

**FACULDADE DE TECNOLOGIA DE SÃO JOSÉ DOS CAMPOS
FATEC PROFESSOR JESSEN VIDAL**

**RICARDO DOS SANTOS REIS
ROBERTO ROGERIO SANTOS COSTA
RUY BARBOSA DE OLIVEIRA SILVA**

METODOLOGIA DE IMPRESSÃO 3D

São José dos Campos
2024

**RICARDO DOS SANTOS REIS
ROBERTO ROGERIO SANTOS COSTA
RUY BARBOSA DE OLIVEIRA SILVA**

METODOLOGIA DE IMPRESSÃO 3D

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à Faculdade de Tecnologia de São José dos Campos, como parte dos requisitos necessários para a obtenção do título de Tecnólogo em Projetos de Estruturas Aeronáuticas.

**Orientador: Dr. Renato Galvão da Silveira Mussi
Coorientador: Eng. Fabio José Santos de Oliveira**

São José dos Campos
2024

FICHA CATALOGRÁFICA – Biblioteca Fatec São José dos campos Prof. Jessen Vidal
Dados Internacionais de Catalogação-na-publicação

REIS, Ricardo dos Santos Reis

COSTA, Roberto Rogerio Santos

SILVA, Ruy Barbosa de Oliveira

Metodologia de impressão 3D. Ricardo dos Santos Reis, Roberto Rogerio Santos Costa, Ruy Barbosa de Oliveira - São José dos Campos, 2024.

29f.

Trabalho de Conclusão de Curso – Curso de Tecnologia em Projetos de Estrutura Aeronáutica. Faculdade de Tecnologia de São José dos Campos Professor Jessen Vidal, 2024.

Orientador: Dr Renato Galvão da Silveira Mussi.

Coorientador: Eng. Fabio José Santos de Oliveira.

1. Impressão 3D 2. FDM3. Modelagem. I. Faculdade de Tecnologia. FATEC de São José dos Campos: Professor Jessen Vidal. II. Título

REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA

REIS, Ricardo dos Santos; COSTA, Roberto Rogerio Santos; SILVA, Ruy Barbosa de Oliveira. **Metodologia de impressão 3D**. 2024. 29f. Trabalho de Conclusão de Curso (Curso Superior em Projeto de Estrutura Aeronáutica) Faculdade de tecnologia de São José dos Campos Professor Jessen Vidal, São José dos Campos, 2024.

CESSÃO DE DIREITOS

NOME(S) DO(S) AUTOR(ES): Ricardo dos Santos Reis, Roberto Rogerio Santos Costa e Ruy Barbosa de Oliveira Silva

TÍTULO DO TRABALHO: Metodologia de Impressão 3D

TIPO DO TRABALHO/ANO: Trabalho de Conclusão de Curso/2024.

É concedida à FATEC de São José dos Campos: Professor Jessen Vidal permissão para reproduzir cópias deste Trabalho e para emprestar ou vender cópias somente para propósitos acadêmicos e científicos. O autor reserva outros direitos de publicação e nenhuma parte deste Trabalho pode ser reproduzida sem a autorização do autor.

Ricardo dos Santos Reis
 Rua Abilia Machado,53
 12220-110, São José dos
 Campos–São Paulo

Roberto Rogerio Santos
 Costa
 Rua Olinda,347
 12235-830, São José dos
 Campos – São Paulo

Ruy Barbosa de Oliveira
 Silva
 Rua Três,45
 12200-000, São José dos
 Campos – São Paulo

**RICARDO DOS SANTOS REIS
ROBERTO ROGERIO SANTOS COSTA
RUY BARBOSA DE OLIVEIRA SILVA**

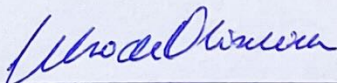
METODOLOGIA DE IMPRESSÃO 3D

Trabalho de Graduação apresentado à Faculdade de Tecnologia de São José dos Campos, como parte dos requisitos necessários para a obtenção do título de Tecnólogo em Projetos de Estruturas Aeronáuticas.

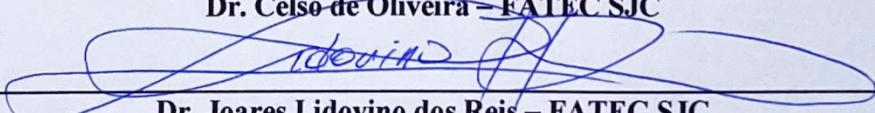


Dr. Renato Galvão das Silveira Mussi – FATEC SJC

Eng. Fabio José Santos de Oliveira – FATEC SJC



Dr. Celso de Oliveira – FATEC SJC



Dr. Joares Lidovino dos Reis – FATEC SJC

04 / 12 / 2004
DATA DA APROVAÇÃO

AGRADECIMENTOS

Agradecimento os professores orientadores que nos ajudaram na elaboração de trabalho de graduação, professores Dr. Renato Galvão das Silveira Mussi e Eng. Fabio José Santos de Oliveira. Agradecimento especial a Professora Heide Heloise Bernardi que nos ajudou muito bem nas dúvidas e explicações do nosso TG. Agradecimento ao Gustavo Entrieri que nos ajudou com a impressão 3D da peça utilizada em nosso trabalho.

A todos que participaram, direta ou indiretamente do desenvolvimento deste trabalho de pesquisa, enriquecendo o meu processo de aprendizado.

A todos os alunos da minha turma, pelo ambiente amistoso no qual convivemos e solidificamos os nossos conhecimentos, o que foi fundamental na elaboração deste trabalho de conclusão de curso.

RESUMO

Nesse trabalho será detalhado como realizar uma impressão 3D, indicando o passo a passo e realizando a substituição de um suporte de ar-condicionado metálico de alumínio para policarbonato mostrando que é possível substituir uma peça metálica por polimérica com as mesmas condições de resistências mecânicas. Realizado pesquisas e simulação de esforços mecânicos por *software* Catia. Os tipos de processos de impressão 3D existente no mercado e detalhes do processo de impressão FDM escolhido em nosso processo. Esse estudo possui figuras ilustrativas do processo FDM e do filamento de policarbonato utilizado na impressora 3D. Criado a peça no *software* Catia e impressa a peça em 3D e no modelo de plotagem para fabricação com medidas e cotas. Realizados comparações de características do alumínio e policarbonato através de pesquisas, apresentado resultados da nossa peça suporte de ar-condicionado impressa. Apontados quais são as vantagens e desvantagens do processo de fabricação em 3D pelo processo de FDM.

Palavras-Chave: Impressora; 3D; alumínio; Policarbonato; STL; CAD.

ABSTRACT

In this work we will explain how to carry out 3D printing, indicating step by step and replacing a metallic air conditioning support from aluminum to polycarbonate, showing that it is possible to replace a metallic part with a polymeric one with the same mechanical resistance conditions. Conducted research and simulation of mechanical efforts using Catia software. The types of 3D printing processes on the market and details of the FDM printing process chosen in our process. This study has illustrative figures of the FDM process and the polycarbonate filament used in the 3D printer. We create the part in the Catia software and show the part in 3D and in the plot model for manufacturing with measurements and dimensions. We carried out comparisons of the characteristics of aluminum and polycarbonate through research and present results of our printed air conditioning support part. Pointed out the advantages and disadvantages of the 3D manufacturing process using the FDM process

Keywords: Printer; 3D; aluminum; Polycarbonate; STL; CAD.

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	9
1.1. Objetivo Geral.....	10
1.2. Objetivos Específicos	10
2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA.....	11
2.1. Tipos de Tecnologia de impressão 3D.....	11
2.2. Tecnologia FDM: características	11
2.3. Processo de modelagem por Deposição Fundida (FDM)	12
2.4. Processo de fabricação por prensa dobradeira.....	13
2.5. Características do Policarbonato.....	14
3. DESENVOLVIMENTO DO TRABALHO.....	16
3.1. Suporte para tubulação de ar condicionado	16
3.2. Filamento de Policarbonato.....	18
3.3. Funcionamento de impressão 3D.....	19
3.4. Passos para impressão 3D.....	22
3.5. Preparação da impressora 3D.....	23
4. RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	25
4.1. Comparações de vantagens.....	25
4.2. Vantagens e desvantagens processo FDM.....	26
4.3 Comparações do suporte em alumínio e policarbonato.....	26
5. CONCLUSÃO.....	27
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	28

1. INTRODUÇÃO

O aumento constante da competitividade das indústrias faz com que as empresas busquem cada vez mais processos e materiais que possam substituir com qualidade aqueles utilizados pelos concorrentes, de forma a obter produtos com melhores propriedades de resistência, peso, sustentabilidade, manutenção, ou simplesmente com menores custos de fabricação.

O processo de fabricação por impressão 3D de componentes utilizando materiais poliméricos, classificado como um tipo de manufatura aditiva, tem chamado a atenção na indústria para aplicação em prototipagem rápida de componentes em desenvolvimento, ou com materiais diferentes (3DLAB, 2019).

Uma utilização comum da impressão 3D é a fabricação de protótipos de um certo componente num material alternativo àquele utilizado atualmente, de forma que a viabilidade de substituição de um material possa ser testada, mas tal processo pode ter a capacidade de ser utilizado para a fabricação de peças finais, tornando-se assim uma opção aos processos de fabricação de peças poliméricas tradicionais.

Um exemplo de componente cujo material possa ser substituído é o suporte para tubulação de ar-condicionado, que é uma peça metálica, fabricada atualmente por processo dobragem e usinagem, mas que poderia ser substituído por um polímero com as propriedades suficientes para suportar os esforços a que a peça está sujeita.

Para que a substituição de material possa ser estudada, suportes de ar-condicionado serão fabricados pelo processo de Modelagem por Deposição Fundida (FDM) utilizando impressão 3D da peça com policarbonato, um material polimérico de baixo custo e peso, de forma a permitir que tanto o componente com o novo material quanto o processo de fabricação de impressão 3D sejam estudados.

Esse estudo analisará o passo a passo do processo de fabricação dessa peça por impressão 3D, e fará a comparação dessa peça nos materiais alumínio e policarbonato.

A fabricação de um suporte para tubulação de ar-condicionado peça metálica, pelo processo de FDM será executado para fabricar esse suporte em polímero por impressão 3D, utilizando policarbonato um material de baixo custo e peso.

Esse estudo detalhará o passo a passo do processo de fabricação dessa peça em 3D.

O resultado de comparação dessa peça nos materiais alumínio e policarbonato será apresentado para suporte à decisão de substituição do material pelo processo FDM.

1.1. Objetivo Geral

O objetivo geral deste trabalho é criar uma metodologia de fabricação em impressão 3D em materiais poliméricos de peças que normalmente seriam fabricadas por meio de usinagem em materiais metálicos, criando uma sequência de procedimentos de fabricação em peças que não exijam esforços mecânicos, mas que mantenham as características de dimensões e qualidades. Diminuir custo de fabricação e o peso são ganhos também desejáveis.

1.2. Objetivos Específicos

Para a consecução deste objetivo geral foram estabelecidos os objetivos específicos:

- Realizar uma investigação sobre os processos de impressão 3D;
- Propor uma metodologia para impressão 3D para uma peça específica;
- Fabricar um suporte para tubulação de ar-condicionado por impressão 3D;
- Comparar o resultado e método de fabricação do suporte de ar-condicionado feito em alumínio e em policarbonato.

2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

A Impressão 3D é um processo de manufatura de objetos sólidos tridimensionais em que se baseia na adição de material por camadas a partir de um arquivo digital (VOLPATO, 2023).

O princípio de uma impressora 3D é o oposto de um equipamento de manufatura subtrativa, como uma fresadora por exemplo, em que a fabricação se baseia na retirada de material para dar forma em um objeto (VULCANOEJ, 2019).

A impressão 3D se apresenta como um método de fabricação com capacidade de criar geometrias complexas utilizando menos material quando comparado aos mais tradicionais meios de fabricação.

2.1. Tipos de tecnologias de impressão 3D

Desde os anos 1980, diversas tecnologias foram desenvolvidas para garantir os melhores resultados para a impressão 3D.

Os tipos de impressão existentes no mercado são:

- Modelação de deposição *demolten* (FDM)
- Estereolitografia (SLA)
- Sinterização seletiva a laser (SLS)
- Processo de luz digital (DLP)
- Multi Jet Fusion (MJF)
- PolyJet
- Sinterização a laser de metal direto (DMLS)
- Derretimento de feixe de elétrons (EBM)

A tecnologia mais comum e de baixo custo no mercado é a FDM, que consiste em deposição de materiais plásticos por camada utilizando um sistema parecida com CNC, enquanto o SLA e DLP onde utiliza resina como sua matéria prima, são utilizados em indústrias odontológicas e joias.

Tecnologia DLP, SLS, MF, DMLS e EBM são Impressoras 3D utilizadas por indústrias que necessitam de um orçamento superior, porém podem utilizar outros tipos de matérias de impressão ao invés de plásticos como alumínio, titânio etc. (REVISTA INDUSTRIA 4.0 PRINT IT 3D, 2018).

2.2. A Tecnologia de FDM

A impressão 3D FDM é um modelo de fabricação aditiva. Essa tecnologia utiliza um polímero em forma de filamento sólido que é aquecido e depositado na superfície de impressão. Camada após camada a peça é construída.

O processo FDM foi escolhido para esse estudo por ser um processo mais popular facilitando nosso acesso a uma impressora 3D, sendo que um dos objetivos desse estudo é realizar a fabricação da peça e esse processo possui liberdade geométricas que atende a necessidade de fabricação de peça com geometrias complexas.

A Tabela 1 detalha as características do processo FDM. As características são compatíveis com o planejamento de substituição da peça metálica por policarbonato. Esse processo FDM é ideal utilizando esse material.

Tabela 1. Características técnicas do processo FDM

Propriedade	Modelagem por Deposição Fundida
Abreviatura	FDM
Materiais disponíveis	Termoplásticos como ABS, policarbonato e polifenilsulfona; Elastômeros
Tamanho máximo do objeto (mm)	920 x 610 x 920
Resolução Máxima (mm)	0,05
Tolerância (mm)	$\pm 0,127$
Acabamento	Rugosidade alta
Velocidade de impressão (mm/s)	100

Fonte: 3Dilla (2023); 3DLab (2023)

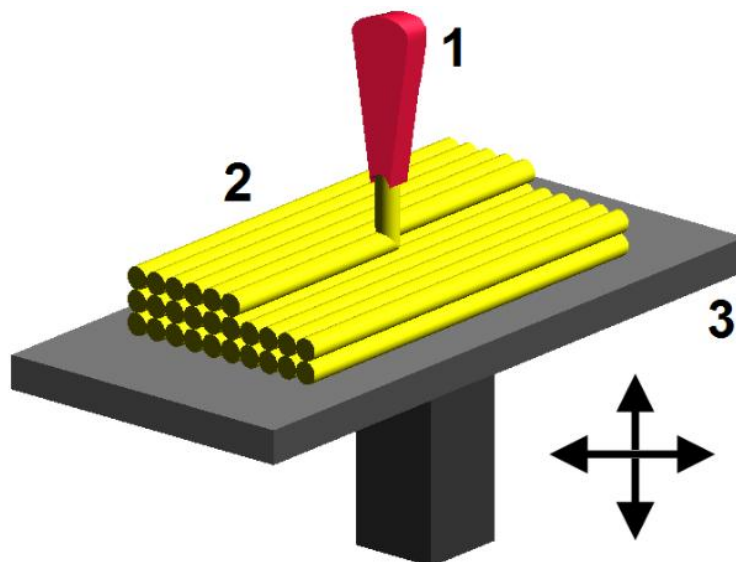
2.3. Processo de modelagem por Deposição Fundida (FDM)

Uma vez que a máquina de modelagem por deposição fundida recebe um modelo 3D digital, sua cabeça de impressão começa a se mover ao longo do comprimento e largura da

plataforma de impressão, aquecendo e fundindo o fio feito a partir do material de modelagem por deposição fundida, a fim de distribuí-lo conforme necessário, e assim criar uma camada. Uma vez que uma camada tenha sido criada, a cabeça de impressão é levantada a uma altura correspondente a sua espessura, e o processo é repetido até que todas as camadas fornecidas pelo modelo 3D tenham sido formadas. Uma vez que o processo de modelagem por deposição fundida tenha sido concluído, o objeto é deixado para esfriar e endurecer (3DILLA, 2023).

A Figura 1 ilustra um processo FDM, simulando a adição de material para criação de formas.

Figura 1. FDM



source: Zureks via Wikipedia

Fonte: 3Dilla (2023)

2.4. Processo de fabricação por prensa dobradeira

A prensa dobradeira é uma máquina-ferramenta utilizada para dobrar chapas metálicas. Pode ser dobrada através da fixação da peça de trabalho entre o punção superior e a matriz inferior. O processo de dobragem envolve duas estruturas em forma de C, que são constituídas pela parte lateral da prensa dobradeira e podem ser ligadas à bancada de trabalho inferior e à viga móvel superior. As matrizes inferiores são instaladas na bancada de trabalho e as punções superiores são instalados na viga superior.

A prensa dobradeira apresenta dois tipos principais: hidráulica e eletrônica. A prensa dobradeira hidráulica utiliza a força de flexão produzida por cilindros e bombas hidráulicas. É acionada pelo mecanismo para produzir uma dobragem de metal fiável. A prensa dobradeira eletrônica adota servomotores e dispositivos de controlo digital avançados. Pode fornecer sequências de dobragem programadas e maior precisão.

O processo:

- **Preparação:** A chapa metálica, normalmente feita de materiais como aço, alumínio ou aço inoxidável, é preparada para o processo de dobragem.
- **Instalação:** A chapa metálica é posicionada entre o punção (componente superior) e a matriz (componente inferior) na máquina de prensagem.
- **Fixação:** A máquina fixa a chapa metálica de forma segura entre o punção e a matriz para garantir a estabilidade durante o processo de conformação.
- **Dobramento:** A máquina de prensagem aplica força através do punção, dobrando a chapa metálica de acordo com a forma da matriz.
- **Libertar:** Quando a dobra desejada é alcançada, a máquina liberta a força de aperto e a chapa metálica formada é removida. (ADHMT, 2024)

2.5. Características do Policarbonato:

Os policarbonatos são polímeros de cadeia longa, formados por grupos funcionais unidos por grupos carbonato. São moldáveis quando aquecidos, sendo por isso chamados termoplásticos. Como tal, estes plásticos são muito usados atualmente na moderna manufatura industrial (AFIXGRAF,2019).

As principais características do policarbonato são (PASSATORE, 2013):

- Possuem opção transparente ou fosco;
- Possuem durabilidade superior a 10 anos para impressão;
- Possuem resistência a eletricidade;
- Possuem alta flexibilidade;
- Possuem alta resistência à impactos;
- Não são inflamáveis;
- São resistentes a altas e baixas temperaturas (-50°C à +135°C);
- Impedem a passagem das radiações UV, pois não transmite luz ultravioleta;

- Podem ser fixados em diversas superfícies, como alumínio, plástico, papel, madeira, locais lisos ou ásperos.

- Suas espessuras variam entre 0,13 e 0,25mm

O Policarbonato possui uma combinação única de ductilidade, transparência ótica, rigidez e resistência. O Policarbonato também apresenta excelentes propriedades elétricas. O Policarbonato é um polímero amorfo e transparente.

As resinas de Policarbonato são produzidas majoritariamente via reação de policondensação, desenvolvido pelo pioneirismo da Bayer Material Science e a GE Plastics (atualmente *Sabic Innovative Plastics*), envolvendo a reação de BPA (bisfenol A) com Fosgênio (COCl_2). O Policarbonato obtido por processos *melt-phase* foi desenvolvido na década de noventa (RESINEX, 2023).

3. DESENVOLVIMENTO DO TRABALHO

Utilizar a metodologia de fabricação 3D em uma peça metálica fabricado pelo processo dobragem e usinagem e fabricar em polímero pelo processo FDM.

Com intuito de desenvolver uma forma de fabricação de peça utilizando impressora 3D, com baixo custo de fabricação e menor peso com peças que tenham propriedades mecânicas compatíveis com sua utilização.

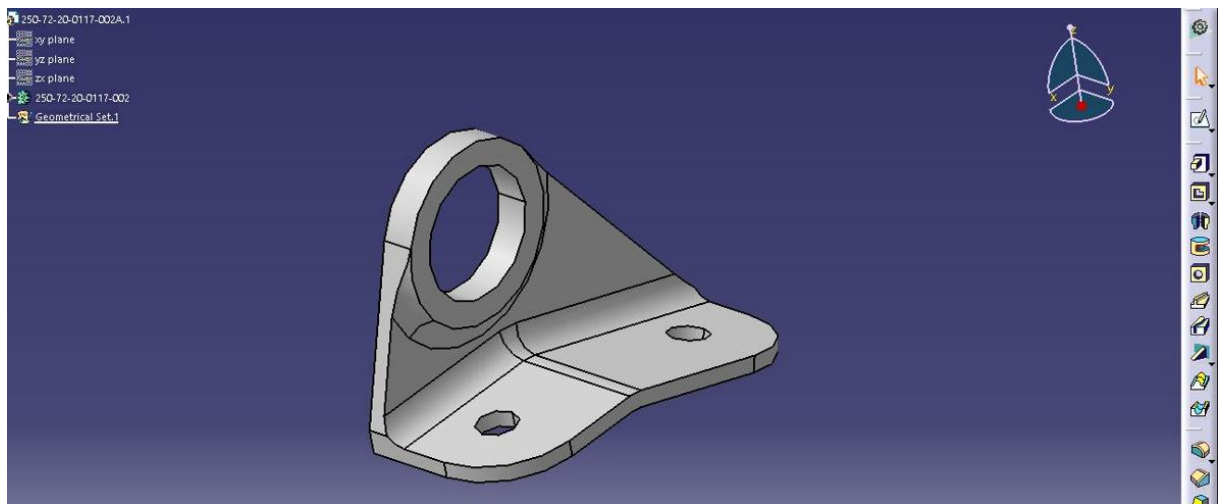
3.1. Suporte para tubulação de ar-condicionado

O suporte utilizado no sistema de ar-condicionado de uma aeronave é uma peça metálica que tem a utilidade de fixar e sustentar a tubulação do ar-condicionado.

A Figura 2 ilustra a peça utilizada para suporte de tubulação de ar-condicionado desenho realizado no *software* Catia.

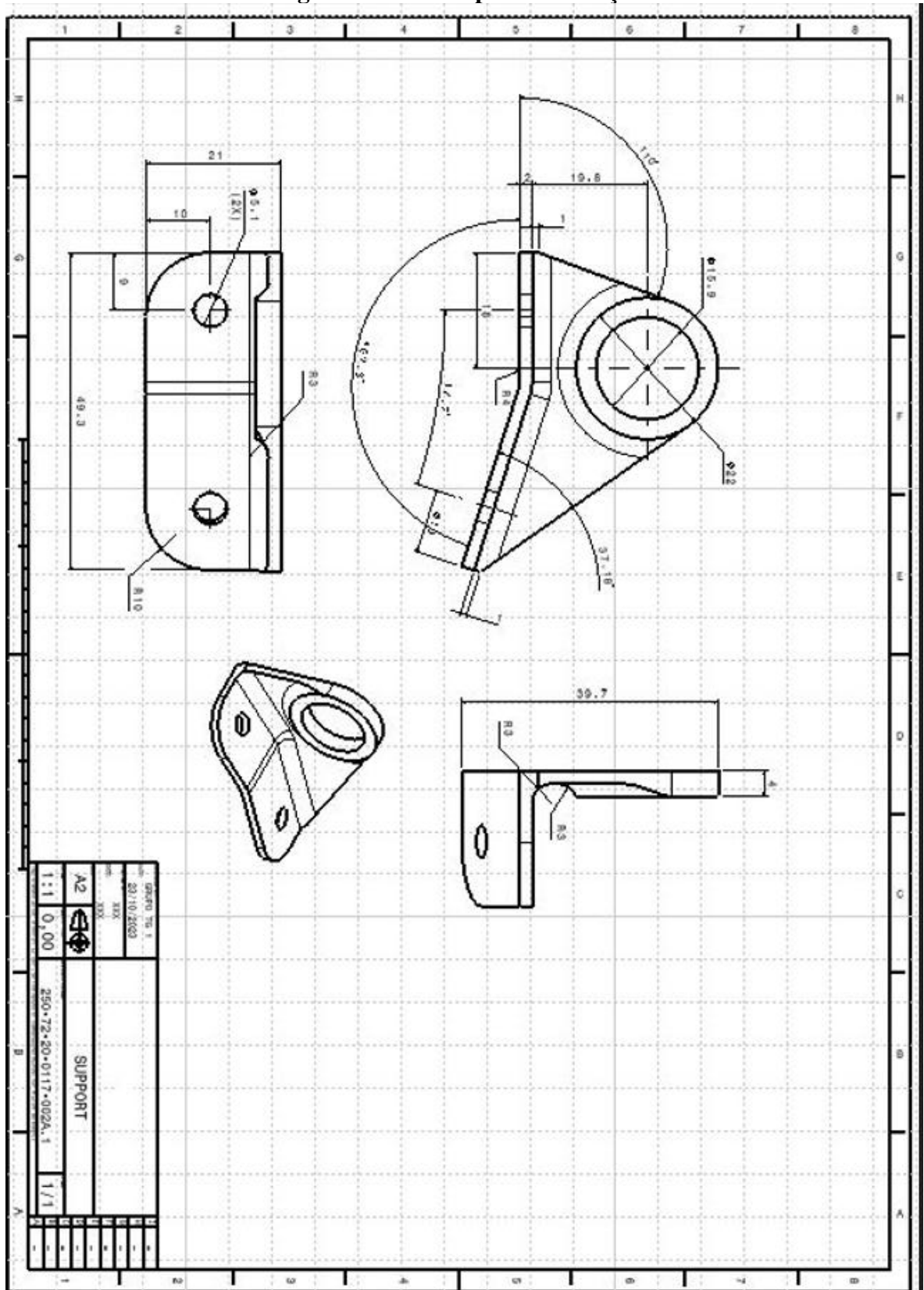
A Figura 3 ilustra a peça com as cotas de fabricação, desenho realizado no Catia.

Figura 2. Suporte para tubulação de ar-condicionado.



Fonte: Autores (2024).

Figura 3. Desenho para fabricação.



Fonte: Autores (2024).

3.2. Filamento de Policarbonato

Escolher o filamento certo para sua peça é essencial. Em projetos específicos tendo a necessidade de uma maior resistência mecânica, térmica, elasticidade ou outra propriedade. O Policarbonato oferece melhor resistência ao calor do que quase todos os outros materiais de impressão 3D atualmente no mercado. Pode suportar temperaturas até 100°C sendo que sua temperatura de transição vítrea é 145°C. Possui alta resistência mecânica e propriedades anti-ultravioleta, alta transparência, boa ductilidade, ideal para peças de engenharia (SLIM3D, 2023).

As especificações do filamento de policarbonato utilizados neste trabalho são listadas a seguir (SLIM3D, 2023):

- Peso: 0,1 kg (embalagem selada a vácuo)
- Diâmetro Nominal: 1.75mm
- Tolerância dimensional: +/- 0.05mm
- Temperatura do bico de impressão: 250-280 °C
- Temperatura da mesa de impressão: 100-120 °C
- Resistência à tração: 36.7 MPa (ASTM D638/ISO 527)
- Deformação até a ruptura: 6% (ASTM D638/ISO 527)
- Teste de impacto IZOD: 2.9i (ASTM D256)
- Temperatura de transição vítrea: 145°C

A Figura 4 ilustra o filamento policarbonato utilizada na impressora 3D, esse material é o insumo da impressora.

Figura 4. Filamento Policarbonato.



Fonte: SLIM3D (2023)

3.3. Funcionamento de impressão 3D

Assim como uma impressora comum, que libera jatos de tinta em quantidade e formatos específicos para formar imagens e letras, a impressora 3D injeta diferentes materiais para compor um objeto.

A diferença é que, em vez do papel, é em uma bandeja que as máquinas modernas imprimem os itens.

Tudo começa com o desenho da peça em um *software* de modelagem em 3D, a exemplo do AutoCad e Blender.

Em seguida, com o desenho em mãos, a matéria-prima é inserida na impressora, que é ligada e começa a expelir a primeira camada na bandeja. Ou seja, em vez de partir de uma grande peça que será cortada e moldada, a dinâmica monta os artigos unindo pequenas partes e camadas de material.

O processo sempre se inicia de baixo para cima, com a impressão de uma camada por vez, podendo durar de alguns minutos até dias para ser finalizado (FIA BUSINESS SCHOOL, 2020).

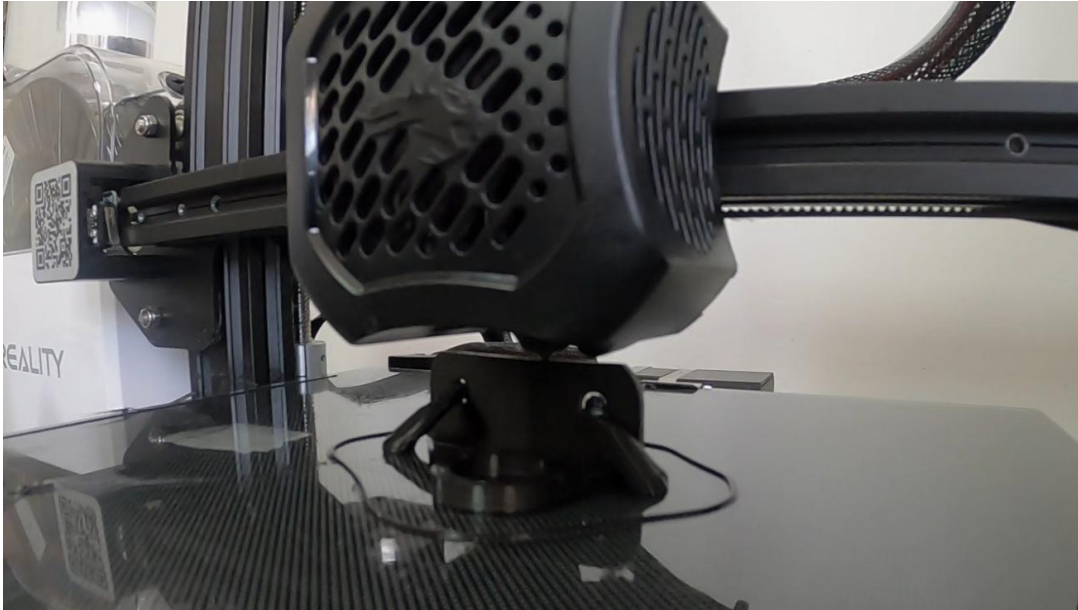
Nas Figuras 5 e 6 demonstra o processo de impressão da peça suporte de ar-condicionado na impressora 3D.

Figura 5. Processo de impressão 3D.



Fonte: Autores (2024).

Figura 6. Processo de impressão 3D.



Fonte: Autores (2024).

Na Figura 7 podemos visualizar a peça impressa.

Figura 7. Peça impressa



Fonte: Autores (2024).

3.4. Passos para impressão 3D

Criar o desenho da peça a ser impressa no *software* CAD, gerar um arquivo STL, linguagem a ser utilizada pela impressora 3D e realizar a impressão na impressora 3D.

3.4.1. Modelagem/Design 3D

A primeira etapa do processo de impressão 3D é obter o modelo a ser impresso. Criar o modelo que será impresso utilizando um *software* de modelagem 3D ou um *software* CAD (sigla em inglês para Desenho Assistido por Computador). Esses *softwares* te darão a liberdade de criar desde um simples parafuso ou uma peça mais complexa. Seja fazendo a modelagem 3D do zero ou utilizando um modelo pronto, o modelo 3D a ser impresso deve ser exportado no formato STL (sigla em inglês para Estereolitografia), visto que esse é o formato com o qual as impressoras 3D trabalham (Impressão gerenciada, 2020).

3.4.2. Visualização e edição do arquivo STL

É comum arquivos STL apresentarem alguns defeitos que podem gerar falhas ou comprometer a qualidade do objeto impresso. Por isso, a segunda etapa do processo de impressão 3D consiste na revisão e reparação do arquivo STL. Para essa etapa, existem os *softwares* de visualização e edição de arquivos STL, que permitem que você revise, ajuste e conserte o arquivo para garantir que ele está apto para a impressão.

STL é um formato de arquivo comumente usados para impressão 3D e desenho assistido por computador (CAD). O nome STL é um acrônimo que significa estereolitografia, uma tecnologia popular de impressão 3D. Também pode ser chamado de *Standard Triangle Language* ou *Standard Tessellation Language*.

Cada arquivo é composto de uma série de triângulos ligados que descrevem a geometria de superfície de um modelo ou objeto 3D. Quanto mais complexo o projeto, mais triângulos são utilizados e maior a resolução (Adobe, 2023).

3.4.3. Arquivo STL

Exemplo de arquivo STL utilizado na impressão da peça em 3D:

```
;FLAVOR:Marlin
```

```
;TIME:3387
```

```

;Filament used: 1.7222m
;Layer height: 0.16
;MINX:77.732
;MINY:87.475
;MINZ:0.2
;MAXX:161.066
;MAXY:154.204
;MAXZ:20.88
;TARGET_MACHINE.NAME:Crealty Ender-3
;Generated with Cura_SteamEngine 5.8.0
M140 S60
M105
M190 S60
M104 S200
M105
M109 S200
M82 ;absolute extrusion mode
; Ender 3 Custom Start G-code
G92 E0 ; Reset Extruder
G28 ; Home all axes
G1 Z2.0 F3000 ; Move Z Axis up little to prevent scratching of Heat Bed
G1 X0.1 Y20 Z0.3 F5000.0 ; Move to start position
G1 X0.1 Y200.0 Z0.3 F1500.0 E15 ; Draw the first line
G1 X0.4 Y200.0 Z0.3 F5000.0 ; Move to side a little
G1 X0.4 Y20 Z0.3 F1500.0 E30 ; Draw the second line
G92 E0 ; Reset Extruder
G1 Z2.0 F3000 ; Move Z Axis up little to prevent scratching of Heat Bed

```

Fonte: Autores (2024).

3.4.4. Fatiamento e Servidor para impressora 3D

A terceira e última etapa do processo de impressão 3D pode ser dividida em duas sub etapas que, geralmente, ocorrem no mesmo *software*. A primeira é o fatiamento do modelo, feito com um tipo de *software* mais conhecido como slicer (fatiador) que, literalmente, fatia o modelo 3D em várias camadas e gera instruções para a impressora 3D sobre como imprimi-

las. A segunda consiste na comunicação entre o seu computador e a impressora 3D, feita por um servidor de impressão 3D que, basicamente, transmite e gerencia as instruções geradas pelo slicer e permite que você monitore todo o processo, alterando as configurações em tempo real caso necessário. Fatiamento é basicamente utilizado para escolher os parâmetros de impressão (IMPRESSÃO GERENCIADA, 2020).

3.5. Preparação da impressora 3D

Para garantir uma impressão 3D de sucesso você deve preparar a sua impressora.

Antes de começar a imprimir, limpe a superfície de impressão e garanta que a mesa está corretamente nivelada. Além disso, certifique-se de que o seu filamento está limpo, sem acúmulo de poeira e sem umidade (3DLAB, 2020).

4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Resultados obtidos com pesquisas e simulação do *software* Catia.

4.1 Comparação dos Materiais

Em relação ao material anterior a que foi feita a peça, que foi em alumínio, a significativas diferenças entre Policarbonato e alumínio.

Com relação a resistência tração: o Policarbonato em filamento é 36.7 MPa enquanto o alumínio 7075 é 559 MPa. (IMPÉRIO DOS METAIS, 2023; SLIM3D, 2023).

Com relação a deformação até a ruptura: o Policarbonato é 6% e do alumínio 7075 até 11%. (IMPÉRIO DOS METAIS, 2023; SLIM3D, 2023).

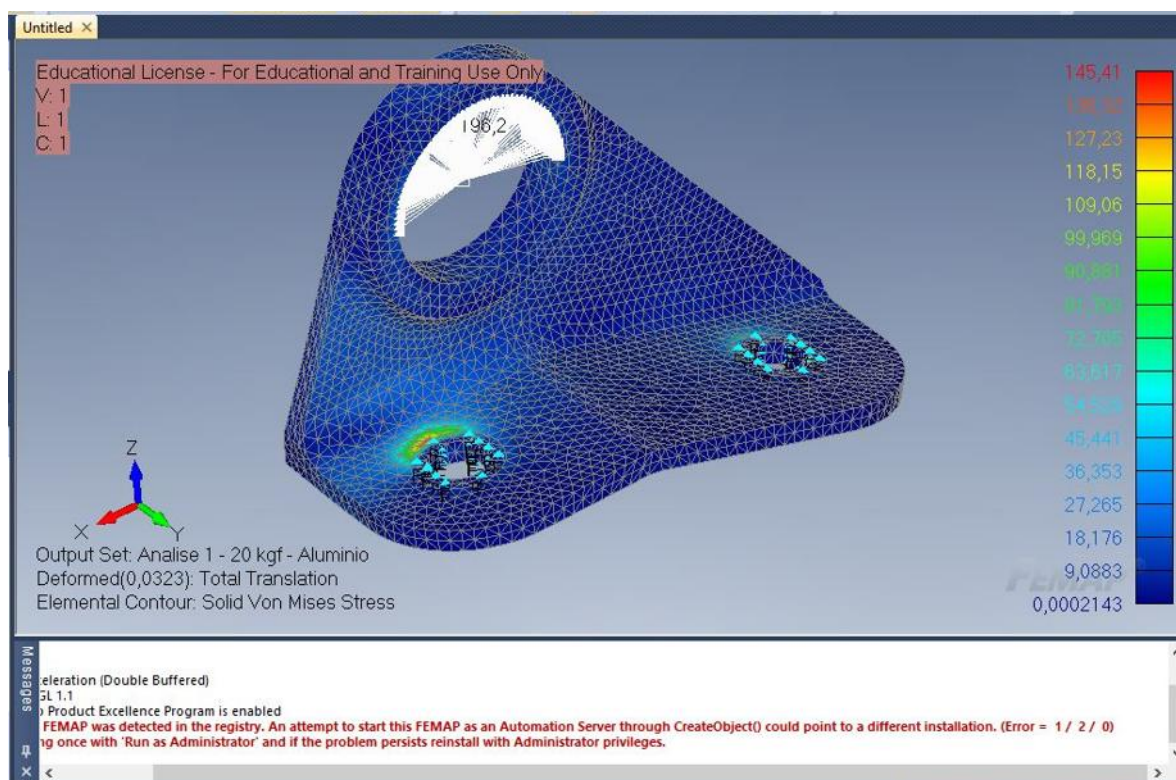
Com relação a temperatura para transição vítrea do Policarbonato é de 145°C, e no alumínio o ponto de fusão é entre 475 - 640°C. (IMPÉRIO DOS METAIS, 2023; SLIM3D, 2023).

Com relação ao peso o Policarbonato possui 1,2 g/cm³, e o alumínio 7075 2,85 g/cm³. (INCOMPLAST, 2024; RACKCDN, 2024)

Devido o suporte da tubulação não sofrer esforços estruturais severos e localizar em área que não é submetido a altas temperaturas, seu uso é viável devido a facilidade de fabricação, baixo custo e peso.

Realizados ensaios de resistência mecânicas no *software* Catia, na Figura 8 realizado simulação com carga 20kgf no suporte metálico.

Figura 8. Simulação resistência mecânica suporte alumínio



Fonte: Autores (2024).

Com a simulação foi possível observar que considerando um esforço mecânico de 20Kgf as tensões se concentram nos furos de fixação do suporte, podendo ser substituído o suporte metálico pelo polimérico com as mesmas dimensões da peça inicial.

4.2. Vantagens e desvantagens do processo FDM

Para o processo FDM possui um número maior de vantagens do que desvantagens para escolhermos esse método. Abaixo o detalhamento das vantagens e desvantagens.

4.2.1. Vantagens

Uma das maiores vantagens da impressão 3D FDM é a escalabilidade: ela pode ser facilmente dimensionada para qualquer tamanho. Isso ocorre porque a única restrição no tamanho de uma área de construção é o movimento de cada pórtico – faça os trilhos do pórtico mais longos e a área de construção pode ser maior.

Naturalmente, há alguns problemas menores e, em certo ponto, o custo não é mais compensado pelos benefícios, mas nenhum outro design de impressora é capaz de ser dimensionado com a mesma facilidade com poucos problemas como o FDM.

Um dos benefícios mais óbvios de ter um design facilmente escalável é a relação custo-tamanho. As impressoras FDM são cada vez maiores e mais baratas, devido aos baixos custos das peças e aos projetos simples envolvidos. Outros estilos de impressora custam muito mais por unidade de área de volume de construção, simplesmente porque são difíceis de escalar e os principais componentes ainda são muito caros. Confira este artigo para obter uma lista das melhores máquinas FDM baratas.

Outra vantagem é a flexibilidade do material. Em qualquer impressora FDM, uma grande variedade de materiais termoplásticos e filamentos exóticos podem ser impressos com relativamente poucas atualizações e modificações, algo que não pode ser dito de outros estilos em que um material deve ser uma resina ou um pó fino (ENGIPRINTERS, 2023).

4.2.2. Desvantagens

Uma das desvantagens mais citadas da impressão FDM 3D é a qualidade ou o detalhamento da peça. Como o material deve ser extrudado em camadas e ter uma certa espessura predefinida pelo bico, é difícil obter impressões com detalhes complexos, para que isso ocorra necessita de um pós-processamento para obter uma aparência profissional e acabada.

Outra desvantagem das camadas na impressão FDM é que elas criam um ponto fraco inerente à impressão em que cada camada é unida, tornando as impressões menos resistentes e inadequadas para certas aplicações (ENGIPRINTERS, 2023)

4.3 Comparações do suporte em alumínio e policarbonato

Processo de fabricação prensa dobradeira, peça metálica:

Modelo prensa: Prensa Dobradeira Horizontal PP200CNC hidráulica

Preço médio equipamento: R\$ 177.312,99

Velocidade de trabalho: 9,8 mm/s

Peso alumínio 7075: 2,85 g/cm³ (RACKCDN, 2024; NARGESA, 2024)

Processo de fabricação por impressão 3D, peça policarbonato:

Modelo de impressora: Ender 3 32 Bits

Preço médio equipamento: R\$ 1.199,99

Velocidade de trabalho: 100 mm/s

Peso Policarbonato: 1,2 g/cm³ (INCOMPLAST, 2024)

5. CONCLUSÃO

Pode ser substituído o suporte metálico por policarbonato impressa nas mesmas dimensões do suporte inicial, pois esse suporte não sofre uma carga que chega a sua ruptura. Antes de iniciar a substituição das peças devem escolher detalhadamente qual material polimérico será utilizado e analisar se o processo de fabricação escolhido é compatível com o material.

Para realizar impressão da peça em 3D deve-se criar o desenho da peça a ser impressa no *software* CAD, gerar um arquivo STL, linguagem a ser utilizada pela impressora 3D e criar o fatiamento da impressão 3D para iniciar o processo.

São obtidos ganhos com essa substituição como diminuição do peso facilidade na fabricação e preço.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ADOBE. **Arquivos STL.** Disponível em: <https://www.adobe.com/br/creativecloud/file-types/image/vector/stl-file.html>. Acesso em 27/08/2023.

ADHMT. **Prensa dobradeira VS Estampagem.** Disponível em: <https://www.adhmt.com/pt/prensa-dobradeira-vs-estampagem/>. Acesso em 21/11/2024.

AFIXGRAF. **O que é policarbonato? Conheça as vantagens desse material para sua comunicação visual.** Disponível em: <https://www.afixgraf.com.br/blog/o-que-e-policarbonato/>. Acesso em 02/01/2019.

ENGIPRINTERS. **O que é e como funciona a impressão 3D FDM.** Disponível em: <https://engiprinters.com.br/impressao-3d-fdm-o-que-e-e-como-funciona-d58/>. Acesso em 27/08/2024.

FIA BUSINESS SCHOOL. **Impressão 3D: O que é, como funciona e exemplos de aplicação.** Disponível em: <https://fia.com.br/blog/impressao-3d/>. Acesso em 20/02/2020.

INCOMPLAST. **Policarbonato.** Disponível em: <https://incomplast.com.br/policarbonato/>. Acesso em 07/12/2024.

IMPÉRIO DOS METAIS. **Alumínio 7075.** Disponível em: https://www.imperiodosmetais.com.br/pdf/download_ficha_tecnica/aluminio/7075.pdf. Acesso em 27/08/2024.

IMPRESSÃO GERENCIADA. **Como funciona a Impressão 3D: As 3 etapas essenciais.** Disponível em: <https://www.impressaogerenciada.com.br/como-funciona-a-impressao-3d-as-3-etapas-essenciais/>. Acesso em 17/03/2020.

NARGESA. **Prensa dobradeira horizontal PP200CNC.** Disponível em: <https://nargesa.com/pt/maquinas-industriais/prensa-dobradeira-horizontal-pp200cnc>. Acesso em 09/12/2024.

PASSATORE. **Química dos polímeros 3º Módulo – técnico em química.** Disponível em: https://www.academia.edu/22827888/QU%C3%8DMICA_DOS_POL%C3%8DMEROS_3_M%C3%93DULO_T%C3%89CNICO_EM_QU%C3%8DMICA. Acesso em 18/02/2013.

RACKCDN. **Informações técnica alumínio 7075-T651.** Disponível em: chrome-extension://efaidnbmnnnibpajpcglclefindmkaj/https://e5a5e21295859d53b15f-83f0bd7793a5a4b61ea12de988b1f44d.ssl.cf2.rackcdn.com/uploads/cimm/catalogo/arquivo/217/infotecopp_alumi7075.pdf. Acesso em 07/12/2024.

RESINEX. **Impressão 3D.** Disponível em: <https://resinex.com/pt-PT/tecnologias/Impress%C3%A3o-3d>. Acesso em 20/07/2023.

REVISTA INDUSTRIA 4.0 PRINT IT 3D 2020. **Conheça os tipos de impressão 3D e os seus benefícios.** Disponível em: <https://3dlab.com.br/tipos-de-impressao-3d-e-beneficios/>. Acesso em 25/09/2018.

SLIM3D. Filamento PC (Policarbonato) premium 1Kg – Slim 3D. Disponível em: https://www.slim3d.com.br/produtos/filamento-pc-policarbonato-premium-1kg-slim-3d?srsId=AfmBOopg0WJSQqV7jkIl6k7qDuhI_6suQ-ir2Zd5mJzb8-6GGeFH3xO6&variant_id=373. Acesso em 27/08/2023.

VOLPATO. Reconstituição facial com o uso da tecnologia tridimensional. Disponível em: [https://revistaft.com.br/reconstituicao-facial-com-o-uso-da-tecnologia-tridimensional/#:~:text=.%2C%202004\).,A%20Impress%C3%A3o%203D%20%C3%A9%20um%20processo%20de%20manufatura%20de%20objetos,comparada%20a%20outros%20materiais%20cir%C3%BArgicos%20\(](https://revistaft.com.br/reconstituicao-facial-com-o-uso-da-tecnologia-tridimensional/#:~:text=.%2C%202004).,A%20Impress%C3%A3o%203D%20%C3%A9%20um%20processo%20de%20manufatura%20de%20objetos,comparada%20a%20outros%20materiais%20cir%C3%BArgicos%20(). Acesso em 12/05/2023.

VULCANOEJ. Impressão 3D: o que é e como ela está revolucionando o mundo. Disponível em: <https://vulcanoej.com.br/2019/02/28/o-que-e-a-impressao-3d/>. Acesso em 28/02/2019.

3DLAB. Manufatura aditiva: saiba o que é e o que ela representa. Disponível em: <https://3dlab.com.br/o-que-e-manufatura-aditiva/>. Acesso em 03/10/2019.

3DLAB. Impressão 3D FDM. Disponível em: <https://3dlab.com.br/impressao-3d-fdm-confira-o-guia-completo/#:~:text=Essa%20m%C3%A1quina%20%C3%A9%20a%20mais,de%20impress%C3%A3o%20de%20100mm/s..> Acesso em 26/09/2023.

3DILLA. Modelagem por deposição fundida. Disponível em: <https://pt.3dilla.com/impressora-3d/fused-deposition-modeling/>. Acesso em 27/08/2023.

3DLAB. Afinal, como funciona uma impressora 3D FDM. Disponível em: <https://3dlab.com.br/afinal-como-funciona-uma-impressora-3d-fdm/>. Acesso em 04/02/2020.