forma preliminar, as necessidades dos potenciais usuários.

Este levantamento primário deu-se inicialmente, por questionamento direto à pessoas que trabalham com impressão 3D com o método de extrusão de material, em escalas de baixo, médio e alto custo; e alguns estudantes que trabalham com o desenvolvimento de impressoras 3D de baixo custo.

O resultado deste levantamento constitui o esboço das necessidades de usuário. Os resultados desta etapa encontram-se dispostos no Quadro 3.

Necessidades do Usuário
Ser confiável
Ter fácil manutenção
Ter fácil instalação
Ter fácil configuração
Assegurar boa tolerância dimensional
Assegurar boa tolerância geométrica
Operar com vários materiais
Funcionar sem supervisão
Ser compacta
Ser bivolt
Operar em ambientes não controlados
Possuir boa capacidade de produção
Ter baixo custo

Quadro 3 – Esboço das necessidades dos usuários
Fonte: Autoria própria (2016)

4.1.4 Viabilidade física no contexto da estrutura funcional

Ainda no contexto do objetivo de viabilidade física, foi realizada também uma análise preliminar da estrutura funcional do sistema, baseado nos processos mostrados no quadro 2 e nas necessidades levantadas no quadro 3. Importante ressaltar que essa estrutura se trata apenas de um esboço preliminar, sendo que a estrutura funcional definitiva, contemplando os requisitos definidos na tabela de especificações-meta, será descrita na etapa de projeto conceitual.

O esboço da estrutura funcional encontra-se disposta na figura 11.

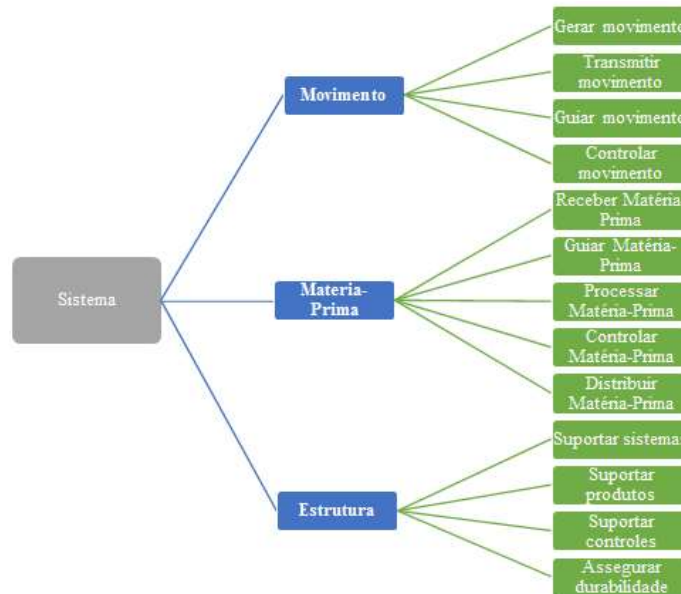


Figura 11 – Esboço da estrutura funcional.
 Fonte: Autoria própria (2016)

4.1.5 Esboço das conclusões preliminares

A primeira solução seria o desenvolvimento de um projeto de uma extrusora de filamentos de baixo porte, como vista na Figura 12, que seria anexada próxima à uma impressora 3D. Esta extrusora de filamentos teria dimensões reduzidas, para poder ser facilmente acoplada próxima à impressora 3D. Esta concepção não elimina o processo de extrusão do filamento, mas elimina o intermediário comercial do filamento.

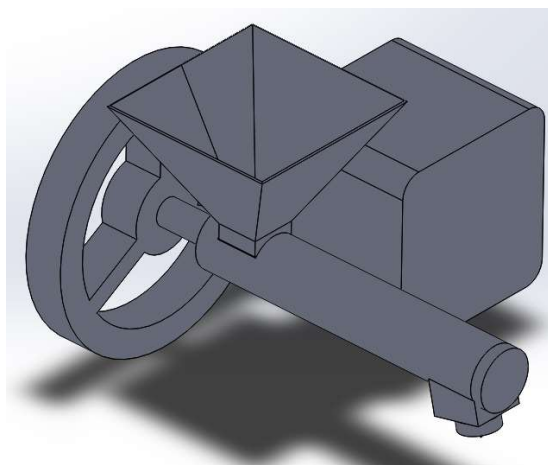


Figura 12 – Concepção da extrusora de baixo custo.
 Fonte: Autoria própria (2016)

Uma segunda alternativa possível, demonstrada na Figura 13, seria a elaboração de uma impressora 3D de baixo custo que possua um sistema integrado de processamento da matéria-prima bruta. Este sistema eliminaria, além do intermediário comercial, o processo intermediário de fabricação do filamento, haja vista que a entrada de matéria prima na impressora seria a matéria-prima bruta.

Uma terceira possibilidade inclui a otimização de um maquinário de extrusão já existente, para adaptá-lo às proporções de baixo porte, ou a adaptação de um sistema extrusor para impressoras 3D já existentes que operem com o processo extrusão de material.

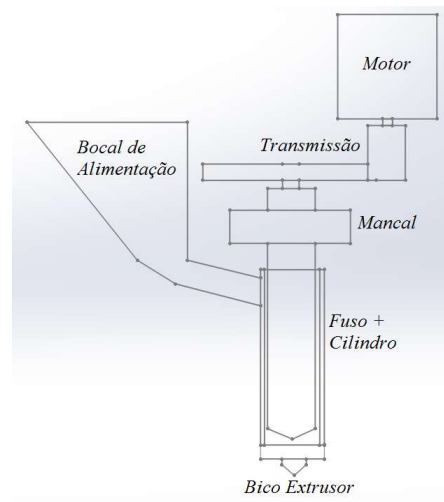


Figura 13 – Concepção do cabeçote extrusor a ser acoplado à impressora 3D

Fonte: Autoria própria (2016)

Analisando a sequência da cadeia de suprimentos, pode-se determinar como cada linha de processo altera a mesma. Esta análise é demonstrada na Figura 14.

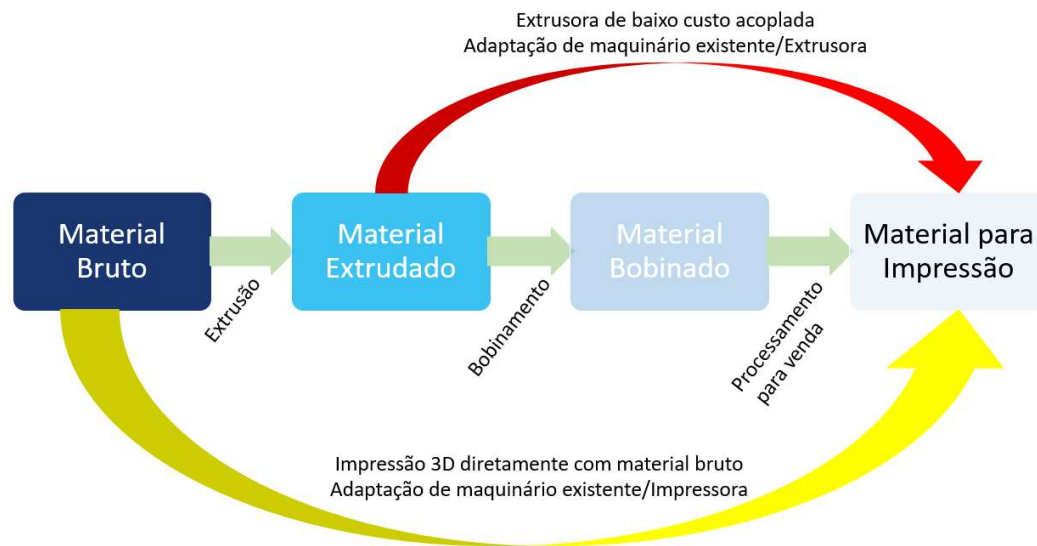


Figura 14 – Alterações das possíveis concepções na cadeia de suprimento.

Fonte: Autoria própria (2017)

Observa-se, portanto, que as concepções que envolvem a extrusão externa ao processo, ou seja, as concepções que envolvem o desenvolvimento de uma extrusora de baixo custo ou adaptação de uma existente, embora possam propiciar reduções nos custos totais, eliminam apenas a etapa de bobinamento da matéria-prima, mantendo a necessidade de dois processos de fabricação separados: a fabricação do filamento e a manufatura aditiva em si; enquanto o processo envolvendo a impressão direta possibilita a redução dos processos à uma única etapa. Portanto define-se essa linha de projeto para o seguimento ao projeto informacional.

4.2 ETAPA INFORMACIONAL DE PROJETO

Estando definida a linha a ser seguida para a resolução da situação problema, inicia-se a etapa de levantamento do projeto informacional, conforme definido no capítulo 3. Esta etapa consiste em um aprofundamento das informações obtidas no projeto inicial, com ênfase na linha de projeto selecionada.

4.2.1 Benchmarking de produto

Assim sendo, a etapa de projeto informacional iniciou-se com um aprimoramento no benchmarking de produto realizado anteriormente, dando enfoque às situações envolvendo a impressão direta, ou seja, soluções que envolvam a

impressão com matéria não processada, ou seja, material granulado. O benchmarking de projeto encontra-se disposto no apêndice A.

O levantamento mostrou que, embora existam soluções comerciais que possibilitam a impressão de peças com material no formato granulado, em substituição ao filamento, essa tecnologia ainda implica em elevados preços, tanto de maquinário quanto do material utilizado, pois os processos existentes demandam um maior refino do granulado.

4.2.2 Levantamento das necessidades dos clientes

Em sequência, buscou-se refinar a busca anterior realizada para levantamento das necessidades envolvidas. Nesta análise considerou-se as necessidades do público alvo selecionado e também o levantamento das necessidades das partes envolvidas no processo de fabricação. Os resultados encontram-se no quadro 4.

Alvos	Necessidades do Usuário	Critério de Importância
Cliente Externo: Laboratórios de Ensino e pesquisa, voltado ao desenvolvimento de peças com uso contínuo da manufatura aditiva	Ser confiável	10
	Ter baixo custo	10
	Funcionar sem supervisão	9
	Assegurar boa qualidade superficial	9
	Ter fácil manutenção	8
	Assegurar boa tolerância geométrica	8
	Operar com vários materiais	8
	Ter fácil configuração	7
	Assegurar boa tolerância dimensional	7
	Possuir boa capacidade de produção	7
	Operar em longos ciclos	7
	Ser bivolt	6
	Ter fácil instalação	6
	Ser compacta	5
Operar em ambientes não controlados	5	
Cliente Interno: Os desenvolvedores do produto	Ter baixo custo de produção	10
	Ter fácil produção	9
	Ser consistente	8
	Ser inovador	8
	Possuir aspecto atrativo	6

Quadro 4 – Levantamento das necessidades dos clientes

Fonte: Autoria própria (2017)

4.2.3 Definição dos requisitos de projeto

Com base nas necessidades obtidas, foram elencados os requisitos de projeto, juntamente com suas respectivas métricas de medição. Os desdobramentos das necessidades para formação dos requisitos de projeto encontram-se no quadro 5.

Alvos	Necessidades do Usuário	Crit.	Métrica de Projeto	Unid.	Qualif.
Cliente Externo: Laboratórios de Ensino e pesquisa, voltado ao desenvolvimento de peças com uso contínuo da manufatura aditiva	Ser confiável	10	Confiabilidade do produto	%	+
	Ter baixo custo	10	Custo total do equipamento	BRL	-
			Custo da matéria-prima	BRL	-
	Funcionar sem supervisão	9	Autonomia do sistema	-	+
			Presença de sistemas de aviso	-	+
	Assegurar boa qualidade superficial	9	Altura do material extrudado	mm	-
			Acabamento superficial bruto	µm	-
	Ter fácil manutenção	8	Presença de peças de fácil reposição	-	+
	Assegurar boa tolerância geométrica	8	Tolerância geométrica do material extrudado	-	-
			Tolerância geométrica do equipamento extrusor	-	-
	Operar com vários materiais	8	Número de sistemas controlados eletronicamente	-	+
	Ter fácil configuração	7	Presença de interface com o operador	-	+
			Presença de dispositivo de parada de emergência	-	+
	Assegurar boa tolerância dimensional	7	Variação de fluxo no equipamento extrusor	kg/h	-
			Variação de pressão de extrusão	MPa	-
	Possuir boa capacidade de produção	7	Capacidade de extrusão	kg/h	-
			Capacidade de deposição do material	hg/h	-
			Pressão máxima de extrusão	MPa	-
	Operar em longos ciclos	7	Tempo de ciclo	h	-
			Tempo de utilização semanal	h/sem	+
			Vida-útil total do equipamento	h	+
	Ser bivolt	6	Tensão de operação	V	+
	Ter fácil instalação	6	Número total de peças	-	-
		Número de encaixes interdependentes	-	-	
Ser compacta	5	Volume total	mm ³	-	
		Massa total	kg	-	
Operar em ambientes não controlados	5	Temperatura ambiente	°C	+	
		Umidade ambiente	%	-	
Cliente Interno: Os desenvolvedores do produto	Ter baixo custo de produção	10	Custo de produção	BRL	-
			Custo de peças	BRL	-
			Presença de materiais reutilizáveis	-	+
			Presença de peças que possam ser auto-replicadas	-	+
	Ter fácil produção	9	Presença de componentes comerciais	-	-
			Presença de peças com geometria simplificada	-	+
	Ser consistente	8	Presença de estrutura externa	-	+
			Capacidade máxima da estrutura	kg	+
			Resistência da estrutura ao impacto	kN	+
	Ser inovador	8	Presença de dispositivos inovadores	-	+
	Possuir aspecto atrativo	6	Presença de aparência agradável	-	+
			Disposição de layout atraente	-	+
		Acabamento externo da estrutura	-	+	

Quadro 5 – Desdobramento das necessidades em requisitos de projeto

Fonte: Autoria própria (2017)

4.2.4 Aplicação da primeira casa da qualidade.

Em seguida, foi aplicada a primeira casa da qualidade, envolvendo os requisitos obtidos e as necessidades elencadas. Utilizando os critérios de importância das necessidades, e o grau de correlação entre necessidades e requisitos, obteve-se a classificação dos requisitos de projeto, no que concerne a questão de prioridades do cliente. A aplicação e os resultados encontram-se no apêndice B.

4.2.5 Especificações-meta de projeto

Por fim, aplicando a classificação de importância obtidas na primeira casa da qualidade à planilha de requisitos de projeto, pode-se atribuir, em análise preliminar, os intervalos desejáveis de cada requisito. A constituição desses intervalos-meta, considerando a colocação de cada requisito obtido encontra-se na planilha de especificações-meta, a qual pode ser encontrada no apêndice C.

Com a obtenção das especificações, conclui-se a etapa informacional do projeto. As etapas de projeto conceitual encontram-se no item 4.3, a seguir.

4.3 ETAPA CONCEITUAL DE PROJETO

Dando sequência à metodologia adotada, no que concerne ao projeto conceitual, buscou-se aprimorar a estrutura funcional inicial, adotada na etapa inicial do projeto, visando estabelecer, em conjunto com a situação problema e com as especificações de projeto, a função global. A formulação da estrutura funcional também possibilitou a divisão dos subsistemas do projeto.

4.3.1 Função Global e estrutura funcional

Estabeleceu-se a função global do sistema como sendo "Extrudar material polimérico a partir de matéria bruta, depositando o material em um processo automático e controlado com objetivo de formação de uma peça tridimensional". A estrutura funcional completa, bem como a divisão dos subsistemas encontram-se no Figura 15.

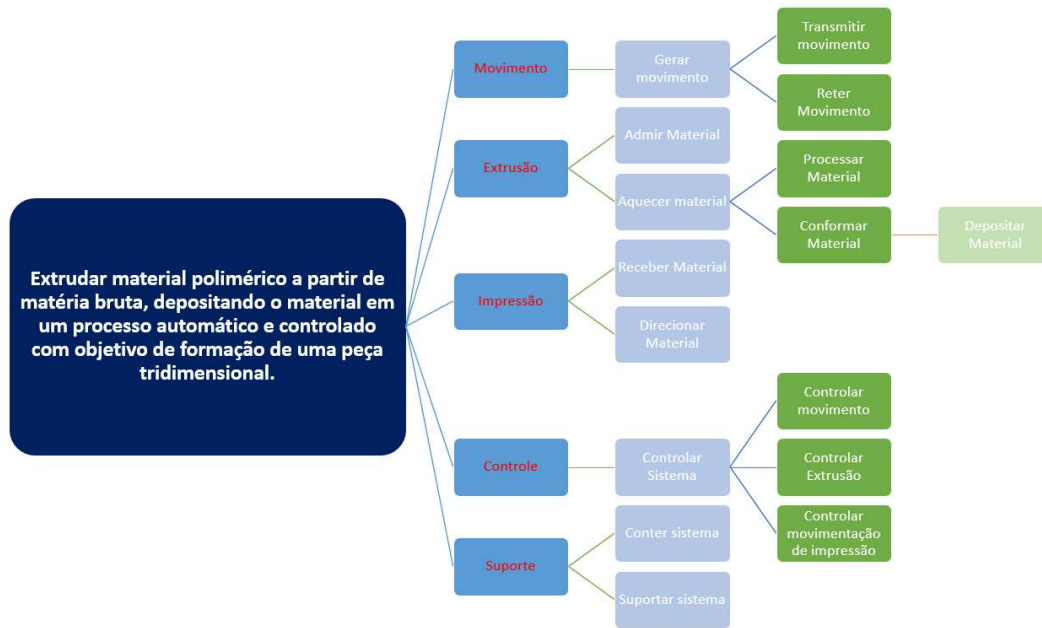


Figura 15 – Estrutura funcional do sistema e divisão dos subsistemas

Fonte: Autoria própria (2017)

4.3.2 Matriz unificada conceitual da concepção

As etapas seguintes à estrutura funcional seriam a elaboração da matriz morfológica e a matriz de concepções. Entretanto, neste projeto de produto, optou-se por unificar as matrizes. Esta matriz unificada leva em consideração a estrutura funcional do produto, suas soluções possíveis e as especificações de projeto.

Com base na análise das soluções possíveis, foi realizado um levantamento de possibilidades para cada função identificada. Em seguida, as características de cada solução foram comparadas com as metas estabelecidas pela planilha de especificações, de forma que foi selecionada uma solução para cada função. Essas soluções formam a matriz conceitual da concepção, disposta no apêndice D.

Reitera-se que esta modificação à metodologia visou um resultado direto, reduzindo o tempo de levantamento de dados. Recomenda-se o estudo mais avançado da estrutura morfológica nas etapas posteriores de otimização do produto.

4.3.3 Concepção gerada

Com base nos resultados da matriz conceitual da concepção, foi elaborado um esboço inicial da concepção, respeitando os requisitos de projeto e as especificações.

A concepção constitui na adaptação do cabeçote extrusor de uma impressora 3D de baixo custo, de forma similar à concepção do cabeçote extrusor demonstrado na figura 14. As modificações causariam alterações principalmente no sistema padrão de controle da impressora 3D, que passaria a cobrir também o controle do processo de extrusão. Segundo a filosofia da replicação rápida, as rodas dentadas utilizadas na transmissão entre o eixo de extrusão e o eixo do motor seriam projetadas visando a replicação da mesma. O eixo contendo o fuso será feito em aço, posteriormente tratado termicamente.

Um esboço da concepção definida encontra-se na Figura 16. Com a concepção formulada, encerra-se a etapa conceitual de projeto, e tem-se início o projeto preliminar, descrito no capítulo 5, a seguir.

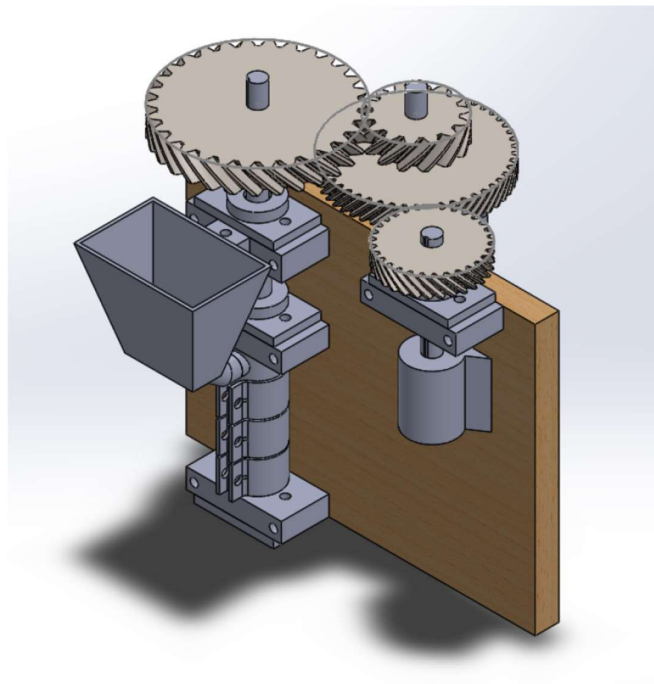


Figura 16 – Esboço da concepção gerada.

Fonte: Autoria própria (2017)

5 ETAPAS PRÁTICAS DE PROJETO

O presente capítulo possui a finalidade de descrever as atividades das etapas de projetos preliminar e detalhado, bem como suas saídas.

5.1 ETAPA PRELIMINAR DE PROJETO

Dando sequência à adoção da concepção, iniciou-se a elaboração dos componentes e procedimentos de fabricação do protótipo. Para tal, considerando as limitações impostas, buscou-se considerar nesse processo os objetivos do projeto de tais componentes. Nesse contexto, definem-se os objetivos do 'projeto para objetivo' (DFX). Como demonstrado nos capítulos anteriores, as principais métricas do projeto devem ser o baixo custo e a alta confiabilidade. Portanto, se estabelece um padrão de projeto voltado para um limite de custos, mas de forma a não comprometer a confiabilidade do produto. Essa política é definida pelo DFC (projeto para redução de custos).

Além da questão de custos, outro processo considerado foi a montagem do equipamento. Definiu-se a importância do desenvolvimento dos componentes considerar tanto a montagem quanto a desmontagem, de forma a estas procederem da forma mais simples possível. Essas características são definidas pelo DFMA (projeto para fabricação e montagem).

5.1.1 Dimensionamentos

Com base nos DFX definidos, considerando as necessidades de projeto, foram definidas as seguintes hipóteses:

- Visando uma transmissão que assegure um engrenamento seguro e suficiente, serão previstas rodas dentadas prototipadas duplo-helicoidais;
- Para fins de cálculos, todos os fatores de confiabilidade foram assumidos como 99,0%;
- Para definir as propriedades do fuso de extrusão, o cálculo realizado foi considerando o fuso como um parafuso de potência;

- Não foram consideradas neste projeto as perdas de calor no cilindro de extrusão;
- Considerou-se um volume de impressão de 150 gramas por hora;
- Materiais utilizados: Predominantemente ABS e PLA.
-

Considerando as hipóteses acima foi realizado um breve dimensionamento dos componentes, visando estabelecer as condições em métricas aceitáveis para a execução do projeto do produto. Os cálculos foram realizados com auxílio do software computacional MATLAB® , sendo disponibilizados os códigos de extensão '.m' no apêndice E, juntamente com os principais resultados.

5.1.2 Modelagens

Com base nos resultados do dimensionamento, conforme disposto no apêndice E, e considerando os princípios definidos no item 5.1.1, foi realizada a modelagem de cada componente no software CAD-3D SolidWorks®, sendo posteriormente realizada a montagem dos componentes neste mesmo software. A Figura 17, a seguir representa a montagem do sistema da impressora 3D já com o cabeçote extrusor adaptado. Em azul, as peças adaptadas do modelo original.

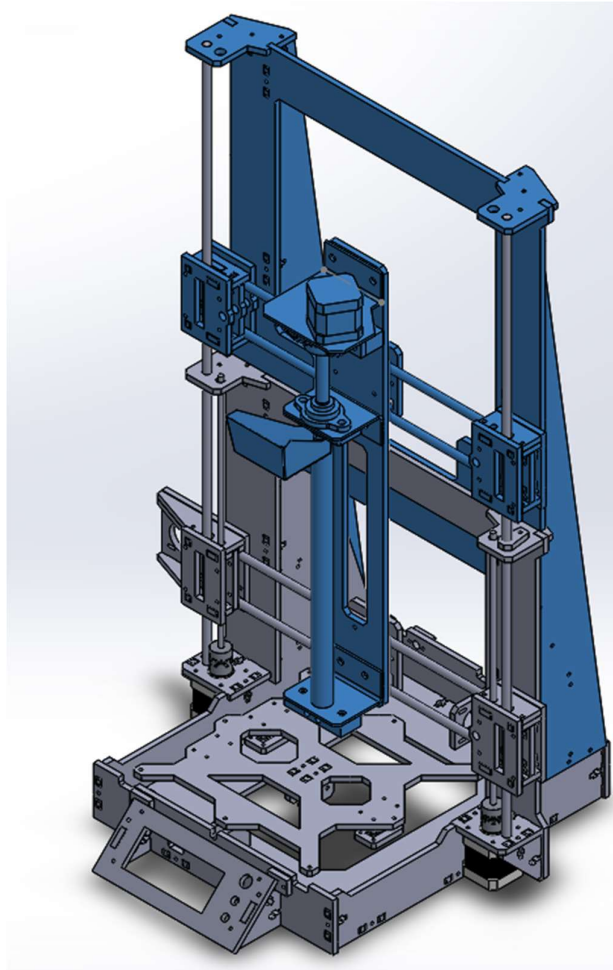


Figura 17 – Montagem da concepção.

Fonte: Autoria própria (2017)

5.2 ETAPA DETALHADA DE PROJETO

Estando concluída a etapa preliminar de modelagem do conjunto, passou-se a representar o detalhamento do conjunto, visando a produção do protótipo funcional.

5.2.1 Representações de conjunto

Inicialmente, foi realizada a construção da vista explodida do conjunto, utilizando os recursos do software de modelagem CAD-3D. A representação da modelagem do cabeçote extrusor em vista explodida encontra-se na Figura 18, abaixo.

detalhamento destes componentes possibilita a fabricação das peças para a realização do projeto, encaminhando para a última etapa desse projeto, a confecção do protótipo.

5.2.3 Execução de protótipo

Por fim, para averiguar e executar testes operacionais, foi proposto a execução de um protótipo do conjunto modelado. Essa etapa final despendeu uma quantidade de tempo superior à disponível por diversas dificuldades, como será tratado no item 6.3. A aquisição dos componentes comerciais, de acordo com o dimensionamento, foi realizada, e suas especificações encontram-se no anexo A. O descritivo dos custos de projeto encontram-se no apêndice H.

5.2.3.1 Considerações sobre a montagem do subsistema cabeçote extrusor

Para montagem do conjunto, foram considerados as seguintes etapas:

- Montagem de sistemas de apoio da estrutura;
- Montagem das resistências no cilindro extrusor, conforme item 5.2.3.2;
- Montagem do cilindro de extrusão entre os apoios;
- Montagem dos mancais;
- Montar o fuso no cilindro;
- Posicionar os blocos nos apoios, e fixa-los;
- Posicionar a roda dentada movida no eixo do fuso;
- Travamento dos mancais de rolamento;
- Fixação do apoio do motor seguido do posicionamento do mesmo;
- Fixação dos parafusos e ajuste do engrenamento da roda dentada motora;
- Inserção do funil-calha e fixação do mesmo.

5.2.3.2 Considerações sobre a montagem das resistências

Tendo por base o dimensionamento dos componentes, definiu-se que o comprimento de cada fio resistor deverá ser de 2 metros. Com isso, deve-se envolver

cada fio em cada etapa do cilindro. Antes, entretanto, deverá ser isolado o tubo extrusor, com uso de fita tipo Kapton.

Para que o resistor mantenha o passo constante, definiu-se que os fios seriam recobertos com fita de material isolante, mantendo somente as pontas dos fios para ligação com os terminais elétricos.

5.2.3.3 Considerações sobre a montagem do cabeçote na estrutura da impressora

Estando montado o conjunto, deve-se posicioná-lo juntamente ao sistema global da impressora. Para tal, foram consideradas as seguintes etapas:

- Fixar a estrutura principal de reforço da impressora, refazendo os furos necessários na estrutura existente. Colocar parafusos e porcas;
- Executar pré-montagem do eixo de deslocamento na coordenada X;
- Fixar a montagem nos eixos de deslocamento.

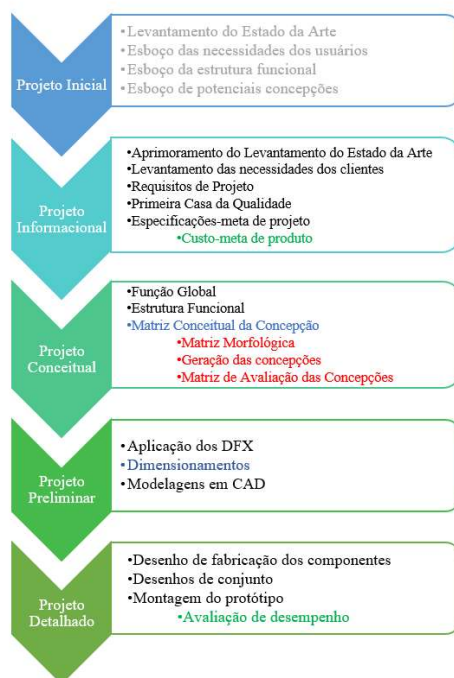
Os detalhamentos dos procedimentos de montagem encontram-se no apêndice H. Os resultados obtidos ao decorrer do projeto, bem como suas dificuldades encontram-se no capítulo 6, a seguir.

6 RESULTADOS OBTIDOS

Este capítulo possui a finalidade de discutir sobre os resultados obtidos nas etapas anteriores, algumas ponderações posteriores à aplicação metodológica, dificuldades encontradas e avaliação do projeto desenvolvido.

6.1 PONDERAÇÕES QUANTO À METODOLOGIA

No que concerne a metodologia aplicada, pode-se observar que, durante a realização do projeto, algumas alterações foram necessárias. O quadro 6 demonstra em destaque as alterações ao quadro 1 que foram observadas durante este projeto.



Quadro 6 – Diferenciações entre a metodologia adotada e a proposta

Fonte: Autoria própria (2017)

As etapas de projeto inicial, colocadas em cinza, foram concluídas na etapa de proposta deste projeto de pesquisa. Quanto ao projeto informacional, a única alteração ocorreu com relação ao custo-meta de produto, que por ser um dos requisitos desdobrados, foi anexado à planilha de especificações.

A maioria das alterações na metodologia ocorreram na etapa conceitual. Como anteriormente explicado no item 4.3.2, a substituição das matrizes morfológica e de concepções em uma única matriz, visando criar uma concepção única possibilitou

uma abordagem mais direta e rápida. Como colocado no decorrer do item, recomenda-se utilizar, em posterior, as etapas suprimidas, visando uma otimização do projeto.

Quanto ao projeto preliminar, a principal alteração deve-se à inclusão dos cálculos dimensionais, considerados no item 5.2.2. Quanto ao projeto detalhado, a avaliação dos resultados será considerada após a conclusão dos testes.

6.2 PONDERAÇÕES QUANTO ÀS ETAPAS TEÓRICAS DE PROJETO

Quanto às etapas teóricas de projeto, observou-se que a concepção final desejada, obtida após as etapas informacional e conceitual, se aproxima muito da solução encontrada na etapa inicial do projeto, salvo algumas poucas alterações conceituais. De acordo com os resultados levantados, a concepção atendeu os principais requisitos levantados na planilha de especificações-meta.

Os resultados obtidos através da primeira casa da qualidade também seguiram uma sequência esperada, obtendo principalmente requisitos relacionados ao custo e à confiabilidade. Um destaque especial foi a questão do número de sistemas automatizados (Número de sistemas controlados eletronicamente), apontada como a quarta métrica no desdobramento. Isso possibilitou definir que a concepção deveria ser baseada principalmente em minimização de custos e maximização da confiabilidade, entretanto mantendo um alto nível de automação.

6.3 PONDERAÇÕES QUANTO ÀS ETAPAS PRÁTICAS DE PROJETO

Quanto às etapas iniciais do projeto preliminar, observou-se que o dimensionamento do fuso extrusor utilizando a aproximação descrita no item 5.1 demonstrou que as solicitações esperadas são inferiores às solicitações limites para falha. O dimensionamento do motor de passo do cabeçote foi considerado de acordo com levantamento realizado com professores que trabalham com manufatura aditiva.

Entretanto a elaboração do protótipo funcional revelou grande parte das dificuldades obtidas na execução deste projeto. As dificuldades encontradas foram relacionadas diretamente com fornecedores de peças e prazos de entrega, levando a atrasos no cronograma inicial. Entre os problemas envolvendo fornecedores, destacam-se compromissos assumidos que posteriormente foram declinados pelos fornecedores, por motivos variados.

Outras dificuldades encontradas foram os testes iniciais envolvendo as resistências. Por um defeito no sensor de temperatura, o primeiro teste em um tubo de simulação à parte resultou em um superaquecimento das resistências, acima do limite de resistência da fita tipo Kapton, causando o derretimento da fita. A solução desse problema foi proposta por alguns especialistas consultados, regulando a tensão aplicada no sistema.

Como teto máximo estipulado na planilha de especificações foi de BRL 1500,00 (um mil e quinhentos reais), buscou-se ao máximo limitar o custo das peças para atingir o estipulado. Ao final obteve-se um gasto calculado aproximado em BRL 1200,00 (um mil e duzentos reais), valor abaixo do teto estipulado. O descritivo das despesas de construção encontra-se no apêndice I.

Testes operacionais do protótipo estão sendo realizados para estabelecer a confiabilidade e a qualidade do material extrudado, bem como quais ajustes deverão ser realizados, a fim de obter-se uma versão definitiva do produto.

6.4 AVALIAÇÃO FINAL DO PROJETO

Analisando a proposta inicial, comparando os resultados obtidos nas etapas de projeto aplicadas, e os primeiros dados da avaliação do protótipo, é provável que o projeto possui o potencial necessário para possibilitar a redução na cadeia de suprimentos do processo, mantendo um custo relativamente baixo para o maquinário, estando pendentes a avaliação do comportamento do equipamento nos testes com o material.

Entretanto, este projeto de pesquisa possui apenas caráter inicial de projeto, como especificado ao item 3.4. As etapas posteriores, visando o lançamento do produto, não se mostraram possíveis devido principalmente ao fator de tempo de projeto e valores disponíveis. Convém ressaltar que todas as despesas necessárias para realização foram assumidas igualmente pelos integrantes, não utilizando de outra fonte de fomento.

As figuras 17 e 18, a seguir mostra a montagem final do equipamento.



Figura 19 – Cabeçote Extrusor desenvolvido.

Fonte: Autoria própria (2017)



Figura 20 – Montagem do cabeçote extrusor na impressora 3D

Fonte: Autoria própria (2017)

As considerações finais e as recomendações posteriores encontram-se no capítulo 7, a seguir.

7 CONCLUSÕES

Este capítulo final possui a finalidade de apresentar as conclusões obtidas neste projeto de pesquisa, bem como recomendações posteriores.

7.1 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Durante os dez meses de realização deste projeto de pesquisa esta equipe de projeto enfrentou diversas dificuldades para elaborar uma forma de satisfazer a situação problema. Como resultado, uma proposta de um método seguro e sólido para a redução da cadeia de suprimentos do processo de manufatura aditiva. Concluiu-se este projeto de pesquisa com um resultado promissor, e que no futuro poderá ser aprimorado e amplamente utilizado.

Assim como os primeiros estudos no início do século possibilitaram a manufatura aditiva de baixo custo, este estudo abre mais um caminho de acesso à tecnologia àqueles que não possuem as condições de obterem maquinários similares devido seu elevado preço. Acredita-se na contribuição para o avanço do método, e que este projeto colabora para com o processo de ampliação do conhecimento. Pois as vias do conhecimento não podem mais ser uma via de pouco fluxo. Devem ser amplas e abundantes, para que todo o mundo possa ter acesso.

A manufatura aditiva, como um todo, possui grande potencial para desenvolvimento de novos métodos e produtos. Esta equipe de projeto recomenda que as pesquisas relacionadas continuem de forma que, assim como este trabalho se propôs a fazer, novas tecnologias de manufatura aditiva continuem surgindo e, mais importante ainda, de forma que a manufatura aditiva se torne cada dia mais acessível ao público em geral.

7.2 SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

Como amplamente demonstrado ao longo deste trabalho, o projeto de produto ainda não foi concluído, restando ainda as etapas complementares do projeto detalhado, suprimidas de acordo com o item 3.4. Ainda, a retomada de algumas análises da aplicação metodológica poderá resultar em um passo inicial para a otimização da concepção gerada.

Além da oportunidade futura de otimização da concepção, será possível também analisar, em médio ou até longo prazo, a qualidade operacional do protótipo,

bem como seu período de vida útil. Esta análise poderá auxiliar a corroborar os resultados obtidos neste projeto de pesquisa como ferramenta viável para o uso cotidiano.

Coloca-se também como proposta uma análise computacional do comportamento térmico do aquecimento ao longo do cilindro extrusor durante a extrusão; bem como o desenvolvimento de um sistema capaz de gerar pressões negativas sem retorno do fuso extrusor.

Embora esta proposta possibilite um uso racional da matéria-prima, ainda existem perdas de material, seja por uso em suporte ou por falha no processamento. A elaboração de um dispositivo de reciclagem deste material poderia reduzir ainda mais os desperdícios e perdas no processo.

Atualmente, encontrou-se dificuldades em desenvolver o dispositivo utilizando uma mesa capaz de se mover nas três dimensões, situação inicialmente pensada para a realização deste projeto. O desenvolvimento de um sistema tridimensional da mesa poderá no futuro auxiliar também o desenvolvimento deste projeto.

REFERÊNCIAS CONSULTADAS

ABNT (Associação Brasileira de Normas Técnicas). **NBR 10520/2002**: Informação e documentação – Citações em documentos - Apresentação. Rio de Janeiro, 2002.

ASTM(American Society of Testing and Materials) **Standart Terminology for Additive Manufaturig Technologies** ASTM F2792:2013 West Conshohocken, Estados Unidos, 2013.

ALMEIDA, Rosemeire dos Santos. **Influência da velocidade de rotação no processo de extrusão do polipropileno – virgem e reciclado**. 2010. 68 f. Dissertação de Mestrado – Universidade Estadual de Campinas, Faculdade de Engenharia Química. Campinas, 2010.

BACK, Nelson et al. **Projeto integrado de produtos**: planejamento, concepção e modelagem. Barueri: Malone, 2008.

BACK, Nelson; FORCELLINI, Fernando Antônio. **Projeto de Produto**. Florianópolis. UFSC, 1990.

BETTONI, Luiz Marcelo Michelotti; SCARPIN, Emerson Luiz. **Extrusora Miniaturizada de Polímeros**: Confeção, Controle e Supervisão. 2006. 146 f. Trabalho de Diplomação – Curso Superior de Tecnologia em Eletrônica, Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Curitiba, 2006.

BLASS, Arno. **Processamento de polímeros**. 2. ed. Ed. da UFSC, 1988.

BONTORIN, Ana Carolina Bueno; PORTELA, Phellipy Rosa. **Melhoria de um sistema de deposição de material fotossensível para prototipagem rápida**. 2009. 114 f. Monografia (Graduação em Engenharia Industrial Mecânica). Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Curitiba, 2009.

BRENT, Strong A. **Plastics materials and processing**. Prentice Hall, 1996.

CALLISTER, William. **Ciência E Engenharia de Materiais**: Uma Introdução . Grupo Gen-LTC, 2000.

CONTOUR CRAFTING **Contour Crafting expected to be used to build homes by 2018**. Disponível em < <https://3dprinting.com/news/contour-crafting-expected-to-be-used-to-build-homes-by-2018/>>. Acessado em 20 out. 2016.

CRUZ, Sandra A. **Extrusão de Termoplásticos**. Fundação Santo André – FSA. Disponível em: <www3.fsa.br/materiais/Processamento/extru_1.pdf>. Acesso em: 11 out. 2016.

EXAME. **Pesquisadores criam tecidos vivos em impressora 3D**. 15 fev. 2016. Disponível em: <<http://exame.abril.com.br/ciencia/pesquisadores-desenvolvem-impressora-3d-capaz-de-fabricar-tecido-para-humanos/>>. Acesso em: 19 set. 2016.

FORTULAN, Carlos Alberto; MACHADO F°, Sérgio Gomes **Projeto virtual de uma mini-injetora**. 2014. Disponível em <<https://uspdigital.usp.br/siicusp/cdOnlineTrabalhoVisualizarResumo?numeroInscricaoTrabalho=4312&numeroEdicao=22>>. Acesso em 22 mar. 2017.

GALILEU **NASA testa impressora 3D para astronautas**. Disponível em < <http://revistagalileu.globo.com/Revista/Common/0,,EMI313684-17770,00-NASA+TESTA+IMPRESSORA+D+PARA+ASTRONAUTAS.html>>. Acesso em 17 set 2016.

GORNI, Antonio Augusto. **Introdução à Prototipagem Rápida e Seus Processos**. 10 set. 2003. Disponível em: <<http://www.gorni.eng.br/protrap.html>>. Acesso em: 25 set. 2016.

HALLIDAY, David; RESNICK, Robert; WALKER, Jearl. **Fundamentos de Física, Volume 3 – Eletricidade e Magnetismo**. 8.Ed. São Paulo, LTC, 2009.

HYPENESS. **A impressora 3D capaz de construir uma casa em menos de 24h**. Disponível em: <<http://www.hypeness.com.br/2014/01/conheca-a-impressora-3d-capaz-de-construir-uma-casa-em-menos-de-24-horas/>>. Acesso em: 17 set. 2016.

HYPENESS. **Projeto colaborativo oferece próteses infantis de baixo custo inspiradas em super-heróis. as técnicas**. Disponível em: <<http://www.hypeness.com.br/2014/10/brasileiro-cria-protese-infantil-do-ben-10-com-ajuda-do-e-nabbling/#>>. Acesso em: 17 set. 2016.

INFOESCOLA **Reação de polimerização.** Disponível em <<http://www.infoescola.com/quimica/reacao-de-polimerizacao/>>. Acesso em 02 jul. 2017.

MANRICH, Silvio. **Processamento de termoplásticos.** Artliber, São Paulo, p. 2044, 2005.

MERCADO LIVRE **Funil inox novo para injetora/sopradora/extrusora** Imagem disponível em <https://http2.mlstatic.com/funil-inox-novo-para-injetora-soprodora-extrusora-D_NQ_NP_17948-MLB20147034156_082014-F.webp> Acesso em: 17 set. 2016.

MICHAELI, Walter; GREIF, Helmut; KAUFMANN, Hans; VOSSEBURGER, Franz-Josef. **Tecnologia dos plásticos.** São Paulo. Edgard Blucher, 1992.

NORDSON **Cilindros de Extrusão Xaloy** Disponível em <<http://www.nordson.com/pt-BR/divisions/polymer-processing-systems/products/barrels/extrusion-barrels>>. Acessado em 17 set. 2016.

NORTON, Robert L. **Projeto de Máquinas: uma abordagem integrada.** 4. Ed. Porto Alegre, Bookman, 2013.

NUNES, Luciano Rodrigues; RODOLFO Jr., Antonio; ORMENJI, Wagner. **Tecnologia do PVC.** 2. ed. São Paulo. Braskem, 2006.

PAHL, Gehrard; BEITZ, Wolfgang. **Engineering design: a systematic approach.** 2. ed. London, Springer Verlag, 1996.

RIBEIRO JUNIOR. Elson Heraldo. **Modelo para formatação de trabalhos acadêmicos da UTFPR.** Ponta Grossa, 2011. (Apostila)

ROSA, Marcos Henrique; HOFFMANN, Rafael Saad Meyer; JACOBS, Rodrigo Carlos. **Projeto de um Parafuso de Extrusão de Polímero para uma Extrusora de Laboratório.** 2007. 125 f. Trabalho de Diplomação– Curso Superior de Tecnologia em Eletrônica, Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Curitiba, 2007.

SECTI-BA **Túnel de Vento** Disponível em <<http://labcompartilhados.secti.ba.gov.br/?products=tunel-de-vento>>. Acessado em 20 out. 2016

SHIMABUKURO, Tiago Issamu. **Desenvolvimento de uma mini-extrusora para uso em máquinas de prototipagem rápida**. 2007. 109 f. Monografia (Graduação em Engenharia Industrial Mecânica). Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Curitiba, 2007.





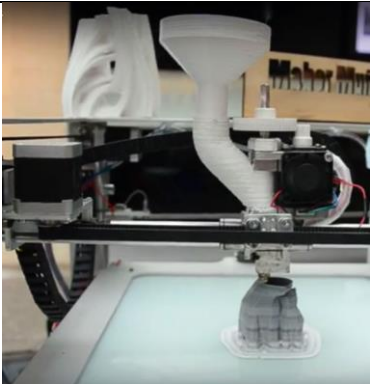
TUDO SOBRE PLÁSTICOS **Como é feito o plástico?** Disponível em <<http://www.tudosobreplasticos.com/polimerizacao/feito.asp>> Acesso em 02 jul. 2017.

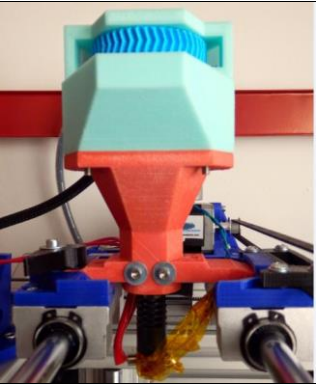


VALLE, James Della. **Tecnologia ganha impulso no mercado mundial com a demanda por mais eficiência, agilidade e qualidade**. 29 jun. 2016. Disponível em: <<http://revistagalileu.globo.com/Caminhos-para-o-futuro/Desenvolvimento/noticia/2016/06/evolucao-da-impressao-3d-sinaliza-chegada-de-uma-nova-era-para-industria.html>>. Acesso em: 25 set. 2016.

WOODSON, Thomas T. **Introduction to Engineering Design** New York City, McGraw-Hill, 1966.

APÊNDICE A – BENCHMARKING DE PRODUTO

O presente apêndice apresenta, conforme citado ao capítulo 4, item 4.2.1, a planilha de benchmarking de produto.

					
Nome	David	Deltawap 3MT	PAM	Atlas 3D Printer 2.0	Big Format
Desenvolvedor	Sculptfy	Wasp	Pollen	Titan Robotics	Mahor
Preço	U\$2.745,00~3.195,00	€15.000,00	€16.000,00	U\$24.000,00	N/D
Dimensões do Equipamento (mm)	Comprimento 538 Largura 502 Altura 620	Comprimento 2100 Largura 2350 Altura 3000	Comprimento N/D Largura N/D Altura N/D	Comprimento 1524 Largura 1651 Altura 1524	Comprimento 1200 Largura 1200 Altura 1200
Dimensões de Impressão (mm)	Comprimento 200 Largura 220 Altura 185	Comprimento 1200 Largura 1000 Altura 1000	Comprimento 300 Largura 300 Altura 300	Comprimento 915 Largura 915 Altura 1220	Comprimento 1000 Largura 1000 Altura 1000
Peso (Kg)	29	170	N/D	159	N/D
Qualidade de Impressão (microns)	100	2000	40	N/D	N/D
Materiais Utilizados	Polímeros Diversos	Polímeros Diversos	Polímeros Diversos	Polímeros Diversos	Polímeros Diversos
Velocidade de Produção (mm/s)	150	150	400	1500	40~80
Informações Adicionais	Impressora extrusora caseira que trabalha com diversos materiais.	Impressora industrial de grande porte que consegue trabalhar com diversos formatos de materiais graças a possibilidade de se alterar os bocais de extrusão. Trabalha com fluidos densos, granulados e filamentos.	Impressora extrusora caseira anunciada como de luxo que trabalha, simultaneamente, com até quatro tipos de materiais e cores. Possui alta precisão e velocidade de produção.	Impressora industrial de grande porte e altíssima velocidade.	Adaptação de uma extrusora simples ao cabeçote móvel de uma impressora 3D. Projeto caseiro independente, ainda não comercializado.

					
Nome	RepRap Universal Pellet Extruder Project	Createbot	MMUSE		
Desenvolvedor	Richard Horne	3D Printer Online Store	3D Printer Online Store		
Preço	Custo de Fabricação	U\$2.349,00	U\$3.600,00		
Dimensões do Equipamento (mm)	Comprimento N/D Largura N/D Altura N/D	Comprimento 381 Largura 420 Altura 400	Comprimento 310 Largura 390 Altura 600		
Dimensões de Impressão (mm)	Comprimento N/D Largura N/D Altura N/D	Comprimento 150 Largura 150 Altura 150	Comprimento 120 Largura 120 Altura 50		
Peso (Kg)	N/D	N/D	10		
Qualidade de Impressão (microns)	N/D	10	N/D		
Materiais Utilizados	Polímeros Diversos	Alimentos Diversos	Pó de Chocolate		
Velocidade de Produção (mm/s)	15	30	30~100		
Informações Adicionais	Projeto completamente Open Source direcionado a entusiastas do projeto RepRap. Suas especificações dimensionais variam de acordo com sua customização. O projeto se limita ao cabeçote extrusor.	Impressora voltada para impressão de alimentos. Trabalha com estes em diversos formatos como massas, granulados e texturas variadas de cremes. Seu bico de extrusão pode ser alterado de acordo com o alimento utilizado	Impressora voltada para a confeitaria de chocolates. Possui o bico de extrusão variável para aumentar as possibilidades de impressão.		

Análise dos custos de filamento

Revendedor	Produto	Preço por Quilo (R\$/Kg)	Características
Fila 3D	Filamento de PLA	140,00	Cor: Variadas Diâmetro: 1,75~3,00mm
Fila 3D	Filamento de ABS Premium+	99,00	Cor: Variadas Diâmetro:1,75~3,00mm
Filamentos 3D Brasil	Filamento PLA	175,00	Cor: Variadas Diâmetro:1,75mm~3,00mm
Filamentos 3D Brasil	Filamento ABS Premium	159,00	Cor: Variadas Diâmetro: 1,75mm~3,00mm
Filamentos 3d Brasil	Filamento PETG	199,00	Cor: Incolor Diâmetro: 1,75mm
Mercadolivre*	Filamento ABS	69,99~125,00	Cor: Variadas Diâmetro: 1,75mm~3,00mm
Mercadolivre*	Filamento PLA	111,00~165,00	Cor: Variadas Diâmetro:1,75~3,00mm
Aliexpress**	Filamento ABS	74,56~158,83	Cor: Variadas Diâmetro:1,75~3,00mm
Aliexpress**	Filamento PLA	76,18~194,49	Cor: Variadas Diâmetro:1,75~3,00mm

*(Valores encontrados na busca realizada em 22/04/2017)

** (Valores encontrados na busca realizada em 22/04/2017 para produtos com frete grátis)

APÊNDICE B – PRIMEIRA CASA DA QUALIDADE

O presente apêndice apresenta, conforme citado ao capítulo 4, item 4.2.4, o desdobramento da primeira casa da qualidade.

Acabamento externo da estrutura
 Disposição de layout atraente
 Presença de aparência agradável
 Presença de dispositivos inovadores
 Resistência da estrutura ao impacto
 Capacidade máxima da estrutura
 Presença de estrutura externa
 Presença de peças com geometria simplificada
 Presença de componentes comerciais
 Presença de peças que possam ser auto-replicadas
 Presença de materiais reutilizáveis
 Custo de peças
 Custo de produção
 Umidade ambiente
 Temperatura ambiente
 Massa total
 Volume total
 Número de encaixes interdependentes
 Número total de peças
 Tensão de operação
 Vida-útil total do equipamento
 Tempo de utilização semanal
 Tempo de ciclo
 Pressão máxima de extrusão
 Capacidade de deposição do material
 Capacidade de extrusão
 Variação de pressão de extrusão
 Variação de fluxo no equipamento extrusor
 Presença de dispositivo de parada de emergência
 Presença de interface com o operador
 Presença de dispositivo de controle
 Tolerância geométrica do equipamento extrusor
 Tolerância geométrica do material extrudado
 Presença de peças de fácil reposição
 Acabamento superficial bruto
 Altura do material extrudado
 Presença de sistemas de aviso
 Autonomia do sistema
 Custo da matéria-prima
 Custo total do equipamento
 Confiabilidade do produto

Legenda:
 ++ : Correlação Fortemente Positiva
 + : Correlação Positiva
 - : Correlação Negativa
 -- : Correlação Fortemente Negativa
 0 : Requisito coincidente

Acabamento externo da estrutura
 Disposição de layout atraente
 Presença de aparência agradável
 Presença de dispositivos inovadores
 Resistência da estrutura ao impacto
 Capacidade máxima da estrutura
 Presença de estrutura externa
 Presença de peças com geometria simplificada
 Presença de componentes comerciais
 Presença de peças que possam ser auto-replicadas
 Presença de materiais reutilizáveis
 Custo de peças
 Custo de produção
 Umidade ambiente
 Temperatura ambiente
 Massa total
 Volume total
 Número de encaixes interdependentes
 Número total de peças
 Tensão de operação
 Vida-útil total do equipamento
 Tempo de utilização semanal
 Tempo de ciclo
 Pressão máxima de extrusão
 Capacidade de deposição do material
 Capacidade de extrusão
 Variação de pressão de extrusão
 Variação de fluxo no equipamento extrusor
 Presença de dispositivo de parada de emergência
 Presença de interface com o operador
 Presença de dispositivo de controle
 Tolerância geométrica do equipamento extrusor
 Tolerância geométrica do material extrudado
 Presença de peças de fácil reposição
 Acabamento superficial bruto
 Altura do material extrudado
 Presença de sistemas de aviso
 Autonomia do sistema
 Custo da matéria-prima
 Custo total do equipamento
 Confiabilidade do produto

Critério de importância das necessidades

Legenda:
 5 - Relação muito forte
 4 - Relação forte
 3 - Relação média
 2 - Relação levemente fraca
 1 - Relação fraca
 0 - Relação nula

Soma parcial dos critérios das necessidades

Critério de importância das necessidades	Correlação																												Soma parcial dos critérios das necessidades	Ranking															
	0	-	+	0	+	0	+	0	+	0	+	0	+	0	+	0	+	0	+	0	+	0	+	0	+	0	+	0			+														
10 Ser confiável	5	5	4	4	3	1	2	2	1	1	3	2	3	1	1	3	3	1	1	1	4	0	2	0	0	0	0	3	3	4	4	5	5	4	1	5	5	5	0	0	0	2	99	4.829	
10 Ter baixo custo	4	5	5	4	3	1	3	3	2	4	4	3	2	2	2	3	3	1	4	4	5	3	5	1	2	2	2	2	2	5	5	5	5	5	5	2	4	3	4	2	3	3	2	132	6.439
9 Funcionar sem supervisão	4	5	3	5	5	1	2	3	1	0	5	3	5	1	1	1	1	1	4	4	2	1	1	0	0	0	1	1	3	2	2	1	3	1	1	0	2	4	1	1	0	82	4.000		
9 Assegurar boa qualidade superficial	4	5	5	3	3	5	5	1	5	5	3	3	1	4	4	5	5	4	2	3	2	3	1	2	0	0	2	2	4	4	2	3	2	0	1	0	0	3	0	0	0	106	5.171		
8 Ter fácil manutenção	5	4	3	3	3	4	2	5	4	3	4	3	2	3	3	4	4	2	4	4	4	3	5	4	1	1	2	2	4	5	5	5	4	3	2	3	3	4	1	1	1	132	6.439		
8 Assegurar boa tolerância geométrica	4	4	5	4	2	5	5	4	5	5	4	4	1	5	5	5	5	5	3	3	2	2	2	2	0	1	4	3	5	4	4	4	3	1	0	0	1	3	0	0	0	124	6.049		
8 Operar com vários materiais	4	5	5	2	3	5	4	2	4	4	5	3	2	4	4	4	5	5	3	3	3	2	1	2	2	1	4	4	5	4	3	4	3	2	0	0	0	4	0	0	0	120	5.854		
7 Ter fácil configuração	5	3	2	5	2	3	3	5	3	5	5	5	5	3	3	4	4	3	4	4	1	4	3	2	1	0	3	3	4	4	3	3	4	2	3	0	1	2	0	0	0	117	5.707		
7 Assegurar boa tolerância dimensional	4	4	5	4	2	5	5	3	5	5	4	4	2	5	5	5	5	5	3	3	2	2	2	2	2	1	4	4	5	5	4	4	4	3	2	3	3	2	0	0	0	137	6.683		
7 Possuir boa capacidade de produção	4	5	4	4	1	4	3	4	3	3	4	3	1	3	4	5	5	5	4	5	4	5	4	3	2	1	0	2	1	1	0	2	1	4	4	3	3	3	2	1	0	0	118	5.756	
6 Ser bivolt	3	2	1	3	2	2	1	2	2	2	3	2	3	1	1	2	2	2	1	1	2	5	1	0	0	0	2	2	3	1	0	1	3	1	0	1	2	0	2	1	2	0	66	3.220	
6 Ter fácil instalação	3	3	0	2	3	1	1	5	4	5	2	3	4	2	2	1	2	1	2	2	1	4	5	4	4	2	3	2	4	3	0	3	4	5	4	3	2	3	2	1	1	108	5.268		
5 Ser compacta	2	3	0	0	1	2	0	3	2	4	1	1	1	3	2	0	0	2	1	1	0	2	5	5	5	5	1	1	2	3	1	2	3	3	4	5	3	2	2	3	4	90	4.390		
5 Operar em ambientes não controlados	4	4	5	3	3	4	1	4	5	5	3	4	4	4	4	3	4	3	3	4	2	1	2	1	0	5	5	4	3	2	3	3	2	4	2	1	3	0	0	0	0	118	5.756		
10 Ter baixo custo de produção	5	5	2	4	2	3	2	3	5	5	5	4	3	3	3	2	4	4	3	3	4	3	3	4	3	4	3	4	3	4	3	3	4	3	3	4	3	3	2	147	7.171				
9 Ter fácil produção	5	4	0	4	3	4	2	4	5	5	4	3	3	3	3	4	3	3	2	2	2	2	2	5	4	4	3	3	5	5	5	4	5	5	4	3	3	4	3	2	143	6.976			
8 Ser consistente	4	4	4	4	2	2	4	3	4	4	3	3	2	3	3	4	3	3	3	4	4	1	4	4	4	4	2	1	3	2	4	4	3	3	5	5	5	3	3	4	2	136	6.634		
8 Ser inovador	4	4	4	5	4	4	3	2	2	3	4	4	4	2	2	2	4	3	2	3	2	2	4	2	3	3	3	3	4	2	4	4	2	2	1	2	5	4	3	3	125	6.098			
6 Possuir aspecto atrativo	2	2	0	2	0	1	2	0	2	1	1	3	2	0	0	2	2	2	2	2	1	3	0	3	1	2	1	3	3	3	1	2	3	0	2	4	0	0	3	5	5	5	76	3.707	
Soma parcial dos critérios dos requisitos	80	80	59	69	50	60	54	59	66	70	74	63	54	56	56	64	69	59	56	60	53	47	58	44	39	30	54	52	80	70	62	70	65	45	54	43	42	57	28	29	24	2304			
Soma ponderada dos critérios dos requisitos	629	633	472	548	397	461	423	454	507	533	580	487	412	426	428	500	538	450	434	465	424	352	448	327	291	231	409	397	625	554	509	555	510	338	412	332	341	440	218	223	182	17895			
Ranking dos requisitos de projeto	2	1	15	7	30	17	26	18	12	9	4	14	27	24	23	13	8	19	22	16	25	32	20	36	37	38	29	31	3	6	11	5	10	34	28	35	33	21	40	39	41				

APÊNDICE C – PLANILHA DE ESPECIFICAÇÕES-META

O presente apêndice apresenta, conforme citado ao capítulo 4, item 4.2.5, a planilha de especificações-meta de projeto.

Ranking dos Requisitos	Tempo ponderado dos critérios	Métrica de Projeto	Unidade	Qualificação	Meta	Saídas Indesejáveis	Observações
1	633	Custo total do equipamento	BRL	-	<1700	Alto custo	
2	629	Confiabilidade do produto	%	+	Entre 90 e 95%	Baixa confiabilidade	
3	625	Custo de produção	BRL	-	<1500	Alto custo	
4	580	Número de sistemas controlados eletronicamente	-	+	ao menos 5 sistemas	Sistemas não controlados, aumento de operações manuais	
5	555	Presença de peças que possam ser auto-replicadas	-	+	máximo possível	Aumento de número de peças comerciais; Alto custo	
6	554	Custo de peças	BRL	-	total máximo <1000	Alto custo	
7	548	Autonomia do sistema	-	+	total	Sistema totalmente dependente do operador; Aumento do tempo de ciclo; Limitação do tempo de uso do dispositivo	
8	538	Capacidade de deposição do material	kg/h	-	até 0,1kg/h	Perdas em tolerâncias e acabamento superficial; Maior consumo de material	
9	533	Tolerância geométrica do equipamento extrusor	-	-	Intervalos de até 0,01	Perdas em tolerâncias e acabamento superficial; Maior consumo de material	
10	510	Presença de componentes comerciais	-	-	mínimo possível	Alto custo	
11	509	Presença de materiais reutilizáveis	-	+	máximo possível	Perdas em confiabilidade; Alto custo	
12	507	Tolerância geométrica do material extrudado	-	-	Intervalos de até 0,01	Perdas em tolerâncias e acabamento superficial; Maior consumo de material	
13	500	Capacidade de extrusão	kg/h	-	até 0,1kg/h	Perdas em tolerâncias e acabamento superficial; Maior consumo de material	
14	487	Presença de interface com o operador	-	+	máximo possível	Dificuldade em controle; perdas em confiabilidade	
15	472	Custo da matéria-prima	BRL	-	mínimo possível	Alto custo	
16	465	Tempo de utilização semanal	h/sem	+	máximo possível	Perdas em capacidade produtiva	
17	461	Altura do material extrudado	mm	-	entre 0,1 e 1,0	Perdas em acabamento superficial	
18	454	Presença de peças de fácil reposição	-	+	máximo possível	Aumento em custo de manutenção	
19	450	Pressão máxima de extrusão	MPa	-	entre 10 e 15	Danos estruturais no dispositivo de extrusão	
20	448	Número total de peças	-	-	mínimo possível	Aumentos em complexidade e em custo de manutenção	
21	440	Presença de dispositivos inovadores	-	+	máximo possível	Ausencia de significação no desenvolvimento	
22	434	Tempo de ciclo	h	-	mínimo possível	Perdas em capacidade produtiva	
23	428	Variação de pressão de extrusão	MPa	-	até 0.5	Danos estruturais no dispositivo de extrusão; Perdas em tolerâncias e acabamento superficial	
24	426	Variação de fluxo no equipamento extrusor	kg/h	-		Perdas em tolerâncias e acabamento superficial; Maior consumo de material	
25	424	Vida-útil total do equipamento	h	+	>1000	Perdas em confiabilidade	
26	423	Acabamento superficial bruto	um	-	entre 100 e 1000	Obrigatoriedade de operações de acabamento posteriores	
27	412	Presença de dispositivo de parada de emergência	-	+	Ao menos 1 sistema	Quebra da máquina, com perdas parcial ou total	
28	412	Presença de estrutura externa	-	+	Ao menos 1 sistema	Conduites e mecanismos expostos; perdas em aparência	
29	409	Temperatura ambiente	°C	+	entre 0 e 35	Obrigatoriedade de condicionamento do ambiente	
30	397	Presença de sistemas de aviso	-	+	máximo possível	Dificuldade em controle; perdas em confiabilidade	
31	397	Umidade ambiente	%	-	entre 30 e 90	Obrigatoriedade de condicionamento do ambiente	
32	352	Tensão de operação	V	+	entre 110 e 380	Operação dependente da instalação elétrica disponível	
33	341	Resistência da estrutura ao impacto	kN	+	máximo possível	Ruptura da estrutura em caso de colisão; perdas em confiabilidade	
34	338	Presença de peças com geometria simplificada	-	+	máximo possível	Aumento de custos em produção e manutenção	
35	332	Capacidade máxima da estrutura	kg	+	máximo possível	Perdas em resistência da estrutura e confiabilidade	
36	327	Número de encaixes interdependentes	-	-	mínimo possível	Aumento de custos em produção e manutenção	
37	291	Volume total	mm³	-	mínimo possível	Dificuldade de locomoção e posicionamento	
38	231	Massa total	kg	-	mínimo possível	Dificuldade de locomoção e posicionamento	
39	223	Disposição de layout atraente	-	+	Ao menos 1 sistema	Perdas em aparência	
40	218	Presença de aparência agradável	-	+	Ao menos 1 sistema	Perdas em aparência	
41	182	Acabamento externo da estrutura	-	+	Ao menos 1 sistema	Perdas em aparência	

APÊNDICE D – MATRIZ CONCEITUAL DA CONCEPÇÃO

O presente apêndice apresenta, conforme citado ao capítulo 4, item 4.3.2, a planilha da matriz conceitual da concepção.

	Função	Solução encontrada	Outras soluções	Critérios
1	Gerar Movimento	Motor de passo		Custo total do equipamento
2	Transmitir Movimento	Conjunto de engrenagens	Transmissão por polia/correa Transmissão por corrente	Confiabilidade do produto
3	Reter Movimento	Autotravamento do motor	Freio à disco Freio à fita Freio com tambor	Custo de produção
4	Admitir material	Funil	-	Presença de dispositivo de controle
5	Aquececer material	Resistência	Trocador de calor Aquecimento direto	Presença de peças que possam ser auto-replicadas
6	Processar material	Parafuso de extrusão	Êmbolo de extrusão	Custo de peças
7	Conformar material	Bico extrusor	-	Autonomia do sistema
8	Depositar material	Bico extrusor	-	Capacidade de deposição do material
9	Receber material	Mesa aquecida com vidro	Mesa aquecida de alumínio Mesa não aquecida	Tolerância geométrica do equipamento extrusor
10	Direcionar material	Híbrido Fuso/Correia	Fuso de movimentação Transmissão por correia/corrente	Presença de componentes comerciais
11	Controlar sistema	Programação com Arduino	-	Presença de materiais reutilizáveis
12	Controlar movimento	Programação com Arduino	-	Tolerância geométrica do material extrudado
13	Controlar extrusão	Programação com Arduino	-	Capacidade de extrusão
14	Controlar movimento de impressão	Programação com Arduino	-	Presença de interface com o operador
15	Suportar sistema	Estrutura em MDF	Estrutura metálica Apenas elementos estruturais	Custo da matéria-prima
16	Conter sistema	Estrutura em MDF	Estrutura metálica Apenas elementos estruturais	Tempo de utilização semanal
				Altura do material extrudado
				Presença de peças de fácil reposição
				Pressão máxima de extrusão
				Número total de peças
				Presença de dispositivos inovadores
				Tempo de ciclo
				Variação de pressão de extrusão
				Variação de fluxo no equipamento extrusor
				Vida-útil total do equipamento
				Acabamento superficial bruto
				Presença de dispositivo de parada de emergência
				Presença de estrutura externa
				Temperatura ambiente
				Presença de sistemas de aviso
				Umidade ambiente
				Tensão de operação
				Resistência da estrutura ao impacto
				Presença de peças com geometria simplificada
				Capacidade máxima da estrutura
				Número de encaixes interdependentes
				Volume total
				Massa total
				Disposição de layout atraente
				Presença de aparência agradável
				Acabamento externo da estrutura

Classificação dos critérios
Critérios Majoritários
Critérios Minoritários

APÊNDICE E – DIMENSIONAMENTO DOS COMPONENTES

O presente apêndice apresenta, conforme citado ao capítulo 5, item 5.1.2, os códigos de cálculos realizados em software para o dimensionamento das resistências, do fuso de extrusão e das rodas dentadas.

```

clear all;
close all;
clc;

%TCC2
%Cálculo das Resistências

%Será preciso aquecer o interior do tubo à temperaturas que podem variar de
%150°C à 250°C, dependendo da matéria prima e das zonas de compressão.

%Para isso, serão utilizados dois tipos de resistores: de cartucho e de
%fio. O resistor de cartucho será o mesmo utilizado em impressoras 3D
%comuns. Para a melhor homogeneização da temperatura no bloco de saída do
%material, o projeto prevê a utilização de duas peças.

%Para o aquecimento do cilindro, cada zona de aquecimento será comandada
%por um enrolamento de fio resistivo. O material escolhido foi:

%Fio Kanthal A1 _ Awg28 _ 0,32mm _ 16,7 Omhs Metro

%Portanto:
U=127; %V
R=16.7; %w/m

%Potência por metro
P1=U^2/R %W/m
%P1=965.8084 W/m

%Para se obter uma melhor distribuição de temperatura, para um comprimento
%de aquecimento de 100mm, comprimento total de 2m e um diâmetro de 15,87mm,
%foi feito o seguinte cálculo:

L=2; %m
D=0.01587; %m
Cz=0.100; %m
%Número de espiras
N=L/(pi*D)
%N=40.1147 espiras ~ 40 espiras

%Passo de enrolamento
p=Cz/N
%p=0.0025 m ou 2.5 mm

%Potência líquida
P=P1/L %W
%P=482.9042 W

%Corrente nominal
i=sqrt(P/(R*L)) %A
%i = 3.8024 A

%Será necessário, portanto, dimensionar um relê de acionamento para os
%resistores. Por segurança, foi definido a utilização de três relês
%127V C.A. - 10A, com tensão em cada bobina de acionamento de 5V D.C.

```

```

clear all;
close all;
clc;

%TCC 2
%Cálculo das engrenagens

T1=0.53; %Nm
n1=800; %rpm
dp1=30; %mm
dp2=120; %mm

T21=T1*dp2/dp1
n21=n1*dp1/dp2
%T21 = 2.12
%n21 = 200

%Perdas
P1=0.9;
P2=0.95;

T2=P1*P2*T21
n2=n21
%T2 = 1.8126
%N2 = 200

%Forças para pior caso
F1=75.2;%N
F2=64.307;%N

%Número de dentes
fi=0.4363332;%=25 deg
m=1.5; %mm
F=40; %mm

Z1=dp1/m
Z2=dp2/m
%Z1 = 20
%Z2 = 80

%Comprimento de ação
r1=7.5;%mm
r2=37.5;%mm
c=45;%mm
a1=1.5;%mm
a2=a1;

CA=(((r1+a1)^2)-(r1*cos(fi))^2)^0.5+(((r2+a2)^2)-(r2*cos(fi))^2)^0.5-(
(c*sin(fi))
%CA=6.0099

%Dedendum
b1=1.25*m
b2=b1
%b1=b2=1.875

%Razão de contato
mP=CA/(m*cos(fi)*pi)
%mP = 1.4072

%Fatores K

```

```

Km=1.6;
Ka=1.25;
Ks=1;
Kb=1;

%Fator Kv
Qv=3;
Vt=(dp1*n1*pi*10^-3)/60
%Vt=1.2566
Kv=n2/(n2+sqrt(200*Vt));
%Kv=0.9266
Kl=1;
Kt=1;
Kr=0.85;

%Tensão de Flexão
J1=0.32;
J2=0.34;
Ft=70.66667;
sb1=(Ft/(F*J1))*(Ka*Kb*Km*Ks)/Kv
sb2=(Ft/(F*J2))*(Ka*Kb*Km*Ks)/Kv
%sb1 = 11.9196 Mpa
%sb2 = 11.2519 Mpa

%Coeficiente de Segurança
sfb1=61;%MPa
sfb=Kl*sfb1/(Kt*Kr);
%sfb=71.7647

CS1=sfb/sb1
CS2=sfb/sb2
%CS1=6.0221
%CS2=6.3985

```

```

clear all;
close all;
clc;

%TCC2
%Cálculo no eixo da rosca sem fim

T1=0.53; %Nm
n1=800; %rpm
dp1=15; %mm
dp2=75; %mm

T21=T1*dp2/dp1
n21=n1*dp1/dp2
%T21 = 2.65 Nm
%n21 = 160 rpm

%Perdas
P1=0.9;
P2=0.95;

T2=P1*P2*T21
n2=n21
%T2= 2.2657 Nm
%n2 = 160 rpm

%Modificadores
Sut=505*10^6; %Pa
d=10; %mm
CL=1;
CT=1;
CE=1;
CR=0.814; %Confiabilidade 99,0%
CS=0.9467; %0.8669*d(in)^-0.097
CF=0.8665; %4*Sut^-0.265

Se1=0.5*Sut
Se=Se1*CL*CT*CE*CR*CS*CF
%Se1 = 252.5 MPa
%Se = 168.6 MPa

%Vida
N=213.696*10^6; %rotações para a vida estabelecida

%Seção Crítica
R1=102.544; %N
R2=27.346; %N
c=0.005; %m
I=0.25*pi*0.005^4; %m^4

M=0.04*R1-0.11*R2
San=M*c/I
%M = 1.0937 Nm
%San = 1.1140*10^7 Pa

%Entalhe (da tabela C3)
Kt=1.85;
%Kr(unidades in)
ar=0.1397/0.0992
q=1/(1+ar)
Kf=1+q*(Kt-1)

```

```
%ar=1.4083
%q=0.4152
%kf = 1.353
```

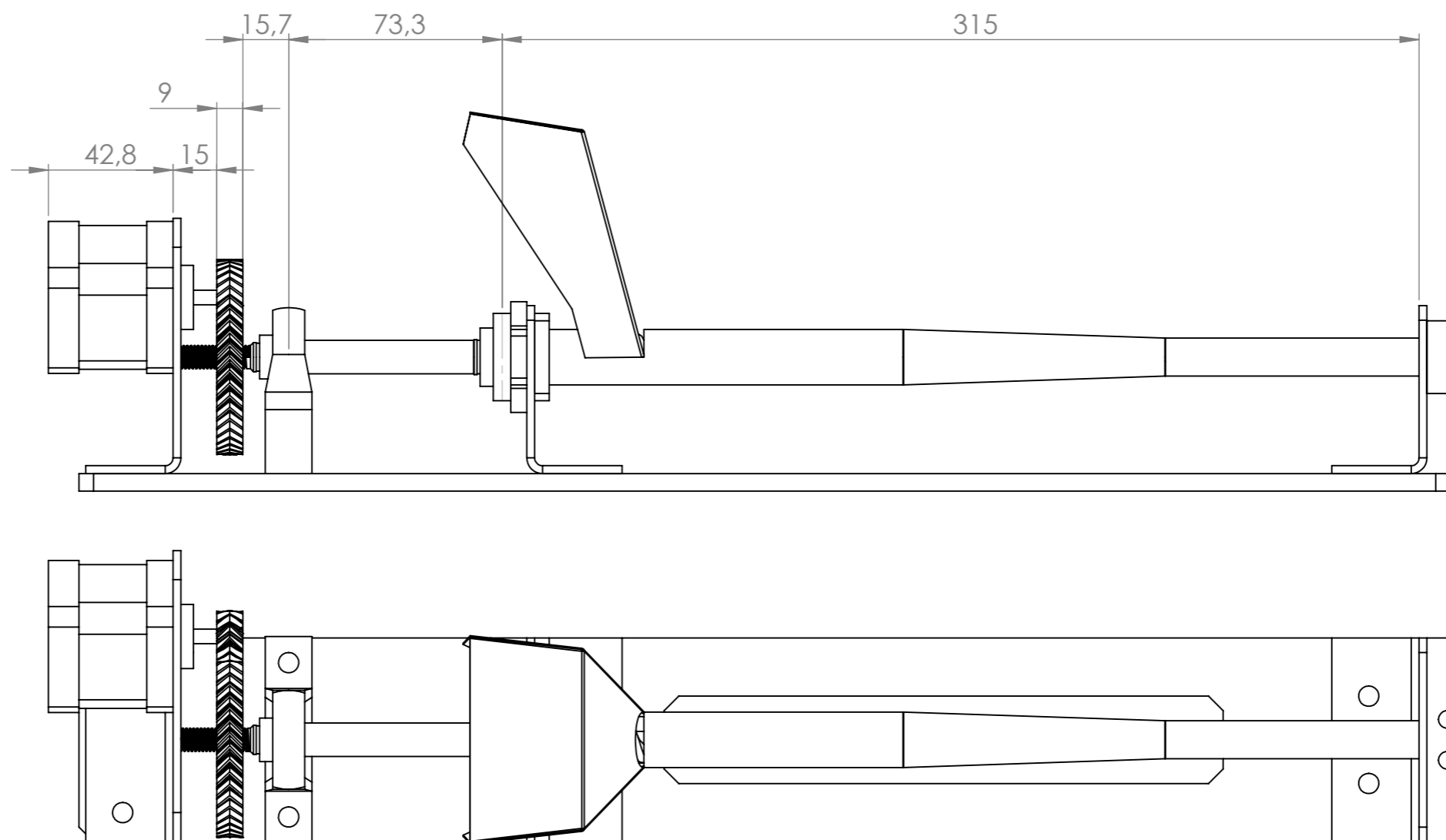
```
%Sa' (in)
Sin=1.615719978; %ksi
Sain=Kf*Sin %ksi
%Sain = 2.1860 ksi
```

```
%Reconvertendo para Pa
Sa1=15.0719433*10^6; %Pa
```

```
%Coeficiente de segurança
CS=Se1/Sa1
%CS=16.7530
```

APÊNDICE F – REPRESENTAÇÕES DO CONJUNTO

O presente apêndice apresenta, conforme citado ao capítulo 5, item 5.2.1, a representação em vista isométrica explodida e em projeção ortogonal em primeiro diedro do conjunto final.



ITEM	DESCRIÇÃO	QTD.
1	KFL001	1
2	KP000	1
3	APOIO EXTRUSOR	1
4	BLOCO APOIO CILINDRO	1
5	ENGRENAGEM COROA	1
6	ENGRENAGEM PINHÃO	1
7	nema 17_motor_DRI	1
8	APOIO MOTOR	1
9	BLOCO MANCAL	1
10	Apoio sistema	1
11	CALHA ALIMENTAÇÃO	1
12	FUSO EXTRUSOR OPÇÃO 2	1
13	CILINDRO EXTRUSOR OPÇÃO 2	1
14	APOIO EXTRUSOR DIAMETRO MENOR	1
15	BLOCO EXTRUSOR OPÇÃO 2	1

NÚMERO	DENOMINAÇÃO	QTDE.	ESPECIFICAÇÃO	MATERIAL
	CABEÇOTE EXTRUSOR OPÇÃO 2	01		
UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ			DESENHO Nº	02
			UNIDADE	mm
			SETOR	PROJETOS
			SOLICITANTE	ADRIANO
			ESCALA	APROVADO
			1:2	



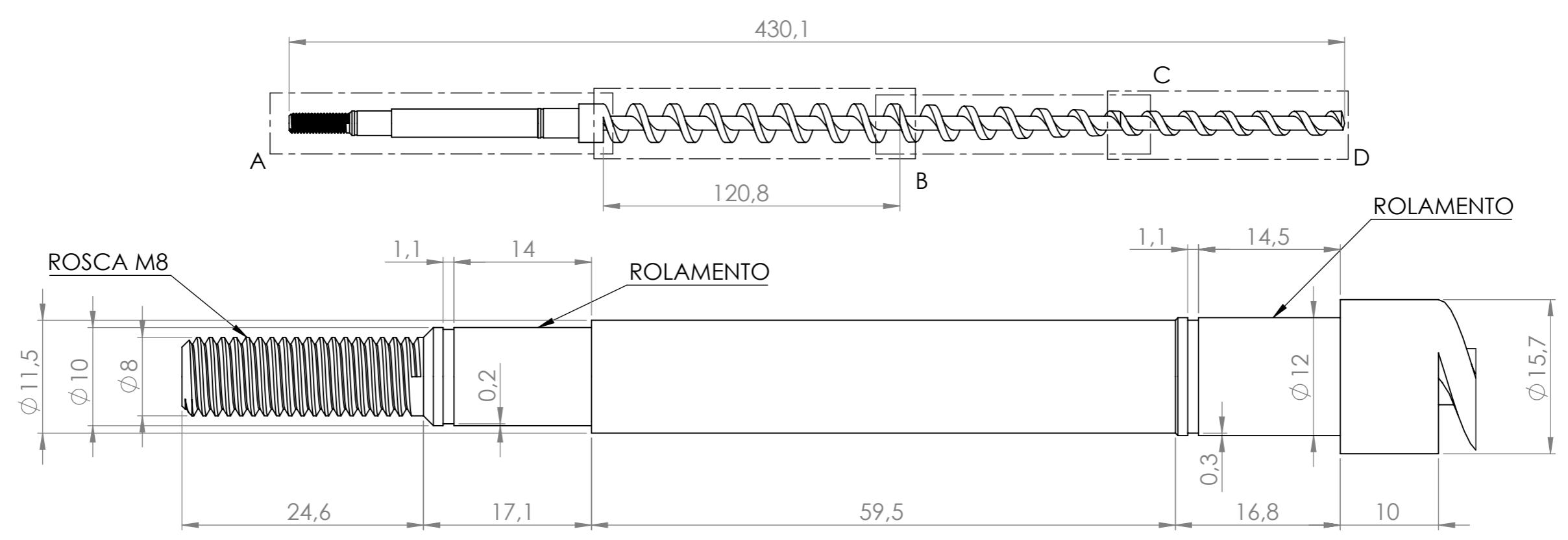
ENGENHARIA MECÂNICA

PROJETO EXTRUSÃO / IMPRESSÃO 3D

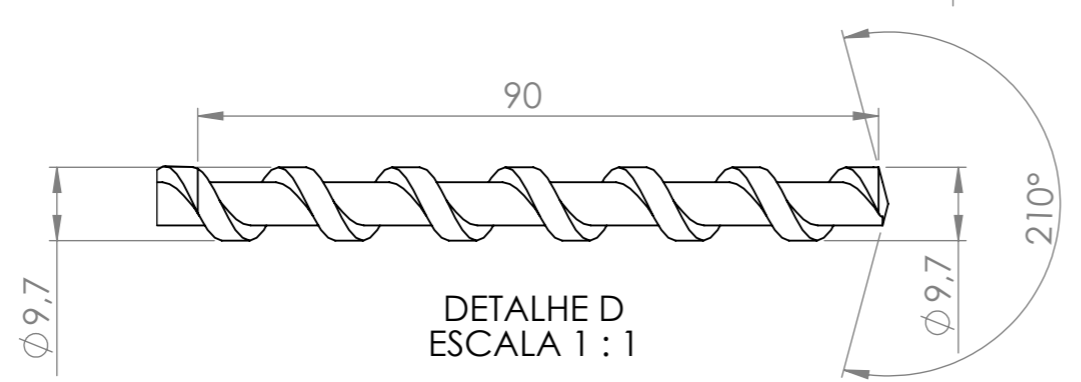
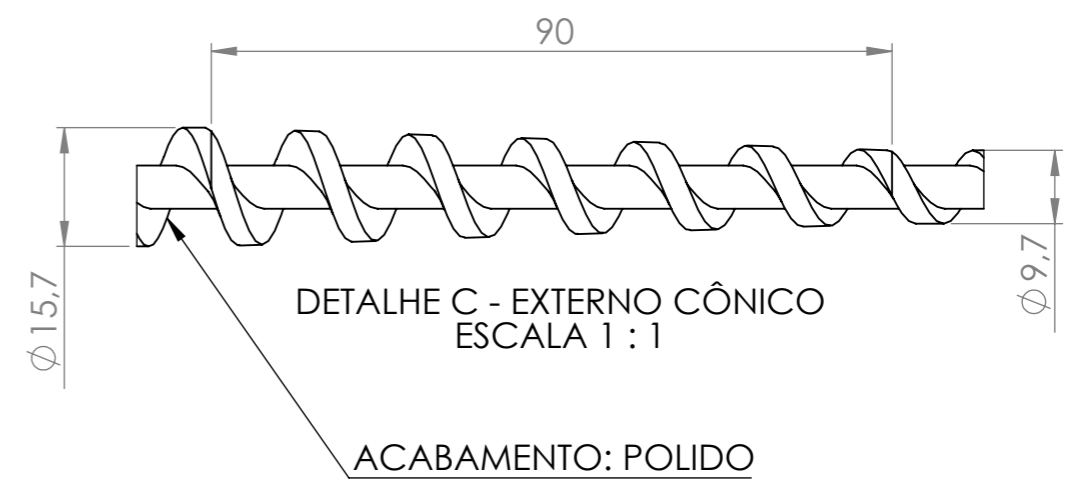
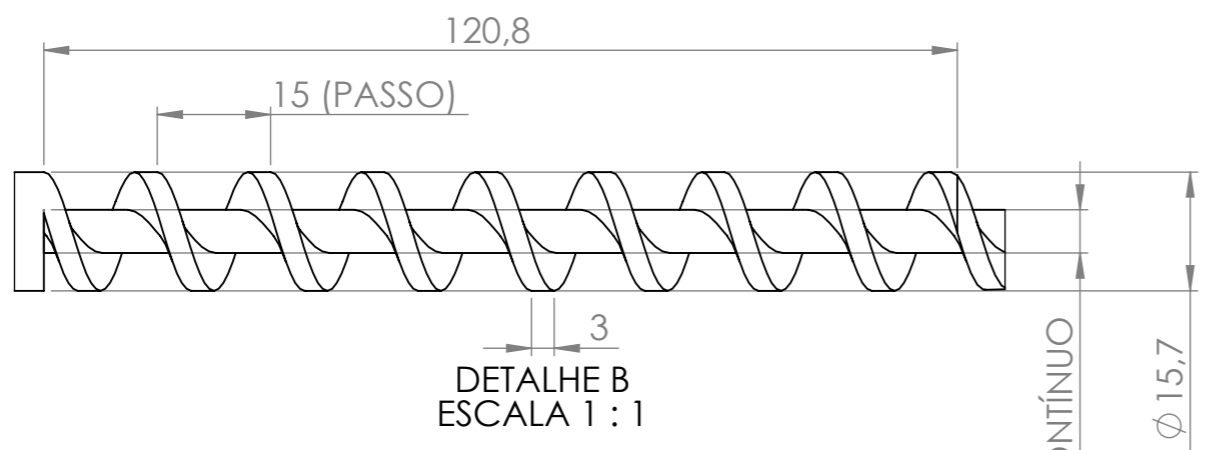


APÊNDICE G – REPRESENTAÇÃO DOS COMPONENTES

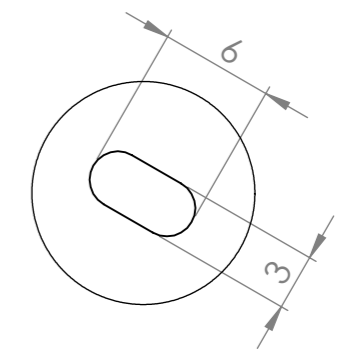
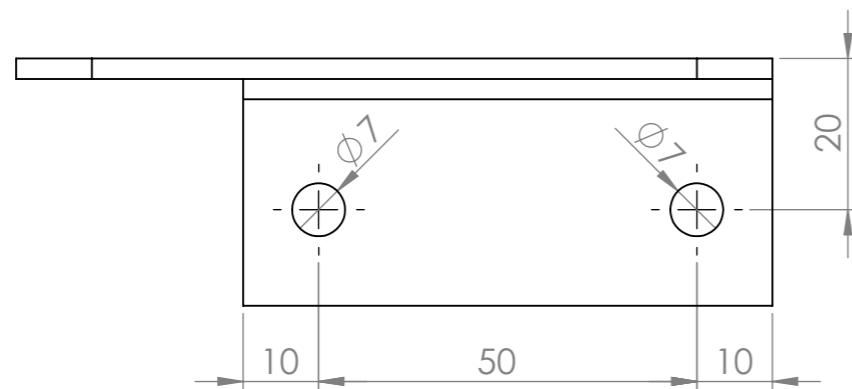
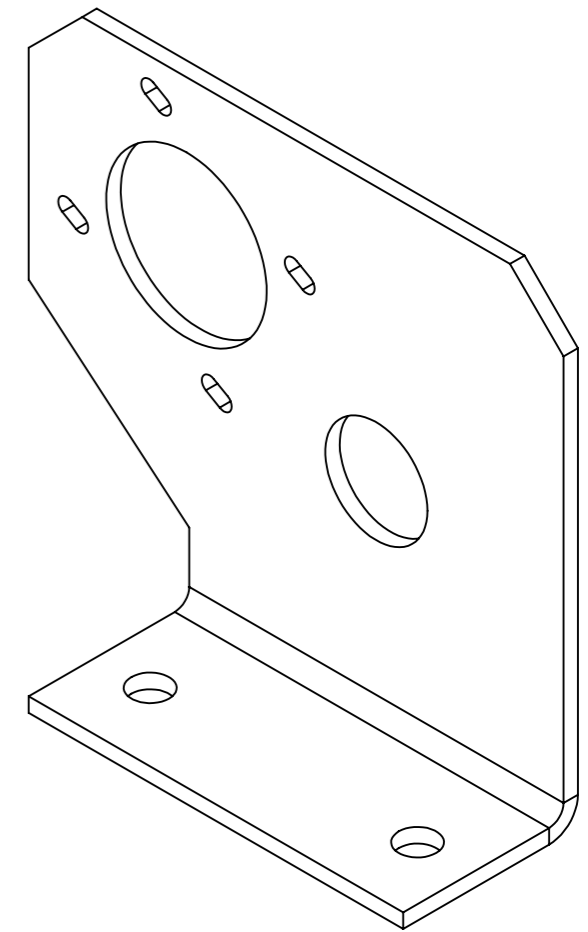
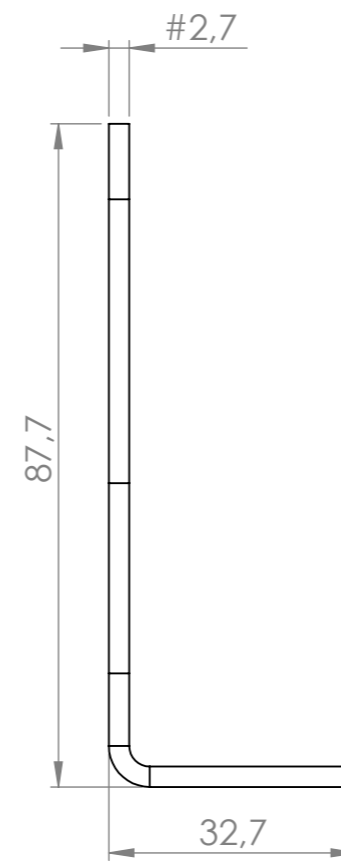
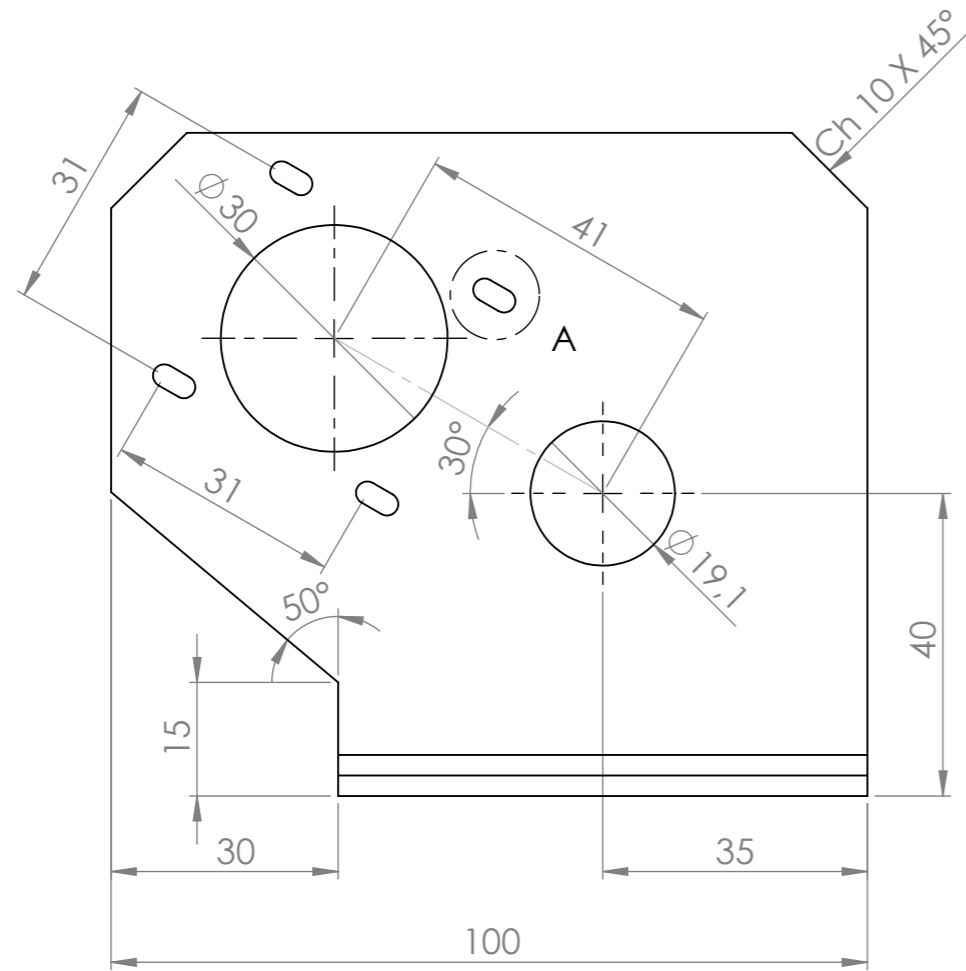
O presente apêndice apresenta, conforme citado ao capítulo 5, item 5.2.2, as representações em projeção ortogonal em primeiro diedro dos componentes constituintes do conjunto.





DETALHE A
ESCALA 2 : 1

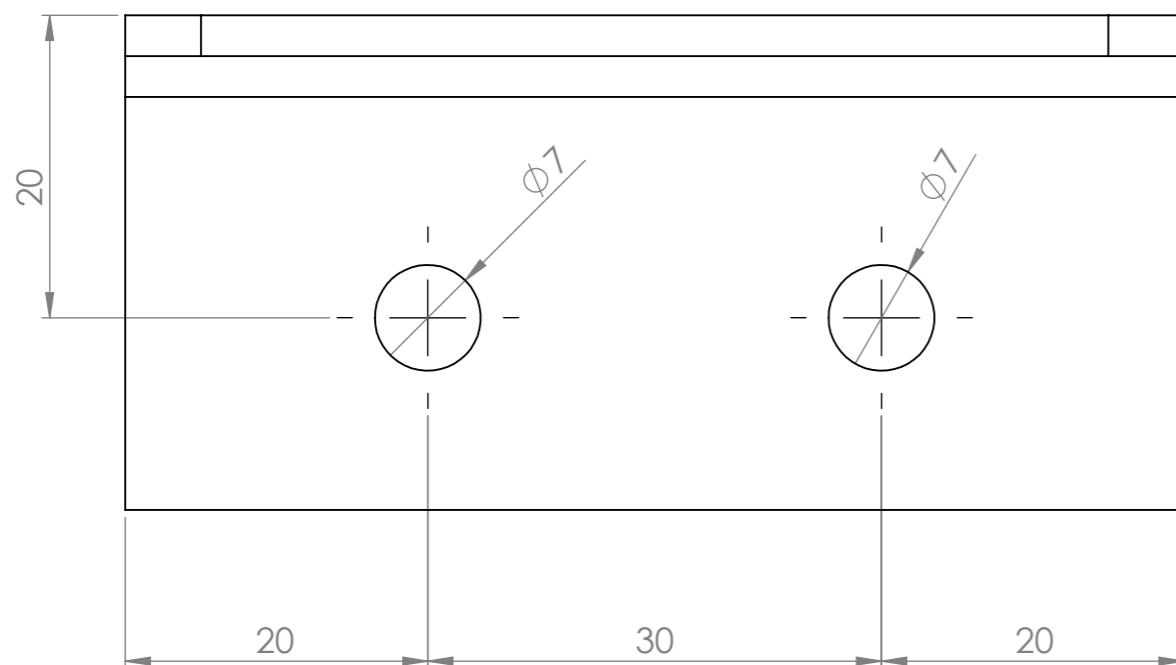
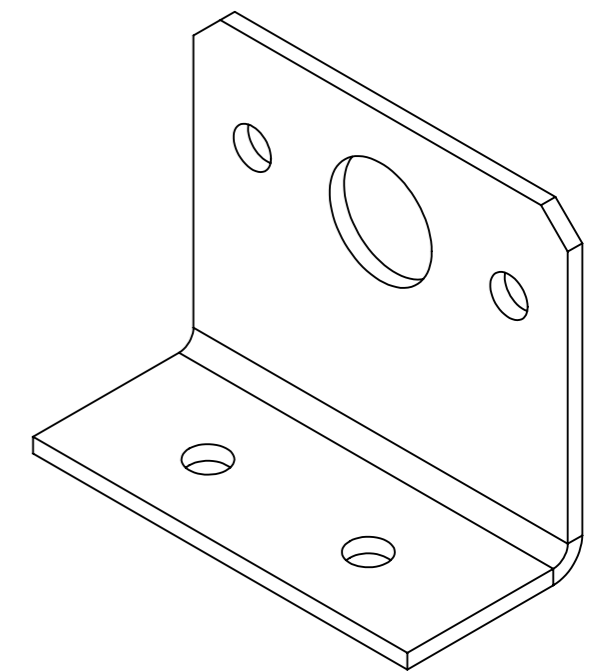
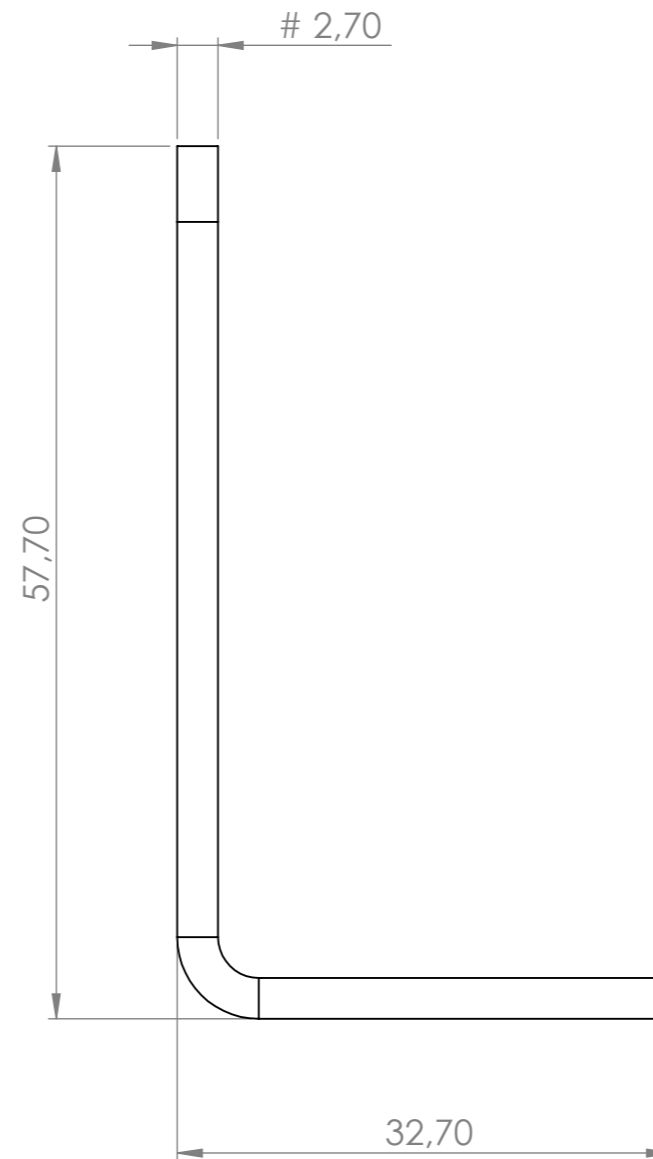
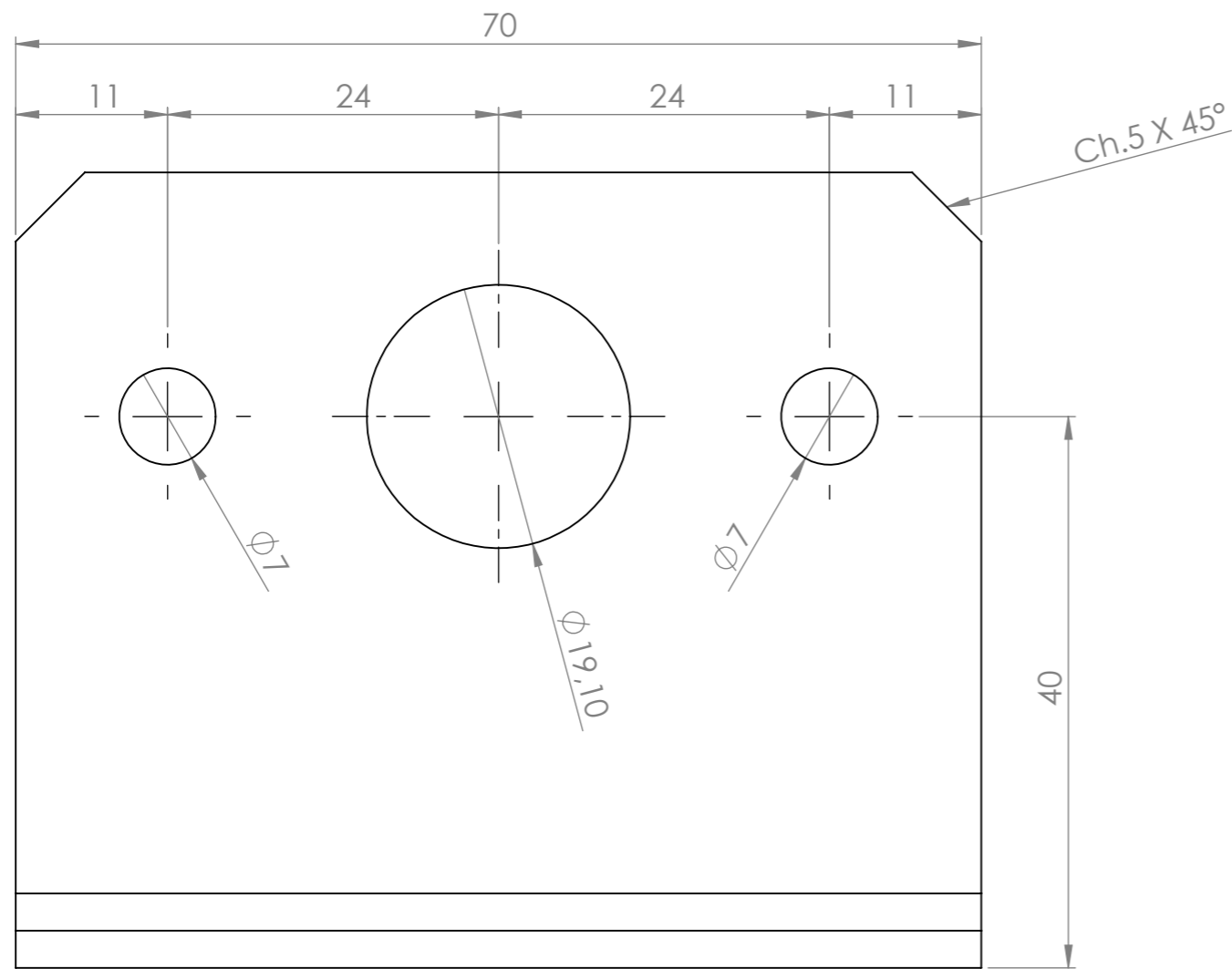




NÚMERO	FUSO EXTRUSOR OPÇÃO 2	01	Tolerância dim.: indicada	ÁÇO 5160 Temp. Rev. 58HRC
	DENOMINAÇÃO	QTDE.	ESPECIFICAÇÃO	MATERIAL
UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ			DESENHO Nº	02
			UNIDADE	mm
			SETOR	PROJETOS
			SOLICITANTE	ADRIANO
			ESCALA	APROVADO
			ESCALA	1:2
ENGENHARIA MECÂNICA			REVISÃO Nº	00
PROJETO EXTRUSÃO / IMPRESSÃO 3D			DATA	16/06/2017
			NOME	
			VISTO	

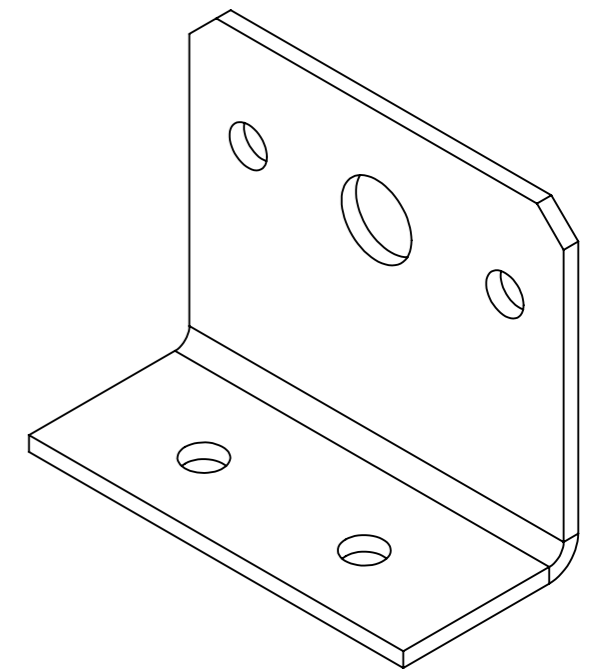
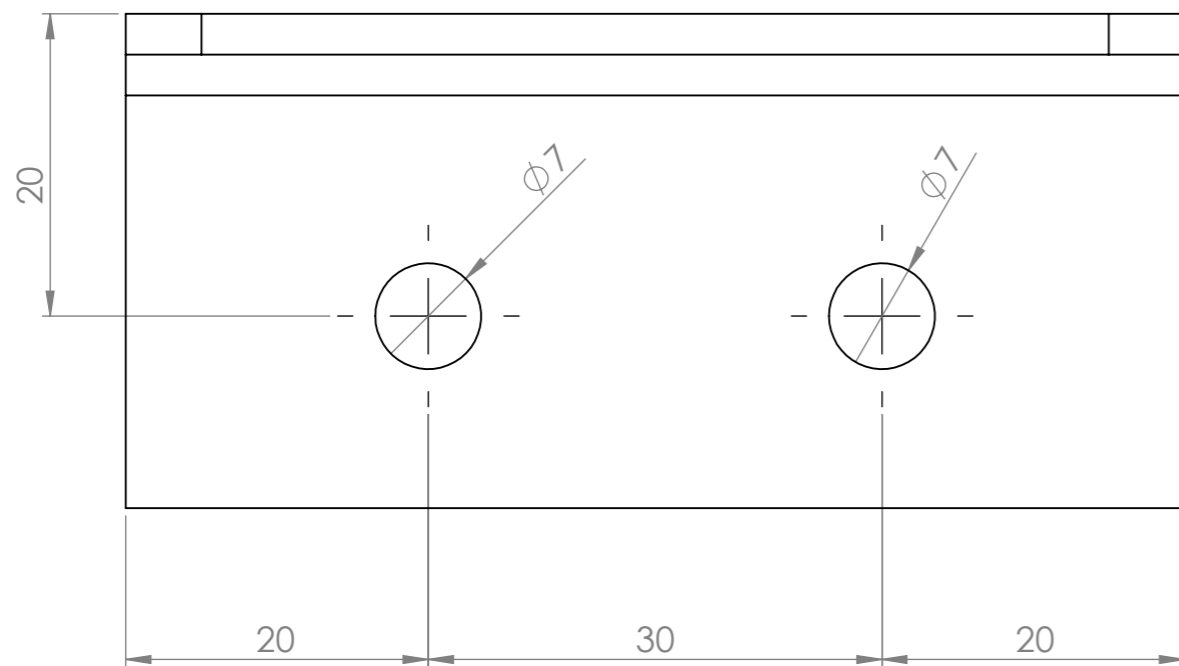
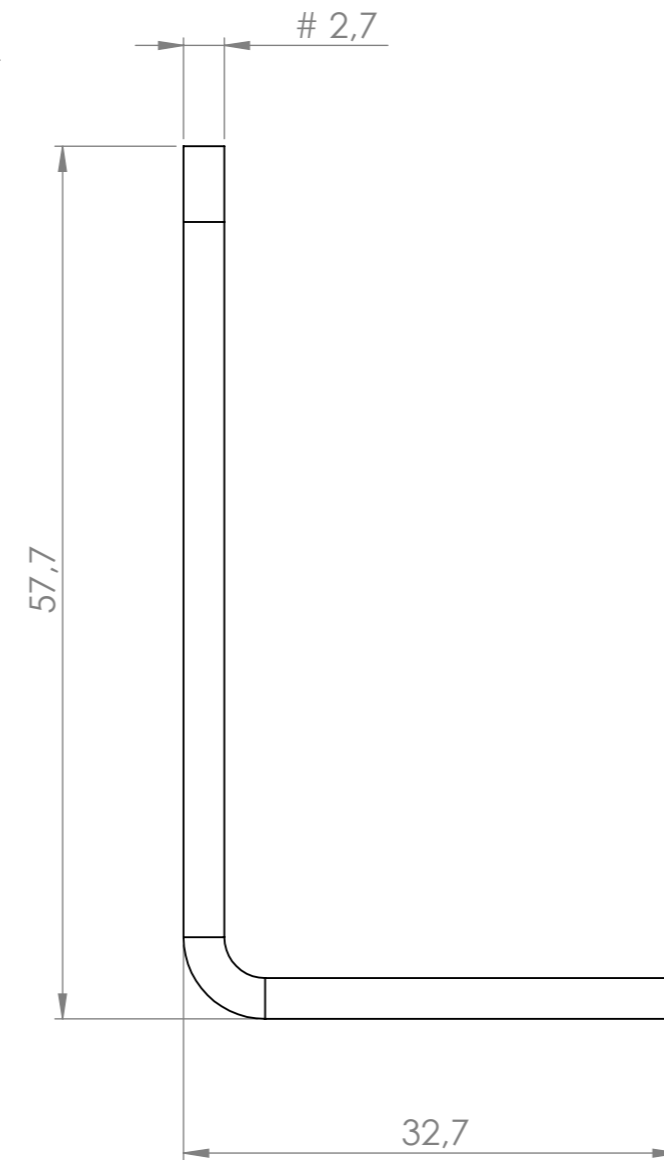
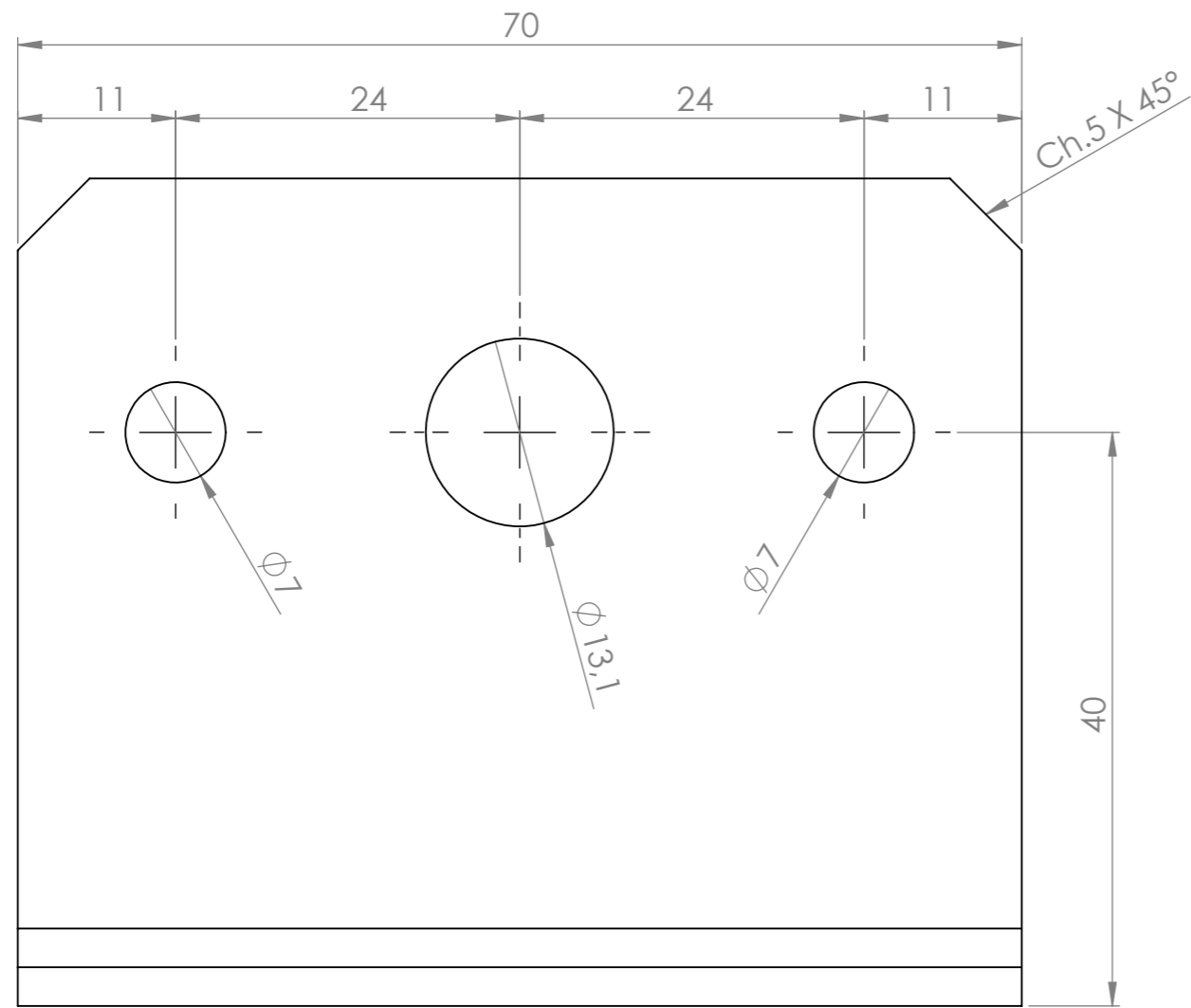


DETALHE A
ESCALA 2.5 : 1

NÚMERO	APOIO MOTOR	01	Tolerância dimensional: 0,1mm	Chapa Inox AISI 304 #2,7mm
	DENOMINAÇÃO	QTDE.	ESPECIFICAÇÃO	MATERIAL
UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ			DESENHO Nº	05
			UNIDADE	mm
			SETOR	PROJETOS
			SOLICITANTE	ADRIANO
			ESCALA	APROVADO
			1:1	
 UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ			ENGENHARIA MECÂNICA PROJETO EXTRUSÃO / IMPRESSÃO 3D	
			REVISÃO Nº	00
			DATA	16/06/2017
			NOME	
			VISTO	
				



NÚMERO	APOIO EXTRUSOR	02	Tolerância dimensional: 0,1mm	Chapa Inox AISI 304 #2,7mm
	DENOMINAÇÃO	QTDE.	ESPECIFICAÇÃO	MATERIAL
UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ			DESENHO Nº	04
			UNIDADE	mm
			SETOR	PROJETOS
			SOLICITANTE	ADRIANO
			ESCALA	APROVADO
 UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ			ENGENHARIA MECÂNICA PROJETO EXTRUSÃO / IMPRESSÃO 3D	REVISÃO Nº 00 DATA 16/06/2017 NOME VISTO 

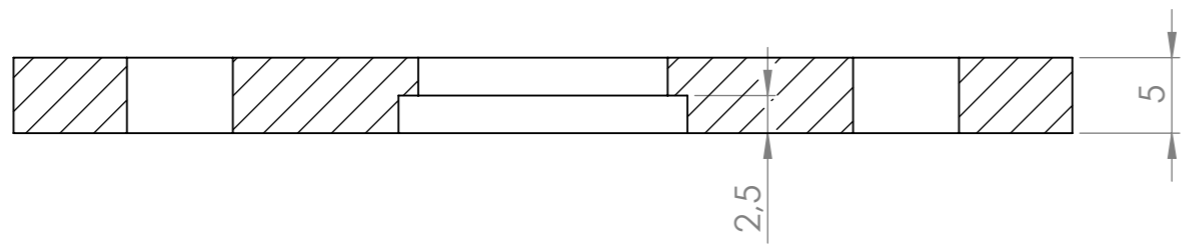
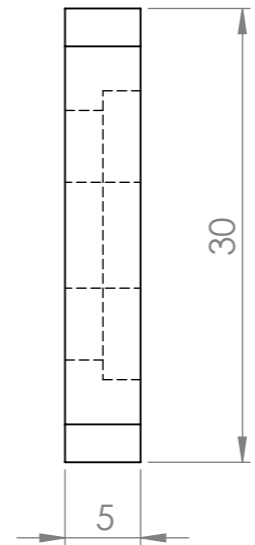
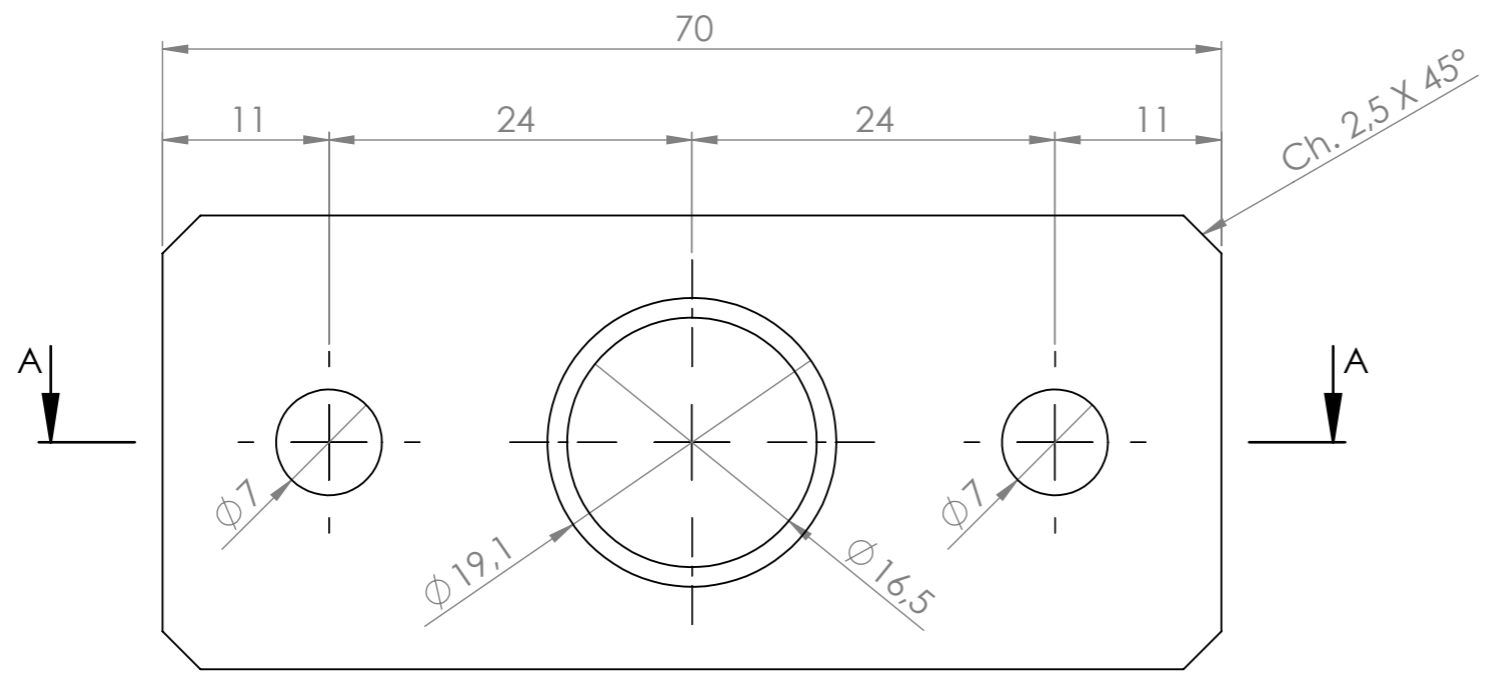


	APOIO EXTRUSOR DIAMETRO MENOR	02	Tolerância dimensional: 0,1mm	Chapa Inox AISI 304 #2,7mm
NÚMERO	DENOMINAÇÃO	QTDE.	ESPECIFICAÇÃO	MATERIAL
	UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ		DESENHO Nº 10	REVISÃO Nº 00
			UNIDADE mm	DATA 16/06/2017
			SETOR PROJETOS	NOME
			SOLICITANTE ADRIANO	VISTO
			ESCALA 2:1	APROVADO

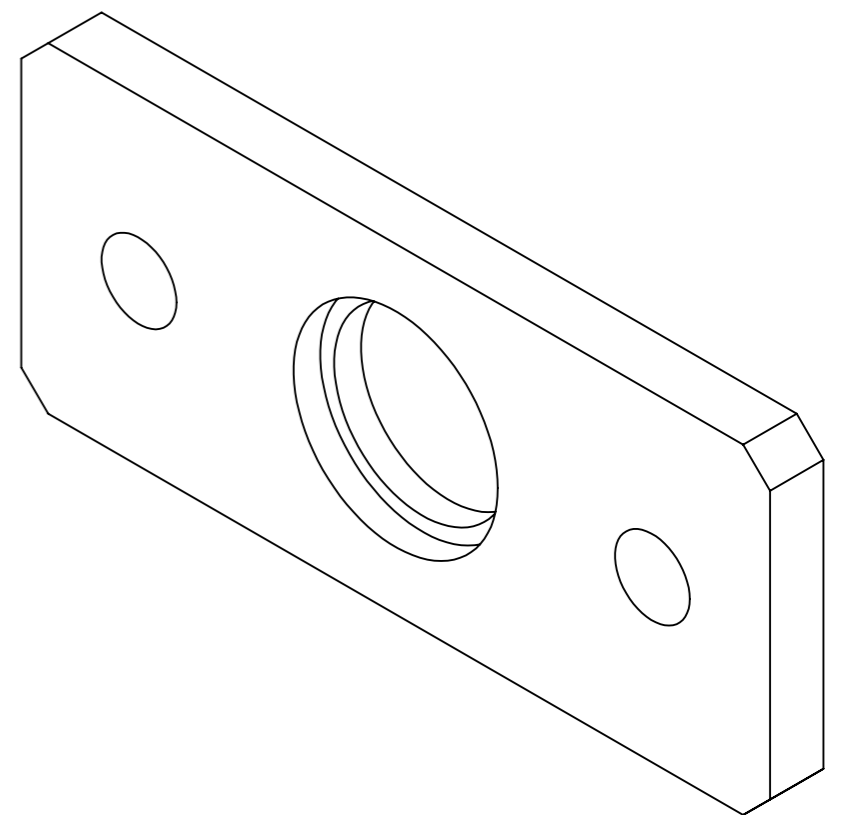




ENGENHARIA MECÂNICA
PROJETO EXTRUSÃO / IMPRESSÃO 3D

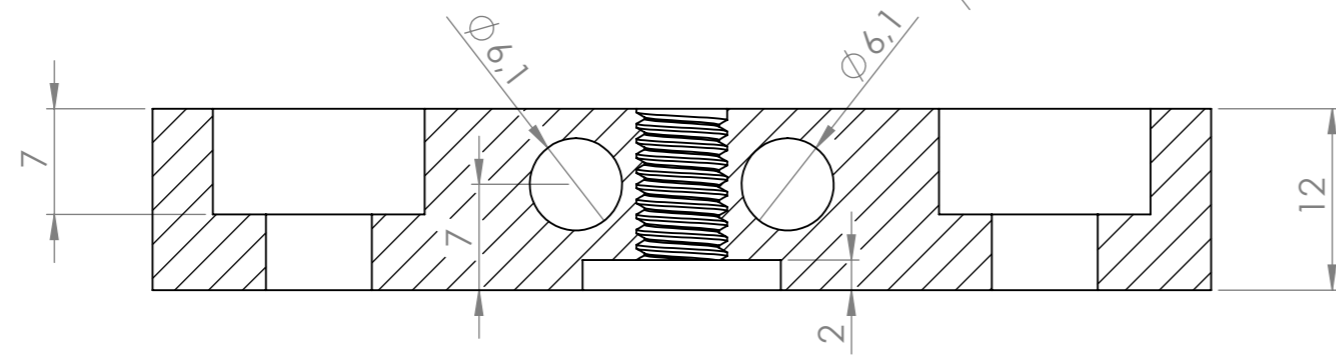
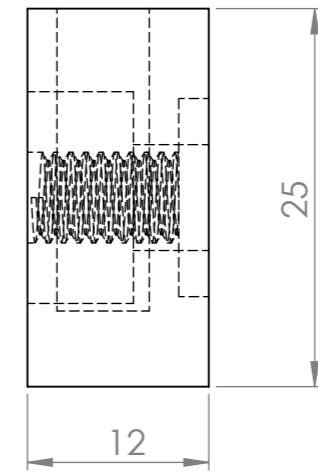
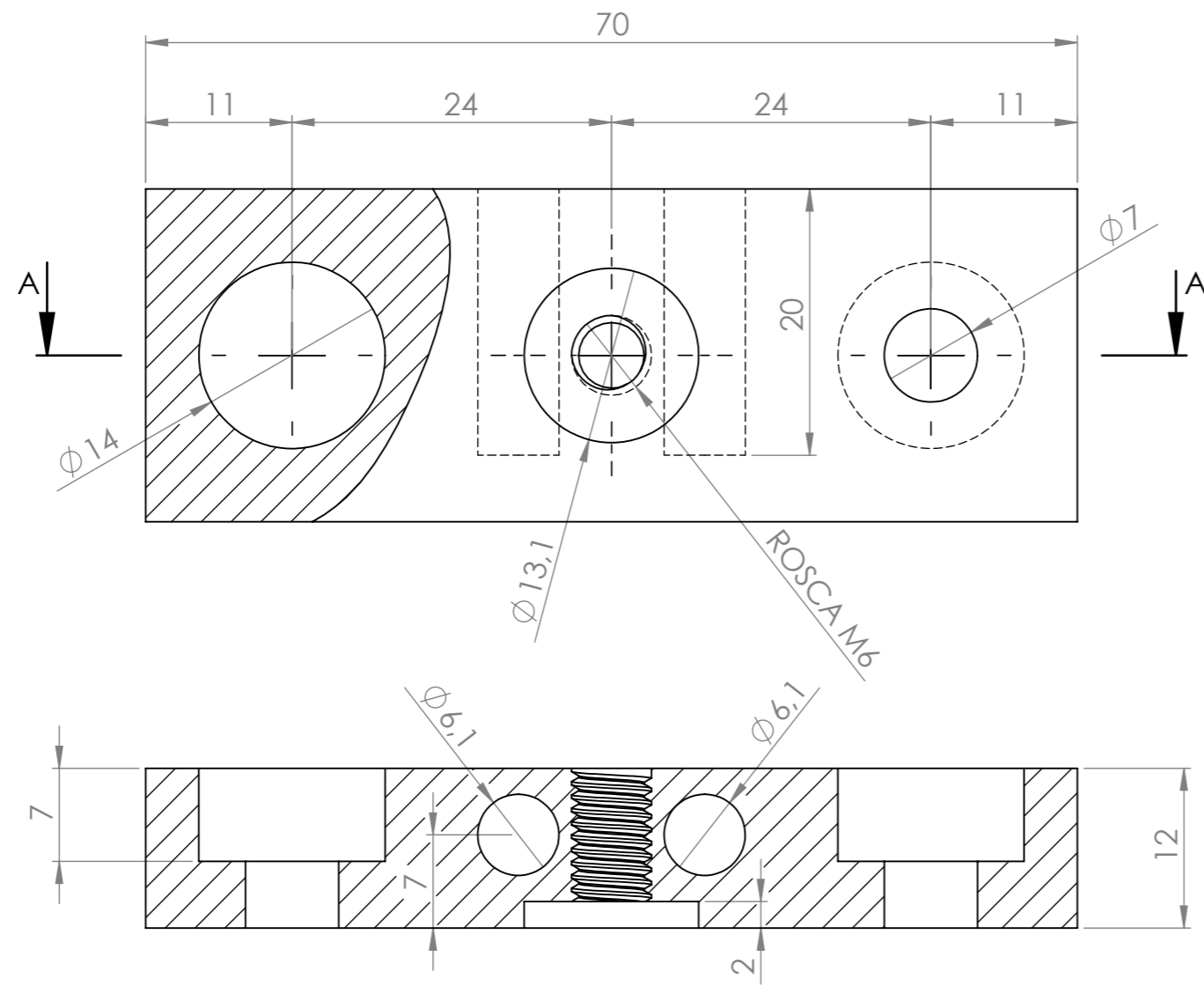




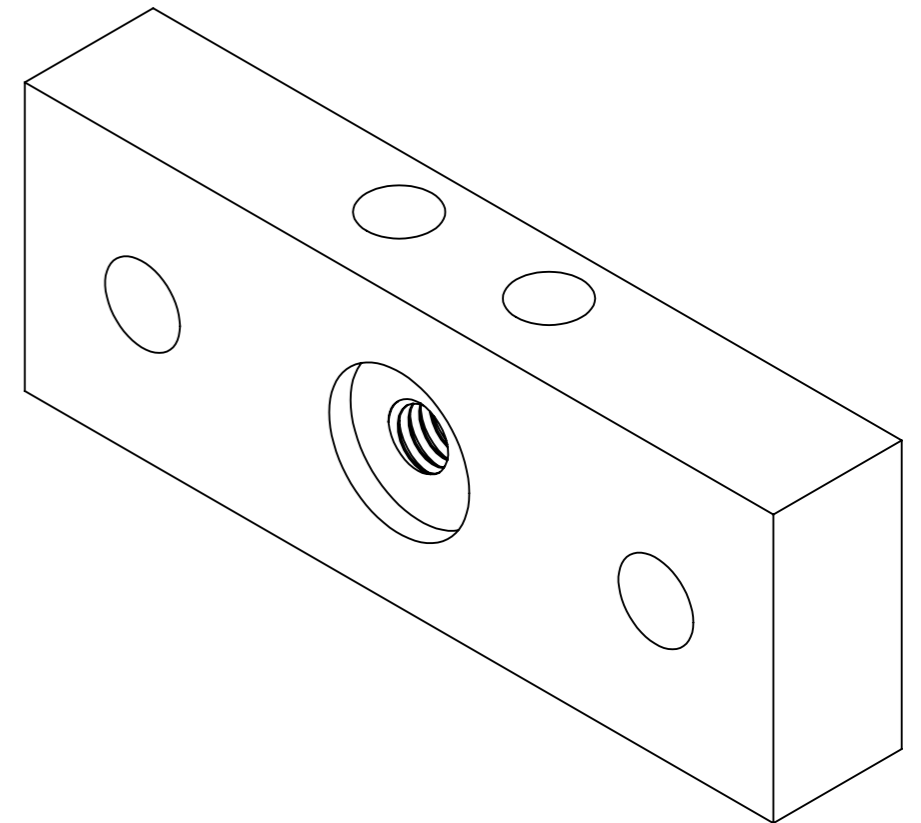
SEÇÃO A-A





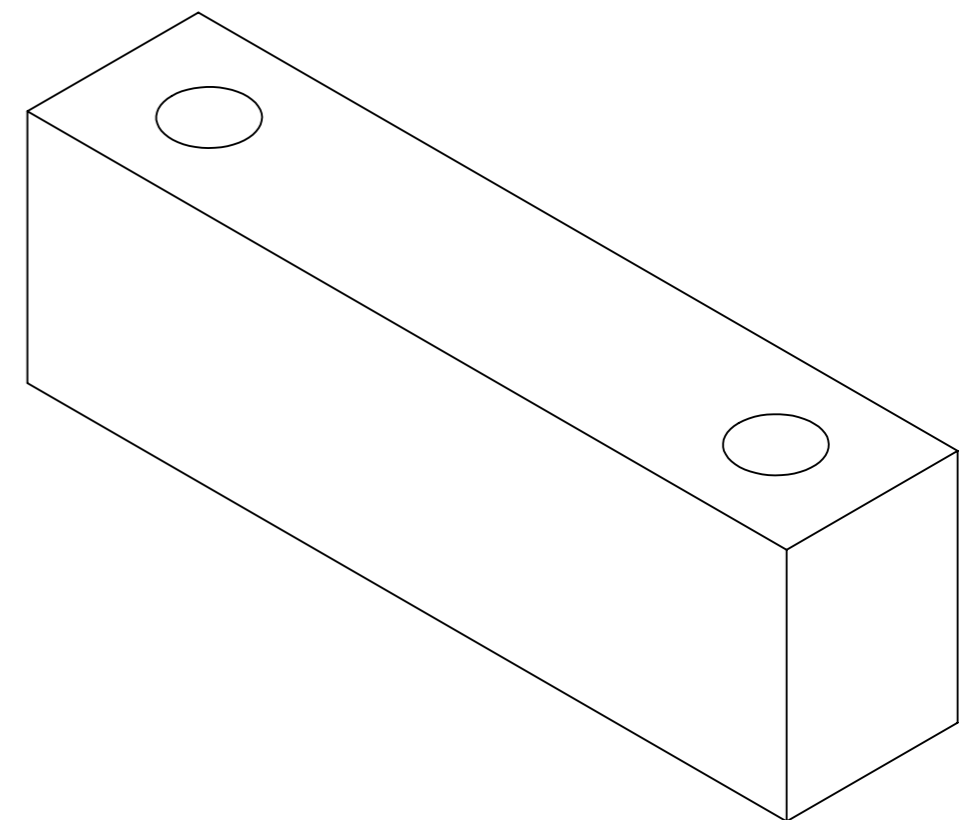
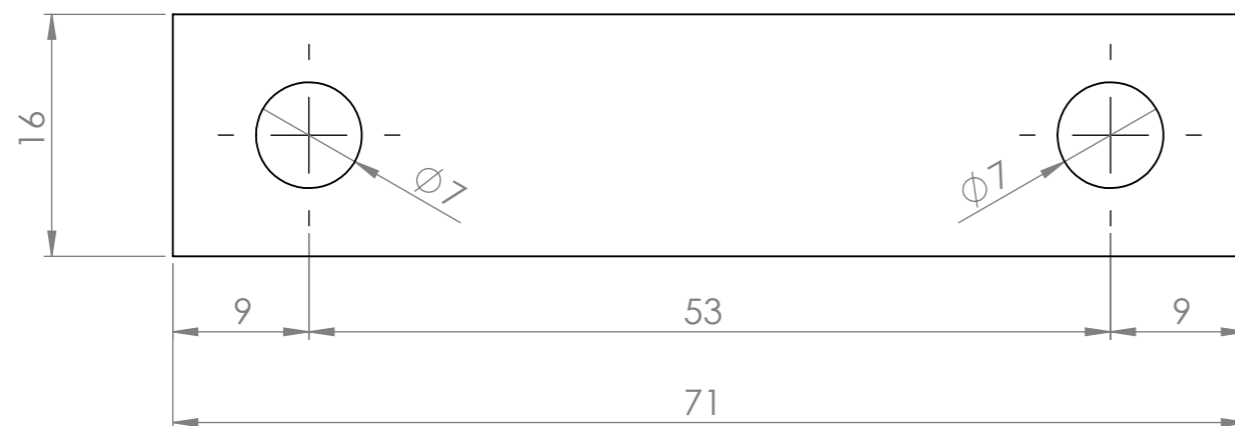
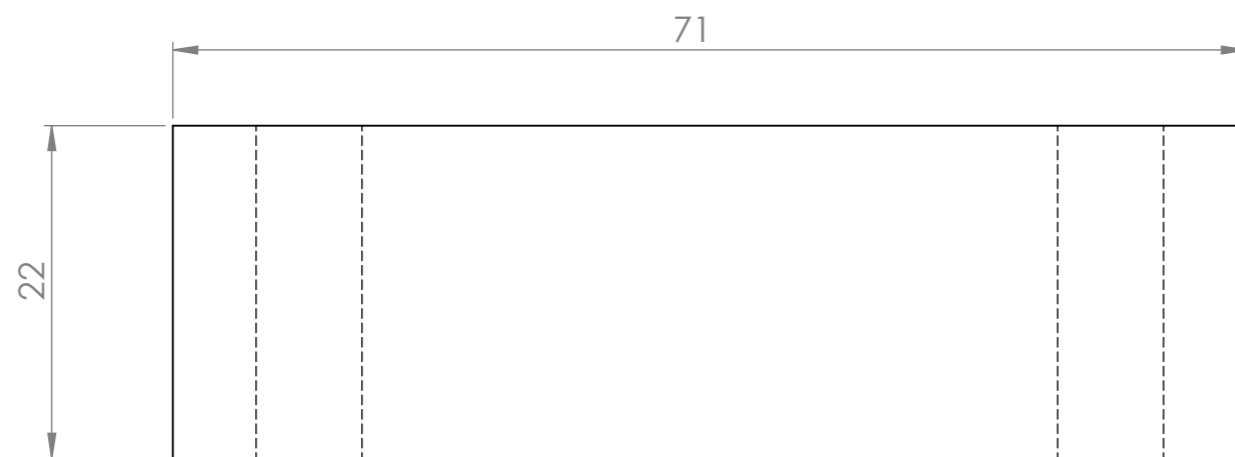
NÚMERO	BLOCO APOIO CILINDRO	01	Tolerância dimensional: 0,1mm	Material: Bloco Alumínio 6061 T6
	DENOMINAÇÃO	QTDE.	ESPECIFICAÇÃO	MATERIAL
UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ			DESENHO Nº	07
			UNIDADE	mm
			SETOR	PROJETOS
			SOLICITANTE	ADRIANO
			ESCALA	APROVADO
			2:1	
 UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ			ENGENHARIA MECÂNICA PROJETO EXTRUSÃO / IMPRESSÃO 3D	
			REVISÃO Nº	00
			DATA	15/06/2017
			NOME	
			VISTO	
				





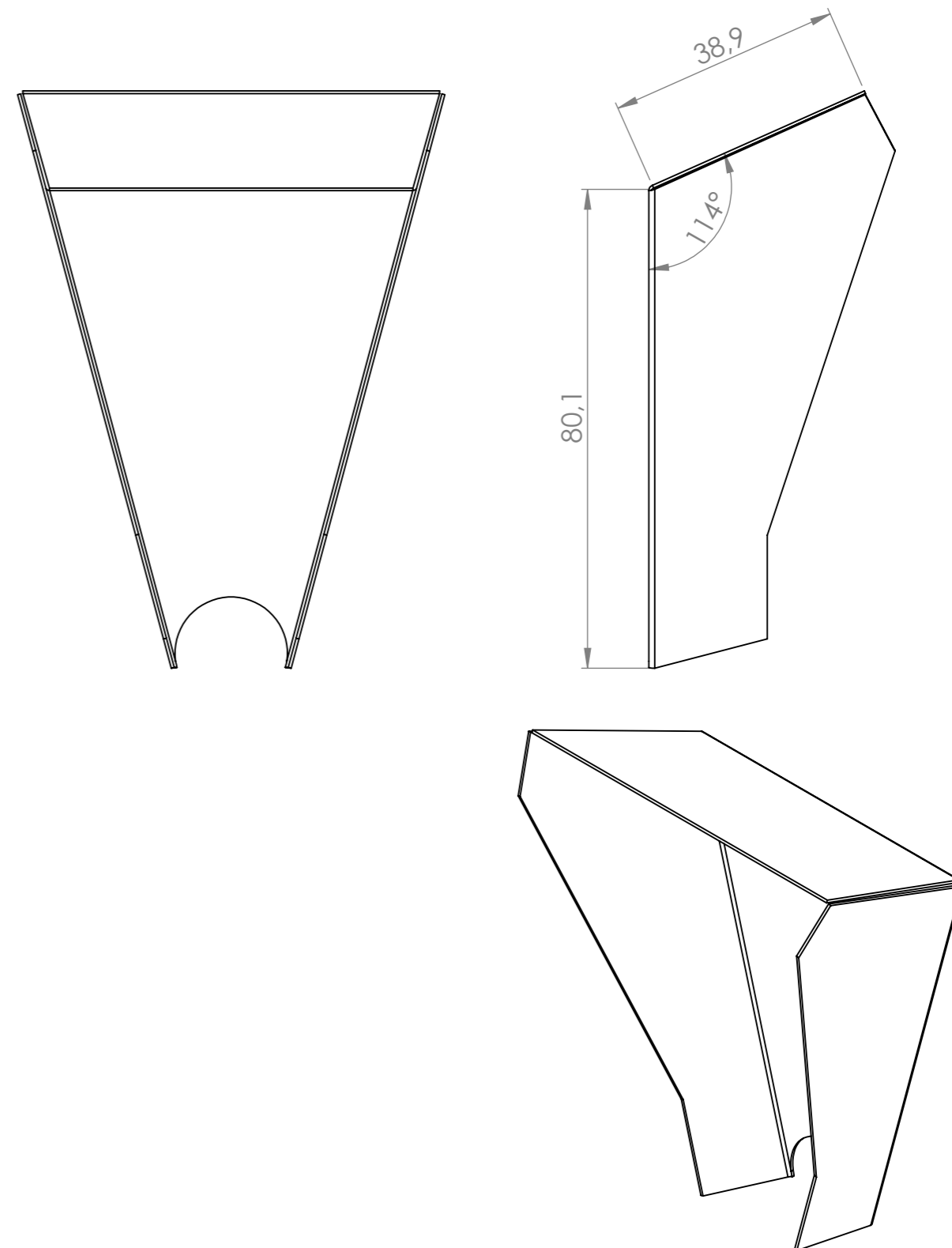
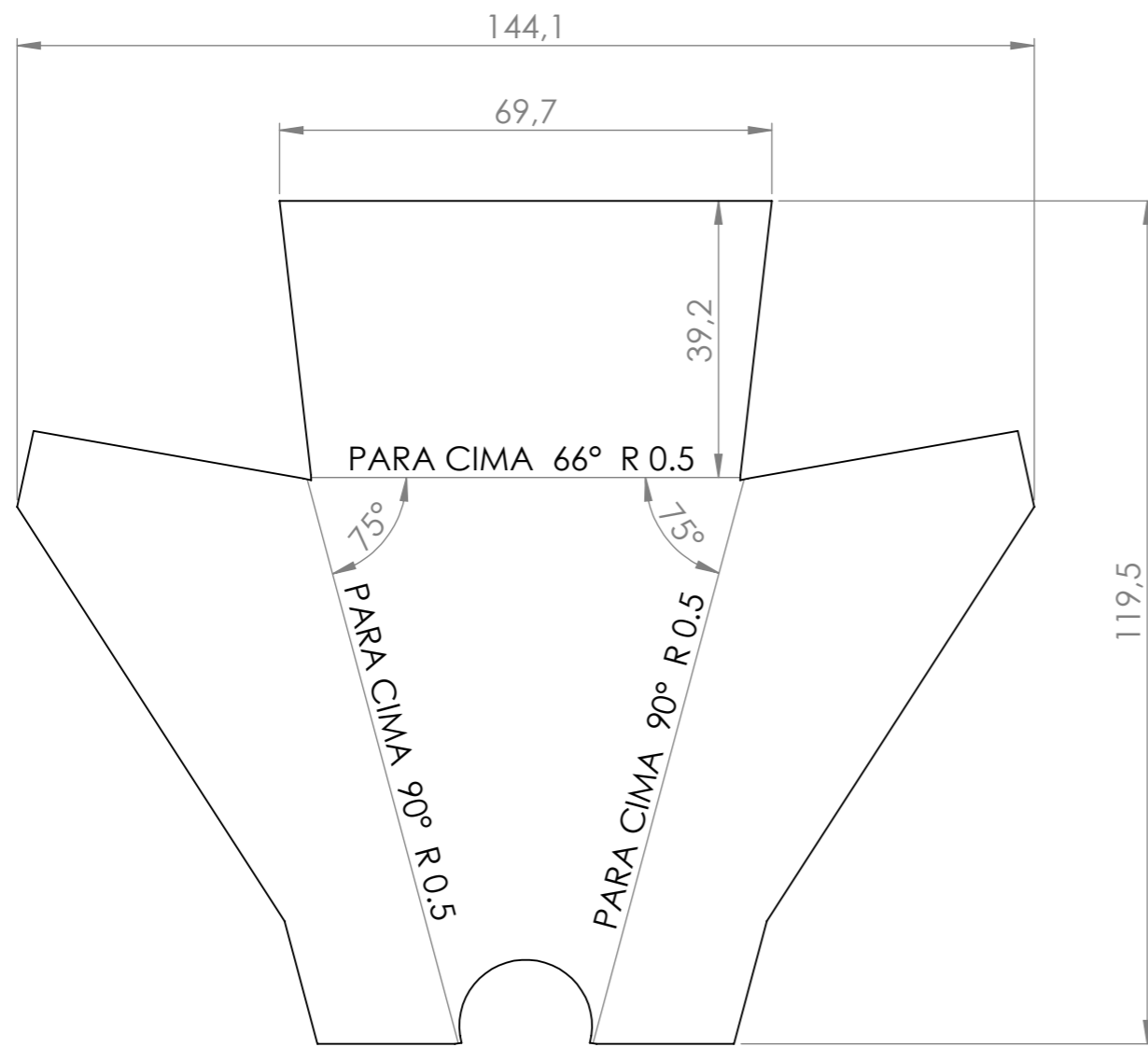
SEÇÃO A-A



NÚMERO	BLOCO EXTRUSOR OPÇÃO 2	01	Tolerância dimensional: 0,1mm	Bloco Alumínio 6061 T6
DENOMINAÇÃO		QTDE.	ESPECIFICAÇÃO	MATERIAL
UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ			DESENHO Nº	06
			UNIDADE	mm
			SETOR	PROJETOS
			SOLICITANTE	ADRIANO
			ESCALA	APROVADO
 ENGENHARIA MECÂNICA PROJETO EXTRUSÃO / IMPRESSÃO 3D			REVISÃO Nº	00
			DATA	16/06/2017
			NOME	
			VISTO	
				



NÚMERO	BLOCO MANCAL	01	Tolerância dimensional: 0,1mm	Bloco Alumínio 6061 T6
	DENOMINAÇÃO	QTDE.	ESPECIFICAÇÃO	MATERIAL
UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ			DESENHO Nº	08
			UNIDADE	mm
			SETOR	PROJETOS
			SOLICITANTE	ADRIANO
			ESCALA	APROVADO
 ENGENHARIA MECÂNICA PROJETO EXTRUSÃO / IMPRESSÃO 3D			REVISÃO Nº	00
			DATA	15/06/2017
			NOME	
			VISTO	
				

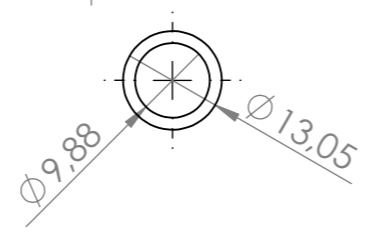
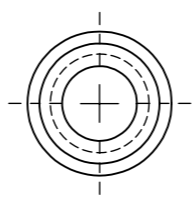
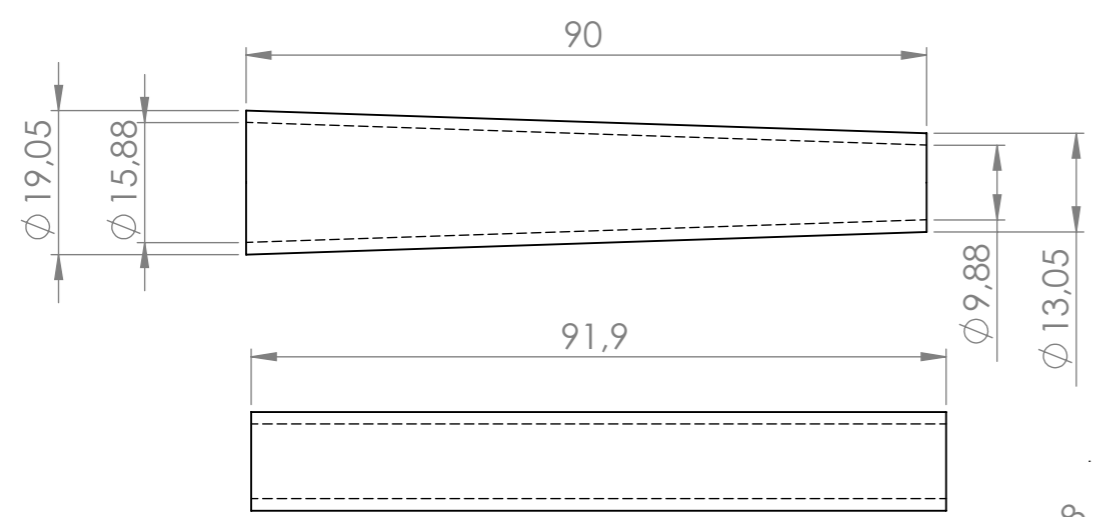
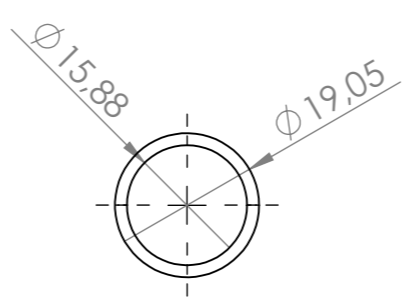
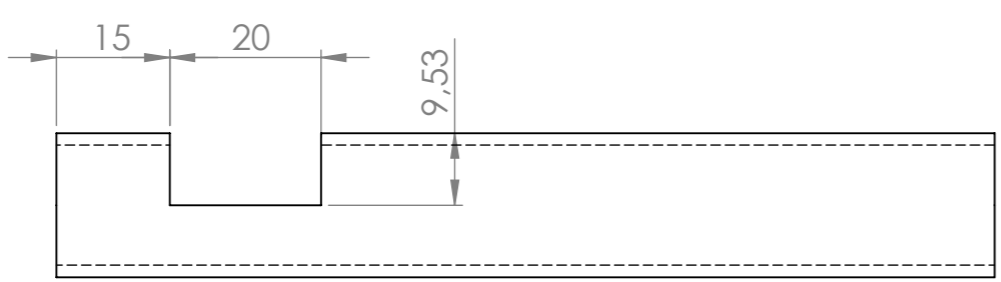
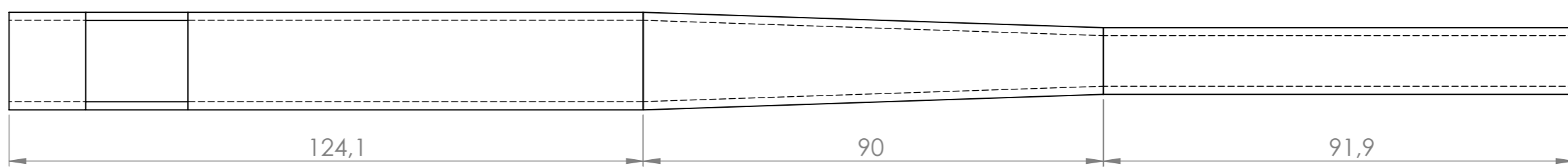
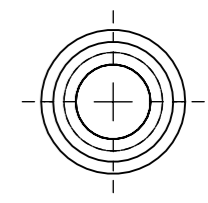
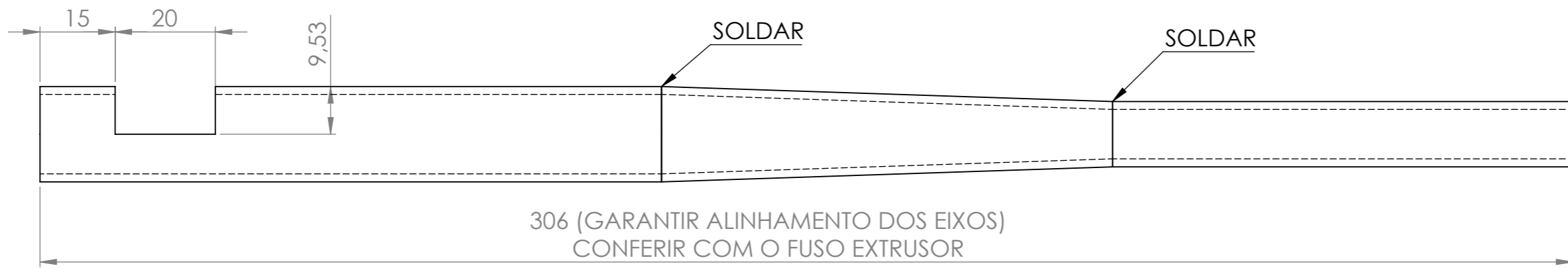


NÚMERO	CALHA ALIMENTAÇÃO	01	Tolerância dimensional: 0,2mm	Chapa Inox AISI 304 #0,5mm
	DENOMINAÇÃO	QTDE.	ESPECIFICAÇÃO	MATERIAL
UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ			DESENHO Nº	09
			UNIDADE	mm
			SETOR	PROJETOS
			SOLICITANTE	ADRIANO
			ESCALA	1:1
				APROVADO
				VISTO
				REVISÃO Nº
				00
				DATA
				15/06/2017
				NOME
				VISTO



ENGENHARIA MECÂNICA
PROJETO EXTRUSÃO / IMPRESSÃO 3D





NÚMERO	CILINDRO EXTRUSOR OPÇÃO 2	01	Tolerância dim.: Indicada	03	Revisão	00	Tubo Inox AISI 304 Ø3/4"x1,59
	DENOMINAÇÃO	QTDE.	ESPECIFICAÇÃO		DATA		16/06/2017
UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ			DESENHO Nº	03	REVISÃO Nº	00	
			UNIDADE	mm	DATA	16/06/2017	
			SETOR	PROJETOS	NOME		
			SOLICITANTE	ADRIANO	VISTO		
			ESCALA	APROVADO			
			1:1				



ENGENHARIA MECÂNICA
PROJETO EXTRUSÃO / IMPRESSÃO 3D



APÊNDICE H – DESCRITIVO DA MONTAGEM DO SISTEMA

O presente apêndice apresenta os descritivos das etapas dos diversos processos de montagem do sistema

Procedimentos de montagem:

A concepção original previa a utilização de uma impressora 3D já existente, modificando-a para a utilização de uma mesa móvel nas três dimensões. Entretanto, considerando as dificuldades envolvidas e os potenciais problemas na fabricação, foi optado por adaptar a impressora mantendo a movimentação do cabeçote em dois eixos (X e Z) e mantendo apenas um eixo de movimentação na mesa (Y).

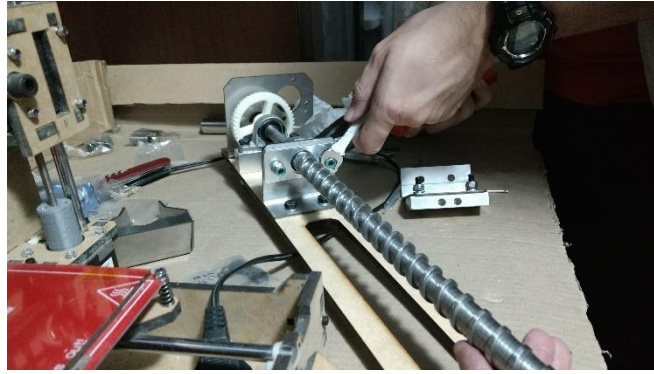
Inicialmente foi realizada a montagem do cabeçote extrusor, iniciando com o posicionamento do flange menor e do bloco do mancal, sobre a estrutura em MDF. Utilizando parafusos M6, porcas autotravantes e arruelas, foi realizada a pré-fixação do flange e do bloco do mancal.

Em seguida, foi realizado o posicionamento dos mancais de rolamento no fuso extrusor, seguido do posicionamento de uma porca M6 no eixo roscado. Esta porca recebe a roda dentada movida por encaixe direto. Após o encaixe da roda dentada, uma porca M6 é posicionada na saída roscada do fuso.

Em seguida, o conjunto foi posicionado na estrutura do cabeçote. Utilizando parafusos M6, arruelas e porcas, o primeiro mancal de rolamentos foi posicionado no bloco e pré-fixado. Em seguida, um bloco de apoio foi posicionado na parte posterior do flange menor, visando a pré-fixação do segundo mancal de rolamentos, realizado com parafusos M6, arruelas e porcas.

Concluída essa etapa, foi realizado o posicionamento do flange maior, na parte superior do cabeçote, sendo pré-fixada com parafuso M6, arruelas e porcas. Em seguida, o motor contendo a roda dentada motora foi posicionado no flange maior, de forma a assegurar o correto engrenamento com a roda dentada movida.

Em seguida, foi realizada a fixação completa de todos os parafusos do sistema. A figura abaixo demonstra esta etapa de fixação.



A seguir, foi realizada a preparação do cilindro de extrusão. Utilizando fita de material isolante elétrico, o cilindro foi revestido entre a extremidade da saída do bocal e a extremidade do cilindro. A seguir, utilizando os fios selecionados para a montagem das resistências, foi executada a montagem das resistências, como demonstrado na figura abaixo.



Estando montada as resistências, os fios foram recobertos com fita de material isolante elétrico. Estando revestida, foi assegurada a integridade das resistências e o isolamento do cilindro, com auxílio de um multímetro, conforme a figura abaixo.



A seguir o cilindro foi posicionado no conjunto do cabeçote. Estando posicionado, foi colocada a flange inferior e fixada com parafusos M6, porcas e arruelas. Finalmente, foi posicionado na parte inferior do flange o bloco extrusor, sendo fixado com parafusos M6, porcas e arruelas. Posteriormente, foi adicionado o bico extrusor na base do bloco extrusor. A montagem final do cabeçote extrusor segue na figura a seguir.



Após análises, foi considerado substituir os parafusos M6 na base do bico extrusor e na fixação do rolamento do flange menor por uma barra roscada M6, que acompanha toda a extensão do cilindro extrusor. Esta alteração foi motivada pela necessidade de reforçar estruturalmente o sistema e assegurar pressão do cilindro em ambos os blocos. A substituição deu-se como na figura abaixo.



Com relação às modificações na estrutura existente da impressora, fez-se necessária a adição de um reforço na parte superior para acoplar um novo conjunto deslizante no eixo X, sendo montado como na figura abaixo.

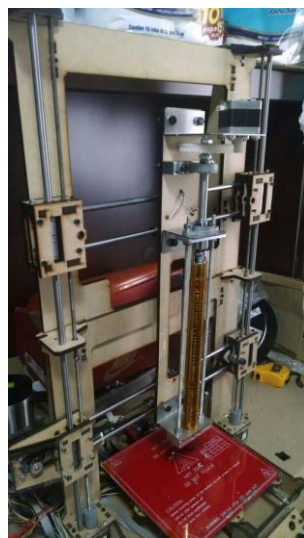


O novo conjunto foi montado à parte e acoplado na barra roscada do eixo Z, sendo ajustado para operar em sincronia com a barra pré-existente.



O cabeçote extrusor foi posicionado na estrutura sobre os suportes colocados nos eixos por sobre os mancais de deslizamento em ambos os eixos X.

Concluída a fixação do cabeçote extrusor, executou-se a ligação dos fios elétricos e o posicionamento dos sensores e dispositivos de controle do equipamento.



APÊNDICE I – PLANILHA DE CUSTOS

O presente apêndice apresenta os custos totais envolvidos na elaboração do protótipo do projeto.

Compras realizadas

Mancais e Rolamentos: KP000 + KFL001 + 8LM8UU	R\$	92.59
Arduino AtMega 2560 R3 com cabo USB	R\$	58.49
Modulo Relé Arduino 8 canais 5v 10A	R\$	51.39
Display LCD 2004 com Leitor Sd	R\$	98.25
Fio Kanthal A1 AWG28 0,32mm 16,7OHMS/metro com 6 metros	R\$	32.49
Kit eixo retificado H7 Ø8mm	R\$	47.45

Descrição de todas as peças:

Parafuso M6 x 25 cabeça cilíndrica sextavado interno – 2pçs;

Parafuso M6 x 25 cabeça sextavada – 10pçs;

Parafuso M6x50 cabeça sextavada – 2 peças;

Porca M6 autotravante – 16 peças;

 Arruela lisa M6 – 30 peças;

 Arruela de pressão M6 – 16 peças;

 Anel trava eixo 12mm – 2 peças;

 Anel trava eixo 10mm – 2 peças;

 Porca M8 autotravante – 1 peça;

 Arruela lisa M8 – 6 peças;

 Arruela de pressão M8 – 1 peça;

 Barra roscada M5 x 660mm – 2 peças;

 Porcas M5 – 4 peças;

Parafusos M3 x 20mm cabeça cilíndrica sextavado interno – 50 peças;

Parafuso M3 x 16mm cabeça cilíndrica sextavado interno – 8 peças;

Parafuso M3 x 40mm cabeça cilíndrica sextavado interno – 22 peças;

 Porcas M3 Nyloc – 80 peças;

 Porca M3 – 4 peças;

 Arruela lisa M3 – 150 peças;

AS RESISTENCIAS DEIXA QUE EU VEJO, POIS TENHO QUE
VERIFICAR COMO LIGAR ELAS ANTES.

R\$ 81.31

Estrutura MDF

R\$ 90.00

Orçamentos realizados

Fornecedor: Cemape

Contato: Leandro 91643333

enviado via audio do Whatsapp

Bloco Mancal	R\$	20.00
Bloco Apoio Cilindro	R\$	45.00
Calha Alimentação	R\$	50.00
Apoio Extrusor	R\$	30.00
Apoio Motor	R\$	20.00
Bloco Extrusor	R\$	50.00
Cilindro Extrusor	R\$	15.00
Fuso Extrusor	R\$	400.00

Total

R\$ 1,181.97

APÊNDICE J – ATAS DE REUNIÃO

O presente apêndice apresenta as atas de reunião deste projeto, relativas aos meses de março, abril e maio de 2017.

TCC2 – Ata da Reunião de Março de 2017

Aos dezesseis dias do mês de março do ano de 2017, os alunos integrantes do grupo 55 de desenvolvimento do projeto de pesquisa relativo ao Trabalho de Conclusão de Curso, em reunião com o professor orientador, deliberaram sobre a seguinte pauta:

- 1) Definição do novo cronograma
- 2) Detalhamento dos itens do novo cronograma
- 3) Esboço de potenciais concepções

Sendo definido os seguintes encaminhamentos:

- Definir a profundidade do cálculo preliminar, sendo que o projeto é essencialmente experimental.
- Elaborar definições sobre a motivação envolvendo as decisões estruturais envolvendo o protótipo.
- Consultar sobre simulações e formulações.
- Buscar definições sobre os procedimentos de montagem (DFMA)

Curitiba, 16 de março de 2017.



Matheus Gomes Couto Pereira
Integrante do grupo de projeto de pesquisa
Relator



Adriano de Freitas
Integrante do grupo de projeto de pesquisa



Roger Yoiti Hauenstein
Integrante do grupo de projeto de pesquisa



Prof. Me. David Krestchek
Professor orientador do grupo de projeto de pesquisa

TCC2 – Ata da Reunião de Abril de 2017

Aos vinte dias do mês de abril do ano de dois mil e dezessete, os estudantes do grupo de pesquisa relativo ao Trabalho de Conclusão de Curso número 55, em reunião com seu professor orientador, deliberaram e encaminharam as seguintes disposições:

Pauta:

- 1) Andamento dos trabalhos relacionados;
- 2) Aprovação de concepção;

Encaminhamento:

- Prosseguimento do projeto de pesquisa;
- Início dos procedimentos de elaboração de protótipo do projeto
- Continuação dos registros bibliográficos relativos.

Curitiba, 20 de abril de 2017.



Matheus Gomes Couto Pereira
Integrante do grupo de projeto de pesquisa
Relator



Adriano de Freitas
Integrante do grupo de projeto de pesquisa



Roger Yoiti Hauenstein
Integrante do grupo de projeto de pesquisa



Prof. Me. David Kretschek
Professor Orientador do grupo de projeto de pesquisa

Prof. David Kretschek
Damec - UTFPR

TCC2 – Ata da Reunião de Maio de 2017

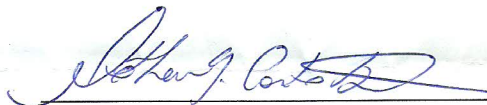
Aos onze dias do mes de maio do ano de 2017, os alunos integrantes do grupo 55 de desenvolvimento do projeto de pesquisa relativo ao Trabalho de Conclusão de Curso, em reunião com o professor orientador, deliberaram sobre a seguinte pauta:

- 1) Andamento dos cálculos relacionados ao desenvolvimento do cabeçote extrusor;
- 2) Definições de compra de equipamentos;
- 3) Preparações para a defesa.

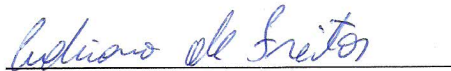
Sendo definido os seguintes encaminhamentos:

- Avanço dos cálculos necessários;
- Aquisição de peças e início da montagem do dispositivo;
- Procedimentos a serem adotados durante a defesa do projeto.

Curitiba, 11 de maio de 2017.



Matheus Gomes Couto Pereira
Integrante do grupo de projeto de pesquisa
Relator



Adriano de Freitas
Integrante do grupo de projeto de pesquisa



Roger Yojti Hauenstein
Integrante do grupo de projeto de pesquisa



Prof. Me. David Kretscheck
Professor orientador do grupo de projeto de pesquisa

ANEXO A – ESPECIFICAÇÕES DE COMPONENTES COMERCIAIS

O presente anexo possui a finalidade de apresentar algumas seleções em catálogos comerciais dos itens comerciais utilizados neste projeto.

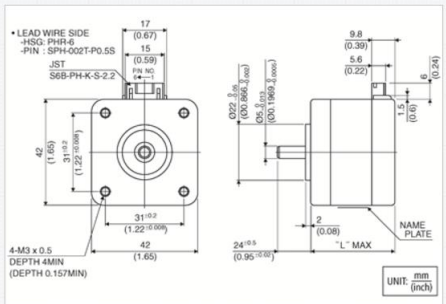

Motor Minebea 17pm-k142b

<http://www.eminebea.com/en/product/rotary/steppingmotor/hybrid/standard/17pm-k.shtml>

<http://produto.mercadolivre.com.br/MLB-866397280-motor-passo-nema-17-4-kgf-minebea-17pm-k142b- JM>

17PM-K(42□ 1.8deg.)

Overall View

LEAD WIRE SIDE
 -HSC: PH1.6
 -PIN: SPH-002T-PO.5S
 JST
 S6B-PH-K-S-2.2
 PA 102

42 (1.65)
 17 (0.67)
 15 (0.59)
 9.8 (0.39)
 6 (0.24)
 0.22 ±0.06 (0.00866 ±0.002)
 0.5 ±0.01 (0.01969 ±0.0005)
 0.13 (0.0051)
 2 (0.08)
 24^{+0.5} (0.95^{+0.02})
 31^{+0.2} (1.22^{+0.009})
 42 (1.65)
 4-M3 x 0.5
 DEPTH A MIN
 (DEPTH 0.157 MIN)

NAME PLATE
 "L" MAX

UNIT: mm (inch)

Size

	"L" mm (inch)
17PM-K7**	26(1.02)
17PM-K2**	30(1.18)
17PM-K0**	34(1.34)
17PM-K3**	38(1.50)
17PM-K1**	42(1.65)
17PM-K4**	48(1.89)
17PM-KA**	60(2.36)

Wiring Diagram

PHASE	A	A COM	⌘	B	B COM	⌘
PIN NO.	4	5	6	3	2	1

Model	ステップ角 Step Angle (deg)	Drive Sequence	Rated Current (A)	Resistance (Ohms)	Holding Torque (mNm)	Inductance (mH)	Rotor Inertia (g-cm ²)	Detent Torque (mNm)	Mass (g)
17PM-K049U	1.8	UNI-POLAR	1	3.1	200	3.2	37	10.8	200
17PM-K064U	1.8	UNI-POLAR	0.6	8.3	200	8.1	37	10.8	200
17PM-K142U	1.8	UNI-POLAR	1.4	2.3	280	3.2	62	11.8	300
17PM-K149U	1.8	UNI-POLAR	1	4.3	280	6.0	62	11.8	300
17PM-K249U	1.8	UNI-POLAR	0.8	2.7	100	3.0	24	4.3	180
17PM-K264U	1.8	UNI-POLAR	0.6	6.9	100	7.4	24	4.3	180
17PM-K342U	1.8	UNI-POLAR	1.4	2.0	250	2.5	50	11.3	250
17PM-K349U	1.8	UNI-POLAR	1	3.6	250	4.7	50	11.3	250
17PM-K442U	1.8	UNI-POLAR	1.4	2.8	400	3.4	75	16.7	350
17PM-K449U	1.8	UNI-POLAR	1	4.9	400	6.5	75	16.7	350
17PM-K749U	1.8	UNI-POLAR	0.9	2.2	50	0.4	11	2.8	150
17PM-K764U	1.8	UNI-POLAR	0.6	5.6	50	1.0	11	2.8	150
17PM-KA39U	2.6	UNI-POLAR	1.4	2.9	485	4.0	120	21.6	490
17PM-KA46U	3.0	UNI-POLAR	1	5.6	485	8.1	120	21.6	490
17PM-K049B	1.8	BI-POLAR	0.7	6.2	270	12.9	37	10.8	200
17PM-K142B	1.8	BI-POLAR	1	4.6	380	12.9	62	11.8	300

Fio Kantal

Kantal A-1 is a ferritic iron-chromium-aluminium alloy (FeCrAl alloy) for use at temperatures up to 1400°C (2550°F). The alloy is characterized by high resistivity and very good oxidation resistance.

Typical applications for Kantal A-1 are electrical heating elements in high-temperature furnaces for heat treatment, ceramics, glass, steel and electronics industries.

CHEMICAL COMPOSITION

	C%	Si%	Mn%	Cr%	Al%	Fe%
Nominal composition					5.8	Bal.
Min	-	-	-	20.5	-	
Max	0.08	0.7	0.4	23.5	-	

MECHANICAL PROPERTIES

Wire size	Yield strength	Tensile strength	Elongation	Hardness
Ø	R _{p0.2}	R _m	A	Hv
mm	MPa	MPa	%	
1.0	565	760	20	260
4.0	475	680	18	230

MECHANICAL PROPERTIES AT ELEVATED TEMPERATURE

Temperature °C	900	1000	1100	1200	1300
MPa	34	18	10	6	4

Ultimate tensile strength - deformation rate 6.2 x 10⁻³/min

CREEP STRENGTH - 1% ELONGATION IN 1000 H

Temperature °C	800	1000
MPa	1.2	0.5

PHYSICAL PROPERTIES

Density g/cm ³	7.10
Electrical resistivity at 20°C 0.1 mm ² /m	1.45
Poisson's ratio	0.30

YOUNG'S MODULUS

Temperature °C	20	100	200	400	600	800	1000
GPa	220	210	205	190	170	150	130

TEMPERATURE FACTOR OF RESISTIVITY

Temperature °C	100	200	300	400	500	600	700	800	900	1000	1100	1200	1300	1400
C _t	1.00	1.00	1.00	1.00	1.01	1.02	1.02	1.03	1.03	1.04	1.04	1.04	1.04	1.05

COEFFICIENT OF THERMAL EXPANSION

Temperature °C	Thermal Expansion x 10 ⁻³ /K
20 - 250	11
20 - 500	12
20 - 750	14
20 - 1000	15

THERMAL CONDUCTIVITY

Temperature °C	50	600	800	1000	1200	1400
W m ⁻¹ K ⁻¹	11	20	22	26	27	35

SPECIFIC HEAT CAPACITY

Temperature °C	20	200	400	600	800	1000	1200	1400
kJ kg ⁻¹ K ⁻¹	0.46	0.56	0.63	0.75	0.71	0.72	0.74	0.80

Melting point °C	1500
Max continuous operating temperature in air °C	1400
Magnetic properties	The material is magnetic up to approximately 600°C (Curie point).
Emissivity - fully oxidized material	0.70

Diameter	Resistance at 20°C	Resistivity at 20°C	Weight	Surface area	Cross sectional area
mm	Ω/m	cm ² /Ω*	g/m	cm ² /m	mm ²
0.40	9.95	1.26	0.915	12.6	0.126
0.375	11.3	1.04	0.804	11.8	0.110
0.35	13.0	0.846	0.700	11.0	0.0962
0.32	15.5	0.647	0.585	10.1	0.0804
0.30	17.7	0.533	0.515	9.42	0.0707
0.28	20.3	0.433	0.448	8.80	0.0616
0.26	23.5	0.347	0.387	8.17	0.0531
0.25	25.5	0.308	0.357	7.85	0.0491
0.24	27.6	0.273	0.329	7.54	0.0452

* cm²/Ω = I² × C_t / p (I = Current, C_t = temperature factor, p = surface load W/cm²)

Mancal com rolamento eixo 12mm Kfl001

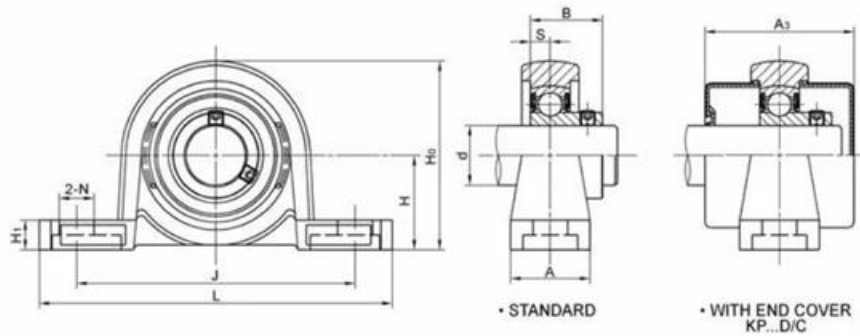
<http://produto.mercadolivre.com.br/MLB-824365119-mancal-com-rolamento-eixo-12mm-kfl001-envio-imediato- JM>

KFL000 Series Two-bolt Flange Units
Extra Narrow Width Set Screw Locking

型号 Unit No.	轴径 Bore Dia	基本尺寸 Dimensions(mm)										轴孔 Bolt Size	轴号 Bearing No.	轴号 Bearing No.	重量 Weight kg
		a	e	i	g	l	s	b	Z	L	n				
KFL000	10	80	45	5.5	5.5	11.5	7	38	15.5	14	4	M5	K000	FL000	0.07
KFL001	12	83	48	5.5	5.5	11.5	7	38	16	14.5	4	M5	K001	FL001	0.08
KFL002	15	87	53	6.5	6.5	13	7	42	16.8	16.5	4.5	M6	K002	FL002	0.11
KFL003	17	71	56	7	7	14	7	46	19.5	17.5	5	M6	K003	FL003	0.14
KFL004	20	90	71	8	8	16	10	55	23	21	5	M8	K004	FL04-5	0.23
KFL005	25	95	75	8	8	16	10	60	24.5	22.5	6	M8	K005	FL05-6	0.27
KFL006	30	112	85	9	9	18	13	70	27	24.5	6.5	M10	K006	FL06-7	0.39

Mancal com rolamento para eixo 10mm Kp000

<http://produto.mercadolivre.com.br/MLB-826941757-mancal-com-rolamento-para-eixo-de-10mm-kp000-envio-imediato- JM>



KP000 Series

Unit No.	Shaft d(mm)	Dimensions(mm)										Bolt Size mm	Bearing No.	Housing No.	Weight (kg)
		H	L	J	A	H1	H0	N	S	B	A3				
KP000	10	18	67	53	16	6	35	7	4	14	28.3	M6	K000	P000	0.03
KP001	12	19	71	56	16	6	38	7	4	14.5	30	M6	K001	P001	0.04
KP002	15	22	80	63	16	7	43	7	4.5	16.5	33	M6	K002	P002	0.05
KP003	17	24	85	67	18	7	47	7	5	17.5	36	M6	K003	P003	0.07
KP004	20	28	100	80	20	9	55	10	6	21	40	M8	K004	P004	0.11
KP005	25	32	112	90	20	10	62	10	6	22.5	41	M8	K005	P005	0.15
KP006	30	36	132	106	26	11	70	13	6.5	24.5	43	M10	K006	P006	0.21

Rolamento linear LM8UU:

Major dimensions and tolerance										Ratings load		Type	
D (mm)	Tolerance (mm)	L (mm)	Tolerance (mm)	B (mm)	Tolerance (mm)	W (mm)	D1 (mm)	f (mm)	E (mm)	*	Dynamic C(N)		Static Co(N)
8	0	12	-0.12	-	-	-	-	-	-	-	98	127	LM4UU
10	-0.009	15	-0.12	10.3		1.1	9.6	-	-	-	167	206	LM5UU
12		19		13.5		1.1	11.5	1	-	-	206	265	LM6UU
15	0	24	0	17.5	0	1.1	14.3	1	-	-	274	382	LM8UU
17		29		21.5		1.1	17.5	1	-	-	352	490	LM10UU
21	0	30	-0.13	23		1.3	20	1.5	8	60°C	510	784	LM12UU
23	-0.013	33		25		1.3	22	1.5	9	80°C	570	784	LM13UU
28		37		26.5		1.6	27	1.5	11	80°C	774	1135	LM16UU
32		42		30.5		1.6	30.5	1.5	11	60°C	882	1375	LM20UU
40	0	50	-0.016	41		1.85	38	2	12	50°C	980	1575	LM25UU
45		64		44.5		1.85	43	2.5	15	80°C	1670	2710	LM30UU
52		70		49.5	0	2.1	48	2.5	17	50°C	1670	3140	LM35UU
60	0	80	-0.019	60.5	0	2.1	57	3	20	50°C	2180	4020	LM40UU
80		100		74		2.6	76.5	3	28	50°C	3620	7940	LM50UU
90	0	110	-0.022	85		3.15	88.5	3	30	50°C	4700	10000	LM60UU
120		140		105.6	0	4.15	116	3	40	50°C	7350	16000	LM80UU
160	0	175	-0.026	125.5	0	4.15	145	3	50	50°C	14120	34800	LM100UU

