



# **Engenharia Moderna:** Soluções para Problemas da Sociedade e da Indústria 3

Fábio Andrijauskas  
Anete Silva Faesarella  
Laira Lucia Damasceno de Oliveira  
(Organizadores)

**Atena**  
Editora  
Ano 2022



# **Engenharia Moderna:** Soluções para Problemas da Sociedade e da Indústria 3

Fábio Andrijauskas  
Annete Silva Faesarella  
Laira Lucia Damasceno de Oliveira  
(Organizadores)

**Atena**  
Editora  
Ano 2022

**Editora chefe**

Profª Drª Antonella Carvalho de Oliveira

**Editora executiva**

Natalia Oliveira

**Assistente editorial**

Flávia Roberta Barão

**Bibliotecária**

Janaina Ramos

**Projeto gráfico**

Bruno Oliveira

Camila Alves de Cremo

Daphynny Pamplona

Luiza Alves Batista

Natália Sandrini de Azevedo

**Imagens da capa**

iStock

**Edição de arte**

Luiza Alves Batista

2022 by Atena Editora

Copyright © Atena Editora

Copyright do texto © 2022 Os autores

Copyright da edição © 2022 Atena Editora

Direitos para esta edição cedidos à Atena Editora pelos autores.

Open access publication by Atena Editora



Todo o conteúdo deste livro está licenciado sob uma Licença de Atribuição *Creative Commons*. Atribuição-Não-Comercial-Não-Derivativos 4.0 Internacional (CC BY-NC-ND 4.0).

O conteúdo dos artigos e seus dados em sua forma, correção e confiabilidade são de responsabilidade exclusiva dos autores, inclusive não representam necessariamente a posição oficial da Atena Editora. Permitido o *download* da obra e o compartilhamento desde que sejam atribuídos créditos aos autores, mas sem a possibilidade de alterá-la de nenhuma forma ou utilizá-la para fins comerciais.

Todos os manuscritos foram previamente submetidos à avaliação cega pelos pares, membros do Conselho Editorial desta Editora, tendo sido aprovados para a publicação com base em critérios de neutralidade e imparcialidade acadêmica.

A Atena Editora é comprometida em garantir a integridade editorial em todas as etapas do processo de publicação, evitando plágio, dados ou resultados fraudulentos e impedindo que interesses financeiros comprometam os padrões éticos da publicação. Situações suspeitas de má conduta científica serão investigadas sob o mais alto padrão de rigor acadêmico e ético.

**Conselho Editorial****Ciências Exatas e da Terra e Engenharias**

Prof. Dr. Adélio Alcino Sampaio Castro Machado – Universidade do Porto

Profª Drª Alana Maria Cerqueira de Oliveira – Instituto Federal do Acre

Profª Drª Ana Grasielle Dionísio Corrêa – Universidade Presbiteriana Mackenzie

Profª Drª Ana Paula Florêncio Aires – Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro

Prof. Dr. Carlos Eduardo Sanches de Andrade – Universidade Federal de Goiás

Profª Drª Carmen Lúcia Voigt – Universidade Norte do Paraná



Prof. Dr. Cleiseano Emanuel da Silva Paniagua – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás  
Prof. Dr. Douglas Gonçalves da Silva – Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia  
Prof. Dr. Eloi Rufato Junior – Universidade Tecnológica Federal do Paraná  
Profª Drª Érica de Melo Azevedo – Instituto Federal do Rio de Janeiro  
Prof. Dr. Fabrício Menezes Ramos – Instituto Federal do Pará  
Profª Dra. Jéssica Verger Nardeli – Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho  
Prof. Dr. Juliano Bitencourt Campos – Universidade do Extremo Sul Catarinense  
Prof. Dr. Juliano Carlo Rufino de Freitas – Universidade Federal de Campina Grande  
Profª Drª Luciana do Nascimento Mendes – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte  
Prof. Dr. Marcelo Marques – Universidade Estadual de Maringá  
Prof. Dr. Marco Aurélio Kistemann Junior – Universidade Federal de Juiz de Fora  
Prof. Dr. Miguel Adriano Inácio – Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais  
Profª Drª Neiva Maria de Almeida – Universidade Federal da Paraíba  
Profª Drª Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte  
Profª Drª Priscila Tessmer Scaglioni – Universidade Federal de Pelotas  
Prof. Dr. Sidney Gonçalo de Lima – Universidade Federal do Piauí  
Prof. Dr. Takeshy Tachizawa – Faculdade de Campo Limpo Paulista



# Engenharia moderna: soluções para problemas da sociedade e da indústria 3

**Diagramação:** Camila Alves de Cremo  
**Correção:** Yaiddy Paola Martinez  
**Indexação:** Amanda Kelly da Costa Veiga  
**Revisão:** Os autores  
**Organizadores:** Fábio Andrijauskas  
Annete Silva Faesarella  
Laira Lucia Damasceno de Oliveira

## Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

E57 Engenharia moderna: soluções para problemas da sociedade e da indústria 3 / Organizadores Fábio Andrijauskas, Annete Silva Faesarella, Laira Lucia Damasceno de Oliveira. – Ponta Grossa - PR: Atena, 2022.

Formato: PDF

Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader

Modo de acesso: World Wide Web

Inclui bibliografia

ISBN 978-65-258-0095-0

DOI: <https://doi.org/10.22533/at.ed.950221105>

1. Engenharia. 2. Sociedade. 3. Indústria. I. Fábio Andrijauskas (Organizador). II. Annete Silva Faesarella (Organizadora). III. Laira Lucia Damasceno de Oliveira (Organizadora). IV. Título.

CDD 620

Elaborado por Bibliotecária Janaina Ramos – CRB-8/9166

**Atena Editora**

Ponta Grossa – Paraná – Brasil

Telefone: +55 (42) 3323-5493

[www.atenaeditora.com.br](http://www.atenaeditora.com.br)

contato@atenaeditora.com.br



**Atena**  
Editora  
Ano 2022

## DECLARAÇÃO DOS AUTORES

Os autores desta obra: 1. Atestam não possuir qualquer interesse comercial que constitua um conflito de interesses em relação ao artigo científico publicado; 2. Declaram que participaram ativamente da construção dos respectivos manuscritos, preferencialmente na: a) Concepção do estudo, e/ou aquisição de dados, e/ou análise e interpretação de dados; b) Elaboração do artigo ou revisão com vistas a tornar o material intelectualmente relevante; c) Aprovação final do manuscrito para submissão.; 3. Certificam que os artigos científicos publicados estão completamente isentos de dados e/ou resultados fraudulentos; 4. Confirmam a citação e a referência correta de todos os dados e de interpretações de dados de outras pesquisas; 5. Reconhecem terem informado todas as fontes de financiamento recebidas para a consecução da pesquisa; 6. Autorizam a edição da obra, que incluem os registros de ficha catalográfica, ISBN, DOI e demais indexadores, projeto visual e criação de capa, diagramação de miolo, assim como lançamento e divulgação da mesma conforme critérios da Atena Editora.



## DECLARAÇÃO DA EDITORA

A Atena Editora declara, para os devidos fins de direito, que: 1. A presente publicação constitui apenas transferência temporária dos direitos autorais, direito sobre a publicação, inclusive não constitui responsabilidade solidária na criação dos manuscritos publicados, nos termos previstos na Lei sobre direitos autorais (Lei 9610/98), no art. 184 do Código Penal e no art. 927 do Código Civil; 2. Autoriza e incentiva os autores a assinarem contratos com repositórios institucionais, com fins exclusivos de divulgação da obra, desde que com o devido reconhecimento de autoria e edição e sem qualquer finalidade comercial; 3. Todos os e-book são *open access*, *desta forma* não os comercializa em seu site, sites parceiros, plataformas de *e-commerce*, ou qualquer outro meio virtual ou físico, portanto, está isenta de repasses de direitos autorais aos autores; 4. Todos os membros do conselho editorial são doutores e vinculados a instituições de ensino superior públicas, conforme recomendação da CAPES para obtenção do Qualis livro; 5. Não cede, comercializa ou autoriza a utilização dos nomes e e-mails dos autores, bem como nenhum outro dado dos mesmos, para qualquer finalidade que não o escopo da divulgação desta obra.



## APRESENTAÇÃO

Nos anos de 2020 e 2021 tivemos a primeira e a segunda edição do livro “Engenharia Moderna: Soluções para Problemas da Sociedade e da Indústria” e agora, em 2022, com muito orgulho lançamos sua terceira edição. Esta edição atual provém de trabalhos desenvolvidos durante a pandemia da COVID-19, um período que nos fez refletir sobre a importância da ciência e o desenvolvimento tecnológico no mundo atual, aliados na descoberta de soluções para problemas de diferentes âmbitos, haja vista as vacinas desenvolvidas no intuito de resolver esta situação tão sensível e desafiadora. Realmente, um momento que mudou a vida de todos e que ficará para sempre em nossas lembranças.

Em tempos que, mais do que nunca, necessitam de união e paz, apresentamos este conteúdo com diversos autores, demonstrando que a diversidade de pensamento, ideias e conhecimento são pilares para o avanço da ciência. Cada capítulo foi elaborado com dedicação e comprometimento dos pesquisadores, e traz mais um resultado de sucesso para diversas áreas do conhecimento, como as Engenharias, a Saúde e o Meio Ambiente.

Mais uma vez, agradecemos à Editora Atena pela oportunidade do lançamento do nosso terceiro livro, proporcionando uma via eficaz de disseminação de conhecimento e de suas contribuições para a sociedade e para a comunidade científica.

Finalizamos com uma frase da oração de São Francisco que diz: **“Senhor, fazei de mim instrumento de vossa paz”**.

**Paz e bem!**

Annete Silva Faesarella

Fábio Andrijauskas

Laira Lucia Damasceno de Oliveira



## SUMÁRIO

### **CAPÍTULO 1..... 1**

#### **A MODERN PANORAMA OF THE INTERNET OF MEDICAL THINGS DEMONSTRATING ITS APPLICATION LANDSCAPE**


Reinaldo Padilha França  
Ana Carolina Borges Monteiro  
Rangel Arthur  
Francisco Fambrini  
Julio Cesar Pereira  
Vicente Idalberto Becerra Sablón  
Yuzo Iano

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.9502211051>

### **CAPÍTULO 2..... 20**

#### **PRODUÇÃO E APLICAÇÕES DO PÓ DA CASCA DE ROMÃ EM COSMÉTICOS**


Teresa de Jesus Estevam Pereira  
Vanessa Cristine de Marco Matos dos Santos  
Iara Lúcia Tescarollo

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.9502211052>

### **CAPÍTULO 3..... 36**

#### **IMAGENS DE RESSONÂNCIA MAGNÉTICA FUNCIONAL EM ESTADO DE REPOUSO APLICADAS A ESTUDO DA DOR CRÔNICA UTILIZANDO DEEP LEARNING**


Sérgio Ricardo de Lima Novais  
Glaucilene Ferreira Catroli  
Fábio Andrijauskas

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.9502211053>

### **CAPÍTULO 4..... 50**

#### **BALSANET - PLATAFORMA COMPUTACIONAL MULTIPARÂMETROS CONTROLADA REMOTAMENTE PARA MONITORAMENTO DA QUALIDADE DE ÁGUAS SUPERFICIAIS**

Kelvyn Souza Santana  
Anderson Quintino da Fonseca  
Vicente Idalberto Becerra Sablón  
Annete Silva Faesarella


 <https://doi.org/10.22533/at.ed.9502211054>

### **CAPÍTULO 5..... 67**

#### **NOVO MÉTODO DE SUPRIMENTO DE ELETROPOSTOS A PARTIR DE ENERGIA FOTOVOLTAICA**

Fernando Luciano de Almeida  
Julio Cesar Galves Gomes Mangini Mosqueiro Junior  
Annete Silva Faesarella


Vicente Idalberto Becerra Sablón

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.9502211055>

**CAPÍTULO 6..... 81**

**ESTUDO DA RECUPERAÇÃO DE SOLVENTES NA PRODUÇÃO DE ADESIVOS**


Leonardo Dorigo de Almeida  
Samyra Haryele Gimenes Silva  
Monica Tais Siqueira D'Amelio

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.9502211056>

**CAPÍTULO 7..... 97**

**DESENVOLVIMENTO, ANÁLISE E ESTUDO DA CASCA DE CAFÉ PARA REMOÇÃO DE CORANTES DE EFLUENTES INDUSTRIAIS**


Enik Erica Rodrigues Godoy  
Gabriela de Oliveira Ferri  
Monica Tais Siqueira D'Amelio

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.9502211057>

**CAPÍTULO 8..... 109**

**APLICAÇÃO DE CARVÃO ALTERNATIVO EM TRATAMENTO DE ÁGUA INDUSTRIAL**


Bruna Ferraz Mattos de Souza  
David Aguiar Ferreira Junior  
Monica Tais Siqueira D'Amelio Felipe

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.9502211058>

**CAPÍTULO 9..... 123**

**ESTUDO DA TRANSFORMAÇÃO DO LODO GERADO EM ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE EFLUENTES EM PRODUTO COMERCIAL AGRÍCOLA**


Jaqueline Paz de Oliveira  
Mislaini de Sá Viana  
André Augusto Gutierrez Fernandes Beati  
Renata Lima Moretto  
Laira Lúcia Damasceno de Oliveira

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.9502211059>

**CAPÍTULO 10..... 145**

**AUTOMAÇÃO RESIDENCIAL COM FOCO EM EFICIÊNCIA ENERGÉTICA**


Augusto da Silva Santos  
Brurenan Rocha Silva  
Geraldo Peres Caixeta

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.95022110510>

**CAPÍTULO 11..... 163**

**ANÁLISE DE INTERFERÊNCIA ELETROMAGNÉTICA EM LINHAS DE TRANSMISSÃO E EFEITOS DE BLINDAGEM**


Rafaela Steffany da Silva Kayo  
William Aparecido de Oliveira  
Geraldo Peres Caixeta

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.95022110511>

**CAPÍTULO 12..... 183**

**ESTUDO DA VIABILIDADE DE RECUPERAÇÃO DE METAIS EM PLACAS DE CIRCUITO IMPRESSO**


Cláudia Fernanda Spagnol Cocenza  
Yasmin Abrahão Pacheco Boiago  
Renato Franco de Camargo  
Roberta Martins da Costa Bianchi

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.95022110512>

**CAPÍTULO 13..... 202**

**LEVANTAMENTO DA CAUSA REFERENTE AOS DANOS E PATOLOGIAS ENCONTRADOS NA PAVIMENTAÇÃO ASFÁLTICA EM UMA VIA DE FLUXO MUITO PESADO**


Caroline Fernanda Ferreira  
Lillian Maria Destro  
Marcelo da Silva

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.95022110513>

**CAPÍTULO 14..... 220**

**ANÁLISE DE GESTÃO DE OBRA E IMPACTO DE CIRCUNVIZINHANÇA**

Ana Carolina Marques Monteiro  
Letícia Toniato Andrade  
Laira Lúcia Damasceno de Oliveira  
Renata Lima Moretto

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.95022110514>

**CAPÍTULO 15..... 234**

**O DESEMPENHO TÉRMICO DAS EDIFICAÇÕES DE ENSINO FRENTE ÀS ESTRATÉGIAS ARQUITETÔNICAS, ENERGÉTICAS E OS IMPACTOS CLIMÁTICOS ATUAIS**

Jane Tassinari Fantinelli  
Mariana Cene da Silva  
Caroline Oliveira Tartari


 <https://doi.org/10.22533/at.ed.95022110515>

**CAPÍTULO 16..... 248**

**DESENVOLVIMENTO DE UM GERADOR DE OZÔNIO DE BAIXO CUSTO PARA**

## TRATAMENTO DE ÁGUA CONTAMINADA COM CORANTES


Leticia Pereira Brito D'Oliveira  
Marcos Vinicius Pernambuco Zeferino  
Roberta Martins da Costa Bianchi  
Renato Franco de Camargo

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.95022110516>

### **CAPÍTULO 17.....268**

#### DETERMINAÇÃO DO TEOR DE LACTOSE POR MEIO DE GLICOSÍMETRO

Danka Ayres Carvalho da Silva  
Gabriel Luís Ehrenberg Malavazzi  
Filipe Alves Coelho  
Roberta Martins da Costa Bianchi

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.95022110517>

### **CAPÍTULO 18.....280**

#### ESTUDO DA INFLUÊNCIA DOS PARÂMETROS DE IMPRESSÃO 3D NAS PROPRIEDADES MECÂNICAS DE PEÇAS TÉCNICAS IMPRESSAS


Paulo Cesar Polli  
Daniel Loureiro

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.95022110518>

### **CAPÍTULO 19.....299**

#### DESENVOLVIMENTO DE MODELOS DENTÁRIOS ATRAVÉS DA MANUFATURA ADITIVA

Guilherme de Faria Mendes  
Vinicius Fernandes Moreira Alves  
Daniel Loureiro

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.95022110519>

### **SOBRE OS ORGANIZADORES .....320**

## ESTUDO DA INFLUÊNCIA DOS PARÂMETROS DE IMPRESSÃO 3D NAS PROPRIEDADES MECÂNICAS DE PEÇAS TÉCNICAS IMPRESSAS

**Paulo Cesar Polli**

Universidade São Francisco  
Itatiba - SP  
<http://lattes.cnpq.br/7549994327679045>

**Daniel Loureiro**

Universidade São Francisco  
Itatiba - SP  
<http://lattes.cnpq.br/8970219282129453>

**RESUMO:** A impressora 3D tornou-se atualmente ferramenta indispensável para engenheiros, projetistas e alunos que desejam materializar seus projetos, podendo criar protótipos tridimensionais, a fim de facilitar a tomada de decisões para aprovação e execução de projetos técnicos. Este equipamento funciona através da decomposição de material, sendo impresso camada por camada. Neste trabalho, foi utilizado o processo de impressão Modelagem por Fusão e Decomposição (FDM). Quando se deseja criar produtos através da impressora 3D, ou seja, peças que serão utilizadas em outros equipamentos é ideal que essas peças tenham as melhores propriedades mecânicas possíveis. O presente trabalho testou quais parâmetros interferem significativamente no desempenho das peças técnicas impressas em 3D, demonstrando através de ensaios em laboratório, como amostras padronizadas impressas se comportam quando são submetidas a testes de tração. Realizando combinações dos parâmetros como: material a ser impresso, espessura da camada superficial de impressão e preenchimento interno. Este

estudo buscou determinar qual combinação desses parâmetros é a melhor opção para se obter a melhor resistência mecânica. Foram impressas diversas amostras para realização dos ensaios e após a obtenção dos resultados comportamentais, todos os dados obtidos passaram por procedimentos estatísticos, a fim de apresentá-los de maneira simples e de fácil entendimento.

**PALAVRAS-CHAVE:** Impressora 3D, polímeros de engenharia, prototipagem rápida, parâmetros de impressão 3D, ensaio de tração.

### STUDY OF THE INFLUENCE OF 3D PRINT PARAMETERS ON THE MECHANICAL PROPERTIES OF PRINTED TECHNICAL PARTS

**ABSTRACT:** The 3D printer has now become an indispensable tool for engineers, designers and students who wish to materialize their projects, creating three-dimensional prototypes to facilitate decision-making for approval and execution of technical projects. This equipment works through the decomposition of material, being printed layer by layer. In this work, the Fusing and Decomposition Modeling (FDM) printing process was used. When it is desired to create products through the 3D printer, that is, parts that will be used in other equipment, it is ideal that these parts have the best mechanical properties possible. The present work tested which parameters significantly interfere with the performance of the technical parts printed in 3D, demonstrating through laboratory tests how standardized printed

samples behave when subjected to tensile tests. The combination of these parameters is the best option to obtain the best mechanical resistance. The results of this study are based on the following parameters: material to be printed, surface layer thickness and internal fill. Several samples were printed to perform the tests and after obtaining the behavioral results, all the data obtained went through statistical procedures, in order to present them in a simple and easy to understand way.

**KEYWORDS:** 3D Printer, engineering polymers, rapid prototyping, 3D printing, 3D printing parameters, tensile test.

## 1 | INTRODUÇÃO

Com máquinas cada vez mais tecnológicas e computadorizadas, é possível a industrialização de diversos produtos com alta complexidade de processos industriais em um curto espaço de tempo, fazendo com que o produto necessite de um projeto técnico e ágil, não podendo causar atrasos no setor fabril. Um projeto bem elaborado exige uma análise profunda de todas as variáveis que impactarão a qualidade e durabilidade do produto final. Durante essa análise é possível observar a barreira que a indústria de projetos enfrenta que é a modelagem física de seus produtos, para a verificação de possíveis erros antes do início de produção em larga escala. Essa modelagem inicia-se em *softwares* de computadores, como por exemplo, o SOLIDWORKS®, em que é possível modelar o produto em três dimensões e fazer alterações sem quaisquer custos materiais. Porém, mesmo utilizando este recurso, o projeto fica carente de um protótipo físico, em que a visualização física do produto final é, muitas vezes, determinante para a execução do projeto. Na busca contínua para tornar o setor de projetos mais eficiente, a primeira impressora 3D surgiu em 1984, inventada por Chuck Hull, engenheiro físico norte-americano do estado da Califórnia, que utilizava o método de estereolitografia, tecnologia precursora da impressão 3D. Em 1989, foram criadas as primeiras impressoras comerciais, desenvolvidas por S. Scott Crump, cofundador da empresa Stratasys, Ltda. Desde então, essa tecnologia proporcionou diversas oportunidades de negócio, devido a sua flexibilidade e agilidade na criação de protótipos e produtos. Atualmente, algumas versões desses equipamentos estão mais acessíveis financeiramente, facilitando a prototipagem rápida, inclusive para pequenas empresas. Na *internet*, são fornecidos gratuitamente alguns *softwares*, como por exemplo, o Repetier, que opera as impressoras com melhor eficiência.

Poder fabricar produtos em impressoras que possam ser utilizados como parte integrante de novos equipamentos, representa economia de tempo e dinheiro, obrigando empresas a investirem nesse tipo de fabricação.

Ao utilizar peças obtidas pelo equipamento de impressão 3D, deseja-se que essas peças obtenham as mesmas propriedades mecânicas, comparadas com peças fabricadas por métodos convencionais de obtenção de peças constituídas em termoplásticos, como

por exemplo o processo de injeção em moldes, onde são fabricadas peças como mancais termoplásticos tipo UC, com rolamentos rígidos de esferas em anel mais largo, que são largamente utilizados na indústria. Na fabricação por injeção, é possível obter peças com ótimas propriedades mecânicas, porém para projetos em que se deseja uma quantidade menor de peças, se torna inviável a injeção, devido aos altos custos de fabricação dos moldes. Gerar peças pelo processo de impressão tridimensional é a opção mais prática, devido não necessitar de moldes, tornando o projeto viável.

Manufaturar peças na impressora 3D, exige determinar quais fatores afetarão diretamente às propriedades mecânicas do objeto que será impresso. Nesse estudo, os parâmetros abordados serão: Material de fabricação, camada superficial de impressão e preenchimento interno.

Entender como esses fatores interferem no comportamento do objeto quando este está submetido a uma carga, ajudará definir qual a melhor combinação desses três fatores e assim, fabricar peças com as melhores propriedades mecânicas possíveis.

Nesse contexto, o presente estudo visa demonstrar em laboratório, através de experimentos com amostras padronizadas, qual a melhor combinação de fatores que influenciam a impressão de uma peça técnica, a fim de que ela possa ser utilizada em aplicações industriais. Através de testes de tração, utilizando amostras impressas em materiais poliméricos, será possível compreender de forma clara e objetiva, o comportamento das amostras sob o esforço de tração, criando gráficos de tensão *versus* deformação, demonstrando qual condição obteve melhor desempenho.

## 2 | REFERENCIAL TEÓRICO

### 2.1 História da impressora 3D

A impressora 3D é considerada um invento revolucionário, sendo utilizada atualmente por diversos ramos, nos quais se desejam construir peças ou objetos a partir de modelos tridimensionais projetados em computadores. No ano de 1980 foram iniciados os inventos dos processos de prototipagem rápida, com ênfase na obtenção de objetos construídos camada sob camada. Na década de 80, surgiram também os três principais tipos de impressão 3D, sendo elas: SLA (Estereolitografia), SLS (Sinterização Seletiva a Laser) e FDM (Modelagem por Fusão e Decomposição). Já nos anos 90, surgiram impressoras mais desenvolvidas tecnologicamente, além de softwares de CAD (*Solidscap*e), específicos para impressão de objetos por adição de material. Com essas otimizações, foi possível iniciar o uso da tecnologia de impressão 3D em áreas como a Medicina. Nos anos 2000, houve uma grande exposição dessa tecnologia na mídia, alavancada pela utilização desses equipamentos para impressão de órgãos humanos e próteses para deficientes físicos.

No ano de 2009, com o fim das patentes, o uso das tecnologias tornou-o livre para o público e mais acessível financeiramente, aumentando ainda mais sua popularidade entre entusiastas da manufatura rápida (SCULPTEO, 2016).

No processo FDM, a fabricação dos modelos tridimensionais é feita através da decomposição de filamentos de polímeros aquecidos até determinada temperatura, e camada por camada cria-se o objeto desejado. O filamento é colocado na impressora 3D em um rolo de armazenagem e durante a impressão se desenrola, alimentando o bico de impressão, conforme demonstrado na Figura 1 (ABREU, 2015).

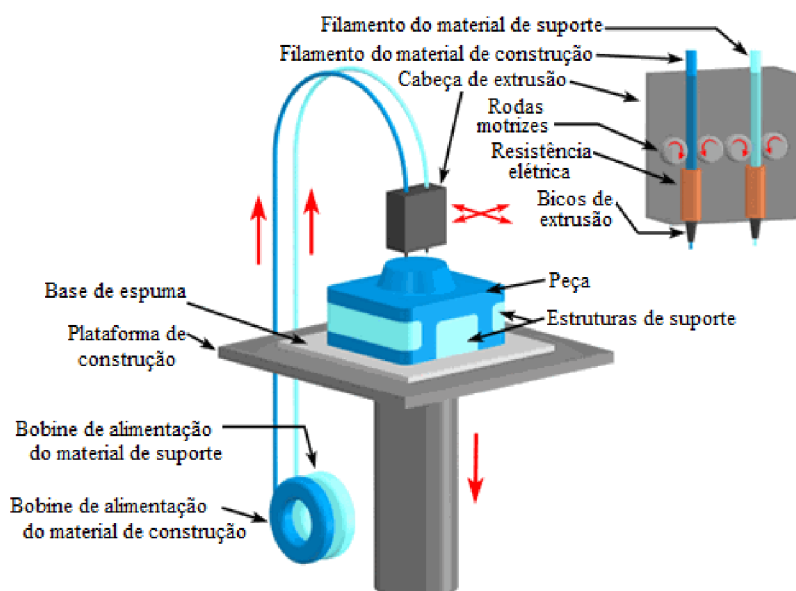


Figura 1 - Processo de Modelagem por Fusão e Decomposição

Fonte: ABREU, 2015.

## 2.2 Polímeros ABS e PLA

O PLA (Poli Ácido Láctico), pode ser obtido de duas maneiras: A primeira é pela policondensação direta de ácido láctico e a segunda maneira é a polimerização por abertura do anel láctico (JAHNO, 2005). Trata-se de um termoplástico amplamente utilizado em impressoras 3D. Sua composição de poliéster alifático produzido através da fermentação da biomassa do milho ou de materiais de fontes renováveis, como cana de açúcar e batata, pode ter as propriedades semi cristalino ou amorfo, dependendo de sua estrutura molecular, interferindo em sua resistência mecânica e flexibilidade (TOMÁS, 2011)

O copolímero termoplástico ABS (Acrlonitrila, Butadieno e Estireno), é sintetizado



pelo seguinte processo: primeiramente a acrilonitrila é copolimerizada com o estireno, gerando o SAN (Estireno e Acrilonitrila), que posteriormente é extrudada com o polibutadieno, criando o ABS. Esse polímero é amplamente usado na indústria pelas suas ótimas propriedades, como leveza, rigidez, flexibilidade e absorção de impactos, podendo assumir diversas formas com ótimo acabamento, brilho e diversas cores utilizando-se adição de pigmentos (CANEVAROLO, 2006).

### 2.3 Prototipagem

Define-se como o processo da criação do produto que se deseja produzir, porém é manufaturado antes que o produto seja efetivamente industrializado, podendo assim fazer todas as avaliações necessárias a fim de evitar erros de projeto.

### 2.4 Ensaio de tração - normas

Para avaliar a resistência de um material que será tracionado, é realizado ensaio de tração em corpo de prova padronizado pela norma ASTM (*American Society for Testing & Materials*). O ensaio consiste em aplicar duas forças opostas nas extremidades de um corpo de prova, até que ocorra a ruptura. Esse ensaio permite avaliar como estes materiais se comportam e quais serão seus limites de resistência. Essas propriedades são importantes para controlar e especificar materiais plásticos, para pesquisa e desenvolvimento de projetos técnicos. Desta forma é possível avaliar se o material tende a deformar facilmente ou não, de modo a assegurar uma boa precisão dimensional quando submetidos a esforços de Tração. A norma técnica que especifica esse tipo de ensaio, é, também, a ASTM, ela preconiza os parâmetros nas seguintes famílias de normas (FILHO *et. al*, 2017):

- ASTM D638
- ADTM D412
- ADTM D882
- ISO 527

### 2.5 Processamento de dados estatísticos

A coleta de dados é de suma importância para analisar um problema de engenharia. Segundo (MONTGOMERY, 2013), se tratando de um projeto empírico, por exemplo, os primeiros dados coletados serão a base norteadora para investigação, visando à tomada de decisão para a fabricação de um novo produto ou mesmo a melhora de um produto existente.

Desta forma, a tomada de decisão em um processo industrial ou qualquer outra área depende da organização de dados, sendo esta uma ferramenta importante para economizar tempo e recursos. Um projeto sem um planejamento, obedecendo às premissas

de uma boa estratégia, pode levar o experimento à ruína, já com o levantamento de dados cria-se uma memória em que uma estratégia pode ser mudada evitando o mesmo erro (MONTGOMERY, 2013).

## 2.6 Softwares de impressão 3D

Existem vários softwares para impressora 3D na *internet*, alguns são pagos e outros gratuitos, sendo um dos mais usados o *Repetier*, por ser gratuito. O *Repetier* é um gestor de impressão que tem como objetivo criar um modelo matemático baseado em coordenadas a partir de um desenho 3D salvo em STL. Este *software* possui uma opção que tem a função de fatiar em camadas modelo 3D em um plano horizontal tornando em 2D, o *Slice*, depois de feito o fatiamento por camada, o programa faz os cálculos de forma reversa de preenchimento com polímero que será extrudado.

## 2.7 Variáveis que afetam a qualidade de impressão 3D

Quando se realiza a prototipagem rápida em impressoras 3D, é de grande importância que o produto obtido dessa impressão seja de extrema qualidade visual e geométrica, pois deve representar de maneira fiel o modelo projetado no computador. Segundo (MELENKA *et al.*, 2015), alguns fatores são fortemente influenciados no processo FDM, sendo eles: geometria e dimensões. Devido ao processo de impressão depender de calor para construção do protótipo, podem ocorrer distorções na geometria da peça, como por exemplo, empenamento de peças longas e etc. No fator dimensões, devido à peça ser aquecida durante a impressão, quando o processo é finalizado, ocorre o esfriamento do objeto, ocasionando a contração das dimensões, podendo ter seus valores afetados de forma significativa.

## 3 | METODOLOGIA

Entender o comportamento mecânico de um material é de suma importância quando se projeta peças que atuarão em equipamentos industriais. A maneira como se inicia o desenvolvimento de uma peça técnica depende de alguns fatores, como o tipo de material que será usado, o processo de fabricação etc. Analisando o material, tratando-se de peças impressas, a resistência à tração é um fator que pode afetar o bom funcionamento deste componente, devido o processo de impressão ser realizado camada por camada. Para a realização dos testes de tração deste trabalho, foi necessário seguir normas que definem de maneira padronizada como realizar esses experimentos. A primeira etapa foi definir a geometria das amostras que foram impressas e ensaiadas.

Segundo a norma ASTM D638 (ASTM, 2018), conforme ilustrada na Figura 2, o corpo de prova deve ter as seguintes dimensões.

## Dimensões do CP para Ensaio de Tração (ASTM D638)

DIMENSÕES (MM)	T ≤ 7 mm		T = 7 – 14 mm
	Tipo I	Tipo II	Tipo III
W – LARGURA DA SEÇÃO DELGADA	13	6	19
L – Comprimento da seção delgada	57	57	57
WO – Largura total	19	19	29
LO – Comprimento total	185	183	246
G – Comprimento p/ instrumentação	50	50	50
D – Distância entre garras	115	135	115
R – raio	76	76	76

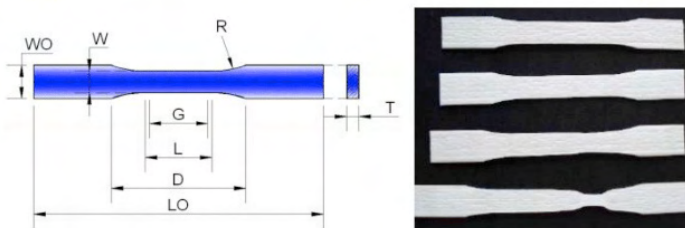


Figura 2 - Corpo de prova segundo a norma

Fonte: RUCKERT, 2018.

Como se deseja obter uma comparação entre o comportamento do material PLA e ABS, é necessário um número mínimo de amostras por ensaio, sendo definido cinco impressões por ciclo de ensaios, sendo oito ciclos, gerando quarenta amostras. Essa regra torna o tratamento dos dados mais seguro.

Com intuito de facilitar o entendimento dos dados, as variáveis utilizadas foram apresentadas da seguinte maneira:

- Em relação ao parâmetro preenchimento, foram fixados dois tipos de siglas representativas, em que P50 corresponde a 50% de preenchimento e P75 a 75% de preenchimento;
- Na camada, que é o contorno da peça (“casca”), denominou-se também dois tipos de letras representativas, em que CM2 - dois filetes de camada e CM5 - cinco filetes de camada e;
- Para representar qual o material utilizado nas amostras, utilizou-se a as siglas que já as nomeiam: ABS e PLA.

A Tabela 1 apresenta a organização dos ciclos, de acordo com as variáveis utilizadas.

Condição	Polímero	Preenchimento	Camada	Quant. de amostras
1	PLA	P50	CM2	5
2	PLA	P75	CM5	5
3	PLA	P50	CM2	5
4	PLA	P75	CM5	5
5	ABS	P50	CM2	5
6	ABS	P75	CM5	5
7	ABS	P50	CM2	5
8	ABS	P75	CM5	5

Tabela 1 - Dados organizados por material e siglas.

Fonte: Autoria Própria.

Definidas a geometria e as dimensões dos corpos de prova, a próxima etapa foi imprimir as amostras na impressora 3D. O equipamento utilizado foi a impressora modelo Sethi3d, mostrada na Figura 3 que opera pelo processo de FDM (Modelagem de fusão e decomposição).

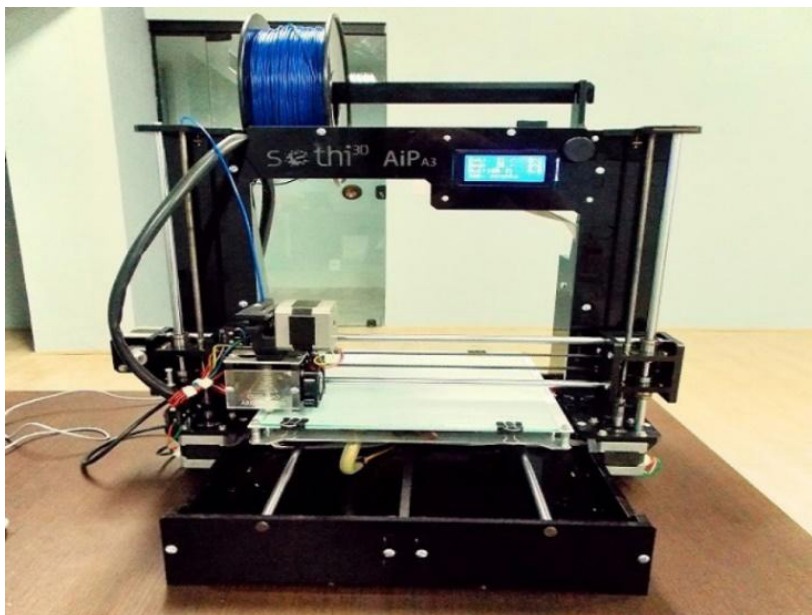


Figura 3 - Impressora 3D, Sethi3d

Fonte: Autoria própria.

No dimensionamento dos processos, foi utilizado o software Repetier, que cria

as camadas de impressão. É neste programa que as variáveis de projeto (Camada e Preenchimento) foram modificadas e aplicadas seguindo a Tabela 1, assim variando o processo de fabricação para cada ciclo de amostras.

Para iniciar a impressão das amostras, aqueceu-se a mesa da impressora até a temperatura de funcionamento, limpou-se a base de impressão, aplicou-se o adesivo para aderência da peça, e iniciou-se através do *software* Repetier, a impressão das amostras. Foram realizados oito processos de impressão, ou seja, oito processos com a impressão de cinco amostras por vez.

Com os quarenta corpos de prova (amostras) já impressos, a próxima etapa foi realizar os ensaios de tração, utilizando uma máquina própria para esse tipo de experimento, como pode ser visto na Figura 4, denominada de Máquina Universal de Ensaios.



Figura 4 - Máquina universal de ensaios, EMIC

Fonte: Autoria própria.

Essa etapa foi realizada da seguinte maneira:

- Montou-se o corpo de prova na máquina de ensaios, fixando-os pelas extremidades;

- Zerou-se todos os indicadores (deformação e carga) da máquina, a fim de que os parâmetros Carga (Kgf) e alongamento (mm) estivessem prontos para início do ensaio de tração;
- Iniciou-se o ensaio apertando o botão “*Start*” do equipamento e;
- O experimento foi considerado finalizado quando o corpo de prova se rompeu.

Como regra, a ruptura deve sempre ocorrer na menor seção de área do corpo de prova e caso ocorra fora dessa região, o ensaio deveria ser refeito. Como não houve problemas durante os experimentos, todas as amostras foram aprovadas.

Como o equipamento de tração utilizado não gera gráficos de tensão versus deformação automaticamente, foi necessário filmar os ensaios de tração, para posteriormente criar os gráficos e fazer as conversões.

O equipamento gera gráficos de Carga versus Alongamento, sendo que para criar os gráficos de Tensão *versus* Deformação, foi necessário realizar os seguintes procedimentos:

- Converter a Carga (Kgf - quilograma força) em tensão (MPa - Mega Pascal), sendo necessário dividir a carga, já convertida em N, pela menor área (mm<sup>2</sup>) da seção transversal da amostra, segundo a equação 1:

$$\sigma = \frac{F \text{ [N]}}{A \text{ [mm}^2\text{]}} \text{ ou [MPa]} \quad (1)$$

- Transformar o alongamento em deformação específica, segundo a equação 2:

$$\varepsilon = \frac{\Delta l \text{ [mm]}}{l_0 \text{ [mm]}} \quad (2)$$

Como resultado dos ensaios de tração, obteve-se um gráfico de Tensão versus deformação para cada corpo de prova, conforme exemplo na Figura 5.

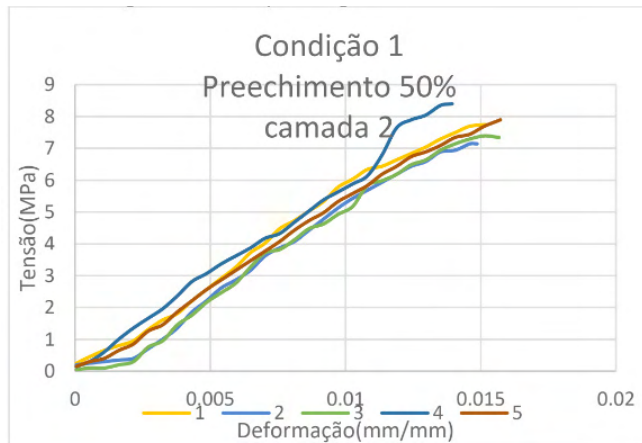


Figura 5: Exemplo do gráfico Tensão versus Deformação

Fonte: Autoria Própria.

Com a curva característica de cada amostra gerada pela máquina de ensaios, foi possível levantar dados importantes sobre como o corpo de prova se comportou quando foi tracionado. As principais características da amostra são nomeadas e descritas da seguinte maneira (RUCKERT, 2018):

- Tensão de Escoamento: É o ponto entre o final do regime elástico e a entrada do regime plástico.
- Módulo de Young (elasticidade): Determina a rigidez do material, quanto maior o módulo, mais tensão é necessário ser aplicada para que haja deformação elástica.
- Tensão máxima de tração: É a tensão máxima que o material pode suportar antes de romper.

Os dados obtidos nos experimentos foram tratados de maneira estatística, seguindo como base a Tabela 2.

Condição	Polímeros	Preenchimento	Camada	Tensão max. de Tração (MPa)	Módulo de elasticidade (E= GPa)	Tensão de Escoamento (MPa)
1	PLA	P50	CM2			
2	PLA	P50	CM5			
3	PLA	P75	CM2			
4	PLA	P75	CM5			
5	ABS	P50	CM2			
6	ABS	P50	CM5			
7	ABS	P75	CM2			
8	ABS	P75	CM5			

Tabela 2 - Exemplo da tabela de dados obtidos nos experimentos

Fonte: Autoria Própria.

## 4 | RESULTADOS E DISCUSSÕES

Seguindo toda metodologia pré-determinada, todas as quarenta amostras foram impressas e tracionadas com sucesso. Porém ao iniciar o processo de impressão 3D, foi necessário fixar algumas variáveis, pois o software que opera a impressora apresenta diversas opções para mudanças de parâmetros, sendo que neste trabalho foram estudados apenas três deles. Entre as diversas variáveis fixadas, o ângulo de impressão (ângulo de raster) segundo LANZOTTI (2015) tem melhor desempenho nos ensaios de tração a 90°, sendo esse valor fixado também neste trabalho.

Na Tabela 3, estão apresentados os principais parâmetros e seus valores utilizados no software Repetier:

Parâmetros de impressão para o PLA		Parâmetros de impressão para o ABS	
Diâmetro do filamento:	1,75mm	Diâmetro do filamento:	1,75mm
Cor do filamento:	Marrom	Cor do filamento:	Laranja
<b>Temperatura de extrusão</b>		<b>Temperatura de extrusão</b>	
Bico de extrusão	210°C	Bico de extrusão	235°C
Mesa de impressão	60°C	Mesa de impressão	100°C
Ambiente	25°C	Ambiente	25°C
Ângulo de impressão	90°	Ângulo de impressão	90°
<b>Preenchimento</b>		<b>Preenchimento</b>	
Condição 1 - 2	50%	Condição 5 - 6	50%
Condição 3 - 4	75%	Condição 7 - 8	75%

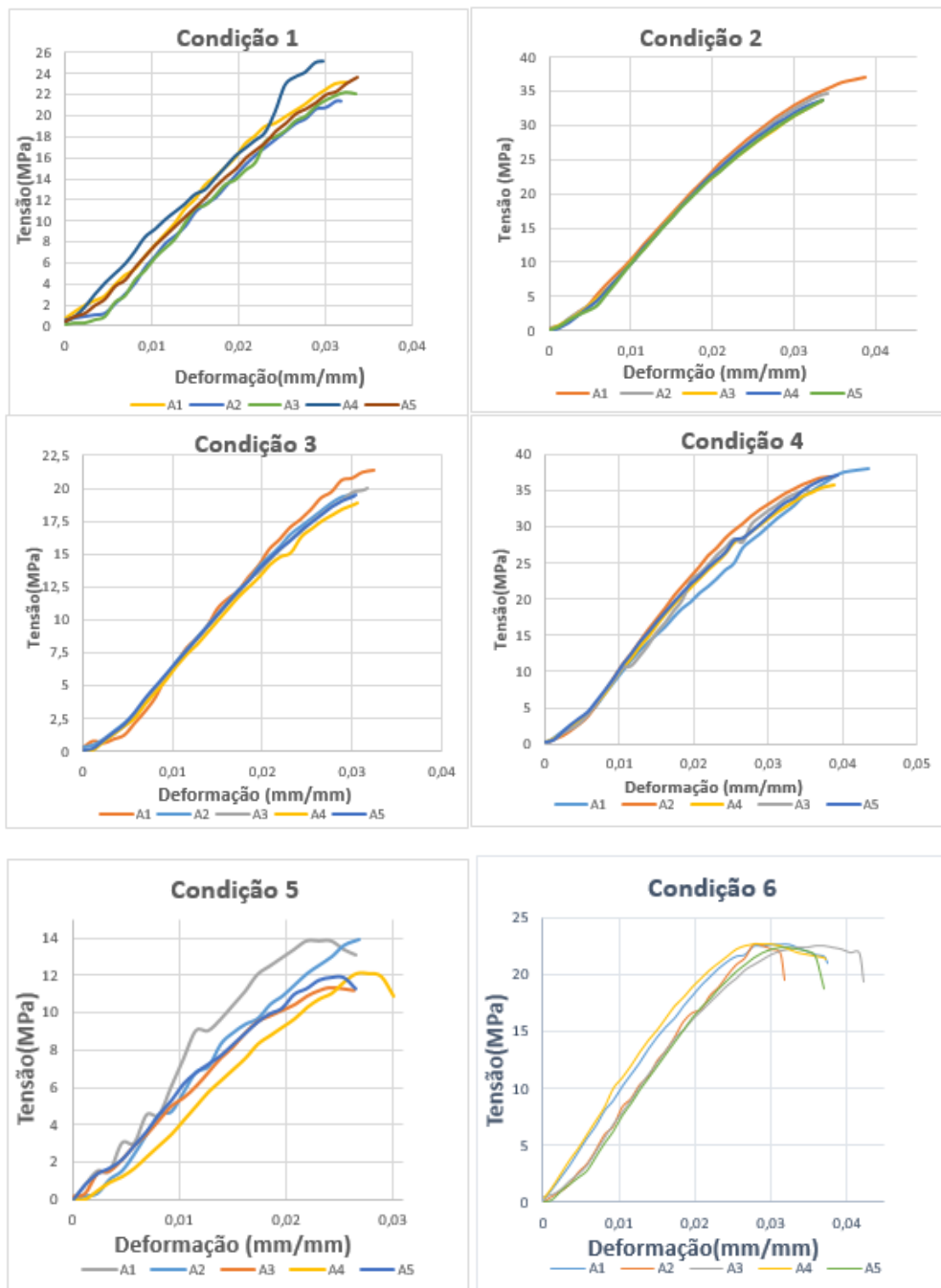
A impressora não possui cabine de isolamento térmico.

Tabela 3 - Parâmetros utilizados no *software*.

Fonte: Autoria Própria.



Após experimentos realizados no laboratório de ensaios de tração, obteve-se os seguintes gráficos de Tensão *versus* Deformação, apresentados na Figura 6:



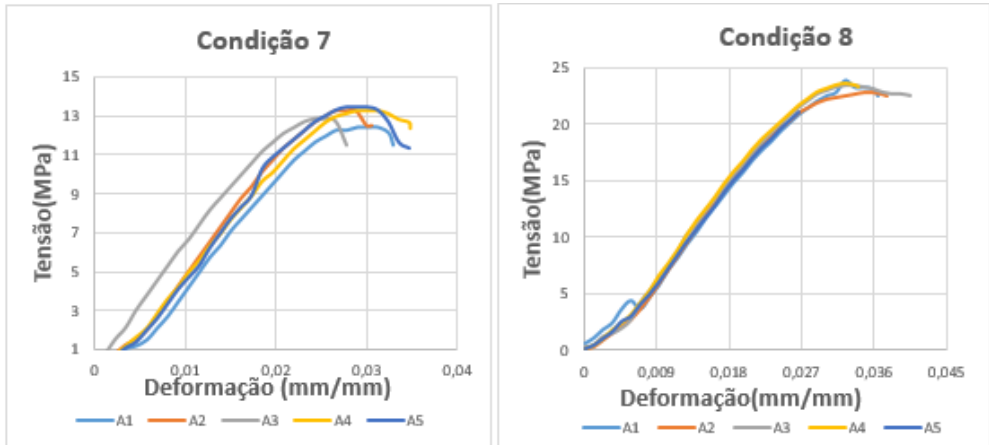


Figura 6 - Gráficos de Tensão x Deformação

Fonte: Autoria Própria.

Apresentados os gráficos, pode-se afirmar que todas as amostras se comportaram dentro do esperado, tendo poucas variações entre as amostras do mesmo ensaio, ou seja, no ciclo de ensaios de cada condição, as cinco amostras tiveram comportamento similar. Com a observação de resultados relevantes nos gráficos, foi construída a Tabela 4 para melhor visualização dos resultados obtidos:

Condição	Polímeros	Preenchimento	Camada	Tração max. (MPa)	Módulo de elasticidade (E=GPa)	Tensão de Escoamento(MPa)
1	PLA	P50	CM2	23,1438	0,8091	20,8506
2	PLA	P50	CM5	34,5498	1,3050	22,3593
3	PLA	P75	CM2	19,8548	0,8170	13,8199
4	PLA	P75	CM5	36,6318	1,0597	26,4932
5	ABS	P50	CM2	12,6431	0,7204	9,8067
6	ABS	P50	CM5	22,5403	1,0023	20,4281
7	ABS	P75	CM2	13,0354	0,6108	12,0094
8	ABS	P75	CM5	23,3852	0,9188	20,4885

Tabela 4 - Dados obtidos nos gráficos

Fonte: Autoria Própria.

Pode-se afirmar que:

- A condição que obteve melhor desempenho no ensaio de tração, foi a 4.
- A condição que obteve pior desempenho no ensaio de tração, foi a 5.

Para avaliar quais parâmetros influenciam os resultados, foi utilizado o processamento estatístico pelo método de Pareto, utilizando como ferramenta o *software*

Minitab®, que gerou três gráficos, tendo como respostas a Tensão Máxima de Tração, o Módulo de Elasticidade e a Tensão de escoamento. A seguir os gráficos apresentados pelas Figuras 7, 8 e 9.

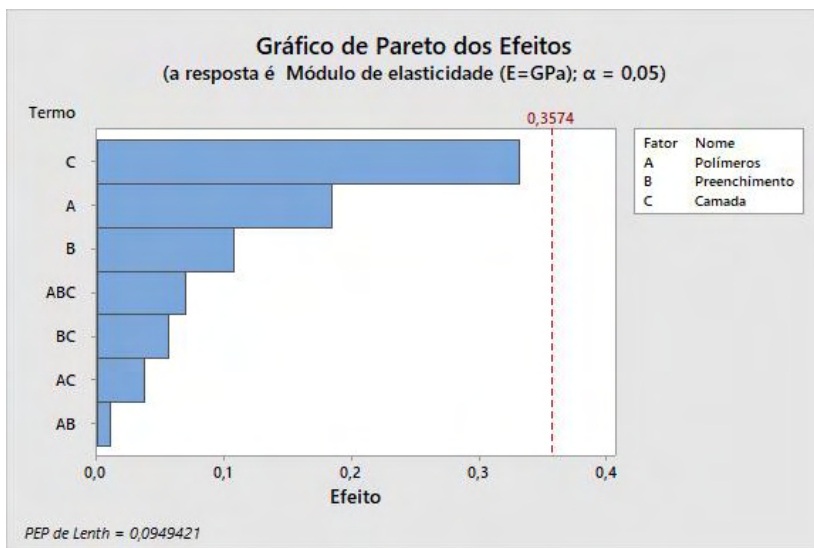


Figura 7 - Gráfico de Pareto - Módulo de elasticidade  
Fonte: Autoria Própria.

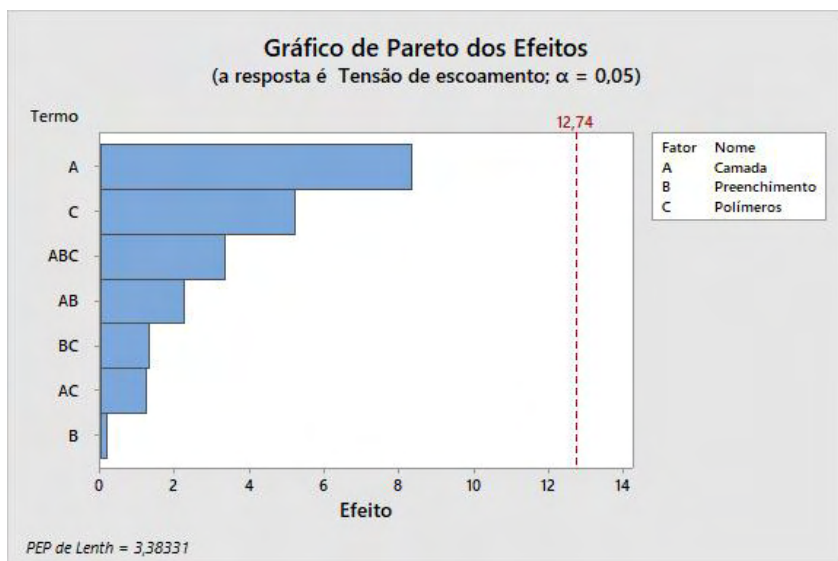


Figura 8 - Gráfico de Pareto - Tensão de escoamento  
Fonte: Autoria Própria.

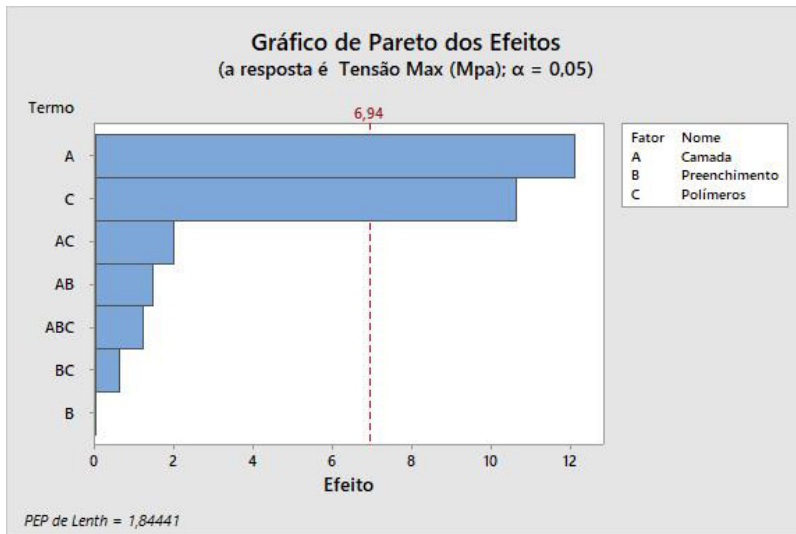


Figura 9: Gráfico de Pareto - Tensão máxima

Fonte: Autoria Própria.

Conforme ilustrado nos gráficos, os únicos parâmetros que apresentaram influência, foram a Camada de impressão e o Polímero de fabricação, ainda que este último somente na resposta Tensão máxima de Tração. Nas demais respostas, nenhum parâmetro apresentou influência significativa. O parâmetro que menos influenciou as respostas, foi o preenchimento.

A condição 4 apresenta melhor desempenho devido ao fato de haver o aumento na camada de impressão. A mudança de camada de dois para cinco filamentos, causa o aumento da área de material sólido nas amostras, conforme mostra a Figura 10.



Figura 10 - Diferença entre as camadas de impressão

Fonte: Autoria Própria.

Pode-se observar na equação da tensão, que quando a área de secção transversal da amostra é aumentada, mantendo a mesma força, a tensão nessa área diminuiu, ou seja, a força aplicada é distribuída em uma área maior, fazendo com que a amostra resista a uma tensão maior de tração.

Já a condição 5, apresentada como a que teve o pior desempenho, pode-se explicar esse fato é devido a mudança de polímero. Como também pôde ser visto na Tabela 4, todos os ensaios que foram utilizados o ABS como matéria prima, o desempenho foi inferior ao do polímero PLA. Essa deficiência de resistência está associada diretamente com a estrutura molecular de cada material e pode ser confirmada pelos gráficos dos ensaios. O ABS apresenta menor tensão de escoamento que a do PLA, ou seja, o seu regime elástico é menor que o do PLA.

A não influência do preenchimento nos ensaios de tração, pode ser explicada pela pouca variação de massa das amostras, conforme mostra a Tabela 5:

Massa das Amostras (gramas)									
Condição	Polímeros	Preenchimento	Camada	A1	A2	A3	A4	A5	Média
1	PLA	P50	CM2	10,118	10,115	10,085	10,085	10,167	10,1140
2	PLA	P50	CM5	14,315	14,282	14,271	14,239	14,258	14,2730
3	PLA	P75	CM2	10,401	10,304	10,314	10,291	10,293	10,3206
4	PLA	P75	CM5	14,554	14,56	14,486	14,575	14,567	14,5484
5	ABS	P50	CM2	8,116	8,104	8,119	8,123	8,176	8,1276
6	ABS	P50	CM5	11,355	11,374	11,346	11,369	11,35	11,3588
7	ABS	P75	CM2	8,188	8,239	8,183	8,168	8,168	8,1892
8	ABS	P75	CM5	11,29	11,297	11,266	11,276	11,271	11,2800

Tabela 5 - Massa das amostras

Fonte: Autoria Própria.

Devido a massa ter pouca variação, comparando o P50 e P75, não houve aumento significativo da área de secção transversal, tendo variação de aproximadamente 1 MPa de um parâmetro para outro na Tensão Máxima de Tração.

## 5 I CONCLUSÕES

Todos os experimentos realizados foram de suma importância para o crescente desenvolvimento da tecnologia de impressão tridimensional. Os resultados apresentados neste trabalho, como a comprovação que o polímero impresso PLA é mais resistente a tração que o impresso ABS; a afirmação que a camada externa de impressão é o parâmetro de maior influência na resistência mecânica, e também que o preenchimento não tem efeito significativo nos ensaios realizados. Essas afirmações demonstram a importância da realização de pesquisas em tecnologias emergentes, pois se tratam de tecnologias com pouca literatura. Algumas limitações de laboratórios durante os estudos dificultaram os procedimentos empíricos, podendo apontar como problema o equipamento de tração ser antigo e a impressora 3D ter apresentado alguns problemas de fixação das amostras na mesa e impressão. A ausência de literatura sobre o tema também dificultou a comparação dos dados obtidos com demais trabalhos já realizados. Felizmente o resultado final não foi prejudicado. Para futuras pesquisas, a sugestão é o estudo da influência da temperatura de impressão e a diferença de resistência mecânica entre polímeros de baixa qualidade e polímeros de engenharia. As afirmações apresentadas, poderão auxiliar engenheiros, projetistas e entusiastas da produção de peças por impressão 3D, a melhorar e otimizar seus projetos, obtendo melhorias na resistência mecânica de suas peças.

## REFERÊNCIAS

ABREU, 2015: FDM – MODELAGEM POR FUSÃO E DECOMPOSIÇÃO SAC Abreu - 2015 - repositorio-aberto.up.p. Disponível em: <[https://scholar.google.com.br/scholar?hl=ptBR&as\\_sdt=0%2C5&q=SLA+%28Estereolitografia%29+Abreu&btnG=>](https://scholar.google.com.br/scholar?hl=ptBR&as_sdt=0%2C5&q=SLA+%28Estereolitografia%29+Abreu&btnG=>)> Acesso em: 10 de abril de 2018.

CANEVAROLO S.V. JR: CIÊNCIA DOS POLÍMEROS: Um texto básico para tecnólogos e engenheiros 2º ed. p.35 2006

FILHO, Getúlio de Medeiros Campos; Raimundo Nonato da Alves Silva; José Costa de Macedo Neto; Charles Ribeiro de Brito; Maria do Perpetuo Socorro Lamego Oliveira; ENSAIO DE TRAÇÃO EM POLIETILENO DE ALTA DENSIDADE (PEAD) Vs. A LITERATURA COMERCIAL, 2017. Acesso em: 27 de setembro de 2018.

JAHNO, Vanusa Dalosto, Síntese e caracterização do Poli (L-ácido láctico) para uso como biomaterial; Dissertação para obtenção do título de mestre em engenharia; p.16, 2005. Acesso em 27 de setembro de 2018.

LANZOTTI, 2015; Antonio Lanzotti Marzio Grasso Gabriele Staiano Massimo Martorelli , (2015),”The impact of process parameters on mechanical properties of parts fabricated in PLA with an open-source 3-D printer”, Rapid Prototyping Journal, Vol. 21 Iss 5 pp.

MELENKA 2015 - Garrett W. Melenka, Jonathon S. Schofield, Michael R. Dawson, Jason P. Carey , (2015),”Evaluation of dimensional accuracy and material properties of the MakerBot 3D desktop printer”, Rapid Prototyping Journal, Vol. 21 Iss 5 pp. 618 - 627

MONTGOMERY, D.C., 1943- Estatística aplicada engenharia / Douglas C. Montgomery, George C. Runger, Norma Faris Hubele; tradução Verônica Calado. - 2.ed. - [Reimpresso.]. - Rio de Janeiro: LTC, 2013. p354.

NORMA ASTM D638, disponível em [https://disciplinas.usp.br/pluginfile.php/4336053/mod\\_resource/content/4/D638.1207962-1.pdf](https://disciplinas.usp.br/pluginfile.php/4336053/mod_resource/content/4/D638.1207962-1.pdf), acesso em 10/5/2018.

RUCKERT, Cassius O.F. Terra; - Introdução aos Ensaios Mecânicos dos Materiais. Rio de Janeiro: LTC, 2018.

SCULPTEO, 2016 ; Hannah Bensoussan; The History of 3D Printing: 3D Printing Technologies from the 80s to Today. Disponível em: <https://www.sculpteo.com/blog/2016/12/14/the-history-of-3d-printing-3d-printing-technologies-from-the-80s-to-today/>> Acesso em: 19 de novembro de 2018.

TOMÁS, 2011 - GUSTAVO F. B. , PANKAJ A., EDCLEIDE M. A. , TOMÁS J. A. DE M., 2011: Tenacificação do Poli(Ácido Láctico) pela Adição do Terpolímero (Etileno/Acrilato de Metila/Metacrilato de Glicidila): Programa de Pós Graduação em Ciência e Engenharia de Materiais, PPG-CEMat/UFCG: Disponível em: <[http://www.scielo.br/pdf/po/2012nahead/aop\\_0938.pdf](http://www.scielo.br/pdf/po/2012nahead/aop_0938.pdf)> Acesso em: 10 de abril de 2018.



# **Engenharia Moderna:** Soluções para Problemas da Sociedade e da Indústria 3

-  [www.atenaeditora.com.br](http://www.atenaeditora.com.br)
-  [contato@atenaeditora.com.br](mailto:contato@atenaeditora.com.br)
-  [@atenaeditora](https://www.instagram.com/atenaeditora)
-  [www.facebook.com/atenaeditora.com.br](https://www.facebook.com/atenaeditora.com.br)





# **Engenharia Moderna:** Soluções para Problemas da Sociedade e da Indústria 3

 [www.atenaeditora.com.br](http://www.atenaeditora.com.br)  
 [contato@atenaeditora.com.br](mailto:contato@atenaeditora.com.br)  
 [@atenaeditora](https://www.instagram.com/atenaeditora)  
 [www.facebook.com/atenaeditora.com.br](https://www.facebook.com/atenaeditora.com.br)

  
Ano 2022