

ANÁLISE DAS PROPRIEDADES MECÂNICAS DE TRAÇÃO EM PEÇAS FABRICADAS PELO PROCESSO DE FDM EM POSIÇÕES DIFERENTES

Anderson de Carvalho Fernandes, anderson.c.fernandes@edu.sc.senai.br¹

Bruna Zappelino, bruna.zappelino@edu.sc.senai.br¹

Elias Leite, elias.lt@hotmail.com¹

Guilherme Schatzmann, gui.schatzmann@gmail.com¹

Vinicius Figueiredo Dexpindola, vinicius.figuiredod@gmail.com¹

¹Faculdade de Tecnologia SENAI Joinville, Rua Arno Waldemar Döhler, 957 – Santo Antônio - 89219-510, Joinville

Resumo. Atualmente as empresas estão cada vez mais optando pela tecnologia de manufatura aditiva para fabricação de protótipos, a fim de ter produtos com maiores qualidades e funcionalidades. Um dos processos mais utilizados é o FDM (Modelagem por Fusão e Deposição), e com a crescente utilização desse processo surge novos desafios e algumas dúvidas a serem sanadas. Para tal processo e materiais a serem utilizados é preciso uma análise profunda do produto antes de fabricá-lo, a fim de minimizar erros durante sua fabricação, onde parâmetros de processo e a posição da peça para a fabricação são fatores decisivos para se chegar a um bom resultado. Com isso, o objetivo desse trabalho é um estudo comparando peças fabricadas em diferentes posições pelo processo de FDM, onde foram fabricados nove corpos de provas de ABS, em três posições diferentes e em seguida realizado ensaios de tração para analisar as propriedades mecânicas. Após análise dos resultados, foi verificado que a tração no sentido paralelo a deposição das camadas tem grande influência nas propriedades mecânicas.

Palavras chave: Manufatura aditiva, FDM, parâmetros de processo

Abstract. Currently, as companies are opting for more and more additive manufacturing technology to manufacture manufacturers in order to have products with higher qualities and functionality. One of the most used processes is FDM (Fusion and Deposition Modeling), and with the increasing use of this process comes new challenges and some doubts to be solved. For the process and materials to be used is a precise analysis of the product before the fabric, in order to minimize errors during its manufacture, where the process parameters and the position of the part for the manufacture are decisive factors to arrive at a good result. With this, the objective of this work is a study comparing parts manufactured in three different positions by the FDM process, nine ABS tests were performed, in different bodies and then tensile tests were performed to understand how mechanical properties. After analyzing the results, it was verified that the traction in the direction parallel to the position of the layers has a great influence on the mechanical properties.

Keywords: Additive manufacture, FDM, process parameter

1. INTRODUÇÃO

Tendo em vista o grande avanço tecnológico, a necessidade da indústria de inovação e criação de novos produtos é de grande importância para a competitividade e sobrevivência no mercado, pois o objetivo principal é a redução de custos, melhora da qualidade e diminuição de tempo de fabricação sem impactar no custo final para o consumidor. A grande alternativa para isso é o desenvolvimento de protótipos por manufatura aditiva (MA). A MA é um conjunto de tecnologias que tem como objetivo a fabricação de peças por adição de material, camada por camada, onde a partir de um modelo CAD 3D é gerado as coordenadas para a deposição do material.

A presente pesquisa se concentra na tecnologia de Modelagem por Fusão e Deposição – FDM (Figura 1), por ser aquela que oferece equipamentos de menor custo (KOCHAN, 2000 apud Mello 2010, p.02), ou seja, ao alcance das pequenas e médias empresas e das instituições de pesquisa.

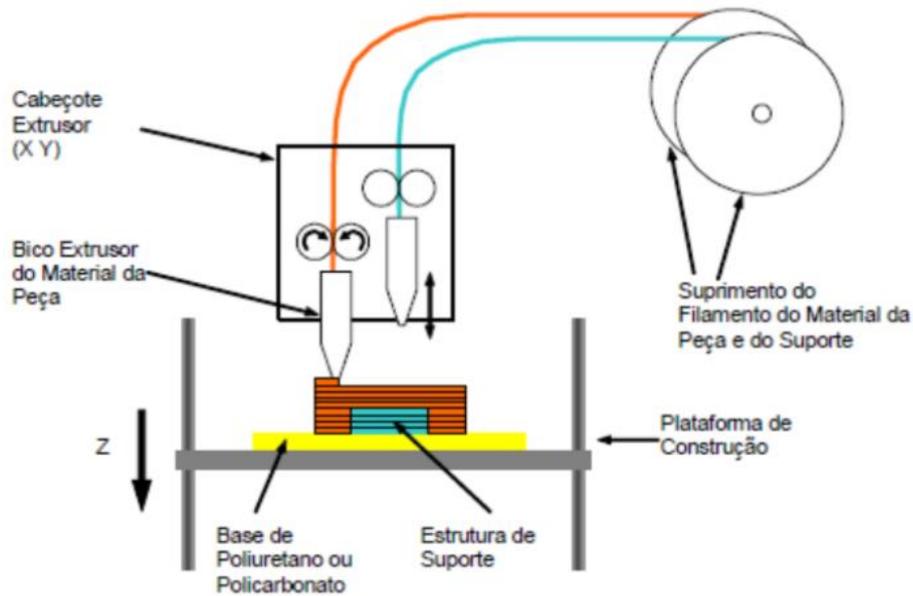


Figura 1 - Representação da tecnologia FDM
Fonte: VOLPATO et al (2007)

Dentre as várias tecnologias de MA, uma das mais utilizadas é a FDM. Esta consiste na deposição de material polimérico em estado semilíquido pelo bico extrusor de um cabeçote da máquina, com movimentação livre no plano XY. Depois que uma camada é extrudada, a plataforma sobre a qual está sendo fabricado o protótipo se desloca no eixo Z, de modo que a próxima camada seja extrudada sobre a anterior, e assim sucessivamente (VOLPATO et al, 2007).

O presente trabalho tem como propósito apresentar a tecnologia de manufatura aditiva, utilizando o material ABS e assim fabricando peças com a mesma geometria em posições divergentes, podendo desta forma, analisar sua propriedade mecânica relacionada à sua posição de formação.

2. METODOLOGIA

O produto escolhido para a realização deste trabalho foi um corpo de prova tipo V conforme a norma ATSM (sociedade americana para testes e materiais) D638, que tem como objetivo normatizar o método de ensaio padrão das propriedades de tração de plásticos. A Figura 2 representa a nomenclatura das dimensões do corpo de prova.

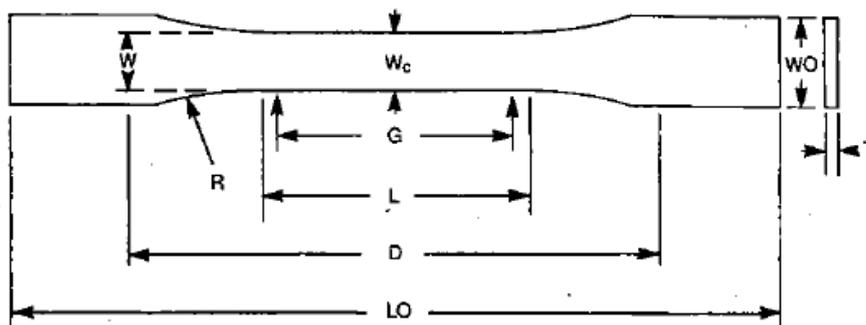


Figura 2 - Nomenclatura das dimensões do corpo prova
Fonte: ASTM D638 (2004)

As dimensões correspondentes as suas respectivas nomenclaturas estão representadas na Figura 3, na coluna Tipo V.

Dimensões (ver desenhos)	7 [0,28] ou menor		Acima de 7 até 14 [0,28 a 0,55], incl	4 [0,16] ou menor		Tolerâncias
	Tipo I	Tipo II	Tipo III	Tipo IV ^B	Tipo V ^{C,D}	
W—Largura da seção estreita ^{E,F}	13 [0,50]	6 [0,25]	19 [0,75]	6 [0,25]	3,18 [0,125]	±0,5 [±0,02] ^{B,C}
L—Comprimento da seção estreita	57 [2,25]	57 [2,25]	57 [2,25]	33 [1,30]	9,53 [0,375]	±0,5 [±0,02] ^C
WO—Largura total, min ^G	19 [0,75]	19 [0,75]	29 [1,13]	19 [0,75]	...	+ 6,4 [+ 0,25]
WO—Largura total, min ^G	...	...	...	...	9,53 [0,375]	+ 3,18 [+ 0,125]
LO—Comprimento total, min ^H	165 [6,5]	183 [7,2]	246 [9,7]	115 [4,5]	63,5 [2,5]	sem máx [sem máx]
G—Comprimento de medição ^I	50 [2,00]	50 [2,00]	50 [2,00]	...	7,62 [0,300]	±0,25 [±0,010] ^C
G—Comprimento de medição ^I	...	...	...	25 [1,00]	...	±0,13 [±0,005]
D—Distância entre pegadores	115 [4,5]	135 [5,3]	115 [4,5]	65 [2,5] ^J	25,4 [1,0]	±5 [±0,2]
R—Raio do filete	76 [3,00]	76 [3,00]	76 [3,00]	14 [0,56]	12,7 [0,5]	±1 [±0,04] ^C
RO—Raio externo (Tipo IV)	...	...	...	25 [1,00]	...	±1 [±0,04]

Figura 3 - Dimensões conforme nomenclatura
Fonte: ASTM D638 (2004)

Foram fabricados três corpos de prova de cada posição, a fim de atingir uma média relacionando as peças para que fosse possível obter o melhor resultado em relação ao teste de tração. Na Figura 4 é possível observar as posições de cada condição.

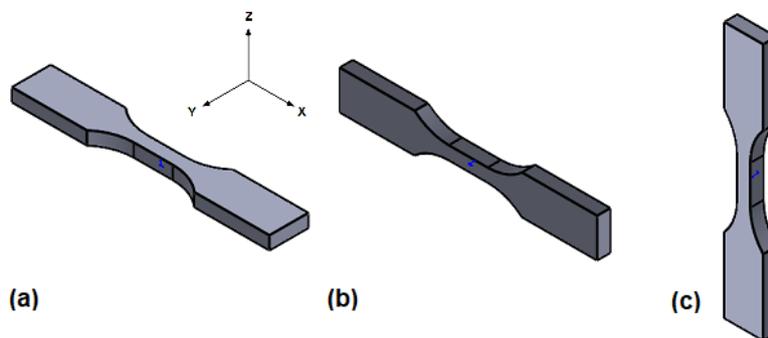


Figura 4 - Posições corpos de prova. (a) CP1: frontal (b) CP2: vertical e (c) CP3: em pé.
Fonte: Os autores (2022)

O ensaio de tração foi realizado com a utilização de uma máquina universal modelo Instron 3366, com velocidade de 10mm/min a uma temperatura ambiente de 23°C.

No processo de MA a fabricação das peças ocorre por adição de material, camada por camada. Na Figura 5 mostra o esquema de deposição e a orientação das forças realizadas no ensaio de tração.

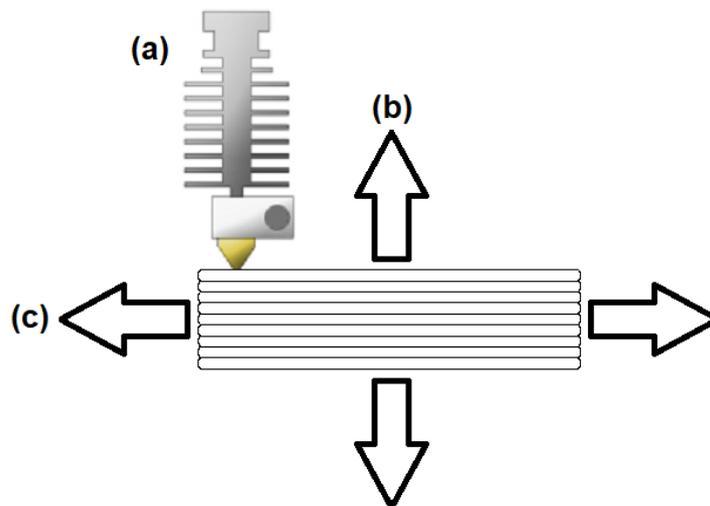


Figura 5 - Representação da deposição das camadas e direção das forças. (a) bico extrusor e direção de deposição das camadas; (b) direção paralela a deposição das camadas e (c) direção perpendicular da deposição das camadas.
Fonte: Os autores (2022)

Na Figura 5a exemplifica o bico extrusor e a orientação das camadas, uma sobre a outra. A Figura 5b mostra a orientação da força de tração paralela a deposição das camadas, onde foi fabricado o CP3. Já a orientação do ensaio de tração dos CP1 e CP2 foram perpendicular a deposição das camadas, conforme mostra a Figura 5c.

3. RESULTADOS E CONCLUSÕES

A Figura 6 apresenta os corpos de prova ao término dos ensaios realizados. Podem ser observadas as fraturas nos corpos de prova que os mesmos sempre ocorreram na área útil da peça, de acordo com a norma, assim sendo validado o modelo de corpo de prova estabelecido inicialmente



Figura 6 - Corpos de prova após o ensaio de tração. (a) CP1, (b) CP2 e (c) CP3

Fonte: Os autores

Os CP1 e CP2 apresentaram uma coloração esbranquiçada no pescoço devido à deformação plástica ocorrida no processo de tração, já o CP3 não obteve deformação plástica onde ocorreu diretamente a ruptura. Na Tabela 1 é apresentado os valores dos ensaios de tração dos corpos de provas, referente os gráficos de tensão x deformação.

Tabela 1 - Valores das propriedades mecânicas dos corpos de prova

Corpo de Prova	Tensão (N)	Alongamento (mm)	Módulo E (Mpa)	
CP 1	1.1	43,64	0,96	3567,46
	1.2	42,18	0,88	4343,89
	1.3	42,72	0,85	4433,09
	Média	42,85	0,90	4114,81
	Desvio	0,60	0,05	388,75
CP 2	2.1	42,75	0,90	4584,81
	2.2	43,34	0,82	4575,93
	2.3	41,52	0,84	4364,37
	Média	42,54	0,85	4508,37
	Desvio	0,76	0,03	101,89
CP 3	3.1	15,10	0,36	0,00
	3.2	17,29	0,42	0,00
	3.3	11,15	0,30	0,00
	Média	14,51	0,36	0,00
	Desvio	2,54	0,05	0,00

Fonte: Os autores (2022)

Analisando os valores do CP1, nota-se uma deformação plástica extensa, com comportamento dúctil devido a construção das camadas serem perpendicular ao ensaio de tração. Com isso, foi registrado uma tensão máxima de 42,85 MPa \pm 0,60 e alongamento máximo de 0,90 mm \pm 0,05 mm. Já nos resultados CP2, observa-se que a região de deformação plástica foi um pouco menor, onde seu preenchimento de camada é perpendicular ao ensaio e o método de fabricação foi igual ao CP1, porém sua posição de construção foi diferente e assim foi observado que sua tensão e módulo obtiveram valores maiores em relação ao CP1, onde foram registrados uma tensão máxima de 42,54 MPa \pm 0,76 e um alongamento máximo de 0,82 mm \pm 0,03 mm. Já analisando o módulo de elasticidade, o CP2 obteve um valor de 9,56% superior comparado com o CP1. É notável a diferença dos resultados do CP3, em comparação aos demais. Observa-se uma ausência grande da região de deformação plástica, onde sugere-se que devido a construção das camadas ter ocorrido paralelamente na direção do ensaio de tração tenha favorecido os baixos valores, onde possivelmente houve um descolamento entre as camadas e consequentemente não obteve a deformação plástica. Sendo assim, foi registrado uma tensão máxima média 14,51 MPa \pm 2,54 e alongamento máximo médio 0,36 mm \pm 0,05 mm.

4. AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem a Faculdade SENAI de Joinville pela infraestrutura disponibilizada para a realização do presente trabalho.

5. REFERÊNCIAS

- ASTM D638-03. Standard Test Method for Tensile Properties of Plastics. USA. 2004.
- KOCHAN, A. Rapid prototyping gains speed, volume and precision. *Assembly Automation*, v. 20, n. 4, p. 295-299, 2000
- Mello, C. H. P., Guedes, F. N., Noronha, V. J. M., Kawasaki, A. A., Rocha, T. E. de S., Ferreira, J. R., e Gorgulho Júnior, J. H. C. (2010). Análise da qualidade superficial e dimensional em peças produzidas por modelagem por deposição de material fundido (FDM). *Revista Produção Online*, 10(3), 504–523.
- VOLPATO, N.; Ahrens, C. H.; Ferreira, C. V.; Petrush, G.; Carvalho, J.; Santos, J. R. L.; Silva, J. V. L. (2007). *Prototipagem Rápida: Tecnologias e Aplicações*. São Paulo: Edgard Blucher.

5. RESPONSABILIDADE PELAS INFORMAÇÕES

Os autores são os únicos responsáveis pelas informações incluídas neste trabalho.