

## **ESTUDO COMPARATIVO DAS PROPRIEDADES MECÂNICAS ENTRE PLÁSTICO ABS PROTOTIPADO POR DEPOSIÇÃO X USINADO EM CNC**

LUCAS DAVANÇO<sup>1</sup>, JEFERSON GIL FURHMANN<sup>2\*</sup>,  
CHENG TE CHUAN<sup>3</sup>.

<sup>1</sup>Faculdade de Tecnologia SENAI CIC, Curitiba-PR, [lucasdavanco@hotmail.com](mailto:lucasdavanco@hotmail.com);

<sup>2</sup>Dr. Prof. UTFPR, Curitiba-PR, [jgfurhmann@utfpr.edu.br](mailto:jgfurhmann@utfpr.edu.br);

<sup>3</sup>Prof. Faculdade de Tecnologia SENAI CIC, Curitiba-PR, [chengtechuan@yahoo.com.br](mailto:chengtechuan@yahoo.com.br);

Apresentado no  
Congresso Técnico Científico da Engenharia e da Agronomia – CONTECC'2017  
8 a 11 de agosto de 2017 – Belém-PA, Brasil

**RESUMO:** Esse artigo diz respeito a uma comparação de resistência mecânica à tração entre corpos de prova padronizados pela norma ASTM (American Society for Testing and Materials), confeccionados com duas tecnologias diferentes, deposição em ABS e usinagem CNC. Nos últimos anos a prototipagem rápida (PR) vem conquistando cada vez mais espaço nas empresas, com o desenvolvimento de novas tecnologias que focam as necessidades demandadas pelo setor de desenvolvimento de produto, aumentando as opções para a fabricação de seus modelos prototipados. Foram confeccionados dez corpos de prova, sendo cinco usinados em uma fresadora CNC e cinco pelo processo FDM (Fused Deposition Modeling). Os dados adquiridos foram obtidos de uma máquina de ensaios mecânicos universal e os resultados demonstram através de tabelas e gráficos qual se saiu melhor nos testes. É possível concluir que os corpos de prova impressos obtiveram melhores resultados nos ensaios.

**PALAVRAS-CHAVE:** *Prototipagem rápida. Tecnologias FDM. Impressora 3D.*

### **COMPARATIVE STUDY OF MECHANICAL PROPERTIES BETWEEN ABS PROTOTYPED PLASTIC X CNC MACHINED**

**ABSTRACT:** This article deals with a comparison of mechanical tensile strength between test specimens standardized by ASTM (American Society for Testing and Materials), made with two different technologies, ABS deposition and CNC machining. In recent years rapid prototyping (PR) has been gaining more and more space in companies, with the development of new Technologies that focus on the needs demanded by the product development sector, increasing the options for the manufacture of its prototyped models. Ten test specimens were made, five of which were machined in a CNC milling machine and five in the FDM (Fused Deposition Modeling) process. The data acquired were obtained from a universal mechanical testing machine and the results are demonstrate through tables and graphs which one had the best performance in the tests. It is possible to conclude that the printed specimens obtained better results in the tests.

**KEYWORDS:** Rapid prototyping, FDM technologies. 3D printer

### **INTRODUÇÃO**

Visando atender as necessidades e exigências de grandes empresas em relação ao Processo de Desenvolvimento de Produtos (PDP), a prototipagem rápida vem ganhando cada vez mais espaço nesse meio, afinal a exigência por redução de tempo e custo de desenvolvimento de um produto está cada vez maior. Com o passar dos anos. A PR (prototipagem Rápida) está sendo considerada um dos maiores avanços tecnológicos no momento, visto que, além de reduzir o tempo total de desenvolvimento, traz também um aumento na qualidade e consequentemente na competitividade das organizações.

SUN *et al.* (2008) comenta que avanços contínuos de materiais e tecnologias, está tornando possível a fabricação de peças funcionais além de protótipos. A manufatura rápida usa o princípio da manufatura por camadas (LMT's – *Layer Manufacture Technique*) para a fabricação de produtos sólidos usados tanto como parte de uma montagem quanto peças únicas (HOPKINSON e DICKENS, 2001). Para que esta nova técnica se estabeleça é preciso que seja capaz de competir não apenas em viabilidade econômica, mas também garantir a qualidade e a confiabilidade do produto final.

O artigo faz uma comparação entre dois tipos de protótipos, confeccionados por duas técnicas diferentes, onde uma é a remoção de material feito por um centro de usinagem CNC (fresadora) e outra pela PR, por adição de material no processo de FDM (*Fused Deposition Modeling*).

## MATERIAIS E MÉTODOS

Em meados da década de 90, surgia um novo processo de fabricação baseado na adição de material em camadas. O processo apresentava uma vantagem aos já existentes, pois utilizava informações geométricas da peça a ser fabricada diretamente de um sistema CAD (*Computer Aided Design*) 3D. Para o planejamento do processo, as informações geradas eram enviadas para a máquina, que executava o trabalho sem que um operador precisasse dar assistência, dispensando moldes e ferramentas (CARVALHO e VOLPATO, 2007).

A PR é um conjunto de tecnologias usadas para fabricar objetos físicos diretamente a partir de dados gerados por sistemas CAD (GORNI, 2001).

Segundo Pupo (2009) a PR é uma ótima ferramenta para a redução do tempo de produção enquanto aumenta a qualidade e reduz custos. Algumas teorias revelam a PR (Prototipagem Rápida) como sendo unicamente os processos que se utilizam da sobreposição de camadas de qualquer material que visa formação de um protótipo físico, outros tipos não estabelecem parâmetros e são definidos pelos métodos que exclusivamente utilizam equipamentos automatizados.

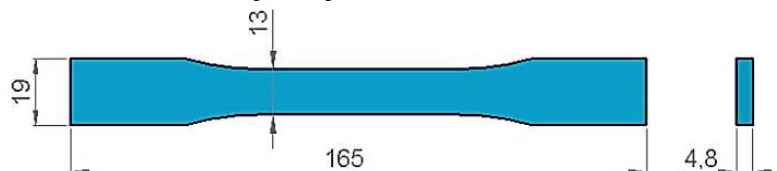
Segundo Kai (2003), existem mais de 20 tipos de PR no mercado e, apesar de usarem diferentes tecnologias de adição de material, utilizam o mesmo princípio de manufatura por camadas planas. Os processos mais importantes de PR atualmente podem ser classificados pelo estado ou forma inicial da matéria-prima utilizada. Eles são classificados em Líquido, Sólido e Pó.

A tecnologia mais utilizada é a deposição de material fundido, mais conhecido como FDM (*Fused Deposition Modeling*), que se baseia na extrusão de filamentos aquecidos de plástico. Uma máquina FDM possui um cabeçote que se movimenta no plano horizontal (X e Y), e possui uma plataforma que se movimenta no sentido vertical (Z), as guias rotativas empurram o filamento para o interior da câmara de liquidificação onde o material é aquecido, extrudado e depositado de modo que forme uma camada. Ao final de cada camada a plataforma se desloca para baixo, com uma distância igual à da espessura da camada, ou seja, aproximadamente 0,25mm. O cabeçote começa a extrudar novos filamentos para construir uma nova camada sobre a anterior, sendo que este procedimento é repetido até formar o objeto 3D desejado (LIRA e MAFALDA, 2013).

Seguindo a Norma ASTM (*American Society for Testing and Materials*) D638-10, que visa padronizar os testes de propriedades mecânicas em materiais poliméricos, foram confeccionados cinco corpos de prova através da prototipagem rápida usando o método FDM e cinco corpos de prova por usinagem CNC, para fazer a comparação da resistência mecânica à tração.

O corpo de prova foi primeiramente modelado pelo *software* SolidWorks versão 2013 e salvo em arquivo .stl, é mostrado na Figura 1:

Figura 1: Dimensões do corpo de prova conforme norma ASTM D638-10.



O arquivo convertido é então importado para o *software* apropriado da impressora 3D para a confecção da peça, o qual, no caso, foi o Matter control v1,5.

Para esta comparação foi escolhido o material polimérico de engenharia ABS (Acrilonitrila-butadieno-estireno), pois este material plástico por possuir boas propriedades mecânicas está

completamente disseminado no cotidiano industrial, visto que é um dos plásticos mais indicados para a produção de carcaças de eletrodomésticos, além de ser encontrado mais facilmente em chapa comercial. Para estes testes, foi feita a aquisição de uma chapa de 200x200x5mm.

A seguir, utilizando-se um centro de usinagem CNC, Romi D600 (fresadora), foi importado o arquivo do corpo de prova para o *software* Mastercam Mill X9, e geradas as coordenadas do programa. Para a usinagem, utilizou-se uma fresa de topo de aço rápido de Ø 3mm com 2 arestas de corte.

No segundo caso, a impressora utilizada para realizar a confecção dos corpos de prova foi a 3D Printer Ulticampy V2, com um filamento de espessura 1,75mm. A Tabela 1, detalha as principais características técnicas da impressora.

Tabela 1. Especificação da Impressora 3D Ulticampy V2

Área útil de impressão	Larg. 225mm	Prof. 235 mm	Alt. 195 mm
Qualidade de impressão	0,05mm ~ 0,40 mm		
Diâmetro do bico	0,40 mm		
Temperatura	Ambiente: (15° ~40°C)	Máx. Exaustor: 280°C	
Construção	Chassi: MDF pintado	Mesa de impressão: vidro	
Software	Impressão: Matter control v1.5	Extensão do arquivo: .stl e .obj	

Para a aquisição de informações sobre a resistência mecânica dos corpos de prova, foram realizados ensaios de tração, em uma máquina universal de ensaios mecânicos, modelo EMIC DL-10000, com capacidade de carga de 10 t.

### 3 - RESULTADOS E DISCUSSÃO

Conforme objetivo inicial foi realizado um estudo comparativo de resistência mecânica entre uma peça prototipada e uma peça usinada, utilizando-se para isso o ensaio de tração. A Figura 2 mostra os dois corpos de prova, o usinado e o prototipado.

Figura 2: (a) Corpo Usinado, (b) Corpo Impresso.



Já na confecção dos corpos de prova prototipados, ocorreram alguns problemas. Como a área de contato sobre a mesa de impressão era muito extensa, as extremidades acabavam se descolando no meio do processo, fazendo com que a primeira camada (base) do corpo de prova se desprendesse e o mesmo ficasse empenado.

Para corrigir esse problema na impressão foi utilizada uma técnica de ponto de partida, chamada de *Brim* (borda). O *brim* é anexado à parte onde estão localizados os pontos mais críticos da peça (nas extremidades). Ele se estende para fora, semelhante à aba de um chapéu. O *brim* têm vários contornos e pode ter entre uma à duas camadas de altura. Essa técnica é muito utilizada para estabilizar pequenas peças ou seções isoladas de um modelo, como uma mesa que possui quatro pernas, pois as “bordas” ajudam estas áreas delicadas a continuarem ligadas à mesa de impressão. A Figura 3 representa essa técnica.

Figura 3: Impressão com técnica “Brim”.



Após a finalização de todas as etapas foram feitos os ensaios de tração e, os resultados obtidos estão dispostos em duas tabelas. A primeira tabela (2) é referente aos dados dos corpos de prova usinados, acompanhada do gráfico da curva de tensão máxima suportada pelo corpo de prova usinado e representado pelo gráfico da Figura 4.

Os valores de resistência máxima foram somados e divididos pelo número de ensaios, obtendo assim um valor médio de resistência máxima que será usado para o comparativo, o qual foi de 29,65 MPa. A tensão de escoamento do material foi de 14 MPa, a tensão máxima foi de 30 MPa, e a elasticidade foi de 0,700 GPa.

Tabela 2: Resultados (Corpos de prova usinados)

Ensaio	Medida	Força	Área (mm <sup>2</sup> )	Tensão Máx. (MPa)
1	13x4,8	189,4	62,4	29,77
2	13x4,8	202,8	62,4	31,88
3	13x4,8	178,5	62,4	28,05
4	13x4,8	190,0	62,4	29,86
5	13x4,8	182,4	62,4	28,67

A segunda bateria de ensaios foi executada nos corpos de prova prototipados, onde foram encontrados melhores valores de resistência máxima, conforme Tabela 3, acompanhada do gráfico da curva de tensão máxima suportada pelo corpo de prova prototipado, conforme Figura 5.

O valor médio da resistência máxima obtido pelos testes foi de 33,53 MPa, a tensão máxima foi de 37,19 MPa, a tensão de escoamento foi de 30,25 MPa, e a elasticidade foi de 0,189 GPa.

Tabela 3: Resultados (corpos de prova prototipados)

Ensaio	Medida	Força	Área (mm <sup>2</sup> )	Tensão Máx. (MPa)
1	13x4,8	244	62,4	38,34
2	13x4,8	237	62,4	37,24
3	13x4,8	235	62,4	36,97
4	13x4,8	154,4	62,4	24,26
5	13x4,8	196	62,4	30,80

Figura 4 Resultados dos ensaios de tração.

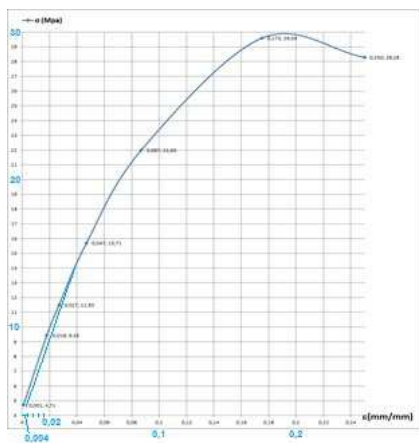
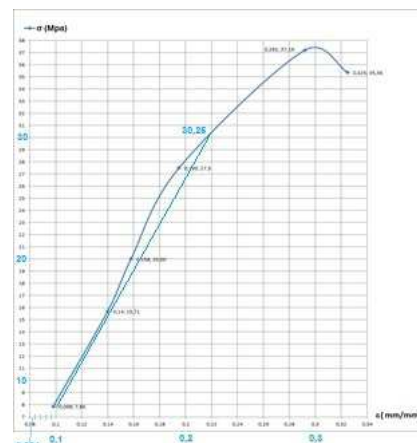


Figura 5: Resultados dos ensaios de tração.



## CONCLUSÃO

Com estes dados, pôde-se comprovar, nesse caso, que os corpos de prova impressos apresentaram um melhor desempenho (em relação aos usinados) nos ensaios e acabaram superando as expectativas. O processo FDM obteve melhores resultados na comparação de resistência à tração.

Conforme o objetivo desse artigo, as etapas desse estudo foram mostradas passo a passo detalhadamente, bem como os resultados alcançados por meio dos testes feitos em laboratório. De tal maneira o melhor processo nesse estudo foi o FDM, mas a escolha do processo varia de acordo com a necessidade da aplicação.

## REFERÊNCIAS

- ASTM D638 – 10. “Standard Test Method for Tensile Properties of Plastics”. ASTM INTERNATIONAL, West Conshohocken, PA, 2010, DOI: 10.1520/D0638-10.
- CARVALHO, J. e VOLPATO, N. Prototipagem Rápida como processo de fabricação, In Prototipagem Rápida – Tecnologias e aplicações, Volpato N. (editor). Ed. Blücher, São Paulo, 1ª edição, 2007.
- GIBSON, I., Ed. (2005). Advanced manufacturing technology for medical applications: reverse engineering, software conversion and rapid prototyping. Chichester, John Wiley & Sons Ltd.
- GORNI A. A, Introdução à Prototipagem Rápida e Seus Processos. *Plástico Industrial*, Março 2001, p. 230 – 239.
- HOPKINSON, N.; DICKENS, P. Rapid prototyping for direct manufacture. *Rapid Prototyping Journal*. Vol. 7, No. 4, 2001, pp. 197 – 202.
- KAI, C.C.,Fai,L.K. and sing,L.C. *Rapid Prototyping: Principles and Applications* (2<sup>nd</sup> edition), Manufacturing World Scientific Pub Co, March, 2003, 448p.
- LIRA, M.V.; MAFALDA, R. Plástico industrial identificação de contaminantes em grânulos e sistemas de manipulação de poliamidas: uma comparação entre prototipagem rápida e convencional no desenvolvimento de produtos plásticos. *Plástico industrial*. São Paulo, v. 15, n. 175, p. 36-49. Mar. 2013.
- PUPPO, R. T. Ensino da prototipagem rápida e fabricação digital para arquitetura e construção no Brasil: definições e estado da arte. *PARC*, v. 1, p. 1-19, 2008.
- SUN, Q.; Rizvi, G. M.; Bellehumeur, G. T.; Gu, P. Effect of processing conditions on the bonding quality of FDM polymer filaments. *Rapid Prototyping Journal*. Vol. 14 / 2, 2008, pp. 72 – 80.