

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA MARA  
UNIVERSIDADE ABERTA DO BRASIL  
CENTRO DE TECNOLOGIA  
CURSO DE ESPECIALIZAÇÃO EM EFICIÊNCIA ENERGÉTICA  
APLICADA AOS PROCESSOS PRODUTIVOS

Luís Felipe Birmann Rodrigues

**ANÁLISE DO APROVEITAMENTO DE POLÍMEROS RECICLÁVEIS  
PARA OBTENÇÃO DE FILAMENTOS PARA IMPRESSORA 3D**

Panambi, RS  
2017

**Luís Felipe Birmann Rodrigues**

**ANÁLISE DO APROVEITAMENTO DE POLÍMEROS RECICLÁVEIS PARA  
OBTENÇÃO DE FILAMENTOS PARA IMPRESSORA 3D**

Monografia apresentada ao Curso de Pós-Graduação Eficiência Energética Aplicada aos Processos Produtivos, da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM, RS), como requisito parcial para a obtenção do título de **Especialista em Eficiência Energética Aplicado aos Processos Produtivos.**

Orientador: Prof. Dr. Flávio Dias Mayer

Panambi, RS  
2017

**Luís Felipe Birmann Rodrigues**

**ANÁLISE DO APROVEITAMENTO DE POLÍMEROS RECICLÁVEIS PARA  
OBTENÇÃO DE FILAMENTOS PARA IMPRESSORA 3D**

Monografia apresentada ao Curso de Pós-Graduação Eficiência Energética Aplicada aos Processos Produtivos, da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM, RS), como requisito parcial para a obtenção do título de **Especialista em Eficiência Energética Aplicado aos Processos Produtivos.**

**Aprovado em 29 de julho de 2017:**

---

**Ademar Michels, Dr.**  
(Co-orientador)

---

**Cláudio Roberto Losekann, Dr.**

---

**Cristiano José Scheuer, Dr.**

Panambi, RS  
2017

## RESUMO

### ANÁLISE DO APROVEITAMENTO DE POLÍMEROS RECICLÁVEIS PARA OBTENÇÃO DE FILAMENTOS PARA IMPRESSORA 3D

**AUTOR: Luís Felipe Birmann Rodrigues**

**ORIENTADOR: Flávio Dias Mayer**

O presente trabalho visa a elaboração de um equipamento capaz de realizar a extrusão de filamentos para o processo de impressão 3D, reutilizando polímeros reciclados como novas peças impressas em 3D. A escolha deste assunto foi motivada principalmente pelo aumento contínuo do mercado da impressão 3D mundialmente, sendo cada vez mais comum encontrar impressoras 3D trabalhando em lares e escritórios. Com isso foi desenvolvido o conceito de um equipamento que utiliza como princípio de funcionamento a extrusão através de parafuso, utilizando componentes de baixo custo e obtendo simplicidade operacional. Foi mostrado, através do *payback* simples, que a utilização deste equipamento para a fabricação de filamento proporciona uma economia de até 95% em relação à utilização de filamentos de ABS comercializados, proporcionando o retorno sobre o investimento após a produção de somente 7,3kg de filamento ABS.

**Palavras chave:** Impressão 3D; Reciclagem; Polímeros.

## **ABSTRACT**

### **RECYCLABLE POLYMER REUSE ANALYSIS TO OBTAIN FILAMENTS FOR 3D PRINTER**

**AUTHOR: Luís Felipe Birman Rodrigues**

**ADVISOR: Flávio Dias Mayer**

The present work aims at the elaboration of an equipment capable for extruding filaments for the 3D printing process, reusing recycled polymers as new pieces 3D printed. The choice of this subject was motivated mainly by the continuous development of the 3D printing market worldwide, and it is increasingly common to find 3D printers working in homes and offices. With this, the concept of an equipment that uses bolt extrusion as a working principle, using low cost components and obtaining operational simplicity was developed. It has been shown through the simple payback that the use of this equipment for filament manufacture provides a savings of up to 95% over the use of commercially available ABS filaments, providing the return on investment after the production of only 7.3kg ABS filament.

**Keywords: 3D Printing. Recycling. Plastic**

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Impressão de peça pelo processo FDM.....	5
Figura 2 - Esquema de uma impressora 3D SLA .....	6
Figura 3 - Esquema de um equipamento LOM.....	6
Figura 4 - Princípio de funcionamento de um equipamento SLS .....	7
Figura 5 - Impressora 3D FDM baseada no projeto RepRap. ....	8
Figura 6 - Principais partes de uma extrusora de plástico.....	10
Figura 7 - Equipamento completo para extrusão de filamentos. ....	12
Figura 8 - Broca utilizada como fuso de extrusão no projeto.....	16
Figura 9 - Componentes da extrusora.....	16
Figura 10 - Montagem estrutura de movimentação .....	17
Figura 11 - Motor de limpador de para-brisa veicular.....	18
Figura 12 - Montagem acionamento do parafuso extrusor .....	18
Figura 13 - Componentes do puxador.....	19
Figura 14 - Componentes eletroeletrônicos.....	20
Figura 15 - Esquema elétrico simplificado.....	21

## **LISTA DE TABELAS**

Tabela 1 - Características dos principais modelos de extrusores de filamento. ....	13
Tabela 2 - Custo dos itens para a fabricação do extrusor .....	22
Tabela 3 - Potência consumida pelo extrusor. ....	23

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABS	Acrilonitrila, Butadieno e Estireno
CAD	<i>Computer Aided Design</i>
CEF	Custo da energia elétrica para produção do filamento
FDM	<i>Fused Deposition Modelling</i>
LOM	<i>Laminated Object Modelling</i>
PBS	<i>Payback Simplificado</i>
PEAD	Polietileno de Alta Densidade
PEBD	Polietileno de Baixa Densidade
PET	Polietileno tereftalato
PLA	Ácido Polilático
PP	Polipropileno
PS	Poliestireno00
PVC	Policloreto de Vinila
PWM	<i>Pulse With Modulation</i>
RP	<i>Rapid Prototyping</i>
SLA	<i>Stereolithography</i>
SLA-1	<i>StereoLithography Apparatus</i>
SLS	<i>Seletive Laser Sintering</i>

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO</b> .....	1
1.1 OBJETIVOS .....	2
1.1.1 Objetivo Geral .....	2
1.1.2 Específicos .....	2
1.2 JUSTIFICATIVA.....	3
<b>2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA</b> .....	4
2.1 TECNOLOGIAS DE IMPRESSÃO 3D.....	4
2.1.1 Tecnologia FDM .....	8
2.1.2 Matéria-prima das Impressoras FDM .....	9
2.2 PROCESSO DE EXTRUSÃO DE PLÁSTICOS.....	10
2.2.1 Equipamentos de extrusão de filamentos.....	12
<b>3 METODOLOGIA</b> .....	14
3.1 PROJETO CONCEITUAL.....	14
3.1 ESTIMATIVA DE ECONOMIA .....	14
<b>4 RESULTADOS</b> .....	15
4.1 PRINCÍPIO DE FUNCIONAMENTO .....	15
4.2 COMPONENTES MECÂNICOS DO EXTRUSOR .....	15
4.3 COMPONENTES MECÂNICOS DO PUXADOR.....	19
4.4 SELEÇÃO COMPONENTES ELÉTRICOS DO EXTRUSOR .....	20
4.5 ESTIMATIVA DE CUSTOS .....	22
<b>5 CONCLUSÃO</b> .....	25
<b>6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b> .....	26
<b>ANEXO A – CATÁLOGO BOSCH: MOTOR LIMPADOR DE PARA-BRISAS</b> .....	30
<b>ANEXO B – CATÁLOGO BROCAS IRWIN PARA MADEIRA</b> .....	31
<b>ANEXO C – MICROREDUTOR PLANETÁRIO</b> .....	32
<b>APÊNDICE A – RENDERIZAÇÃO DO PROJETO</b> .....	33
<b>APÊNDICE B – VISTAS DO EQUIPAMENTO COMPLETO</b> .....	34

## 1 INTRODUÇÃO

A indústria dos plásticos está em desenvolvimento constante, desenvolvendo tecnologias para atender às novas demandas que surgem a cada dia. Em 2012, a produção de plásticos chegou a 288 milhões de toneladas, crescendo 9% ao ano (BRASKEM, 2012). Em função de seu uso tão difundido, grande parte do lixo que é produzido diariamente é composta deste material.

A maioria dos plásticos são derivados do petróleo, um recurso natural não renovável e altamente poluente, sendo que 100 toneladas de plástico reciclado evitam a extração de 1 tonelada de petróleo (WWF, 2016).

Segundo De Oliveira (2012), os custos ambientais associados à geração de energia para produção primária dos plásticos são da ordem de R\$ 6,56 por tonelada produzida, e os custos ambientais associados à geração de energia para reciclagem de plástico são da ordem de R\$ 1,40 por tonelada, ou seja, a reciclagem do plástico pode gerar economia de energia em até 80%.

Dos materiais plásticos que foram reciclados no Brasil, os mais abundantes são o PET (Polietileno tereftalato), PVC (policloreto de vinila), PEBD (polietileno de baixa densidade), PEAD (polietileno de alta densidade) e PP (polipropileno). Dentre estes o PET é o material mais utilizado no processo de reciclagem, correspondendo à 54% do total.

Os polímeros que tiveram um maior êxito na reciclagem para a fabricação de filamentos para impressoras 3D, foram o PLA (ácido poliláctico), o PS (poliestireno), o PEBD, o PP e o ABS (acrilonitrila, butadieno e estireno) (BLEIJERVELD, 2014).

A resina de ABS é utilizada em plásticos de engenharia, ocupando a quinta posição no ranking, atrás somente do PE, PVC, PP e PS (UTIMURA, 2014). Sendo que na maioria das vezes este é utilizado em bens duráveis.

A tecnologia de manufatura aditiva apresenta uma proposta bastante ecológica devido à mesma ser um processo onde o material é adicionado em vez de ser removido, apresentando uma quantidade de resíduos menor, poluindo menos e reduzindo os custos de produção. Isso mostra o quanto as empresas estão cada vez

mais mudando sua mentalidade, investido cada vez mais em processos e equipamentos eficientes energeticamente (CASAGRANDE, 2013).

A demanda por impressoras 3D domésticas também vem crescendo. A previsão é que em 10 a 15 anos, toda casa poderá ter uma impressora 3D. (JETPRINTER, 2016).

Este trabalho abordará a elaboração do projeto de um equipamento capaz de produzir filamento para impressoras 3d utilizando resíduos plásticos, transformando-os em matéria prima para impressoras 3D e tornando o processo de impressão de peças ainda mais sustentável e econômico.

## 1.1 OBJETIVOS

### 1.1.1 Objetivo Geral

O objetivo deste trabalho é projetar um equipamento para uso em pequena escala para a fabricação de filamento para impressora 3D, contribuindo com a reciclagem de plásticos tanto de embalagens quanto de peças descartadas do próprio processo de impressão 3D, e conseqüente economia de energia e custo produtivo.

### 1.1.2 Específicos

Os objetivos específicos são:

1. Desenvolver o conceito de um equipamento capaz de produzir até 1kg de filamento contínuo com 1,75mm de diâmetro;
2. Utilizar como material principal o ABS, devido à sua alta disponibilidade em resíduos de impressão 3D e resíduos descartados, e também pelo seu alto potencial de reciclagem;
3. Desenvolver um equipamento de baixo custo de fabricação e simplicidade operacional.

## 1.2 JUSTIFICATIVA

Este projeto visa abordar uma maneira de realizar o reaproveitamento de materiais plásticos para a fabricação da matéria prima do processo de impressão 3D, tornando o processo ainda mais eficiente. Assim este trabalho tem como propostas:

- A redução dos custos na aquisição de matéria prima;
- Minimização da geração de resíduos do processo;
- Redução do gasto energético para a obtenção da matéria prima;
- Aproveitar alto potencial de reciclagem do plástico ABS.

Com a taxa de crescimento cada vez maior na comercialização das impressoras 3D, este projeto irá auxiliar tanto empresas como usuários comuns a obter o material que será utilizado em suas impressoras, pois atualmente o custo do ABS como matéria prima em forma de filamento para impressoras 3D é de R\$ 120 por quilograma, sendo a resina em seu estado bruto importado de países asiáticos como Coréia do Sul e Malásia. Isso devido ao fato de no Brasil ainda não ser produzido a resina ABS (BRASKEM, 2013).

Com este equipamento de fabricação de filamentos, os usuários poderão transformar materiais que antes seriam descartados, em novos objetos ou peças prontas para sua destinação final, com a expectativa de economia de cerca de 80% do seu custo.

## 2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

### 2.1 TECNOLOGIAS DE IMPRESSÃO 3D

Os principais processos de fabricação têm como princípio normalmente a fusão e moldagem (fundição), a remoção de material (usinagem), a conformação (forjamento) e adição (soldagem) (VOLPATO, 2006).

De acordo com Cunico (2015), o desenvolvimento da tecnologia de impressão 3D foi iniciado nos anos 80, tendo como objetivo a construção de protótipos em processos rápidos e sem a remoção de material, sendo principalmente aplicado na indústria. Este processo foi denominado Prototipagem Rápida, ou em inglês *Rapid Prototyping* (RP).

O primeiro equipamento utilizado para a prototipagem rápida comercial foi o SLA-1 (*StereoLithography Apparatus*), lançado em 1987, cujo qual utilizava a técnica de estereolitografia ou *Stereolithography* (VOLPATO, 2006). Esta técnica pode ser definida como “método e máquina para fazer objetos sólidos através da impressão sucessiva de finas camadas de material UV curável, uma em cima da outra” (DEBAGUE, 2014 apud HULL, 1986).

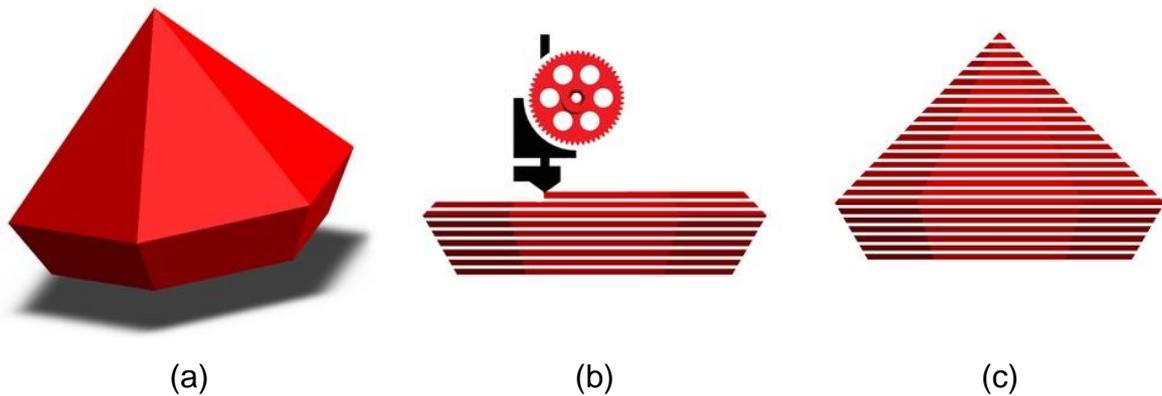
Através da impressão 3D é possível a fabricação de peças que não são possíveis de serem concebidas nos processos tradicionais, apresentando um potencial de fabricação totalmente customizado e de alta viabilidade. Isto se deve ao fato de não serem necessários moldes e ferramentas de alto custo para a produção das peças, se tornando além de economicamente viável, um processo sustentável (DEBAGUE, 2014)

O processo de Prototipagem Rápida se baseia na adição de material em camadas planas, sendo facilmente automatizado e dispensando moldes e ferramentas e também quase que eliminando a intervenção de algum operador durante o processo. Isto se deve principalmente ao fato desta tecnologia utilizar as informações da geometria da peça vindas de um software CAD (*Computer Aided Design*), dando a este processo de fabricação a capacidade de fabricar peças com geometrias extremamente complexas (VOLPATO, 2006).

Cunico (2015) classifica as tecnologias de prototipagem rápida em três grupos:

- Tecnologias a base de fusão e deposição (Figura 1): Consiste na deposição de material através de um extrusor, como por exemplo o processo de Modelagem por Fusão ou Deposição (*Fused Deposition Modelling – FDM*);

Figura 1 - Impressão de peça pelo processo FDM

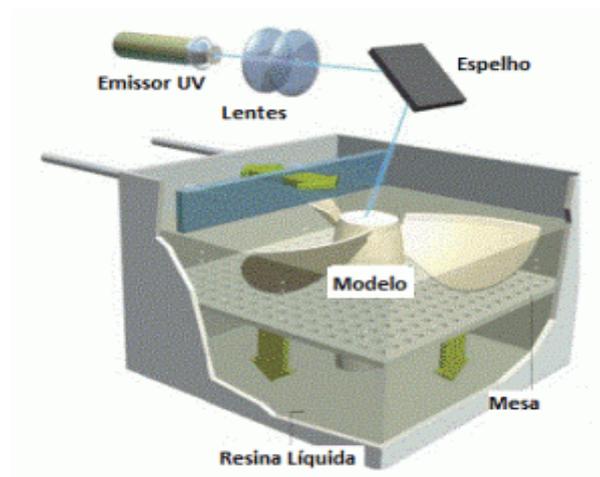


(a) Modelo 3D; (b) Execução das camadas; (c) objeto finalizado

Fonte: Ferrai (2015)

- Tecnologias a base de polímeros Líquidos (Figura 2): Consiste na utilização de materiais fotopolimerizáveis normalmente baseados em epóxis e acrilatos, sendo que a cura destes materiais ocorre com a ação de luz ou laser Ultra-Violeta. Pode-se citar como exemplo o processo de estereolitografia (*Stereolithography – SLA*);

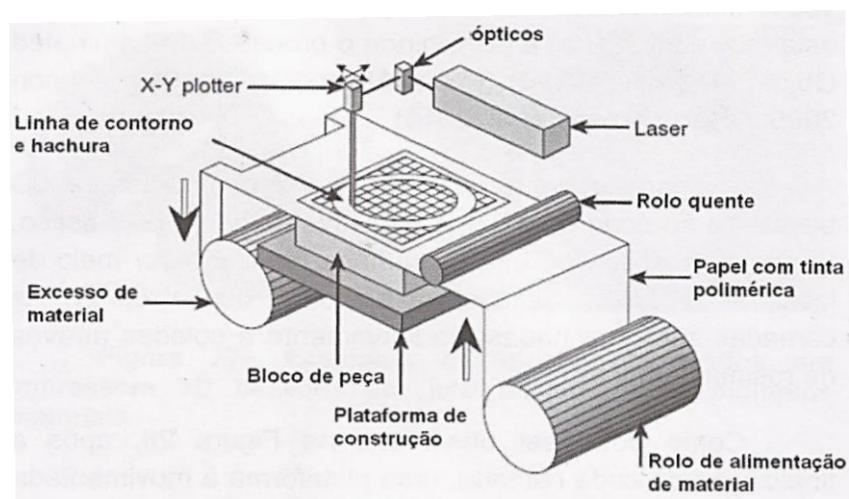
Figura 2 - Esquema de uma impressora 3D SLA



Fonte: Protofast (2014).

- Tecnologias a base de sólidos laminados (Figura 3): Consiste no empilhamento de camadas de plástico ou papel cortadas e coladas de acordo com o formato da geometria desejada. Como exemplos têm-se o processo *Laminated Object Moldelling* - LOM;

Figura 3 - Esquema de um equipamento LOM

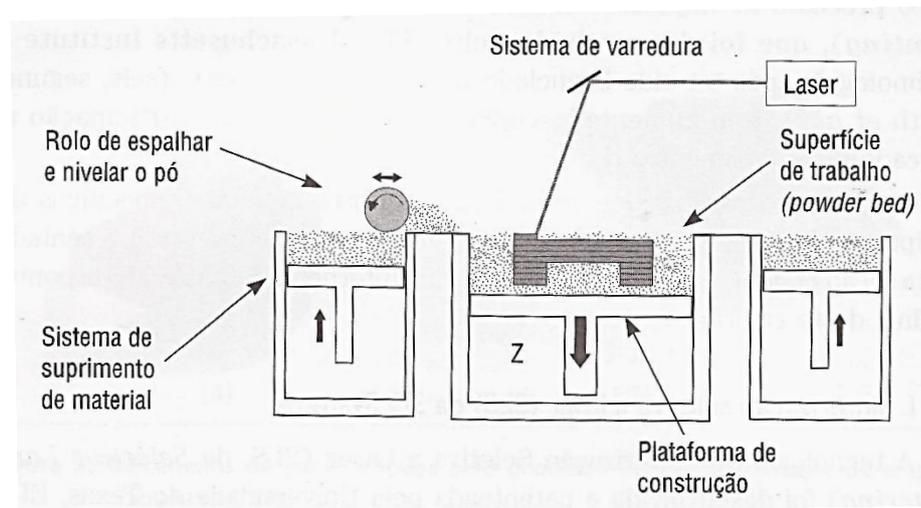


Fonte: Cunico (2015).

- Tecnologias a base de pó (Figura 4): Consiste na fusão ou derretimento de materiais a base de partículas discretas ou pó para a construção das camadas. Exemplo processo de Sinterização Seletiva a Laser (*Selective Laser Sintering* -SLS).

A Prototipagem Rápida (impressão 3D) tem várias aplicações, possuindo como exemplos o desenvolvimento de protótipos de produtos para a indústria, setor joalheiro, projeto de brinquedos, criação de biomodelos para planejamento de cirurgias ou implantes, reconstrução de material paleontológico entre outros (VOLPATO, 2006).

Figura 4 - Princípio de funcionamento de um equipamento SLS



Fonte: Volpato (2006).

Volpato (2006, p.230) ressalta que “Se no Brasil, até um período relativamente curto, a Prototipagem Rápida ainda era admirada como uma maravilha tecnológica, hoje é encarada com naturalidade pelas empresas que tiveram oportunidade de utilizá-la”. Isso mostra o quanto o Brasil está defasado em relação aos outros países na utilização da tecnologia de Prototipagem Rápida.

### 2.1.1 Tecnologia FDM

Com o fim da patente do processo FDM nos anos 2000, iniciou-se o desenvolvimento das máquinas autorreplicáveis conhecidas como RepRap (*Replicating Rapid Prototyper*). Estas impressoras possuem *software* e *hardware* em código aberto, isto é, disponíveis para que qualquer pessoa faça o *download* do *software* e dos projetos construindo a sua própria versão. Com isso houve uma grande popularização da tecnologia da impressão 3D, inspirando a criação de várias impressoras comerciais baseadas no projeto RepRap (ABREU, 2015).

Atualmente as impressoras FDM (Figura 5) são as mais difundidas, sendo as principais aquisições no mercado da impressão 3D. Estas impressoras são na maioria das vezes modelos de entrada para fabricação de peças, possuindo simplicidade construtiva, operacional e matéria prima barata, assim favorecendo bastante o custo benefício deste equipamento.

Figura 5 - Impressora 3D FDM baseada no projeto RepRap.



Fonte: Prusa (2017).

A fabricação de impressoras 3D aumentou em 32% em 2016, graças aos modelos de uso pessoal. Este crescimento se deu principalmente pelo aumento do

volume de vendas, reduzindo os preços da média de \$1302,00 para \$1052,00 (PORTO, 2016).

De acordo com Pereira (2014) o processo FDM apresenta como vantagens:

- Consegue fabricar peças com até 85% da resistência em comparação com a mesma peça obtida através do processo de injeção;
- Facilidade na troca do material de impressão;
- Mínimo desperdício de material;
- Remoção do suporte é feita de maneira simplificada, manualmente ou através de solução (alcalina ou limoneno).

E as seguintes desvantagens:

- Processo de fabricação mais lento quando comparado às outras tecnologias de impressão 3D.
- Dependendo do tipo de material utilizado pode causar retrações e deformações nas peças devido à gradientes térmicos elevados.

### **2.1.2 Matéria-prima das Impressoras FDM**

Os materiais utilizados como matéria prima nos equipamentos de FDM são as resinas termoplásticas com baixo ponto de fusão (entre 68°C e 270°C) e que também apresentem baixa condução térmica. Os principais tipos são o poliéster, PP, ABS, ácido polilático (PLA), policarbonato (PC), PA e elastômeros. Dentre estes o material que é mais utilizado é o ABS devido à facilidade de extrusão em temperaturas elevadas, resistência química e pelas propriedades mecânicas de resistência ao impacto (ABREU, 2015).

O ABS é obtido através da copolimerização da acrilonitrila com o butadieno e o estireno, possuindo bom aspecto superficial, boa moldabilidade e resistência à temperatura (até 105°C). Este polímero é bastante utilizado na indústria automobilística e de eletrodomésticos em peças que sofrem bastante esforço mecânico, tendo como principais aplicações: equipamentos esportivos, utensílios

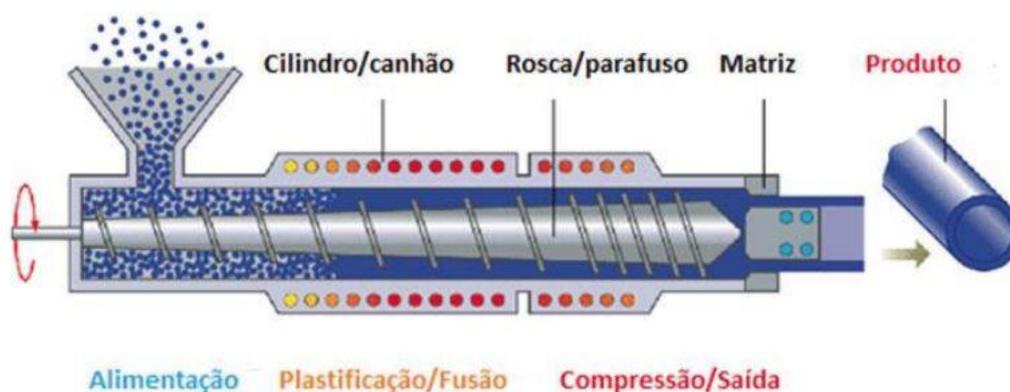
domésticos, máquinas industriais, carcaça de eletrônicos e peças de automóveis (WIEBECK, 2005).

O segundo material mais utilizado pelas impressoras 3D FDM é o PLA (ácido polilático), principalmente nos equipamentos de entrada. Este material é da família dos poliésteres alifáticos e derivado do amido do milho (ABREU, 2015). É bastante utilizado devido ao seu apelo sustentável e também devido a este ser mais simples de ser trabalhado em comparação ao ABS, pois não sofre contrações devido à gradientes de temperatura. Isto permite impressões com maiores velocidades e um detalhamento melhor em relação ao ABS.

## 2.2 PROCESSO DE EXTRUSÃO DE PLÁSTICOS

A extrusão é um processo amplamente utilizado na indústria de materiais plásticos, consistindo em um processo onde o plástico é aquecido e forçado por roscas “sem fim” através do orifício de uma matriz (Figura 6), tomando a forma da mesma. Após o processo de extrusão, o material é calibrado, resfriado e enrolado, conforme destinação final (ABIPLAST, 2014). Esta pode possuir uma geometria e passo variáveis em todo o seu comprimento.

Figura 6 - Principais partes de uma extrusora de plástico.



Fonte: Abiplast (2014).

Dentre todos os componentes, a rosca é o mais importante. Isso deve pelo motivo de esta transportar, fundir e homogeneizar o polímero, gerando cerca de 80% da energia térmica e mecânica necessárias para processar os polímeros (MANRICH, 2005).

Na entrada de material na extrusora (região da tremonha), a rosca possui diâmetro menor com passo maior para o recebimento e transporte do material, na parte intermediária inicia-se o processo de aquecimento onde também é iniciada a compressão e fusão do material. No final da rosca o diâmetro é aumentado e o passo diminuído para realizar uma compressão maior e dosagem do plástico fundido através da matriz.

As matrizes são canais metálicos por onde flui a massa polimérica fundida devidamente plastificada e homogeneizada. Estas são fixadas na extremidade da extrusora, gerando gradiente de pressão na rosca de extrusão e também transferido forma à massa que passa pela matriz. As peças que são moldadas na matriz podem apresentar vários tipos de geometrias, indo desde tubos e filmes até o recobrimento de fios e tecidos (MANRICH, 2005).

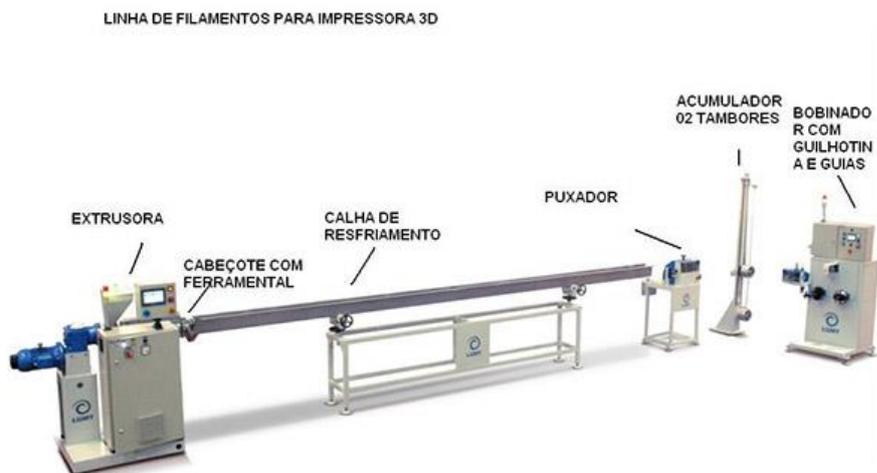
A seção do orifício da matriz geralmente é menor que o passo final da rosca de extrusão, assim são aplicadas pressões altas no material entre a matriz e a rosca. Esta compressão faz o plástico fundido se expandir logo após passar pela matriz de extrusão, contraindo logo em seguida devido ao processo de resfriamento (SORS, 2002).

As principais aplicações dos produtos obtidos do processo de extrusão de plástico são: embalagens, sacolas, tubos, perfis, mangueiras e chapas (KANTOVISCKI, 2011). É também através deste processo que são obtidos os filamentos das impressoras 3D comerciais, com diâmetros de 1,75mm, 2,85mm ou 3mm.

### 2.2.1 Equipamentos de extrusão de filamentos

Atualmente já existem alguns fabricantes de equipamentos para a extrusão de filamentos. Alguns equipamentos apresentam a linha completa de extrusão, com resfriadores e bobinadeiras, conforme Figura 7, sendo mais voltados para empresas fabricantes de filamentos de impressoras 3D e concebidos para a utilização com matéria prima virgem.

Figura 7 - Equipamento completo para extrusão de filamentos.



Fonte: LGMT EQUIPAMENTOS INDUSTRIAIS (2016).

Porém, também há fornecedores de equipamentos voltados para o usuário comum. Estas máquinas são capazes de realizar a reciclagem dos resíduos resultantes da impressão 3D. A maioria destes equipamentos são fabricados por empresas recém-criadas, custeadas na maioria das vezes através de financiamento coletivo. Abaixo segue a Tabela 1 em que são apresentados os principais fornecedores de equipamentos de extrusão de filamento modelo *desktop*.

Tabela 1 - Características dos principais modelos de extrusores de filamento.

MODELO	DIÂMETRO DE EXTRUSÃO	VELOCIDADE DE EXTRUSÃO	TOLERÂNCIA	PREÇO
	1,75mm 2,85mm 3,00mm	0,3 kg/h (1,98 m/min)	0.1mm	\$1035
Strooder				
	1,75mm 3,00mm	650 mm/min (0,1kg/h)	--	\$700
Wellzoom				
	1,75mm	10 ft/minuto (0,45 kg/h)	0,05mm	\$900
ProtoCycler				
	1,75mm 3,00mm	0,125 kg/h (0,125 kg/h)	0,05 mm	\$300
Filastruder				
	1,75mm 2,85mm	0.5 lb/h (0,230 kg/h)	0,1mm	\$1400
Filabot				

Fonte: O autor

### 3 METODOLOGIA

O presente trabalho é de natureza conceitual, visando a proposta de um equipamento de baixo custo para a fabricação de filamento utilizando polímeros recicláveis oriundo do processo de impressão 3D.

Este projeto será desenvolvido conforme detalhado a seguir:

#### 3.1 PROJETO CONCEITUAL

Com base no levantamento realizado na referência bibliográfica, é determinada a concepção do extrusor de filamento, conjuntamente com a elaboração do projeto do equipamento em *software* CAD, com o detalhamento das peças e estruturas de funcionamento.

Nesta etapa também é elaborado o esquema elétrico simplificado para o funcionamento do equipamento e estimativa do seu consumo de energia.

#### 3.1 ESTIMATIVA DE ECONOMIA

Será avaliado o potencial de economia no processo de impressão 3D utilizando os filamentos fabricados pelo equipamento desenvolvido neste trabalho, comparando estes à matéria prima comercializada.

Este potencial de economia será feito através da estimativa do consumo de energia do equipamento, e realizando a avaliação do investimento através do *payback* simplificado para verificar a viabilidade para construção do equipamento.

## 4 RESULTADOS

### 4.1 PRINCÍPIO DE FUNCIONAMENTO

Para a conceituação deste equipamento, foi realizada uma análise comparativa dentre as opções de equipamentos já disponíveis no mercado conforme já mostrado na Tabela 1.

Observou-se que todos os equipamentos apresentam princípio de funcionamento semelhante, sendo feita a fabricação de filamento através do emprego de parafuso de extrusão. Isto se deve ao fato do extrusor neste sistema trabalhar comprimindo o material a ser fundido e, com isso, pré-aquecendo antes de sua chegada à zona de aquecimento.

O resfriamento do filamento após a passagem pela matriz em todos os equipamentos avaliados é dado pela utilização de ventiladores. Isto deve-se ao filamento ter um diâmetro pequeno, não necessitando de resfriamento com água.

Através desta análise, optou-se pela utilização deste princípio no equipamento desenvolvido neste trabalho.

### 4.2 COMPONENTES MECÂNICOS DO EXTRUSOR

Para a utilização como parafuso de extrusão do equipamento, optou-se pelo uso de uma broca para madeira, conforme Figura 8. Esta broca é da marca Irwin, modelo Broca Rápida 280mm, possuindo diâmetro de 5/8 de polegada (cerca de 16mm) e fabricada em aço SAE 1060 temperado através do processo de austêmpera..

Esta escolha se deve principalmente pelo fato do baixo custo ser um dos objetivos deste projeto, pois a utilização de um fuso especial para extrusão (usinado ou conformado) acarretaria em custos altos para o equipamento.

Como corpo do canhão do sistema de extrusão foi elaborado utilizando tubo galvanizado com diâmetro de 1/2" (Figura 9). Isto se deve principalmente à boa

resistência mecânica e condutibilidade térmica necessárias para o correto funcionamento do equipamento, aliadas ao baixo custo.

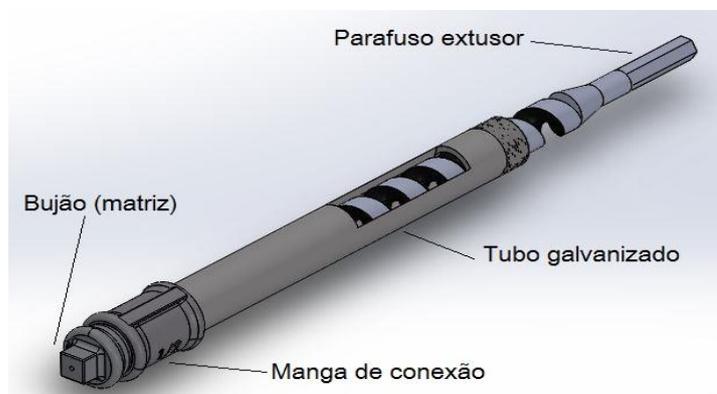
Figura 8 - Broca utilizada como fuso de extrusão no projeto



Fonte: IRWIN (2012)

Para a utilização como matriz que dará o formato do filamento no extrusor, optou-se pela utilização de uma tampa do tipo bujão galvanizado de 1/2" com a furação central correspondente ao diâmetro do filamento que será produzido, neste caso 1,75mm (Figura 9).

Figura 9 - Componentes da extrusora



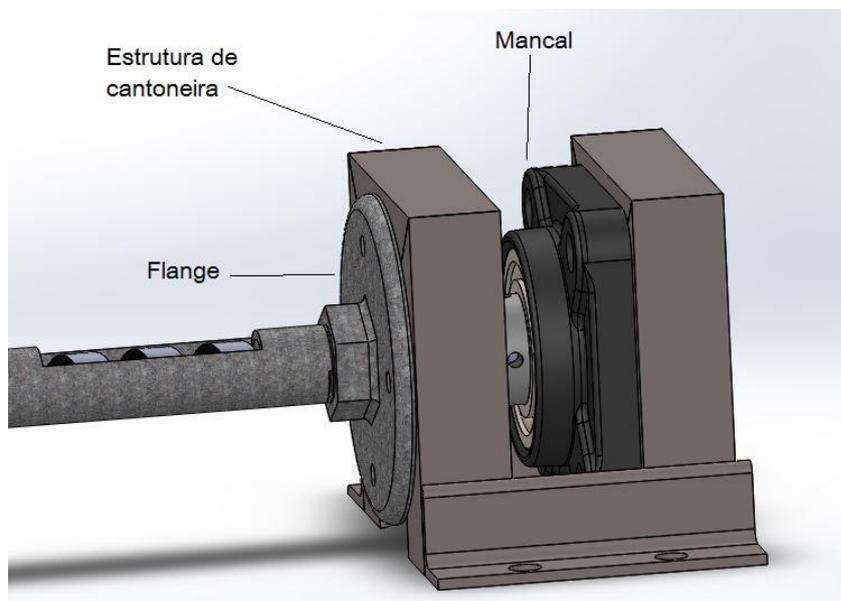
Fonte: O autor

Tanto o bujão como o corpo do canhão serão unidos por uma luva de 1/2" também galvanizada, para manter o padrão de montagem e facilitar a montagem e desmontagem do sistema.

O corpo do canhão será preso na outra extremidade em um flange que servirá de suporte do conjunto extrusor. Este flange será preso em uma estrutura em forma de arco fabricada com cantoneiras metálica de 25mm onde também está montado mancal modelo UCF 202 para suporte do parafuso extrusor, conforme Figura 10.

Este mancal servirá para que o fuso não se desloque na direção oposta à matriz devido às forças axiais exercidas pelo material que está sendo fundido na matriz. Como a base da broca tem formato cônico, esta sempre se manterá a tendência de permanecer centrada no mancal.

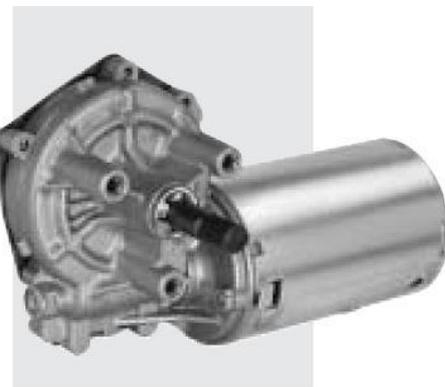
Figura 10 - Montagem estrutura de movimentação



Fonte: O autor

Como sistema de transmissão de movimento, será utilizado motor 12v com redução do tipo rosca sem fim, encontrado em limpadores de para-brisa automotivos (Figura 11).

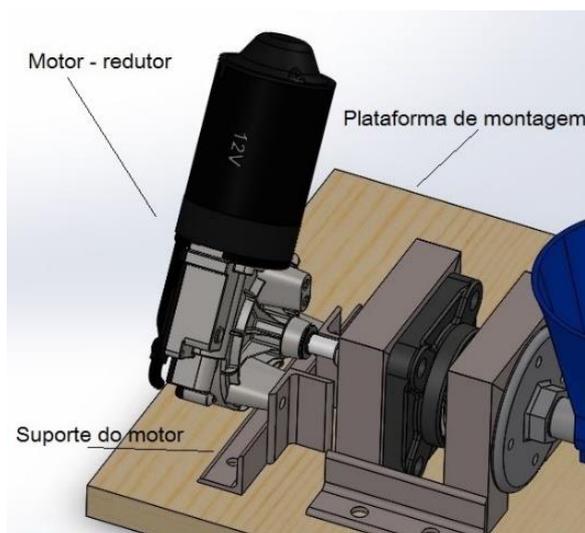
Figura 11 - Motor de limpador de para-brisa veicular



Fonte: BOSCH (2004).

Este motor será fixado a um suporte de cantoneiras de 25mm, que por sua vez será fixado na mesa de montagem juntamente com todos os demais componentes. A transmissão de movimento entre o redutor e o parafuso de extrusão se dará através de um soquete sextavado longo (Figura 12).

Figura 12 - Montagem acionamento do parafuso extrusor



Fonte: O autor

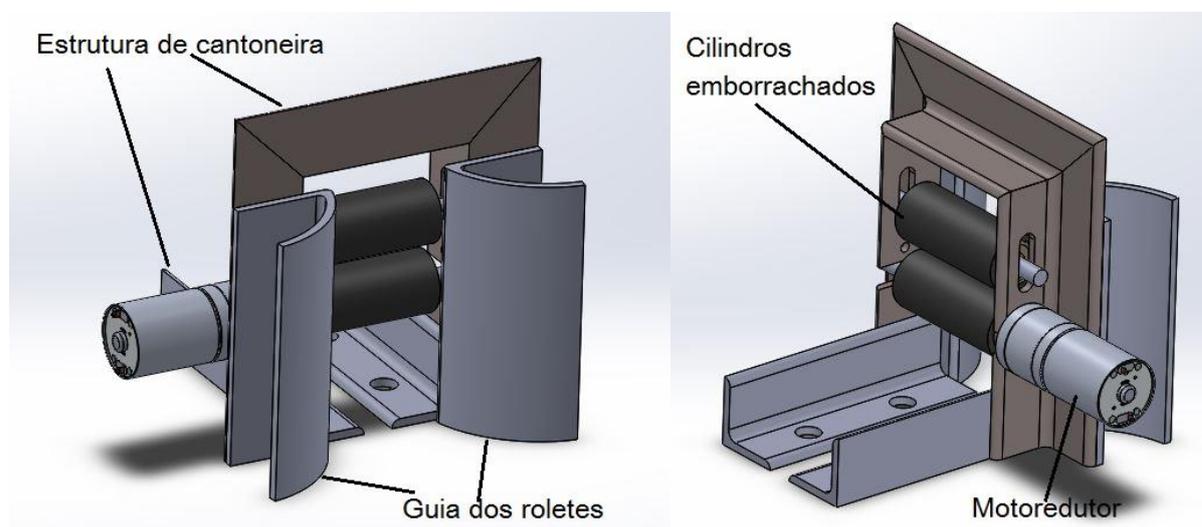
### 4.3 COMPONENTES MECÂNICOS DO PUXADOR

O puxador (Figura 13) consiste em um sistema que realiza a tração do filamento que sai da matriz. Este sistema tem como principal função ajustar o diâmetro final do filamento, sendo que isto se deve principalmente ao fato do filamento sofrer pressões excessivas na matriz, aumentando o seu diâmetro logo após ultrapassá-la.

O puxador consistirá em dois cilindros paralelos feitos com o mesmo tubo que será utilizado no canhão do extrusor, revestido com uma superfície emborrachada para que haja atrito suficiente com o filamento e assim conseguir puxá-lo.

O sistema será montado em uma estrutura de cantoneira 25 x 25 mm com furação oblongada para ajuste do cilindro de apoio. A tração será realizada pelo cilindro inferior através de um motoredutor de 12 V a 100 RPM de velocidade máxima e 4,5 A de corrente máxima.

Figura 13 - Componentes do puxador

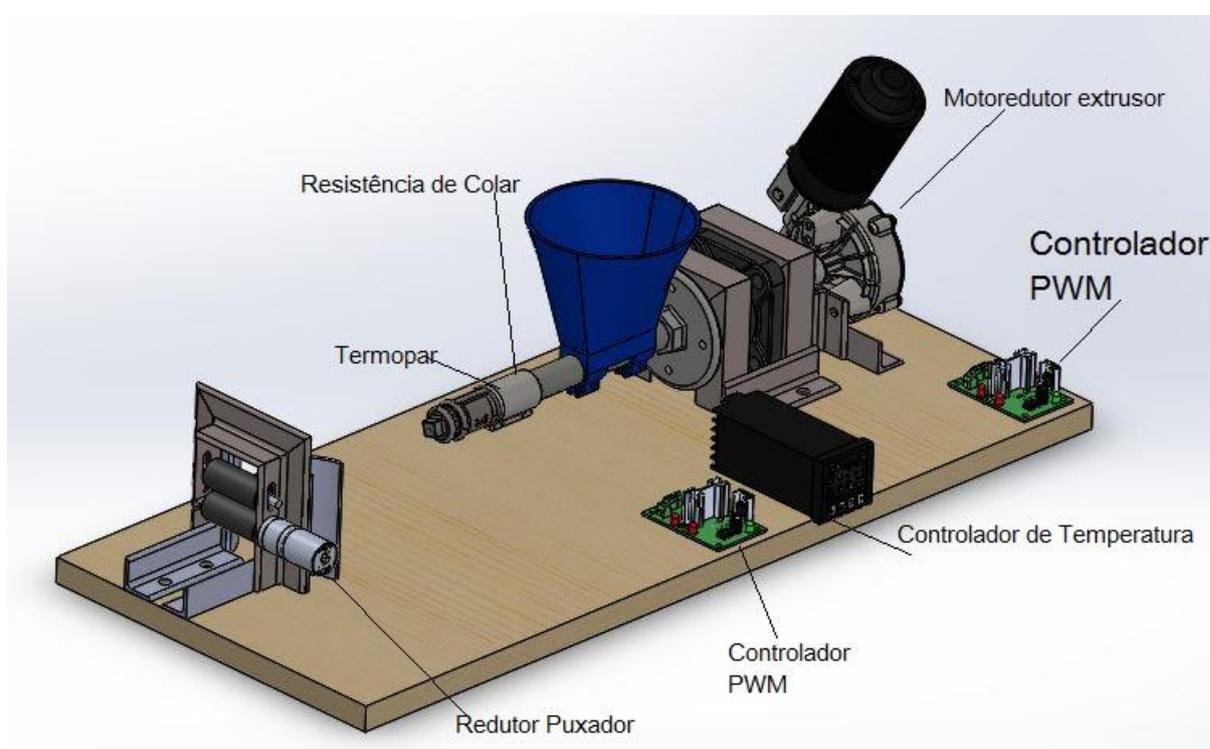


Fonte: O autor

#### 4.4 SELEÇÃO COMPONENTES ELÉTRICOS DO EXTRUSOR

O sistema elétrico da extrusora de filamento consiste basicamente de um controlador de temperatura ligado à uma resistência de colar e a um termopar do tipo K, que irá manter a temperatura estabilizada na zona de fusão do extrusor (Figura 14).

Figura 14 - Componentes eletroeletrônicos



Fonte: O autor

O controlador de temperatura tem como principal função a estabilização da temperatura na zona de fusão de acordo com tipo de material de trabalho. No caso do ABS, esta temperatura deve ser de 220°C.

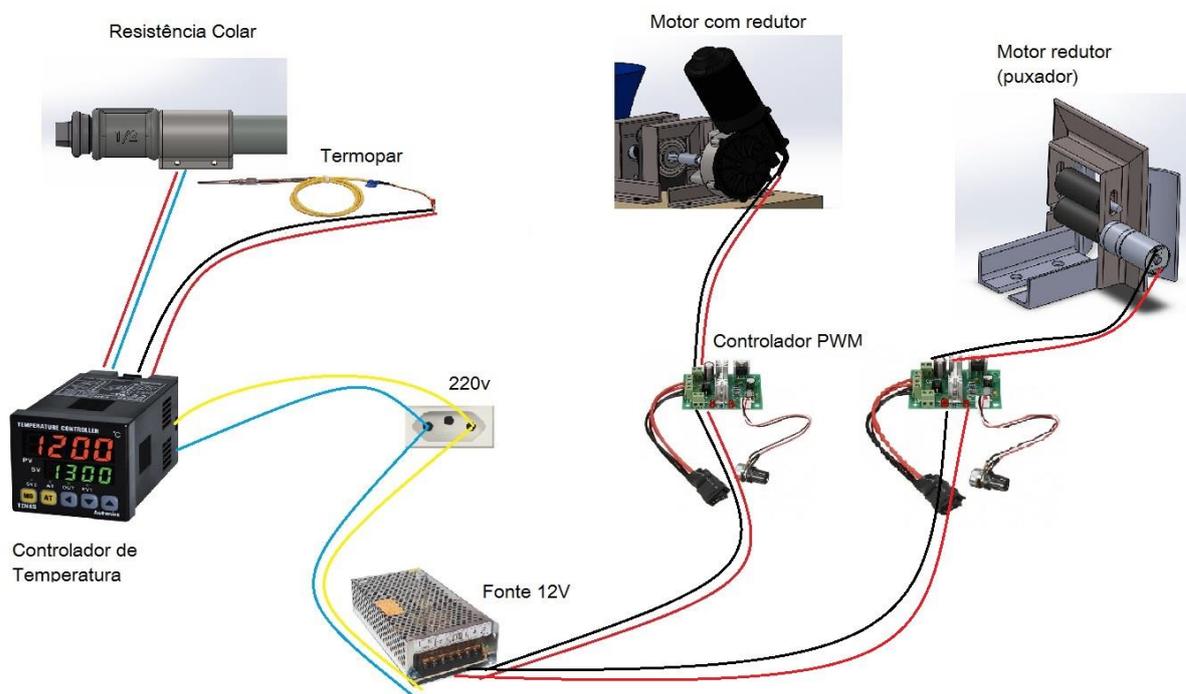
O termopar será instalado logo abaixo da resistência colar para que seja possível o controle da temperatura próximo à matriz.

Outra parte do sistema elétrico consistirá de dois controladores PWM conectado à uma fonte 12V que irão ajustar as velocidades dos motoredutores para controle da qualidade e velocidade de extrusão do filamento, de acordo com os parâmetros utilizados no material.

O controlador do motoredutor do extrusor deve ter uma corrente de trabalho de 30A, pois o motor utilizado tem potência de 24W e pode atingir até de 31 Nm de torque máximo e corrente pico de 21,6A. As informações do fabricante estão disponíveis no Anexo A.

Já o controlador do puxador pode trabalhar com uma corrente mais baixa, pois tem menos torque e potência, sendo no máximo 2 kgf.cm e 3W respectivamente. A Figura 15 mostra o diagrama elétrico simplificado do extrusor com os principais componentes utilizados e as ligações que serão feitas.

Figura 15 - Esquema elétrico simplificado



Fonte: O autor

#### 4.5 ESTIMATIVA DE CUSTOS

Para verificar a viabilidade da reciclagem do ABS através da extrusão pelo equipamento desenvolvido, é necessário primeiramente verificar o custo para a fabricação do equipamento em questão. Na Tabela 2 está o levantamento do preço dos componentes a serem utilizados.

Tabela 2 - Custo dos itens para a fabricação do extrusor

Peça	Custo unitário	Quantidade	Total
Broca	R\$ 100,00	1	R\$ 100,00
Duto Galvanizado	R\$ 10,00	2	R\$ 20,00
Tampa Bujão	R\$ 3,00	1	R\$ 3,00
Manga de ligação	R\$ 7,00	1	R\$ 7,00
Flange	R\$ 10,00	1	R\$ 10,00
Estrutura	R\$ 50,00	1	R\$ 25,00
Mancal	R\$ 25,00	1	R\$ 25,00
Soquete	R\$ 20,00	1	R\$ 20,00
Motoredutor Limpador	R\$ 250,00	1	R\$ 250,00
Motoredutor puxador	R\$ 30,00	1	R\$ 30,00
Resistência Colar	R\$ 65,00	1	R\$ 65,00
Controlador de Temperatura	R\$ 200,00	1	R\$ 200,00
Controlador PWM	R\$ 80,00	2	R\$ 160,00
Fonte 12V 30A	R\$ 40,00	1	R\$ 40,00
Ligações	R\$ 20,00	1	R\$ 20,00
Fixação	R\$ 30,00	1	R\$ 20,00
Mão-de-obra	R\$ 200,0	1	R\$200,00
<b>Total</b>			<b>R\$ 1230,00</b>

Fonte: O autor

Outro fator importante para verificação para a viabilidade é o custo de energia necessário para a reciclagem do material. Conforme as partes selecionadas e informadas no diagrama elétrico do sistema no item 4.3, foi elaborada a Tabela 3 com as potências de trabalho dos componentes.

Tabela 3 - Potência consumida pelo extrusor.

Parte	Potência
Resistência Colar	150w
Motoredutor	24w
Motoredutor puxador	3W
Controlador de Temperatura	10w
Controlador PWM (ambos)	13w
Fonte de Alimentação	20w
<b>TOTAL</b>	<b>220W</b>

Fonte: O autor

Os valores da resistência tipo colar e do motoredutor são nominais dos fabricantes, já para os demais itens são estimativas de potência dissipada por perda de calor. Mesmo com estas perdas a potência consumida para o funcionamento do sistema é relativamente baixa, resultando em apenas 0,22kW.

Como não há como medir empiricamente a produção média do extrusor de filamento em questão, a produção foi estimada pela média dos equipamentos disponíveis no mercado que utilizam a mesma tecnologia de extrusão por parafuso conforme a Tabela 1. Assim obteve-se uma média da taxa de extrusão de 0,2kg/h.

Desse modo, considerando o custo da energia elétrica como R\$ 0,65/kWh e uma produção de 0,2kg/h de filamento, para a produção de 1,0kg de filamento serão necessários:

$$CEF = 0,65 \frac{R\$}{kWh} \times 5h \times 0,215 kW \cong R\$ 0,72$$

Onde o CEF é o custo da energia elétrica necessária para a produção de 1kg de filamento utilizando o material já reciclado.

Considerando que o preço médio de uma bobina de 1kg de filamento de ABS atualmente é R\$ 120,00, a produção de filamento pelo equipamento atinge uma economia atinge cerca de 95%.

Avaliando o investimento pelo método do *payback* simples (PBS), obtêm-se:

$$PBS = \frac{I}{A} = \frac{R\$ 1230,00}{R\$ 119,28} \cong 10,32$$

Onde I é o investimento inicial e A é o gasto evitado para a fabricação de 1kg de ABS.

O valor obtido para o PBS significa que após a fabricação de 10,32 kg de ABS, o equipamento estará totalmente quitado, gerando lucros à partir desta produção.

Isso mostra que o custo do filamento produzido a partir do material reciclado é inferior ao custo daquele produzido com material virgem.

## 5 CONCLUSÃO

Os objetivos propostos foram alcançados, sendo desenvolvido o conceito de um extrusor que pode ser utilizado para a fabricação de filamento a partir, tanto de resíduos do processo de impressão 3D, como de polímeros recicláveis utilizando peças de baixo custo de simplicidade operacional.

A avaliação do *payback* simples mostrou que a utilização do equipamento para a fabricação de filamento a partir de ABS reciclado é bastante vantajosa, fazendo com que o retorno do investimento feito para fabricação do equipamento seja obtido com produção de somente 10,3kg de filamento, gerando uma economia de cerca de 95% no custo da matéria-prima.

Através dessa avaliação, pode-se verificar que a impressão 3D, além dos ganhos de tempo e matéria-prima que já são ótimos utilizando polímeros em seu estado virgem, pode ser ainda mais aprimorada com a utilização de polímeros reciclados. Tornando-se uma alternativa ainda mais sustentável, tanto no ponto de vista econômico, quanto do ponto de vista ecológico e da sustentabilidade.

## 6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABIPLAST. **Processo de Transformação para Materiais Plásticos**. São Paulo, 2014. Disponível em: <[http://file.abiplast.org.br/download/links/links%202014/apresentacao\\_sobre\\_transformacao\\_vf.pdf](http://file.abiplast.org.br/download/links/links%202014/apresentacao_sobre_transformacao_vf.pdf)>. Acesso em: 03 maio. 2017.

ABREU, S. A. C. **Impressão 3D Baixo Custo Versus Impressão em Equipamentos de Elevado Custo**. 2015. 235 p. Dissertação (Mestrado Integrado em Engenharia Mecânica) – Universidade do Porto, Portugal, 2015.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE EMBALAGEM. **Meio Ambiente e a Indústria de Embalagem**. São Paulo, 2012. Disponível em: <[http://www.abre.org.br/wp-content/uploads/2012/07/cartilha\\_meio\\_ambiente.pdf](http://www.abre.org.br/wp-content/uploads/2012/07/cartilha_meio_ambiente.pdf)>. Acesso em: 19 abr. 2016.

BLEIJERVELD, B.. **Plastics That Can Be Recycled For 3d Printing**. **Perpetual Plastic Project**, Holanda, 02 de jun. 2014. Disponível em: <<http://www.perpetualplasticproject.com/blog/2014/5/30/plastics-recycled-for-3dprinting>>. Acesso em: 07 maio 2017.

BOSCH. **Catálogo 2004/2005: Motores Elétricos Aplicações Industriais**. Campinas, 2004.

BRASKEM. **O Plástico no Planeta: O uso consciente torna o mundo mais sustentável**. São Paulo, 2012. Disponível em: <[https://www.braskem.com.br/download/Principal/21103?file=Cartilha\\_Braskem.pdf](https://www.braskem.com.br/download/Principal/21103?file=Cartilha_Braskem.pdf)>. Acesso em 30 jun. 2016.

BRASKEM. **Braskem estuda joint venture com Styrolution para analisar produção de ABS no Brasil**. São Paulo, 2013. Disponível em: <<http://www.braskem.com.br/detalhe-braskem-news/Braskem-estuda-joint-venture-com-Styrolution-para-analisar-producao-de-ABS-no-Brasil->>>. Acesso em 15 de ago. 2017.

CASAGRANDE, M. V. S. **Projeto De Um Cabeçote De Extrusão De Uma Máquina De Prototipagem Rápida FDM**. 2013. 111p. Trabalho de Conclusão de

Curso (Graduação em Engenharia Mecânica) – Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, RJ, 2013.

CUNICO, M. **Impressoras 3d: O Novo Meio Produtivo**. 1 ed. Curitiba: 2014. 158p.

DABAGUE, L. A. M. **O Processo De Inovação No Segmento De Impressoras 3d**. 2014. 51 p. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Ciências Econômicas) – Universidade Federal do Paraná, Curitiba, PR, 2014.

DE OLIVEIRA, M. C. B. R. **Gestão De Resíduos Plásticos Pós-Consumo: Perspectivas Para a Reciclagem No Brasil**. 2012. 91 p. Dissertação (Mestrado em Planejamento Energético) - Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2012.

FERRAI, F. **3D Printing Workshop**. Itália, 2015. Disponível em: <<https://slides.ferrai.io/3d-printing>>. Acesso em: 20 abr. 2017.

GANERIWALA, R. Multiphysical Modeling and Simulation of Selective Laser Sintering. **Computational Manufacturing and Material Research Lab**. Estados Unidos, 2012. Disponível em: <<http://cmmrl.berkeley.edu/sintering/>>. Acesso em: 5 maio. 2017

HOTZA, D. Prototipagem rápida de pilhas a combustível de óxido sólido. **Revista Matéria**. Florianópolis, vol. 14 no.4, 2009. Disponível em: <<http://www.materia.coppe.ufrj.br/sarra/artigos/artigo11102/#r8>>. Acesso em: 2 maio. 2017.

IDGNOW. **Impressão 3D não é uma simples curiosidade tecnológica**. São Paulo, 2015. Disponível em: <<http://idgnow.com.br/internet/2015/04/08/artigo-impressao-3d-nao-e-uma-simples-curiosidade-tecnologica/>>. Acesso em: 19 abr. 2016.

IRWIN. **Brocas para Madeira**. São Paulo, 2012. Disponível em: <[http://www.irwin.com.br/uploads/products/brochure/827\\_brocas-para-madeira.pdf](http://www.irwin.com.br/uploads/products/brochure/827_brocas-para-madeira.pdf)>. Acesso em: 20 maio. 2017.

JET PRINTER. **A impressão 3D já é uma realidade e está revolucionando o mercado.** São Paulo, 2015. Disponível em: < <http://jetprinter.com.br/?p=3651>>. Acesso em: 19 abr. 2016.

KANTOVISCKI, A. **Materiais Poliméricos: Módulo 2 – Processos de Transformação de Polímeros.** 2011. Disponível em: <<http://www.damec.ct.utfpr.edu.br/automotiva/downloadsAutomot/d6matPolimMod2.pdf>>. Acesso em: 30 abr. 2017.

LGMT EQUIPAMENTOS INDUSTRIAIS. **Linha de Extrusão para Produzir Filamentos para Impressora 3D.** Piracicaba, 2016. Disponível em: <<http://www.lgmt.com.br/linha-extrusao-produzir-filamentos-impressora-3d>>. Acesso em: 12 maio. 2017.

MANCANARES, C. G.; SILVA, J. C. da; ZANCUL, E. S.; MIGUEL, P. A. C. **Proposta De Um Método De Seleção Do Processo De Prototipagem Rápida Para Fabricar Uma Peça A Partir De Especificações Técnicas.** 17., 2013, Salvador. Anais... XXXIII ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO. Disponível em: < [www.abepro.org.br/biblioteca/enegep2013\\_TN\\_STO\\_181\\_035\\_22717.pdf](http://www.abepro.org.br/biblioteca/enegep2013_TN_STO_181_035_22717.pdf) >. Acesso em: 1 maio 2017.

MANCANARES, C. G. **Modelo de Processo de Avaliação Para Adoção de Manufatura Aditiva na Indústria de Alto Valor Agregado.** 2016, 136 p. Dissertação (Mestrado em Ciências) – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2016.

MANRICH, S. **Processamento de Termoplásticos: Rosca única, Extrusão e matrizes, Injeção e moldes.** 1 ed. São Paulo :2005. 431p.

PEDROSA, T. F. S. **Conceção e Desenvolvimento de Equipamento de Extrusão de Filamento para Impressora 3D.** 2015. 78 p. Dissertação (Mestrado Integrado em Engenharia Mecânica) – Universidade do Porto, Portugal, 2015.

PEREIRA, F. D. A. S. **Desenvolvimento de um Cabeçote para Extrusão de Filamento Fundido Aplicado a Manufatura Aditiva.** 2014. 70 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Mecânica) – Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2014.

PORTO, L. News Context: Mercado De Impressoras 3d Cresce Em 2016. **ABRADISTI**, São Paulo, 27 abr. 2017. Disponível em: <<http://www.abradisti.org.br/blog/mercado-impressoras-3d-cresce-2016>> Acesso em: 4 maio 2017.

PROTOFAST. **Fotopolimerização – Vat *Photopolymerization* (SLA e DLP)**. Novo Hamburgo, 2014. Disponível em: < <http://protofast.com.br/blog/2014/09/04/vat-photopolymerization-sla-e-dlp/#more-38>>. Acesso em: 15 maio. 2017.

PRUSA, J. **Original Prusa I3 Mk2s Release**. República Checa, 2017. Disponível em: < <http://www.prusaprinters.org/original-prusa-i3-mk2s-release/>>. Acesso em: 7 maio. 2017.

RITTER, G. M. **Influência dos Parâmetros de uma Impressora 3d Sobre a Produção de Peças**. 2014. 48 p. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Mecânica) – Faculdade Horizontina, Horizontina, RS, 2014.

SORS, L., BARDÓCZ, L., RADNÓTI, I. **Plásticos: Moldes e Matrizes**. 1 ed. Curitiba. 2002. 475 p.

UTIMURA, S. K. **Reciclagem de Resíduos de Equipamentos Eletrônicos: Separação de ABS e HIPS por Flotação**. 2014. 84 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia) – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2014.

VOLPATO, N. **Prototipagem Rápida: Tecnologia e Aplicações**. 1 ed. São Paulo :2006. 244p

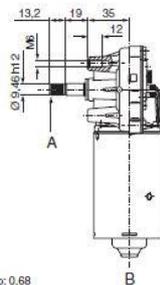
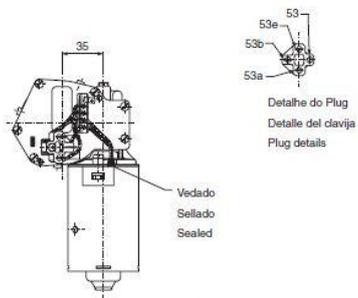
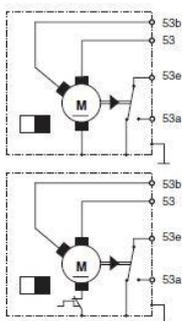
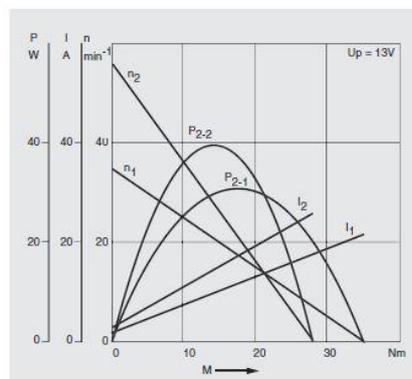
WIEBECK, H. **Plásticos de Engenharia**. 1 ed. São Paulo :2005. 359p.

WWF – BRASIL. **Conheça os benefícios da coleta seletiva**. Brasília, 2008. Disponível em <<http://www.wwf.org.br/?uNewsID=14001>>. Acesso em: 19 abr. 2016.

## ANEXO A – CATÁLOGO BOSCH: MOTOR LIMPADOR DE PARA-BRISAS



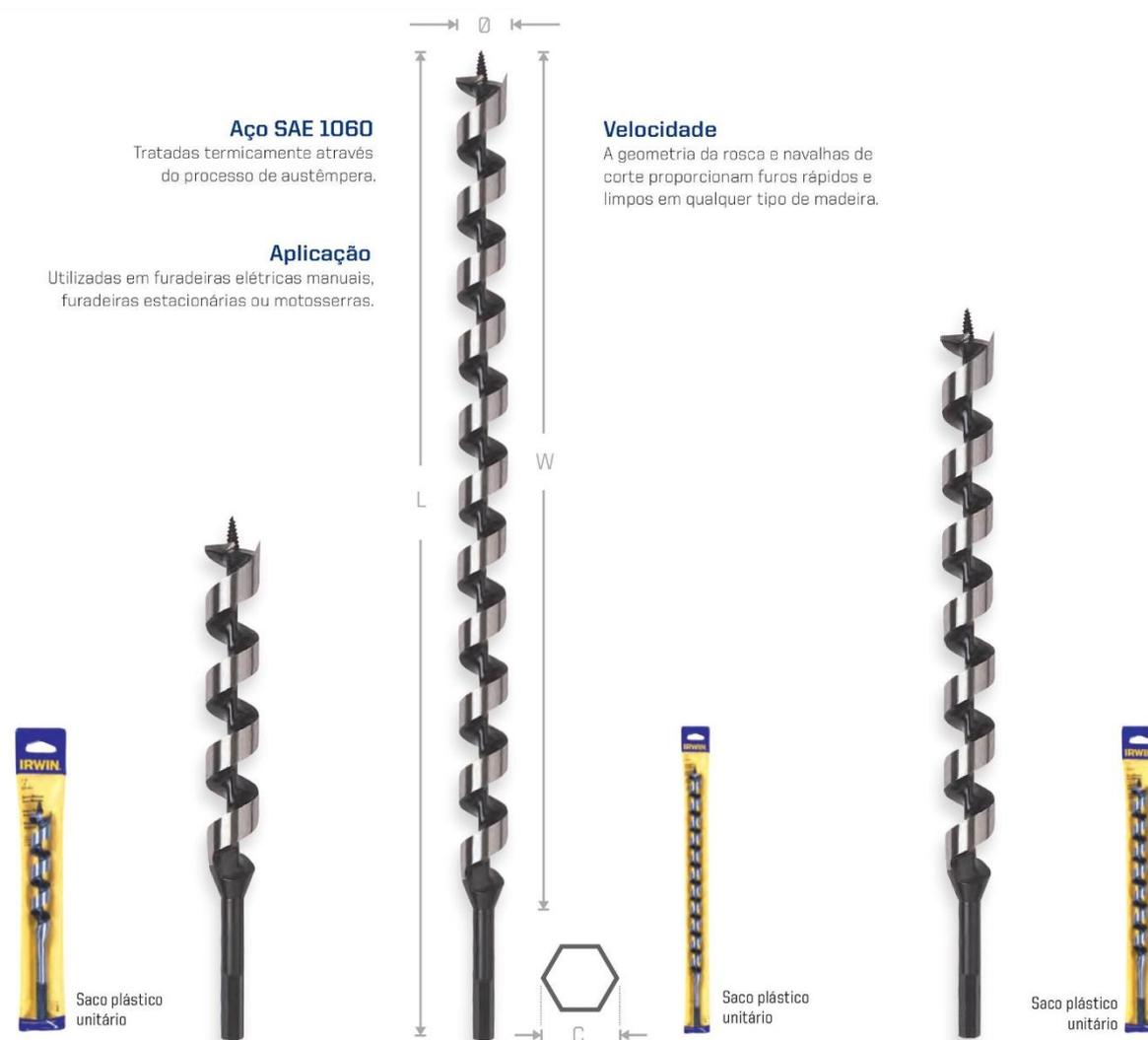
$U_N$	12 V	
$P_N$	24 W / 28 W	
$n_N$	VI 26 rpm	VII 43 rpm
$I_N$	7,0 A	9,0 A
$I_{MAX.}$	21,6 A	26 A
$M_N$	8 Nm / 6,5 Nm	
$M_A$	31 Nm / 25 Nm	
$i$	63 : 1	
Rot.	R	
S	S1	
IP	IP 44	
kg	1,100 kg	
	9 390 453 023	



**A** Ângulo do flanco do dente: 90° - Nº de dentes: 42 - Passo: 0,68  
 Ángulo del flanco del diente 90° - Nº de dientes: 42 - Paso: 0,68  
 Tooth flank angle 90° - Number of teeth: 42 - Span: 0,68

**B** Desenhado sem o plug  
 Dibujado sin clavija  
 Drawn without plug

## ANEXO B – CATÁLOGO BROCAS IRWIN PARA MADEIRA



### Brocas Rápidas 191mm

Cód.	- Ø - (pol.)	- L - (mm)	- W - (mm)	- C - (pol.)	Peso (g)
367	3/8"	191	114	7/32"	66
368	7/16"	191	114	7/32"	74
370	9/16"	191	126	5/16"	112
375	7/8"	191	126	5/16"	178

### Brocas Rápidas 400mm

Cód.	- Ø - (pol.)	- L - (mm)	- W - (mm)	- C - (pol.)	Peso (g)
418	1/2"	400	323	5/16"	208
420	5/8"	400	335	5/16"	285
422	3/4"	400	335	3/8"	391
424	7/8"	400	335	3/8"	501
426	1"	400	335	3/8"	624

### Brocas Rápidas 280mm

Cód.	- Ø - (pol.)	- L - (mm)	- W - (mm)	- C - (pol.)	Peso (g)
394	1/4"	280	203	3/16"	59
395	5/16"	280	203	1/4"	75
396	3/8"	280	203	1/4"	94
397	7/16"	280	203	1/4"	113
398	1/2"	280	203	5/16"	145
399	9/16"	280	215	5/16"	171
400	5/8"	280	215	5/16"	194
401	3/4"	280	215	3/8"	267
402	7/8"	280	215	3/8"	341
403	1"	280	215	3/8"	422



## ANEXO C – MICROREDUTOR PLANETÁRIO

### MICROREDUTOR PLANETÁRIO (Motor 105-SA ou 18.150)

#### Dados técnicos:

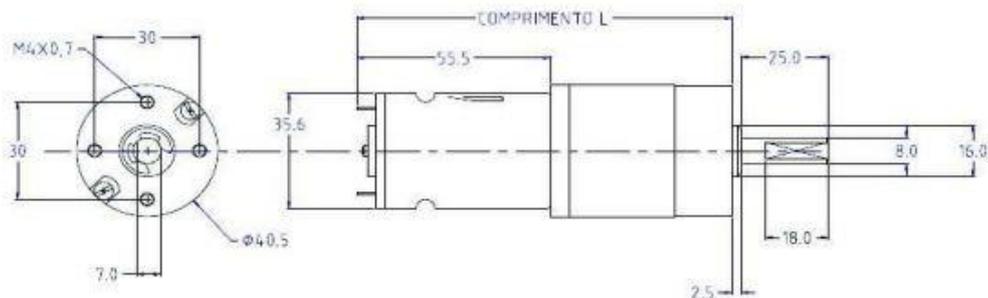
- Conjunto composto por um motor de corrente contínua e ímãs permanentes e um redutor de velocidades.
- Caixa do redutor PLANETÁRIO.
- Pode ser montado com diferentes tamanhos de motor.
- Alimentação: corrente contínua, 12VDC ou 24VDC
- Mancais em bronze fosforoso sinterizado autolubrificantes.
- As engrenagens trabalham lubrificadas com graxa de sabão de lítio.
- Sentido de giro: bidirecional (horário ou anti-horário conforme polaridade).
- Para utilização intermitente.

#### Adaptações possíveis a pedido:

- Eixos com comprimento diferente.
- Motores diferentes.

#### Aplicações:

Plastificadoras, Equipamentos Eletrônicos, Equipamentos odontológicos, Agitadores, Giratórios, Homogeneizadores, Chocadeiras, Vibradores, Bombas, Skimmers, Dosadores, Cortadores, Iluminação, Bonecos animatrônicos, Etiquetadores, Esteiras...



#### COMPRIMENTO L:

PARA 1 ESTÁGIOS= 101 mm  
PARA 2 ESTÁGIOS= 109 mm  
PARA 3 ESTÁGIOS= 116 mm  
PARA 4 ESTÁGIOS= 124 mm  
PARA 5 ESTÁGIOS= 133 mm

TABELA DE ROTAÇÕES (RPM) E TORQUE(KGF.CM)

Microredutor Planetário com motor 105-SA								Microredutor Planetário com motor 18.150															
		12 VDC				24 VDC						12 VDC				24 VDC							
Redução	Estagios	Vazio	ME	Torque	Vazio	ME	Torque	Redução	Estagios	Vazio	ME	Torque	Vazio	ME	Torque	Vazio	ME	Torque					
5	1	940	760	0,5	1960	1660	0,73	5	1	440	330	0,45	680	660	0,9	21	2	104,78	78,57	1,7	209,52	157,14	3,4
21	2	223,81	180,95	1,87	468,67	395,24	2,78	21	2	104,78	78,57	1,7	209,52	157,14	3,4	25	2	88	66	2,03	178	132	4,05
88,2	3	53,29	43,08	7,07	111,11	94,1	10,42	88,2	3	24,94	18,71	6,43	49,89	37,41	12,88	105	3	20,95	15,71	7,85	41,9	31,43	15,31
105	3	44,78	36,19	8,42	93,33	79,05	12,4	125	3	17,6	13,2	9,11	35,2	26,4	18,23	370,44	4	5,94	4,45	24,3	11,88	8,91	48,81
125	3	37,8	30,4	10,02	78,4	66,4	14,78	441	4	4,99	3,74	28,93	9,98	7,48	57,87	441	4	4,99	3,74	28,93	9,98	7,48	57,87
370,44	4	12,69	10,28	28,74	28,48	22,41	39,37	525	4	4,19	3,14	34,45	8,38	6,29	68,82	525	4	4,19	3,14	34,45	8,38	6,29	68,82
441	4	10,66	8,62	31,83	22,22	18,82	48,87	625	4	3,52	2,84	41,01	7,04	5,28	82,01	625	4	3,52	2,84	41,01	7,04	5,28	82,01
1555,85	5	3,02	2,44	101,08	6,3	5,33	148,83	1555,85	5	1,41	1,08	91,87	2,83	2,12	183,74	1555,85	5	1,41	1,08	91,87	2,83	2,12	183,74
1852,2	5	2,54	2,05	120,31	5,29	4,48	177,18	1852,2	5	1,19	0,89	100,37	2,38	1,78	218,74	1852,2	5	1,19	0,89	100,37	2,38	1,78	218,74
2205	5	2,13	1,72	143,22	4,44	3,76	210,93	2205	5	1	0,75	130,2	2	1,5	280,41	2205	5	1	0,75	130,2	2	1,5	280,41
2625	5	1,79	1,45	176,5	3,73	3,18	251,11	2625	5	0,84	0,63	155	1,88	1,28	318,01	2625	5	0,84	0,63	155	1,88	1,28	318,01
3125	5	1,5	1,22	202,98	3,14	2,66	298,94	3125	5	0,7	0,53	184,53	1,41	1,08	368,08	3125	5	0,7	0,53	184,53	1,41	1,08	368,08

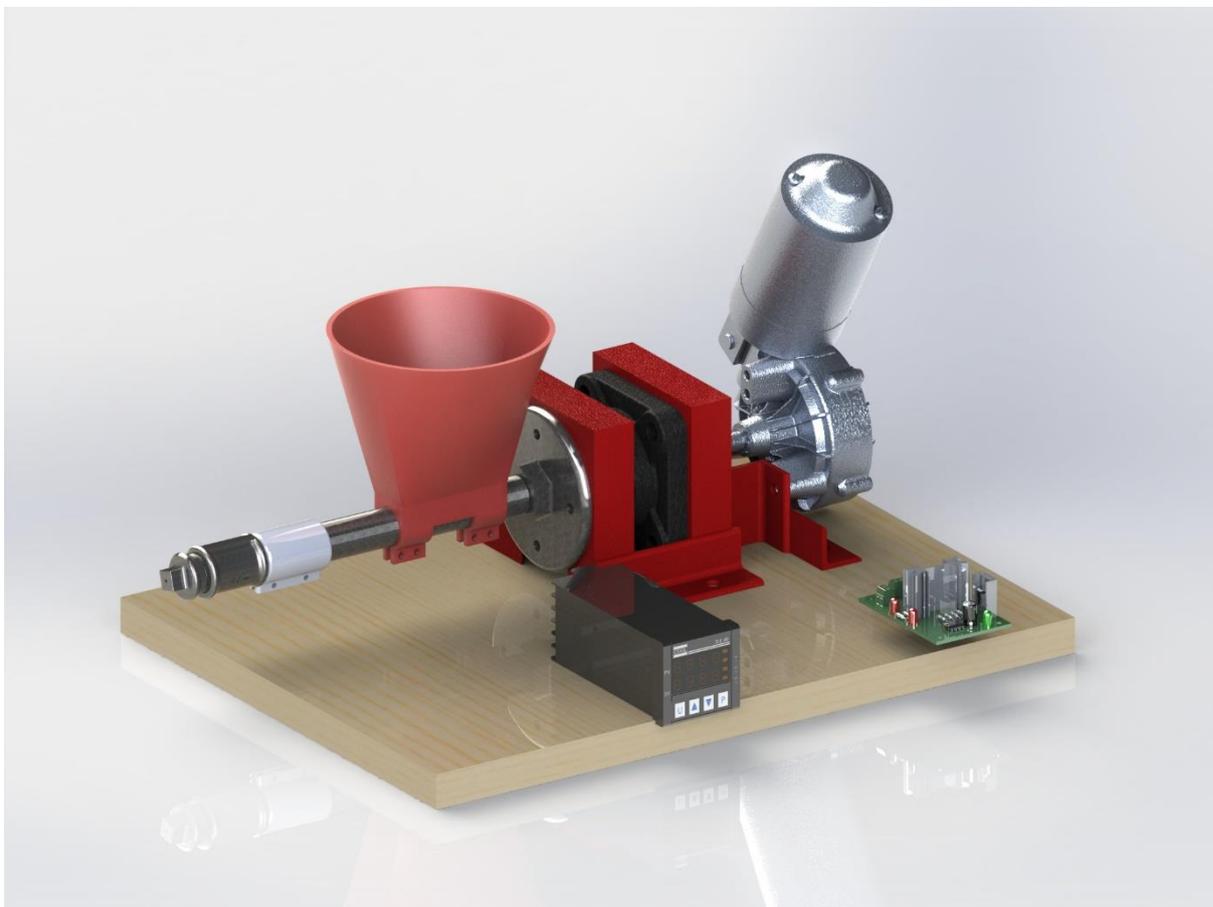
Vazio: rotação de saída em rpm do microredutor sem carga  
ME: rotação de saída em rpm do microredutor à máxima eficiência  
Torque: torque do motor em Kgf.cm à máxima eficiência

■ células sombreadas: o torque gerado pela redução excede o torque admissível limitado pela resistência das engrenagens.  
1kgf.cm=1daN.cm=10N.cm=0,1Nm=1kp.cm

Motor 105-SA  
12V- ME=0,80A; bloqueado=3,2A  
24V-ME=0,84A; bloqueado=4,8A

Motor 18.150  
12V- ME=0,27A; bloqueado=1A  
24V- ME=0,55A; bloqueado=2A

## APÊNDICE A – RENDERIZAÇÃO DO PROJETO



## APÊNDICE B – VISTAS DO EQUIPAMENTO COMPLETO

