



## Resistência mecânica do PLA empregado em técnicas de manufatura aditiva

### Mechanical resistance of PLA used in additive manufacturing techniques

Matheus Ramos Mendes<sup>1</sup>, Leandro de Araujo Teixeira leite<sup>2</sup>, Janaina fracaro de Souza Gonçalves<sup>3</sup>

#### RESUMO

O presente trabalho analisa a resistência tração do PLA (Biopolímero ácido polilático) da fabricante Dynalabs® após a confecção de corpos de prova utilizando técnicas de manufatura aditiva (impressão 3D), em função da variação da densidade de preenchimento utilizada, variando entre 10%-100% em incrementos de 10%. Ao fabricar os corpos de prova foram utilizados os mesmos valores de espessura de parede, camadas inferiores, camadas superiores, temperatura de impressão, temperatura da mesa assim como a velocidade de impressão dos corpos de prova. Para quantificação da resistência a tração foi realizado um ensaio de tração simples com 5 unidades de cada valor de preenchimento, sendo seguidos os procedimentos indicados pela ASTM ( American Society for Testing and materials), em específico a ASTM – D638 que rege os ensaios de tração para plásticos e termoplásticos, do qual foram obtidos os valores médios de resistência a tração para cada valor de preenchimento. Todos os corpos de prova foram armazenados em ambiente com temperatura e umidade controlados.

**PALAVRAS-CHAVE:** PLA. Resistência. Tração,

#### ABSTRACT

The present work analyzes the tensile strength of PLA (polylactic acid biopolymer) from the manufacturer Dynalabs® after manufacturing test specimens using additive manufacturing techniques (3D printing), depending on the variation in the filling density used, varying between 10%- 100% in 10% increments. When manufacturing the specimens, the same values for wall thickness, lower layers, upper layers, printing temperature, table temperature as well as the printing speed of the specimens were used. To quantify tensile strength, a simple tensile test was carried out with 5 units of each filling value, following the procedures indicated by ASTM (American Society for Testing and materials), specifically ASTM – D638, which governs tensile tests. for plastics and thermoplastics, from which the average tensile strength values were obtained for each filling value. All specimens were stored in an environment with controlled temperature and humidity.

**KEYWORDS:** PLA. Tensile. Strenght.

## INTRODUÇÃO

Também conhecida como máquina de manufatura aditiva a impressora 3D opera de maneira muito semelhante a uma impressora convencional, porém operando em 3 dimensões ao invés de um plano, com a adição de um terceiro eixo ortogonal ao plano de impressão.

<sup>1</sup> Bolsista da UTFPR. Universidade Tecnológica Federal do paraná, Londrina, paraná, Brasil. E-mail: matheusramosmendes@alunos.utfpr.edu.br ID Lattes: 3643813801182413.

<sup>2</sup> Discente do curso de Engenharia Mecânica. Universidade Tecnológica Federal Do paraná, Londrina, Paraná, Brasil. E-mail: leandroleite@alunos.utfpr.edu.br. ID Lattes: 4305527662393832.

<sup>3</sup> Docente no Curso de Engenharia Mecânica. Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Londrina, Paraná, Brasil. E-mail: janainaf@utfpr.edu.br. ID Lattes: 1857241899832038.

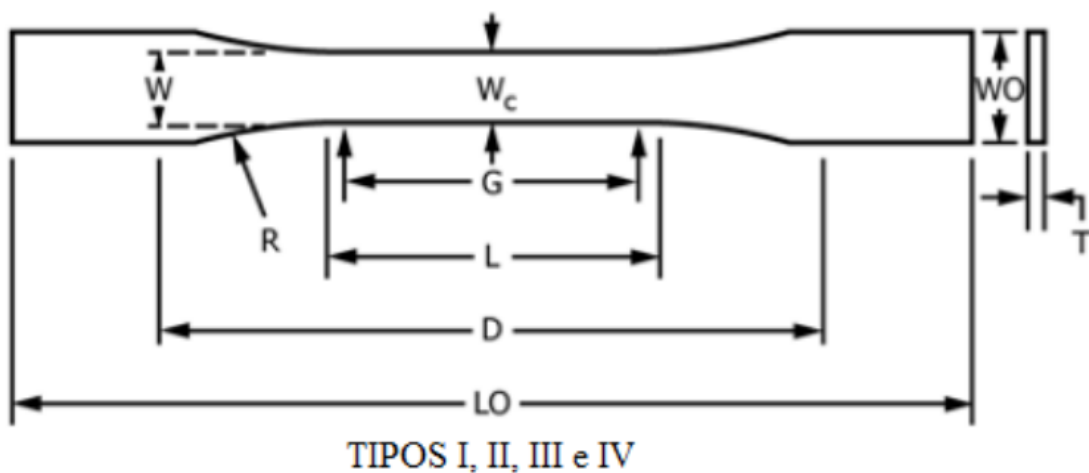
Uma das principais aplicações das impressoras 3D se dá no ramo de prototipagem, pois com as técnicas de manufatura aditiva utilizadas nas impressoras 3D é possível a confecção de protótipos que possuem formas complexas para provas de conceito, ou verificar a funcionalidade de um determinado componente. Por serem apenas protótipos tais componentes podem ser feitas de materiais mais baratos em relação ao material final da peça, resultando em um protótipo de baixo custo que pode ser fabricado em algumas horas, ao contrário da peça final que, dependendo da complexidade do projeto, pode demorar dias para ser manufaturada. Mesmo com a alta popularidade das impressoras 3D, principalmente para prototipagem, não há um envelope de dimensionamento para peças mecânicas.

## METODOLOGIA

Os corpos de prova utilizados no trabalho foram confeccionados utilizando uma impressora 3D da Creality, Modelo Ender 3 – Max, utilizando como matéria prima o filamento PLA. Durante a impressão de todos os corpos de prova foram mantidas fixas as temperaturas da mesa de impressão ( $60^{\circ}\text{C}$ ) e do bico de impressão ( $195^{\circ}\text{C}$ ), seguindo as orientações do fabricante do filamento.

Para o ensaio de tração simples foram seguidos os procedimentos indicados pela ASTM D638, a qual rege os ensaios de tração para plásticos e termoplásticos, sendo determinado para o estudo um corpo de prova do tipo 1, indicado na Figura 1 e Tabela 1.

Figura 1 – Corpo de prova ASTM.



Fonte: ASTM (2014).

**Tabela 1 – Dimensões do corpo de prova**

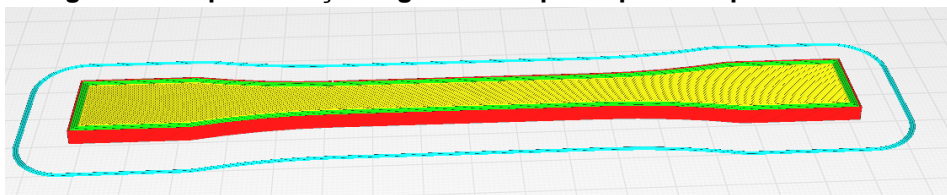
Cota	Dimensão (mm)
W	13
L	57
WO	19
LO	165
G	50
D	115
R	76

Fonte: ASTM (2014).

Para a impressão dos corpos de prova foram utilizados valores fixos para altura de camada (0,2 mm), largura de parede (0,8 mm) e velocidade de impressão (30 mm/s), variando apenas os valores de preenchimento entre 10%, 20%, 30%, 40%, 50%, 60%, 70%, 80%, 90% e 100%.

Para os ensaios de tração foram fabricados 3 corpos de prova para cada nível de preenchimento, totalizando 30 amostras. Todos os corpos de prova foram desenvolvidos utilizando o *software* Ultimaker Cura. Uma representação digital dos corpos de prova gerada pelo *software* pode ser observada na Figura 2.

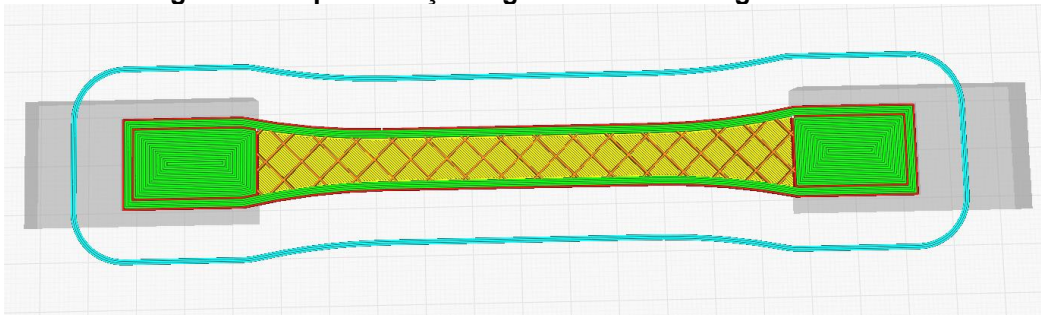
**Figura 2 – Representação digital do corpo de prova impresso.**



Fonte: Autores.

Para evitar uma possível falha fora da região de interesse ao fixar o corpo de prova no equipamento de ensaio, as extremidades de todos os corpos de prova foram fabricadas utilizando um preenchimento de 100%, como indicado pela Figura 3.

Figura 3 – Representação digital da área de engaste.



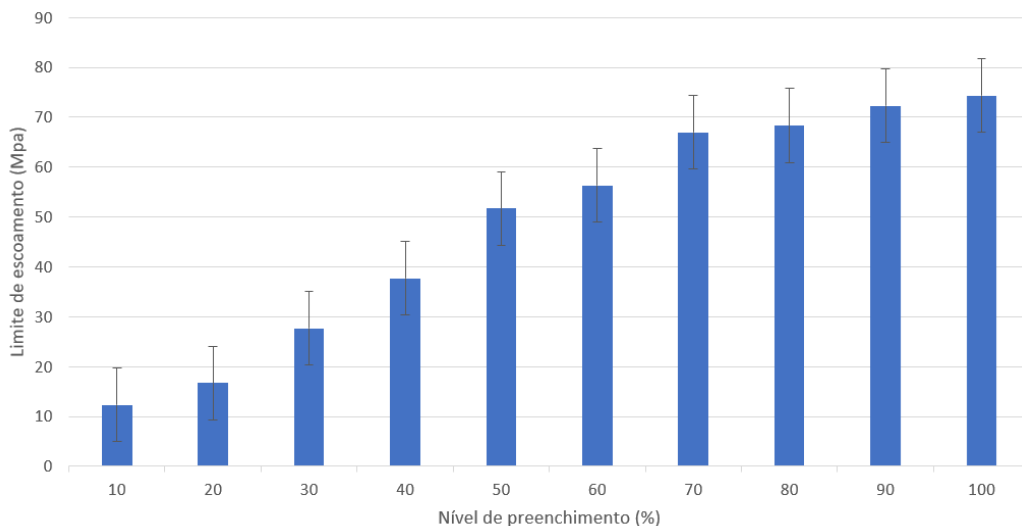
Fonte: Autores.

A Figura 3 corresponde a uma representação digital da área de engaste no equipamento, onde foi fixado o valor de 100% de preenchimento (área verde) e a área de análise do estudo (área amarela).

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Após a confecção os 30 espécimes foram submetidos a um ensaio de tração simples, onde foram levantados os limites de escoamento para cada densidade de preenchimento dos corpos de prova assim como o desvio padrão correspondente para cada grupo de preenchimento, os quais estão representados na Figura 3.

Figura 4 – Limites de escoamento em função do nível de preenchimento.



Fonte: Autores.

Ao analisar a Figura 4 nota-se que até o valor de 60% um comportamento aproximadamente linear dos valores de resistência com o aumento do preenchimento, porém o limite de escoamento apresenta uma estabilização após 70% de preenchimento, indicando que para altos níveis de preenchimento o limite crítico para a ruptura passa a ser a interação entre as camadas de preenchimento, e não a quantidade de material.



## CONCLUSÃO

Com o estudo encontrou-se dados de resistência mecânica que podem ser utilizados na prática para a produção de peças mecânicas utilizando uma impressora 3D, porém os valores encontrados são válidos apenas dentro do envelope do estudo. Alterações como espessura de parede, velocidade de impressão, número de camadas, marca do filamento ou até mesmo a cor utilizada podem alterar significativamente a resistência final da peça, assim desviando seus valores dos encontrados no estudo.

## Agradecimentos

Agradecemos a UTFPR pelo apoio técnico e financeiro durante o desenvolvimento do trabalho.

## Conflito de interesse

Não há conflito de interesse entre os autores.



## REFERÊNCIAS

AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS, **ASTM D638-14**, Test Method for Tensile Properties of Plastics, New Jersey, West Conshohocken, Wiley, 2014.

ANGELOPOULOS, Panagiotis M.; SAMOUHOS, Michail; TAXIARCHOU, Maria. Functional fillers in composite filaments for fused filament fabrication; a review. **Materials Today: Proceedings**, [S.L.], v. 37, p. 4031-4043, 26 ago. 2021. Elsevier BV.

LIMA, Luís Fernando de; MARQUES, Vinicius Abrão da Silva; SHIMANO, Marcos Massao. Influência da temperatura ambiente no comportamento mecânico do PLA utilizado em manufatura aditiva. **Matéria (Rio de Janeiro)**, [S.L.], v. 27, n. 4, p. 1-7,

RABAHI, Ricardo Fouad; LEVY NETO, Flaminio. Análise da resistência mecânica de vigas de mármore sintético através da teoria estatística de Weibull. **Matéria (Rio de Janeiro)**, [S.L.], v. 21, n. 3, p. 542-551, set. 2016.

SANTANA, Leonardo *et al.* Estudo comparativo entre PETG e PLA para Impressão 3D através de caracterização térmica, química e mecânica. **Matéria (Rio de Janeiro)**, [S.L.], v. 23, n. 4, p. 1-10, 6 dez. 2018.