

PRECISÃO DIMENSIONAL DE CORPOS DE PROVA IMPRESSOS EM 3D PARA TESTES DE IMPACTO IZOD

RICARDO JÚNIOR DE OLIVEIRA SILVA¹, FABIANO OSCAR DROZDA², DAVI SALVINI CHIXARO³

¹Mestrando em Engenharia de Produção, UFPR, Curitiba-PR, ricardojrosilva@gmail.com;

²Dr. em Engenharia Mecânica, Prof. da UFPR, Curitiba-PR, fabiano.drozda@gmail.com;

³Mestrando em Engenharia de Produção, UFPR, Curitiba-PR, davisalvini@gmail.com.

Apresentado no
Congresso Técnico Científico da Engenharia e da Agronomia – CONTECC
04 a 06 de outubro de 2022

RESUMO: Muitas pessoas, ao decidirem imprimir suas peças e submetê-las a um teste de impacto IZOD, optam por fazer os detalhes dos corpos de prova por meio da usinagem. Isso, além de ser trabalhoso, faz com que o processo tenha mais desperdícios e se torne mais demorado. Objetivando facilitar o processo de fabricação de peças para ensaios mecânicos de impacto e garantir a precisão dimensional delas; 2 lotes de 5 peças foram impressos em diferentes posições, com diferentes versões do mesmo *software*, e selecionadas aleatoriamente 1 amostra de cada lote para ser encaminhado para um laboratório de metrologia onde foram feitas as aferições. Os resultados mostraram que o lote impresso lateralmente e fatiado pelo CURA versão 5 obteve os melhores resultados.

PALAVRAS-CHAVE: Impressão 3D, Precisão dimensional, Teste de impacto IZOD, ASTM D256.

DIMENSIONAL ACCURACY OF 3D PRINTED PLA SPECIMENS FOR IZOD IMPACT TESTS

ABSTRACT: When people decide to print their parts and submit them to an IZOD impact test, they choose to make the details of the specimens through machining. This, in addition to being laborious, makes the process more wasteful and becomes more time consuming. Aiming to facilitate the manufacturing process of parts for mechanical impact tests and ensure the dimensional accuracy of them; 2 batches of 5 pieces were printed in different positions, with different versions of the same software, and randomly selected 1 sample of each batch to be sent to a metrology laboratory where the measurements were made. The results showed that the batch printed laterally and sliced by CURA version 5 obtained the best results.

KEYWORDS: 3D printing, Dimensional accuracy, IZOD impact test, ASTM D256.

INTRODUÇÃO

Historicamente, a ideia de manufaturar aditivamente não é nova. Isso já era possível de se observar com as pirâmides do Egito, as quais foram feitas de blocos de material alocados uns sobre os outros até a formação da pirâmide completa. Pensar em fabricar aditivamente não necessariamente se limita a utilizar uma impressora 3D, embora esse seja o método mais rápido atualmente, mas sim em utilizar um método de produção que se baseie em adição de material.

Tempos depois, surge a primeira impressora 3D que utilizava a tecnologia de estereolitografia, essa foi criada por Chuck Hull no ano de 1984. Hoje, as impressoras 3D têm ganhado destaque no mercado manufatureiro devido a sua flexibilidade produtiva. Sua aplicação permeia diferentes áreas incluindo o setor automotivo, aeroespacial, biomédico entre outros (HUANG, 2015). Com isso, uma gama de experimentos vem sendo realizados nessas áreas a fim de que possam, cada vez mais, buscar estruturas mais leves, fortes e com maior resistência ao impacto (MISHRA et al., 2021) para seus produtos.

Atualmente, o termo Manufatura Aditiva tem sido empregado com certa frequência tanto na literatura quando na linguagem falada, entretanto, Gibson, Rosen e Stucker (2010) ressaltam que o termo se refere ao um nome genérico, visto que seu processo consiste em adicionar camadas sobre camadas de material de entrada, até formar determinado objeto. Havendo isso, os autores apresentam

outros possíveis nomes os quais também podem ser utilizados para se referir a essa tecnologia, tais como: impressão 3D, modelagem 3D, *AutoFab*, prototipagem rápida, entre outros (GIBSON, ROSEN e STUCKER, 2010; GEBHARDT, 2011; VOLPATO e CARVALHO, 2017).

Embora o uso da impressão 3D tenha crescido, ela ainda apresenta algumas desvantagens. De acordo com Volpato e Carvalho (2017), dois pontos ainda se encontram relativamente inferiores se comparados aos meios de produção tradicionais, como a usinagem, sendo esses: a precisão dimensional e o acabamento.

Ainda segundo os autores, em grande parte, todas as peças fabricadas aditivamente sofrem desvios dimensionais na direção Z; isso porque a altura da peça, na maioria das vezes, não é exatamente um múltiplo da espessura da camada utilizada durante a construção. Este erro pode atingir um valor máximo de uma espessura de camada. Em geral, a precisão dimensional das peças obtidas pela manufatura aditiva é maior no plano XY do que na direção Z. Especialmente quando trabalhando com normas, como no caso da ASTM D256 – para teste IZOD de resistência a impacto – as peças precisam seguir estritamente os valores fornecidos por ela, a fim de não haver interferência nos resultados dos testes, e, conseqüentemente, serem invalidados.

Muitas pessoas ao decidirem imprimir suas peças e submeterem-nas a um teste de impacto, optam por imprimir pequenos blocos de material, e, por meio da usinagem, fazer os entalhes nas peças para obter maior precisão dimensional. Isso, além de ser trabalhoso, faz com que o processo tenha mais desperdício e se torne mais demorado.

Objetivando facilitar o processo de fabricação de peças para ensaios mecânicos de impacto e garantir a precisão dimensional delas, essa pesquisa apresenta como objetivos específicos do estudo:

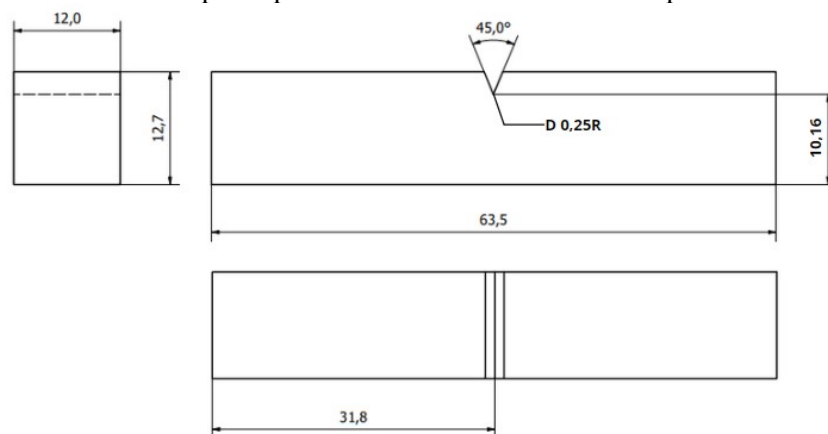
1. Avaliar a precisão dimensional das peças impressas em 3D para ensaios mecânicos de impacto; e
2. Observar se a orientação de impressão, bem como se a versão do *software slicer*, influenciam na precisão dimensional das peças.

Como delimitação da pesquisa, esse estudo avaliará somente as peças baseadas na norma ASTM D256 para ensaios do tipo IZOD.

MATERIAL E MÉTODOS

Inicialmente, foi feita a elaboração do sólido 3D utilizando os parâmetros da norma ASTM D256 (Figura 1). O *software* de modelagem 3D utilizado para criar a peça foi o *Autodesk Inventor Professional 2022*. Para fazer o fatiamento e a adição dos parâmetros de impressão foi utilizado o *slicer* CURA versão 4.11.0 (mais antiga) e versão 5 (mais recente).

Figura 1. Desenho técnico do corpo de prova – medidas em mm e °. Adaptado de ASTM (2015).



A norma regulamentadora permite uma variação na espessura da peça entre 3mm até 12,7mm. A ressalva feita é que ao utilizar um valor menor que 12,7mm o entalhe seja feito no lado com a menor medida (ASTM, 2015).

A impressora utilizada foi a Ender 5 sem câmara fechada, com filamento de PLA natural (incolor) da marca GTmaX3D. Após as definições de equipamento e matéria-prima, o sólido 3D foi

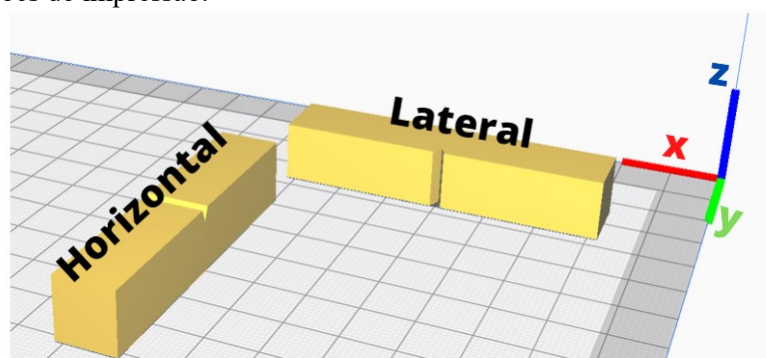
então enviado para o *slicer* CURA onde foram adicionados os parâmetros de impressão, apresentados pelo Quadro 1. Esses parâmetros foram adicionados igualmente nas duas versões.

Quadro 1. Parâmetros de impressão utilizados.

Altura da primeira camada: 0,84 mm
Camadas sólidas de contorno: (verticais, nas faces externas da peça) 3
Camadas inferiores sólidas: (horizontal, na face rente a mesa) 4
Camadas superiores sólidas: 4
Preenchimento nas camadas sólidas (inferior e superior): linha
Ângulo do preenchimento: 45°
Tipo de Preenchimento: linha
Porcentagem de Preenchimento: 15%
Velocidade de impressão dos perímetros: 80mm/s
Velocidade de impressão dos perímetros pequenos: 80mm/s
Velocidade de impressão dos perímetros externos: 20mm/s
Velocidade de impressão do preenchimento sólido: 80mm/s
Velocidade de impressão do preenchimento sólido da camada superior: 60mm/s
Velocidade de impressão da primeira camada: 60mm/s
Temperatura da mesa: 40°C

As orientações de impressão utilizadas foram no eixo X e Y, vide Figura 3.

Figura 3. Orientações de impressão.



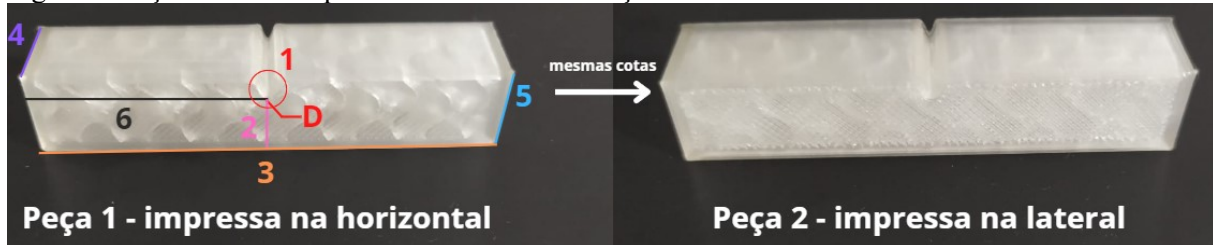
A orientação vertical (Z) não foi selecionada pois como se trata de uma peça para ensaio de impacto IZOD, se a impressão dela for completamente vertical (perpendicular) à direção do teste, será possível observar através dos resultados uma indicação do efeito de ligação entre as camadas depositadas (ZHOU et al., 2019), isto é, a peça contará majoritariamente com a resistência de ligação das camadas e absorverá menos energia. Por outro lado, se ela for impressa no sentido oposto em que será feito o teste, além da resistência entre as ligações das camadas, a peça também contará com a resistência da cadeia polimérica. Ponto esse que deve ser levando em consideração antes do preparo das amostras.

Por fim, as impressões foram feitas em 2 lotes de 5 peças cada, ou seja, 5 peças impressas na horizontal fatiadas pelo CURA versão 4.11.0, e 5 peças impressas na lateral fatiadas pelo CURA versão 5. Essa combinação foi feita aleatoriamente pelo Excel de forma que os resultados não fossem enviesados. Não foi feita a combinação completa deles devido a limitações financeiras da pesquisa, visto que as medições foram feitas por um laboratório especializado a fim de garantir maior confiabilidade nos resultados.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Após as impressões, foram selecionadas, também de forma aleatória, 1 peça de cada lote e encaminhados para um laboratório de metrologia para serem feitas as aferições das medidas. As peças selecionadas estão representadas na Figura 4.

Figura 4. Peças escolhidas para serem feitas as medições.



Os resultados das medições encontram-se discriminados na Tabela 1:

Tabela 1. Resultado das medições das Peças 1 e 2, respectivamente.

Cota	Valor nominal	Range permitido	Valor real obtido	Situação
1	45°	44° - 46°	46,13°	Fora do permitido
D	0,25 mm	0,20 - 0,30 mm	-	-
2	10,16 mm	10,11 - 10,21 mm	10,13 mm	Dentro do permitido
3	63,5 mm	61,5 - 65,5 mm	63,22 mm	Dentro do permitido
4	12 mm	3 - 12,7 mm	11,77 mm	Dentro do permitido
5	12,7 mm	12,5 - 12,9 mm	12,58 mm	Dentro do permitido
6	31,8 mm	30,8 - 32,8 mm	31,6 mm	Dentro do permitido
Cota	Valor nominal	Range permitido	Valor real obtido	Situação
1	45°	44° - 46°	45,21°	Dentro do permitido
D	0,25 mm	0,20 - 0,30 mm	0,27 mm	Dentro do permitido
2	10,16 mm	10,11 - 10,21 mm	10,14 mm	Dentro do permitido
3	63,5 mm	61,5 - 65,5 mm	63,8 mm	Dentro do permitido
4	12 mm	3 - 12,7 mm	11,82 mm	Dentro do permitido
5	12,7 mm	12,5 - 12,9 mm	12,68 mm	Dentro do permitido
6	31,8 mm	30,8 - 32,8 mm	31,6 mm	Dentro do permitido

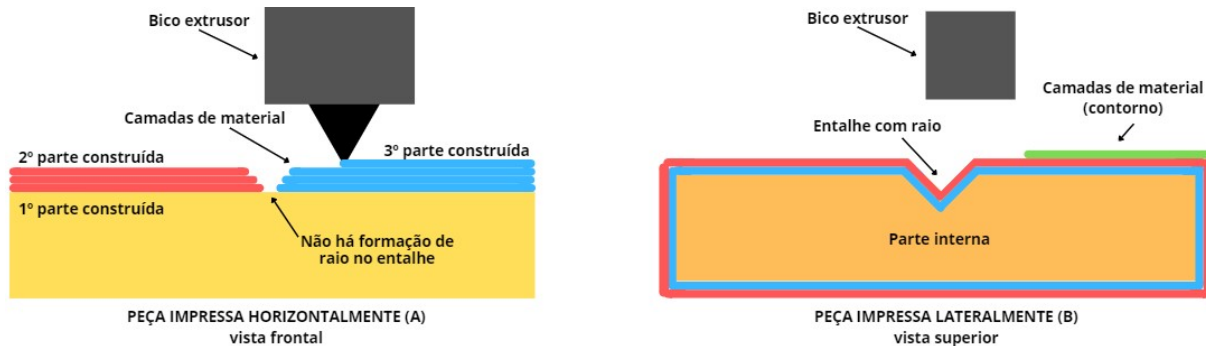
Cada medição foi feita 3 vezes e feita a média aritmética de cada uma. Na peça 1 impressa horizontalmente, pode-se observar que não foi possível fazer a medição do entalhe – cota D – pois não houve formação de raio – a Figura 5 (A) ilustra essa situação. Além disso, a cota de número 1 ficou fora do permitido pela norma. Já a peça 2 impressa na lateral obteve resultados consideravelmente melhores, principalmente nas cotas D (raio) e 1 (ângulo), como representado pela Figura 5 (B).

Figura 5. Análise dos entalhes das Peças no microscópio.



Essa imprecisão dimensional da peça, impressa horizontalmente, se dá pelo fato de a impressora primeiro construir um bloco de material até a altura em que se inicia o entalhe, e, após, imprimir a segunda parte seguida da terceira e última parte, como demonstrado pela Figura 6 (A).

Figura 6. Exemplificação da construção das peças horizontalmente e lateralmente.



Nesse modo de impressão não há formação de raio, pois a curvatura necessária não é produzida, em outras palavras, a parte de baixo permanece reta impossibilitando sua medição. Além disso, há o fator de desvio dimensional da própria impressora na fabricação do entalhe. Resumidamente, as peças desse lote impressos horizontalmente não estariam aptas a serem utilizadas nos testes.

Já com as peças do lote impresso lateralmente – Figura 6 (B), como as camadas são depositadas já formando o entalhe da peça na mesa de impressão, tanto a angulação quanto o raio do entalhe são mais precisos, pois não sofrem muito com o desvio dimensional no eixo Z.

CONCLUSÃO

Com esse estudo foi possível observar que tanto a posição de impressão, quanto a versão do *software* de fatiamento utilizados influenciam diretamente nos resultados. Percebe-se que a posição mais indicada, para esse tipo de impressão, é a lateral fatiada pelo CURA versão 5, pois obedeceu a todas as medidas estipuladas pela norma ASTM D256, não tendo a necessidade de fazer o entalhe posteriormente a impressão.

Ademais, considera-se que o objetivo geral do trabalho de facilitar o processo de fabricação de peças para ensaios mecânicos de impacto e garantir a precisão dimensional deles, junto com os objetivos específicos, foram alcançados com sucesso.

REFERÊNCIAS

- Gebhardt, A. Understanding additive manufacturing. Munich: Hanser Publishers, 2011.
- Gibson, I.; Rosen, D.; Stucker, B. Additive manufacturing technologies. New York: Springer, 2010.
- Huang, H.S.; Peng, L.; Mokasdar A; Hou, L; Additive manufacturing and its societal impact a literature review, The International Journal of Advanced Manufacturing Technology, Vol. 67, Oct.2012, p.1191-1203.
- International, A. S. T. M. ASTM D256-00 Standard Test Methods for Determining the IZOD Pendulum Impact Resistance of Plastics. 2015.
- Mishra, P. K.; Senthil, P.; Adarsh, S.; e Anoop, M. S. An investigation to study the combined effect of different infill pattern and infill density on the impact strength of 3D printed polylactic acid parts. Composites Communications, v. 24, p. 100605, 2021.
- Volpato, N.; Carvalho, J. Introdução à Manufatura Aditiva ou impressão 3D. In: VOLPATO, Neri (Org). Manufatura aditiva: tecnologias e aplicações da impressão 3D. Editora Blucher, 2017.
- Zhou, Y. G.; Zou, J. R.; Wu, H. H.; e Xu, B. P. Balance between bonding and deposition during fused deposition modeling of polycarbonate and acrylonitrile-butadiene-styrene composites. Polymer Composites, v. 41, n. 1, p. 60-72, 2020.