



INFLUÊNCIA DA COR DO FILAMENTO DE ABS NA INTEGRIDADE SUPERFICIAL DE PEÇAS FABRICADAS POR FABRICAÇÃO POR FILAMENTO FUNDIDO

Carolina F. Machado^{1*}, José R. Camilo², Guilherme R. Mecelis³ e Cleiton L. F. de Assis⁴

1 - Instituto Federal de São Paulo (IFSP), Câmpus Votuporanga. Avenida Jerônimo Figueira da Costa, 3014, Votuporanga, CEP 15503-110, SP.

c.machado@aluno.ifsp.edu.br

2 - Instituto Federal de São Paulo, Câmpus Votuporanga (IFSP).

3 - Instituto Federal de São Paulo, Câmpus Votuporanga (IFSP).

4 - Instituto Federal de São Paulo, Câmpus Votuporanga (IFSP).

RESUMO

A otimização de processos, visando a redução de etapas de fabricação e pós-processamentos é uma das vantagens da Manufatura Aditiva. Também conhecida por impressão 3D, é um conjunto de técnicas que viabiliza a produção de peças por meio da deposição de camadas uma sobre as outras, formando um objeto tridimensional. Um dos termoplásticos de engenharia mais comumente utilizados para este fim é o Acrilonitrila-Butadieno-Estireno (ABS), cujas aplicações estéticas, tribológicas e de integridade demandam controle do acabamento da peça. A obtenção de peças coloridas com aparência que atendam às necessidades da aplicação, sem a necessidade de pós-processamentos, também reduz o tempo e custo de fabricação. O objetivo deste trabalho foi avaliar a influência de corante nos filamentos de ABS na integridade superficial de corpos de prova produzidos por Fabricação por Filamento Fundido (FFF). As peças foram impressas com bico de extrusão de diâmetro de 0,5 mm, temperatura de extrusão de 220 °C, temperatura da mesa de impressão com 120 °C, velocidade de impressão de 30 mm/s, padrão concêntrico e preenchimento de 100%. Foram utilizados filamentos de ABS natural e nas cores vermelho, nude, azul, preto e cinza. Os parâmetros Ra, Rq e Rz foram medidos em ensaios de rugosidade, realizados com auxílio de um rugosímetro de contato portátil. Na análise estatística aplicada na avaliação dos dados experimentais foi considerada uma confiabilidade de 95%. Os resultados indicaram que a cor do filamento influenciou o acabamento das peças. Contudo, para todos os filamentos o desvio o perfil de rugosidade média foi de 20%, avaliado pela razão entre os parâmetros Rq e Ra. Da mesma forma, a razão entre os parâmetros Rz e Ra também foi constante e igual a 5 para todas as amostras. Em relação ao filamento sem corante (natural), o filamento azul apresentou a maior rugosidade média (2,7 vezes), enquanto o vermelho apresentou a menor variação (1,5 vezes). O filamento cinza apresentou o maior desvio estatístico das médias de rugosidade, sendo de 32% para o parâmetro Ra contra 12% no filamento nude (menor desvio). A escolha adequada da cor do filamento é um parâmetro importante na seleção de filamentos de ABS para impressão 3D e este trabalho pode contribuir para a produção de peças com controle do acabamento e geração de superfícies funcionais.

Palavras-chave: Manufatura Aditiva; Integridade Superficial; Rugosidade; ABS.

INTRODUÇÃO

A impressão 3D representa uma técnica de manufatura aditiva que se baseia na criação de elementos tridimensionais, ou seja, se transforma um objeto desenvolvido através do *software* CAD (*computer-aided design*) em um protótipo físico por meio da técnica de deposição de material fundido (FDM, *fused deposition modeling*) camada por camada até que se forme o corpo esperado⁽¹⁾.

Atualmente essa tecnologia 3D tem se expandido devido à habilidade das impressoras 3D incorporarem de forma rápida as peças e se faz presente em diversas áreas do conhecimento como na medicina, automobilística, construções civis e têxtil pois possui um grande potencial de aplicação e permite um aumento na eficácia de fabricação dos produtos. Apesar do constante crescimento da tecnologia, o uso da prototipagem 3D ainda contém certas dificuldades, como por exemplo o elevado custo da matéria prima e aditivos que os tornam mais resistentes⁽¹⁻³⁾.

O polímero ABS provém de termopolímeros que são compostos por dois componentes termoplásticos amorfos e um elemento elastomérico. Além disso, esse material possui um bom equilíbrio entre resistência à tração, alta estabilidade dimensional, baixo índice de absorção, fácil moldagem, entre outros. Os corantes são utilizados para colorir os objetos e podem ser identificados como pigmento ou corante. Mesmo que muitos pesquisadores acreditem que essas definições sejam diferentes, em alguns contextos são apontados como a mesma coisa⁽⁴⁻⁶⁾.

A rugosidade apresenta-se de várias maneiras, sendo caracterizada pelas suas irregularidades geométrica quase que imperceptíveis analisadas na superfície de um dado material. Ela pode ser avaliada por alguns parâmetros, como profundidade dos vales, média de rugosidade Ra, altura dos picos e áreas dos picos. Apesar do parâmetro rugosidade ser de trivial obtenção, o seu valor para a análise dos comportamentos físico-químicos em materiais muito usados na engenharia é muito significativo⁽⁷⁻⁹⁾.

A redução de etapas de fabricação proporciona a otimização de processos produtivos, que é uma das vantagens da Manufatura aditiva. O objetivo do trabalho foi avaliar a influência da cor do filamento no acabamento de corpos de prova produzidos por Manufatura Aditiva. A produção de peças coloridas com aparência adequada para a aplicação desejada, sem a necessidade de pós-processamento possibilita maior produtividade e redução do custo de fabricação.

MATERIAIS E MÉTODOS

Para a produção dos corpos de prova foi utilizada uma impressora 3D da marca GTMax3D, com as seguintes características: técnica de Modelagem por Deposição Fundida (MDF), área de impressão de 300 x 300 x 500 mm (comprimento x largura x altura), velocidade máxima de impressão há 180 mm/s, espessura da camada de 0,05 à 0,4 mm no eixo XY e de 0,004 mm no eixo Z, diâmetro do pico extrusor com 0,5 mm e com temperatura máxima de 295 °C, diâmetro de filamento do material de 1,75 mm e aquecimento da mesa de até 135 °C.

Foram produzidos cinco corpos de prova com ABS natural e cinco corpos de prova nas cores: vermelho, nude, azul, preto e cinza, totalizando trinta peças. Todos os corpos de prova foram impressos com bico de extrusão de diâmetro de 0,5 mm, velocidade de impressão de 30mm/s, temperatura de extrusão de 220 °C, temperatura da mesa de impressão com 120 °C altura da camada de 0,2 mm, espessura da parede de 1,2 mm e preenchimento de 100%. Foi empregado o padrão de preenchimento concêntrico e uso do material polimérico ABS de um único fornecedor. Os corpos de prova possuem 170 mm de comprimento, 20 mm de largura nas extremidades, 10 mm de largura na região central e 4 mm de espessura.

Para avaliação da integridade superficial foi utilizado um medidor de rugosidade superficial da marca Mitutoyo, modelo SJ-210, com capacidade de medição de 17,5 mm no eixo X e 360 μm no eixo Z, velocidades de medição de 0,25, 0,5 e 0,75mm/s, retorno de 1 mm/s, sensor raio ponta de 5 μm , resolução de 25 μm / 0,002 μm e os parâmetros de avaliação de rugosidade Ra, Rq e Rz foram os utilizados no estudo.

As medições da rugosidade foram realizadas nas regiões 1, 2 e 3, mostradas na Figura 1, em todos os corpos de prova produzidos e os valores médios de rugosidade Ra, Rq e Rz foram considerados na análise estatística dos valores obtidos. As médias foram avaliadas considerando um intervalo de confiança de 95%.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os corpos de prova produzidos são apresentados na Figura 1.



Figura 1: Corpos de prova produzidos nas cores natural, vermelho, nude, azul, preto e cinza.

Ressalta-se que o formato geométrico dos corpos de prova foi definido para permitir a avaliação da integridade superficial, e, para execução do ensaio de tração, sendo que os resultados da resistência mecânica não fazem parte do escopo deste trabalho.

O Gráfico 1 apresenta os resultados da rugosidade medidos na superfície das peças. Com base na análise da rugosidade Ra, mostrada no Gráfico 1 (a), o filamento ABS natural apresentou a menor rugosidade média Ra, a qual considera o cálculo da linha média para o perfil, para a qual a área dos picos acima e abaixo da linha é igual, equivalente a 4,381 μm . Na sequência, as peças vermelhas apresentaram Ra média igual a 6,322 μm , as peças cinzas Ra média igual a 8,039 μm , as peças pretas Ra média igual a 9,356 μm , as peças nude Ra média igual a 10,276 μm e as peças azuis Ra média igual a 11,737 μm .

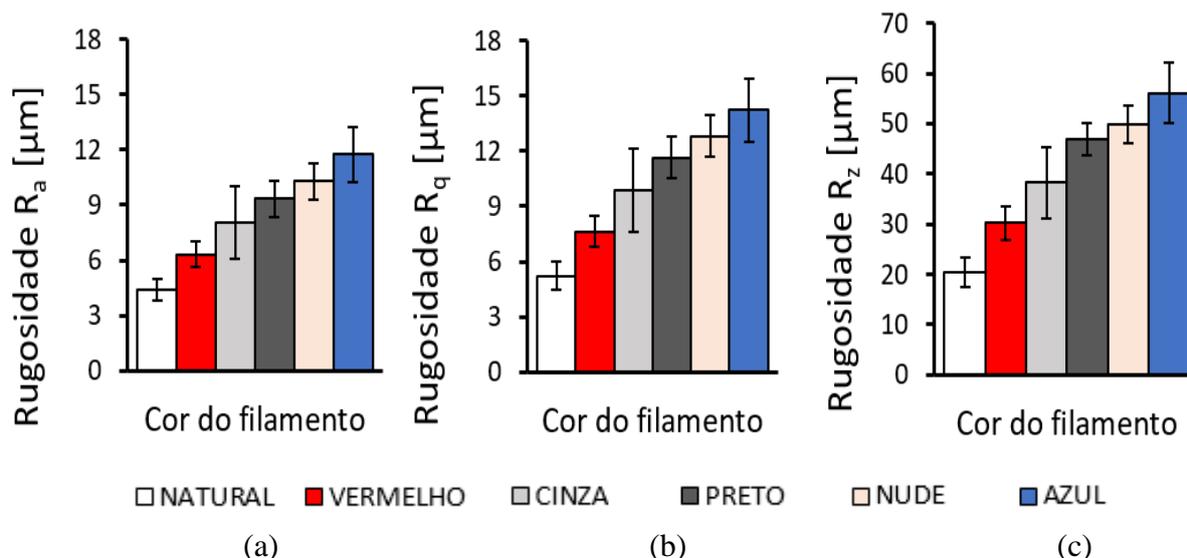


Gráfico 1: Resultados obtidos nas rugosidades R_a (a), R_q (b) e R_z (c).

O valor médio do R_a obtido com ABS na cor vermelha foi aproximadamente 44,3% maior do que o ABS natural, e respectivamente, do cinza 83,5%, do preto 113,6%, do nude 134,6% e do azul 167,9%, quando também comparados com ABS natural. Portanto, ocorreram variações significativas entre o R_a do ABS natural comparado com as demais cores estudadas. O menor desvio padrão ocorreu no ABS natural (1,119 μm) e o maior na cor cinza (3,895 μm).

A análise da rugosidade R_q , a qual representa o desvio padrão do perfil de rugosidade, evidenciou que o menor valor deste parâmetro ocorreu no ABS natural, equivalente a 5,220 μm . Os valores crescentes de R_q para as demais cores, apresentados no Gráfico 1 (b), seguiram a mesma sequência obtida nos ensaios para determinação de R_a . As peças vermelhas apresentaram R_q média igual a 7,627 μm , as peças cinzas R_q média igual a 9,900 μm , as peças pretas R_q média igual a 11,658 μm , as peças nude R_q média igual a 12,820 μm e as peças azuis R_q média igual a 14,240 μm . Quando comparado com o R_q do ABS natural, o R_q do vermelho é 46,1% maior, do cinza 89,7%, do preto 123,3%, do nude 145,6% e do azul 172,8%. Os dados experimentais mostraram variações significativas também entre R_q do ABS natural comparado com as demais cores estudadas. O menor desvio padrão ocorreu no ABS natural (1,485 μm) e o maior na cor cinza (4,459 μm).

A rugosidade R_z , que representa a altura média entre determinados picos mais altos e vales numa superfície, e apresentada no Gráfico 1(c), foi medida nos corpos de prova de ABS natural e correspondeu a 20,343 μm . As peças vermelhas apresentaram R_z média igual a 30,267 μm , as peças cinzas R_z média igual a 38,245 μm , as peças pretas R_z média igual a 47,006 μm , as peças nude R_z média igual a 49,840 μm e as peças azuis R_z média igual a 56,112 μm . Quando comparado com o R_z do ABS natural, o R_z do vermelho é 48,8% maior, do cinza 88,0%, do preto 131,1%, do nude 145,0% e do azul 175,8%. Os dados experimentais mostraram variações significativas também entre R_z do ABS natural comparado com as demais cores estudadas. O menor desvio padrão ocorreu no ABS natural (5,781 μm) e o maior na cor cinza (13,880 μm). O filamento azul apresentou a maior rugosidade média quando comparado ao natural (2,7 vezes), enquanto o vermelho apresentou a menor variação (1,5 vezes). O filamento cinza teve o maior desvio estatístico das médias da rugosidade, sendo 32% para o parâmetro R_a contra 12% no filamento nude, o qual apresentou o menor desvio.

A razão entre os parâmetros R_q e R_a foi constante e igual a 1,2, a razão entre os parâmetros R_z e R_a , também foi constante e equivalente a 5, enquanto, a razão entre os parâmetros R_z e R_q foi constante e equivalente a 4.

CONCLUSÕES

Os resultados indicaram que a cor do filamento influenciou o acabamento das peças. O filamento de ABS natural apresentou as menores rugosidades Ra, Rq e Rz, dentre todos os corpos de prova. Dentre as cores de filamentos de ABS utilizados nesta pesquisa para a obtenção das peças por Fabricação por Filamento Fundido, a cor vermelha apresentou as menores rugosidades Ra, Rq e Rz, e na sequência, a cinza, o preto, o nude e a azul. A escolha da cor do filamento de ABS é um parâmetro importante na fabricação de peças por impressão 3D. A escolha correta da cor do filamento pode contribuir para a produção de peças com controle de acabamento, geração de superfícies funcionais, otimização de processos e redução de custos produtivos, dispensando a necessidade de pós-processamentos para a obtenção do acabamento desejado na fabricação das peças.

AGRADECIMENTOS

Ao Instituto Federal de São Paulo pelo apoio e concessão de bolsa de iniciação científica.

REFERÊNCIAS

1. PORTO, T.M.S. Estudo dos avanços da tecnologia de impressão 3D e da sua aplicação na construção civil. Projeto de Graduação, UFRJ, Escola Politécnica, Curso de Engenharia Civil, Rio de Janeiro, 2016.
2. SHIMANO, M. M., et al. Influência do percentual de preenchimento no comportamento mecânico de peças em PLA e ABS obtidas por Impressão 3D por extrusão. *Revista Brasileira de Ciência, Tecnologia e Inovação*, v. 3, n. 2, p. 178-190, 2019.
3. LACERDA, T. F. et al. Aplicabilidade da impressora 3D na prática médica contemporânea. In: *Anais do 2 Congresso Médico de Rio Verde*, Rio Verde, SP, 2019, p. 58. Disponível em: <https://brazilianjournals.com/ojs/index.php/BJHR/article/view/6474>. Acesso em: 24 de Agosto de 2022.
4. TRUIZ, M. F. Estudo e projeto de aeromodelos fabricados via impressão 3D e comparação com modelos convencionais. 2015, 16p. Trabalho de Conclusão de Curso - Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Cornélio Procopio.
5. BRAGA, T.C. Desenvolvimento de Eletrodos de ABS impressos em 3D e em papel para aplicação em eletrocatalise. In: *Anais do 28 CONGRESSO {VIRTUAL} DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA DA UNICAMP*, Campinas, SP, 2020. São Paulo, 2020, p.2. Disponível em: <https://www.prp.unicamp.br/inscricao-congresso/resumos/2020P16750A34574O6.pdf>. Acesso em: 18 de agosto 2022.
6. SARON, C.; FELISBERTI, M.I. Ação de colorantes na degradação e estabilização de polímeros. *Química Nova*, v. 29, p.124-128, 2006.
7. CARPINETTI, Luiz Cesar Ribeiro et al. Rugosidade superficial: conceitos e princípios de medição. 1996, 1p. Tese (Doutorado em Engenharia Mecânica) – Departamento de Engenharia Mecânica, EESC-USP/SP, São Paulo.
8. LEITE, G. B; FONSECA, Y. R; GOMES, A. V; ELIAS, C. N. Relação entre os parâmetros de rugosidade 3D e a molhabilidade do titânio com grãos micrométricos e sub-micrométricos. *Matéria (Rio de Janeiro)*, v. 25, n. 2, p. 2, 2020.
9. BERNARDES, R. B; ASSIS, OD ILIO, B.G; PESSOA, J. D. C. Relação entre parâmetros de rugosidade obtidos por microscopia de força atômica e por microscopia eletrônica de varredura. v. 17, n. 2, p. 3, 1998.

INFLUENCE OF ABS FILAMENT COLOR ON THE SURFACE INTEGRITY OF PARTS MANUFACTURED BY MANUFACTURING BY FUSED FILAMENT

ABSTRACT

The optimization of processes, aiming at the reduction of manufacturing and post-processing steps is one of the advantages of Additive Manufacturing. Also known as 3D printing, it is a set of techniques that enables the production of parts through the deposition of layers one on top of the other, forming a three-dimensional object. One of the most commonly used engineering thermoplastics for this purpose is Acrylonitrile-Butadiene-Styrene (ABS), whose aesthetic, tribological and integrity applications demand control of the part finish. Achieving color parts that look and feel that meet the needs of the application, without the need for post-processing, also reduces manufacturing time and cost. The objective of this work was to evaluate the influence of dye in ABS filaments on the surface integrity of specimens produced by Fused Filament Fabrication (FFF). The parts were printed with an extrusion nozzle with a diameter of 0.5 mm, extrusion temperature of 220 °C, printing table temperature of 120 °C, print speed of 30 mm/s, concentric pattern and 100% fill. Natural ABS filaments were used and in the colors red, nude, blue, black and gray. The parameters Ra, Rq and Rz were measured in roughness tests, carried out with the aid of a portable contact roughness meter. In the statistical analysis applied to the evaluation of experimental data, a reliability of 95% was considered. The results indicated that the color of the filament influenced the finishing of the pieces. However, for all filaments, the deviation from the average roughness profile was 20%, evaluated by the ratio between the parameters Rq and Ra. Likewise, the ratio between the parameters Rz and Ra was also constant and equal to 5 for all samples. In relation to the filament without dye (natural), the blue filament presented the highest average roughness (2.7 times), while the red one presented the smallest variation (1.5 times). The gray filament showed the highest statistical deviation of the roughness means, being 32% for the Ra parameter against 12% for the nude filament (smallest deviation). The proper choice of filament color is an important parameter in the selection of ABS filaments for 3D printing and this work can contribute to the production of parts with finishing control and generation of functional surface.

Keywords: *Additive Manufacturing; Surface Integrity; Roughness; ABS.*