

ANÁLISE DE RESISTÊNCIA DO MATERIAL IMPRESSO A PARTIR DE VARIAÇÕES NOS VALORES DE ENTRADAS DO FATIAMENTO DA IMPRESSÃO 3D

Mariana Oliveira Dalla Maria¹
Lucas Vaslanv da Silva Wolff²

RESUMO

O presente estudo investiga como as variáveis do processo de fatiamento influenciam as propriedades mecânicas de protótipos impressos em PLA (ácido poliláctico) por manufatura aditiva. A pesquisa utilizou corpos de prova modelados no Tinkercad e fatiados no software UltiMaker Cura, variando parâmetros como direção de impressão, espessura de paredes e altura de camada. Ensaios de tração foram conduzidos para avaliar a resistência à ruptura e o módulo de elasticidade. Os resultados indicaram que a direção de impressão paralela confere desempenho mecânico superior à direção perpendicular. Observou-se ainda que o aumento da espessura das paredes e a maior altura de camada resultaram em protótipos mais resistentes. Contudo, limitações como acabamento superficial e restrição de materiais ainda representam desafios. Este trabalho contribui ao propor ajustes para melhorar a qualidade e resistência dos elementos pós-impressão, sugerindo novos estudos para diversificar os materiais e padronizar as práticas na impressão 3D.

Palavras-chave: Impressão 3D. Variação da Resistência. Fatiamento. PLA.

¹ Aluna do 10º período do curso de Engenharia Civil da FAE Centro Universitário. Bolsista do Programa de Apoio à Iniciação Científica (PAIC 2023-2024). *E-mail:* mariana.maria@mail.fae.edu

² Orientador da Pesquisa. Mestre em Engenharia Civil pela Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Professor da FAE Centro Universitário. *E-mail:* lucas.wolff@fae.edu

INTRODUÇÃO

A impressão 3D tem uma variedade de usos, desde o uso doméstico ao uso na medicina. Além do amplo campo de utilização do equipamento, devido ao baixo custo em que esses equipamentos estão disponíveis no mercado, o uso doméstico das impressoras 3D aumentou significativamente na última década. Assim, observa-se que muitos indivíduos têm a produção de artefatos impressos como principal fonte de renda e dependem de uma maior eficiência nas impressões para garantir maior rentabilidade.

Nesse cenário, é importante entender quais parâmetros durante todo o processo de fabricação das peças, o que inclui a modelagem, fatiamento e impressão, podem impactar na resistência do material, de forma a possibilitar que o produto seja disponibilizado à sociedade com um custo-benefício otimizado. Assim, é preciso definir o material a ser utilizado e as variáveis a se alterar, para então investigar como cada uma das variáveis influencia o comportamento mecânico do material.

Portanto, a presente pesquisa tem como objetivo compreender como as características mecânicas no processo de produção utilizando PLA (ácido polilático) — como direção da impressão e recursos de fatiamento — podem alterar as propriedades físicas do produto pós-impresso. Com base nos resultados a serem obtidos, busca-se desenvolver instruções para uma melhor modelagem e para a consideração das propriedades de resistência dos protótipos desenvolvidos.

1 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

As primeiras aplicações de construção por camadas registradas são as pirâmides do Egito, que evidenciam que esse conceito não é novo. Porém, a produção de elementos tridimensionais que se popularizou na última década se originou de técnicas desenvolvidas para a fotoescultura e topografia (Volpato, 2021). Em 1860 o francês François Willème criou uma técnica de fotoescultura, que se baseava na captura simultânea de imagem de 24 câmeras posicionadas em um círculo ao redor do objeto. Dessa forma, era possível obter uma representação tridimensional por fotoescultura. Trinta e dois anos mais tarde, em 1892, Blantner desenvolveu mapas de relevo com a produção das curvas de nível representadas em suas respectivas camadas. Por fim, em 1990, foi criado o FDM (*Fused Deposition Modeling*), processo de modelagem por depósito de material fundido que é tão utilizado na atualidade, sendo um dos principais processos da manufatura aditiva (Lira, 2021).

A manufatura aditiva (AM – *additive manufacturing*), também denominada impressão 3D, é um princípio de produção que se baseia na adição de camadas de material para a formação de elementos tridimensionais a partir de representações computacionais. Tal processo é automatizado e tem início na modelagem virtual do objeto, que pode ser realizada em *softwares* de modelagem que fornecem a extensão .stl (*STereoLithography*) ou .amf (*additive manufactu-ring format*). Com o modelo virtual nessas extensões, é possível fatiar o elemento, o que significa planejar o processo de impressão por camadas e as suas especificações. Com a realização dessas etapas, basta fornecer o arquivo contendo o modelo fatiado para o equipamento e a impressão ocorre de maneira automatizada, sendo necessária a intervenção de um operador apenas para retirada eventual do suporte necessário para a produção de certos elementos (Volpato, 2021).

No processo da AM, há uma considerável liberdade geométrica, sendo possível produzir elementos de formas complexas de uma maneira mais rápida e simplificada que a maneira tradicional, não sendo necessária a execução de inúmeros cálculos de trajetória. Tampouco é necessária a troca de ferramentas durante o processo, uma vez que o objeto é produzido em um único equipamento. Além disso, só ocorre desperdício de material se houver a necessidade de impressão de suporte para a perfeita produção do elemento principal, já que o suporte é descartado. Contudo, aspectos de acabamento externo demonstram uma qualidade inferior ao que se obtém no processo tradicional, uma vez que a AM se trata de fabricação por camadas, as quais podem apresentar certo grau de variação. Além disso, uma das limitações desse processo é a variedade restrita de materiais disponíveis comparada a variedade de materiais que podem ser utilizados no processo convencional (Volpato, 2021).

Há uma infinidade de aplicações para as impressões 3D, sendo o seu uso bastante difundido na produção de produtos de uso doméstico, eletrônicos em geral, na engenharia civil e arquitetura, nas indústrias aeroespaciais, automobilísticas e de bioengenharia, envolvendo a medicina e odontologia. Além desses usos, Volpato (2021) ressalta que o uso doméstico das impressoras 3D também se popularizou devido ao baixo custo dos equipamentos e do surgimento de iniciativas de arquitetura abertura (*open source*), sendo a fabricação de produtos customizados e de brinquedos os objetos mais produzidos por esse grupo. Os equipamentos mais acessíveis ao público em geral funcionam por processo de extrusão (FDM) de plásticos como PLA (ácido polilático) e ABS (acrilonitrila butadieno estireno).

O FDM acontece pela extrusão do material por um bico, que varia de acordo com cada modelo de impressora. O material é depositado em camadas sobre a mesa da impressora através de um sistema de coordenadas XY. Ao sair da extrusão, o material resfria e adere à camada anterior, formando-se, assim, um único elemento. Alguns parâmetros do filamento extrudado que podem ser alterados no momento

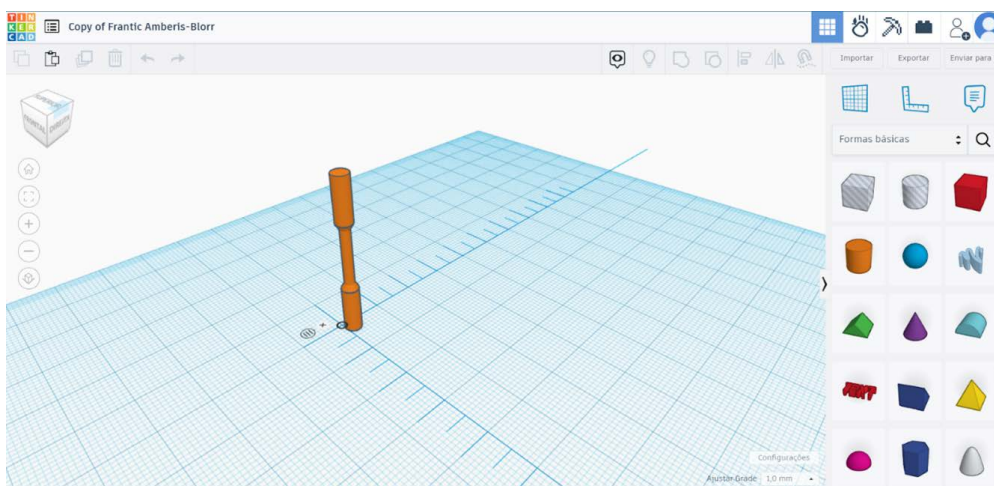
do fatiamento do modelo são espessura da camada (diâmetro do bico), largura do filamento depositado, velocidade de impressão, temperatura do extrusor, temperatura do envelope (mesa da impressora) e o padrão de preenchimento (Volpato, 2021).

Ao se alterar tais parâmetros, as propriedades mecânicas do elemento impresso também sofrem variações. De acordo com Kartal (2018) em seus ensaios de tração, a resistência mecânica depende da direção de impressão e do percurso feito pelo equipamento durante o processo, sendo também afetadas pela altura da camada e pela taxa de preenchimento de impressão. Devido à complexidade do tema e à falta de uma normativa vigente para a manufatura aditiva, faz-se necessário o aprofundamento de estudos relacionados à forma que os parâmetros de impressão interferem nas características do material pós-impresso.

2 METODOLOGIA

Ainda não há uma normativa específica para impressão 3D. Portanto, os corpos de prova impressos com PLA foram modelados de acordo com o corpo de prova para ensaio de tração em madeira apresentado pela NBR 7190, uma vez que a disposição de filamentos das peças impressas muito se assemelha à disposição das fibras da madeira. Seu diâmetro do suporte apresenta 20,0 mm e o seu diâmetro da parte posterior à base tem 7,0 mm, conforme direcionado pela norma. Os corpos de prova utilizados nos ensaios foram modelados no Tinkercad da AUTODESK, um *software* gratuito para estudantes e que pode ser utilizado diretamente no navegador. A modelagem no Tinkercad é realizada pela junção de sólidos geométricos maciços e sólidos com orifício, formando a peça desejado, sendo possível editar dimensões e a rotação do elemento. A FIG.1 ilustra o corpo de prova modelado na plataforma.

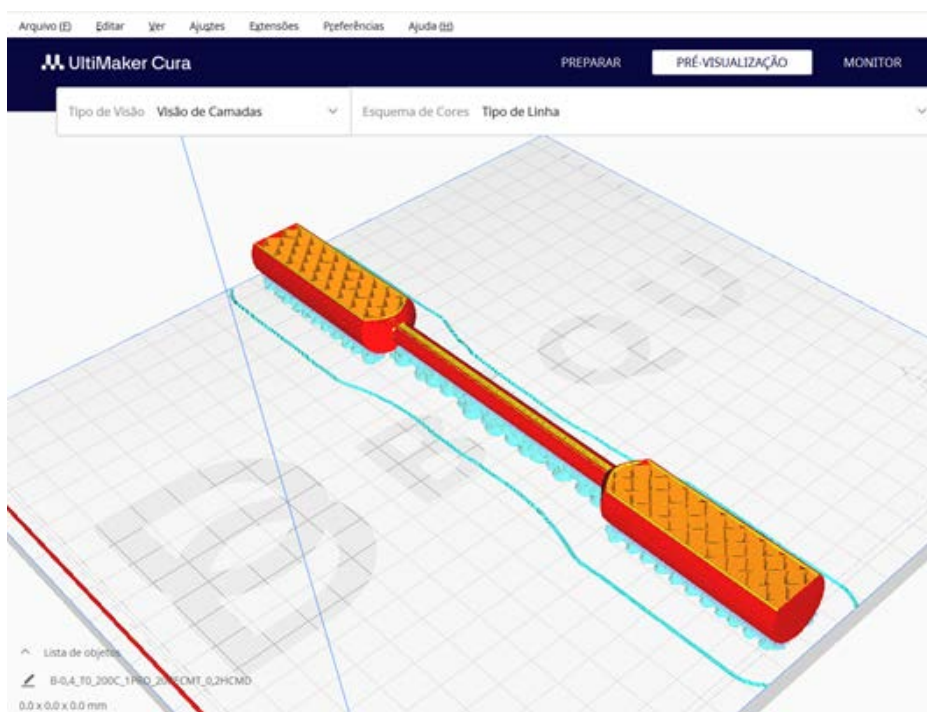
FIGURA 1 - Interface do Tinkercad



FONTE: Os autores (2023)

Com a modelagem realizada, é possível exportar o arquivo em formato .stl e realizar diversos fatiamentos do modelo para a análise posterior das diferentes variáveis que influenciam as características físicas do elemento pós-impressão. Os modelos foram fatiados no UltiMaker Cura, um software de fatiamento de instalação e utilização gratuitas. Ao importar o arquivo com extensão .stl, é possível alterar as propriedades de impressão como preenchimento, temperatura, direção de impressão, quantidade de paredes, altura de camada e, quando necessário, o suporte para a peça. A FIG. 2 exemplifica o fatiamento de um dos copos de prova realizado no programa.

FIGURA 2 - Modelo fatiado



FONTE: Os autores (2023)

Foram utilizados dois equipamentos de impressão 3D para a realização do estudo, sendo uma impressora Biqu B1 e uma impressora Two Trees Sapphire Plus, o que permitiu fossem exploradas mais possibilidades de fatiamento. Foram alterados os parâmetros: tipo de impressora, bico (0,4mm ou 0,8mm), direção de impressão (paralela ou perpendicular), quantidade de paredes (1, 2, 3 ou 4) e a altura da camada (0,1 mm, 0,2 mm, e 0,3 mm). A TAB. 1 exemplifica a disposição das possibilidades de fatiamento realizadas e a FIG. 3 mostra um dos corpos de prova impressos.

TABELA 1 - Modelos fatiados

MODELO FATIADO	IMPRESSORA	BICO	ENSAIO	TEMPERATURA	QUANTIDADE DE PAREDES	PREENCHIMENTO	ALTURA DA CAMADA	MASSA	TEMPO DE IMPRESSÃO
S.S.4 TU 200C 1PRO 20FECMT 0.1HCMD	BIQU	0.4	TRAÇÃO PARALELA AS FIBRAS	200C*	1	23%	0.1	27g	3h38min
S.S.4 TU 200C 1PRO 20FECMT 0.1HCMD	BIQU	0.4	TRAÇÃO PARALELA AS FIBRAS	200C*	1	25%	0.1	28g	2h35min
S.S.4 TU 200C 2PRO 20FECMT 0.1HCMD	BIQU	0.4	TRAÇÃO PARALELA AS FIBRAS	200C*	2	25%	0.2	27g	5h33min
S.S.4 TU 200C 1PRO 20FECMT 0.1HCMD	BIQU	0.4	TRAÇÃO PARALELA AS FIBRAS	200C*	1	25%	0.1	25g	2h34min
S.S.4 TU 200C 1PRO 20FECMT 0.1HCMD	BIQU	0.4	TRAÇÃO PARALELA AS FIBRAS	200C*	1	25%	0.2	25g	3h05min
S.S.4 TU 200C 1PRO 20FECMT 0.1HCMD	BIQU	0.4	TRAÇÃO PARALELA AS FIBRAS	200C*	2	25%	0.2	23g	6h05min
S.S.4 TU 200C 1PRO 20FECMT 0.1HCMD	BIQU	0.4	TRAÇÃO PARALELA AS FIBRAS	200C*	3	25%	0.3	27g	6h55min
S.S.4 TU 200C 3PRO 20FECMT 0.1HCMD	BIQU	0.4	TRAÇÃO PARALELA AS FIBRAS	200C*	3	25%	0.3	27g	3h25min
S.S.4 TU 200C 1PRO 20FECMT 0.1HCMD	BIQU	0.4	TRAÇÃO PARALELA AS FIBRAS	200C*	4	25%	0.1	29g	3h23min
S.S.4 TU 200C 1PRO 20FECMT 0.1HCMD	BIQU	0.6	TRAÇÃO PARALELA AS FIBRAS	200C*	4	25%	0.2	27g	2h45min
S.S.4 TU 200C 1PRO 20FECMT 0.1HCMD	BIQU	0.4	TRAÇÃO PARALELA AS FIBRAS	200C*	4	25%	0.3	28g	3h35min
S.S.4 TUJ 200C 1PRO 20FECMT 0.1HCMD	BIQU	0.4	TRAÇÃO PERPENDICULAR AS FIBRAS	200C*	1	25%	0.1	18g	5h26min
S.S.4 TUJ 200C 1PRO 20FECMT 0.1HCMD	BIQU	0.4	TRAÇÃO PERPENDICULAR AS FIBRAS	200C*	1	25%	0.2	18g	5h45min
S.S.4 TUJ 200C 1PRO 20FECMT 0.1HCMD	BIQU	0.4	TRAÇÃO PERPENDICULAR AS FIBRAS	200C*	1	25%	0.3	14g	4h55min
S.S.4 TUJ 200C 1PRO 20FECMT 0.1HCMD	BIQU	0.4	TRAÇÃO PERPENDICULAR AS FIBRAS	200C*	2	25%	0.3	14g	5h45min
S.S.4 TUJ 200C 1PRO 20FECMT 0.1HCMD	BIQU	0.6	TRAÇÃO PERPENDICULAR AS FIBRAS	200C*	2	25%	0.3	18g	3h55min
S.S.4 TUJ 200C 1PRO 20FECMT 0.1HCMD	BIQU	0.4	TRAÇÃO PERPENDICULAR AS FIBRAS	200C*	2	25%	0.3	28g	6h8min
S.S.4 TUJ 200C 1PRO 20FECMT 0.1HCMD	BIQU	0.4	TRAÇÃO PERPENDICULAR AS FIBRAS	200C*	3	25%	0.3	27g	3h35min
S.S.4 TUJ 200C 1PRO 20FECMT 0.1HCMD	BIQU	0.8	TRAÇÃO PERPENDICULAR AS FIBRAS	200C*	3	25%	0.3	28g	3h05min
S.S.4 TUJ 200C 1PRO 20FECMT 0.1HCMD	BIQU	0.8	TRAÇÃO PERPENDICULAR AS FIBRAS	200C*	3	25%	0.3	24g	3h55min
S.S.4 TUJ 200C 1PRO 20FECMT 0.1HCMD	BIQU	0.8	TRAÇÃO PERPENDICULAR AS FIBRAS	200C*	4	25%	0.1	20g	6h37min
S.S.4 TUJ 200C 1PRO 20FECMT 0.1HCMD	BIQU	0.8	TRAÇÃO PERPENDICULAR AS FIBRAS	200C*	4	25%	0.2	28g	6h36min
S.S.4 TUJ 200C 1PRO 20FECMT 0.1HCMD	BIQU	0.8	TRAÇÃO PERPENDICULAR AS FIBRAS	200C*	4	25%	0.3	28g	6h55min
S.S.4 TU 200C 1PRO 20FECMT 0.1HCMD	SAPPHIRE	0.8	TRAÇÃO PARALELA AS FIBRAS	200C*	1	25%	0.1	27g	3h15min
S.S.4 TU 200C 1PRO 20FECMT 0.1HCMD	SAPPHIRE	0.8	TRAÇÃO PARALELA AS FIBRAS	200C*	1	26%	0.3	22g	3h35min
S.S.4 TU 200C 1PRO 20FECMT 0.1HCMD	SAPPHIRE	0.4	TRAÇÃO PARALELA AS FIBRAS	200C*	1	25%	0.3	28g	47min
S.S.4 TU 200C 1PRO 20FECMT 0.1HCMD	SAPPHIRE	0.8	TRAÇÃO PARALELA AS FIBRAS	200C*	2	26%	0.1	26g	2h85min
S.S.4 TU 200C 1PRO 20FECMT 0.1HCMD	SAPPHIRE	0.8	TRAÇÃO PARALELA AS FIBRAS	200C*	2	25%	0.3	23g	2h82min
S.S.4 TU 200C 1PRO 20FECMT 0.1HCMD	SAPPHIRE	0.8	TRAÇÃO PARALELA AS FIBRAS	200C*	4	25%	0.1	27g	6h33min
S.S.4 TUJ 200C 1PRO 20FECMT 0.1HCMD	SAPPHIRE	0.8	TRAÇÃO PERPENDICULAR AS FIBRAS	200C*	1	25%	0.1	27g	2h45min
S.S.4 TUJ 200C 1PRO 20FECMT 0.1HCMD	SAPPHIRE	0.8	TRAÇÃO PERPENDICULAR AS FIBRAS	200C*	1	25%	0.1	29g	5h45min
S.S.4 TUJ 200C 1PRO 20FECMT 0.1HCMD	SAPPHIRE	0.8	TRAÇÃO PERPENDICULAR AS FIBRAS	200C*	1	25%	0.2	20g	6h85min
S.S.4 TUJ 200C 1PRO 20FECMT 0.1HCMD	SAPPHIRE	0.8	TRAÇÃO PERPENDICULAR AS FIBRAS	200C*	2	25%	0.3	24g	6h85min
S.S.4 TUJ 200C 1PRO 20FECMT 0.1HCMD	SAPPHIRE	0.8	TRAÇÃO PERPENDICULAR AS FIBRAS	200C*	3	25%	0.3	28g	2h36min

FONTE: Os autores (2023)

FIGURA 3 - Corpo de prova impresso



FONTE: Os autores (2023)

Os corpos de prova impressos apresentaram um diâmetro superior ao suportado pela prensa que realiza o ensaio de tração disponível na FAE Centro Universitário, portanto a presente pesquisa contou com a colaboração da Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR) para a realização dos ensaios. Durante a execução dos ensaios, cada um dos corpos de prova foi alocado na prensa e então submetido a cargas crescentes até o seu rompimento. Assim, foram registrados a força máxima, a tensão, a deformação máxima e específica, bem como o módulo de elasticidade obtidos para cada amostra. Com base nos dados obtidos, é possível analisar como os valores de entrada para cada variável durante o fatiamento impactam na resistência e demais características do material após impresso.

3 ANÁLISE DOS RESULTADOS

Os ensaios de tração realizados nas peças produzidas com diferentes espessuras de parede, altura de camada e direções de impressão revelaram tendências no comportamento mecânico do PLA após impresso. A TAB. 2 ilustra os resultados obtidos.

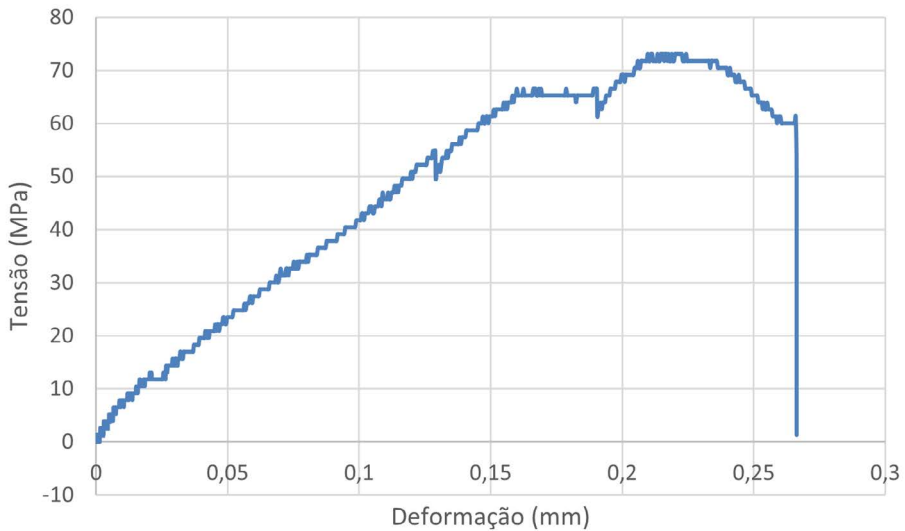
TABELA 2 – Resumo dos resultados obtidos nos ensaios de tração

CORPO DE PROVA	DIREÇÃO DE IMPRESSÃO	ESPESSURA DO BICO (mm)	QUANTIDADE DE PAREDES	ESPESSURA DA PAREDE	ALTURA DA CAMADA (mm)	MÓDULO DE ELASTICIDADE (MPa)	TENSÃO DE RUPTURA (MPa)
B04T01P01H	PARALELO	0,4	1	0,4	0,1	3611,3	66,5
B04T01P02H	PARALELO	0,4	1	0,4	0,2	4015,3	60,4
B04T01P03H	PARALELO	0,4	1	0,4	0,3	4006,3	64,8
B04T02P01H	PARALELO	0,4	2	0,8	0,1	3735,3	72,6
B04T01P02H	PARALELO	0,4	4	0,8	0,2	3829,3	73,6
B04T01P02H	PARALELO	0,4	1	0,8	0,1	4575,3	60,0
B04T01P02H	PARALELO	0,8	2	0,8	0,4	3787,3	36,4
B04T02P02H	PARALELO	0,4	3	0,2	0,3	3605,0	43,6
B04T02P02H	PARALELO	0,4	2	1,2	0,2	3738,3	48,6
B04T03P02H	PARALELO	0,4	3	1,2	0,3	3899,3	45,6
B04T01P01H	PARALELO	0,4	4	1,6	0,2	3799,0	51,9
B04T01P02H	PARALELO	0,4	4	1,6	0,3	3629,0	41,7
B04T01P03H	PARALELO	0,4	4	1,6	0,3	4538,0	93,6
S08T02P01H	PARALELO	0,8	2	1,6	0,2	3322,0	290,5
S08T02P02H	PARALELO	0,8	2	1,6	0,3	5539,2	218,5
S08T02P03H	PARALELO	0,8	2	1,6	0,2	8510,3	198,0
S04T901P01H	PERPENDICULAR	0,4	1	0,4	0,2	11672,0	5,1
B04T901P02H	PERPENDICULAR	0,4	1	0,8	0,2	16099,3	5,1
S08T901P01H	PERPENDICULAR	0,8	1	0,8	0,3	*	20,0
S08T901P02H	PERPENDICULAR	0,8	1	0,8	0,2	*	44,5
S08T901P02H	PERPENDICULAR	0,8	1	0,8	0,3	3285,1	58,5
S08T902P02H	PERPENDICULAR	0,8	2	1,6	0,2	2155,2	57,9
S08T902P02H	PERPENDICULAR	0,8	2	1,6	0,3	4935,3	72,9

FONTE: Os autores (2024)

Observa-se que as amostras orientadas na direção paralela exibiram desempenho mecânico superior em comparação às impressas na direção perpendicular. Para espessuras de parede similares, a tensão de ruptura das amostras paralelas pode ser até dez vezes maior que as perpendiculares. Essa diferença pode ser atribuída ao alinhamento das camadas de material, onde na direção paralela, as forças são melhor distribuídas ao longo das linhas de impressão. O GRAF. 1 mostra a aplicação da força paralela à direção das camadas. Observa-se um patamar de escoamento e um valor de resistência à ruptura maior que 70,0 MPa, indicando boa resistência e ductilidade do material nessa direção.

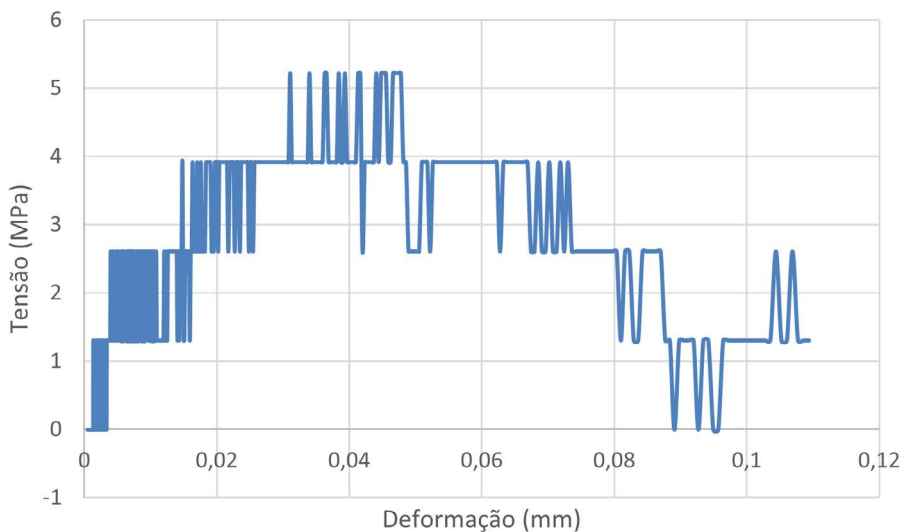
GRÁFICO 1 – Tensão Paralela às Fibras



FONTE: Os autores (2024)

Já o GRAF. 2 mostra o resultado quando a força é aplicada perpendicular às fibras, apresentando uma resistência aproximadamente 10 vezes menor e uma deformação para ruptura cerca de 5 vezes menor. As oscilações presentes no gráfico indicam os deslocamentos entre as camadas do corpo de prova, que voltam a apresentar alguma resistência quando a deformação transversal da camada espiralada, que forma o corpo de prova, começa a ocorrer após a sobreposição entre as camadas do plástico ser rompida.

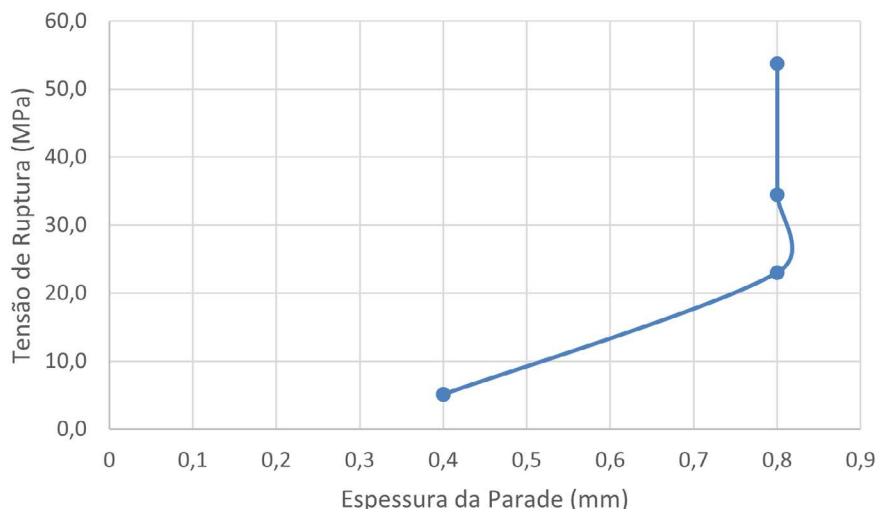
GRÁFICO 2 – Tensão Perpendicular às Fibras



FONTE: Os autores (2024)

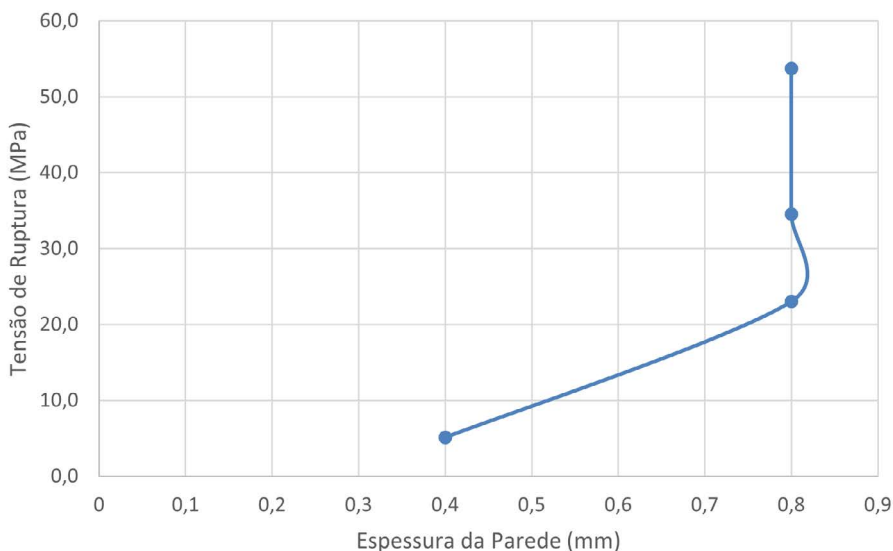
Além disso, ao observar-se a TAB. 2, nota-se também que, à medida que a espessura da parede aumenta, a tensão de ruptura tende a crescer. Na impressão paralela, as amostras com espessura de parede de 1,6 mm apresentam valores máximos de tensão de ruptura, atingindo até 158,50 Mpa, enquanto na impressão perpendicular, mesmo com menor resistência geral, há um aumento consistente da tensão de ruptura com a espessura de parede, chegando a 72,90 MPa para 1,6 mm. É possível visualizar esse comportamento nos Gráficos 3 e 4.

GRÁFICO 3 – Direção Paralela às Fibras



FONTE: Os autores (2024)

GRÁFICO 4 – Direção Perpendicular às Fibras



FONTE: Os autores (2024)

Esses resultados indicam que o aumento da espessura melhora a resistência à tração em ambas as direções de impressões. Ademais, percebe-se que há uma influência da altura da camada no comportamento do material. Impressões com camadas mais altas apresentaram maior resistência à ruptura, mesmo utilizando-se quantidades de paredes ou bicos diferentes.

Portanto, os resultados evidenciam a importância da otimização dos parâmetros de impressão, como a espessura de parede, altura da camada e direção de impressão, para alcançar propriedades mecânicas superiores em peças impressas em 3D. A combinação de espessura de parede elevada, direção paralela e maior altura de camada proporcionou o melhor desempenho mecânico.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os resultados obtidos nesta pesquisa reforçam a relevância da otimização de parâmetros de impressão na manufatura aditiva utilizando PLA como material base. A análise dos ensaios de tração evidenciou que a direção de impressão paralela apresenta desempenho mecânico significativamente superior à direção perpendicular, com tensões de ruptura até dez vezes maiores. Além disso, o aumento da espessura das paredes e da altura da camada demonstrou impacto positivo na resistência mecânica, influenciando na performance estrutural dos protótipos

A pesquisa mostrou que a combinação de espessuras elevadas, maior altura de camada e direção paralela resulta em protótipos mais resistentes e otimizados para aplicações funcionais. No entanto, foram observadas limitações no acabamento superficial e na variedade de materiais disponíveis, aspectos que requerem avanços para ampliar a aplicabilidade da impressão 3D em diferentes setores.

Assim, este estudo contribui para a literatura ao fornecer diretrizes práticas para ajustes no processo de impressão, além de destacar a necessidade de padronizações normativas e o potencial de novas pesquisas voltadas à diversificação de materiais e à análise de outras variáveis de fatiamento, como velocidade e temperatura de impressão.

REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR 7190:2022**. Projeto de estruturas de madeira. Rio de Janeiro, 2022.

ASTM INTERNATIONAL. **Standard test method for tensile properties of plastics**. ASTM international, 2014.

KARTAL, Fuat. Examination of tensile test specimens produced in three dimensional printer. **International Journal of 3D Printing Technologies and Digital Industry**, v. 2, n. 3, p. 30-36, 2018.

LIRA, Valdemir Martins. **Processos de fabricação por impressão 3D**: Tecnologia, equipamentos, estudo de caso e projeto de impressora 3D. Editora Blucher, 2021.

VOLPATO, Neri. **Manufatura aditiva**: tecnologias e aplicações da impressão 3D. São Paulo: Editora Blucher, 2021.