

## 13º Congresso de Inovação, Ciência e Tecnologia do IFSP - 2022

### **ESTUDO DA INFLUÊNCIA DOS PARÂMETROS DE IMPRESSÃO E DO CORANTE NA INTEGRIDADE SUPERFICIAL DE PEÇAS DE ABS PRODUZIDAS POR MANUFATURA ADITIVA**

CAROLINA F. MACHADO<sup>1</sup>, JOSÉ R. CAMILO<sup>2</sup>, GUILHERME R. MECELIS<sup>3</sup>,  
CLEITON L. F. DE ASSIS<sup>4</sup>

<sup>1</sup> Graduanda em Engenharia Elétrica, Bolsista PIBIFSP, IFSP, Câmpus Votuporanga, c.machado@aluno.ifsp.edu.br.

<sup>2</sup> Docente do IFSP, Câmpus Votuporanga, jrcamilo@ifsp.edu.br.

<sup>3</sup> Docente do IFSP, Câmpus Votuporanga, guilherme.mecelis@ifsp.edu.br.

<sup>4</sup> Docente do IFSP, Câmpus Votuporanga, fazolocla@ifsp.edu.br.

Área de conhecimento (Tabela CNPq): 3.03.05.04-7 Polímeros, Aplicações.

**RESUMO:** A manufatura aditiva se faz cada mais presente em diversas aplicações do cotidiano, inclusive em projetos de engenharia e produtos variados, visa a otimização de processos, a redução de etapas de fabricação e pós-processamentos. O Acrilonitrila Butadieno Estireno (ABS) é comumente utilizado por proporcionar peças para aplicações estéticas, tribológicas e que demandam adequado acabamento do objeto. A obtenção de peças coloridas com aparência que atendam às necessidades da aplicação, sem a exigência de pós-processamentos, reduz o tempo e custo de fabricação. A pesquisa objetiva avaliar a influência dos parâmetros de impressão na integridade superficial de peças, produzidas com versões comerciais de filamentos de ABS, natural e com diferentes cores. Foram produzidas peças com diferentes velocidades de impressão e temperaturas de extrusão, as quais foram medidas para obtenção da rugosidade Ra, Rq e Rz. Os resultados mostraram que o acréscimo da temperatura de extrusão acarretou o aumento da rugosidade das superfícies. A cor nude apresentou as maiores irregularidades superficiais. Informações sobre os parâmetros de impressão e o acabamento das amostras produzidas por manufatura aditiva empregando o ABS, natural e em variadas cores, podem ajudar pesquisadores e fabricantes de produtos fabricados utilizando impressão 3D.

**PALAVRAS-CHAVE:** ABS; corante; integridade superficial; impressão 3 D; parâmetros de impressão.

### **STUDY OF THE INFLUENCE OF PRINTING PARAMETERS AND DYE ON THE SURFACE INTEGRITY OF ABS PARTS PRODUCED BY ADDITIVE MANUFACTURING**

**ABSTRACT:** Additive manufacturing is increasingly present in various everyday applications, including engineering projects and various products, it aims to optimize processes, reduce manufacturing steps and post-processing. Acrylonitrile Butadiene Styrene (ABS) is commonly used for providing parts for aesthetic and tribological applications that demand an adequate finishing of the object. Achieving color parts that look and feel that meet the needs of the application, without requiring post-processing, reduces manufacturing time and cost. The research aims to evaluate the influence of printing parameters on the surface integrity of parts, produced with commercial versions of ABS filaments, natural and with different colors. Pieces were produced with different printing speeds and extrusion temperatures, which were measured to obtain the roughness Ra, Rq and Rz. The results showed that the increase in extrusion temperature increased the surface roughness. The nude color showed the greatest surface irregularities. Information about the printing parameters and the finishing of samples produced by additive manufacturing using ABS, natural and in various colors, can help researchers and manufacturers of products manufactured using 3D printing.

**KEYWORDS:** ABS; dye; surface integrity; 3D printing; print parameters.

## INTRODUÇÃO

De acordo com Porto (2016), a manufatura aditiva ou prototipagem rápida refere-se à uma tecnologia que constrói elementos tridimensionais, ou seja, um objeto é fabricado virtualmente através de um software e em seguida ganha corpo através da deposição de material fundido camada por camada até que se forme o produto esperado. O processo se inicia pelo software *Computer Aided Desig* (CAD) e em sequência, o objeto vai ganhando forma sobre uma plataforma de construção através da extrusão de filamentos do material escolhido (LOVO; FORTULAN, 2016).

Segundo Carneiro *et al.* (2019) na impressão 3D, o processo de parametrização ainda dispõe algumas restrições, como por exemplo, a temperatura da extrusora, temperatura da mesa de impressão, velocidade de impressão e entre outros, provoca alterações nos resultados da impressão.

O polímero ABS é constituído de termopolímeros que são compostos por dois componentes termoplásticos amorfos e um elemento elastomérico (LANDI, 2003).

Os pigmentos por sua vez são complexos químicos divididos em partículas microscópicas que apresentam coloração particular e como objetivo atingir ou/e colorir um produto/material estipulado. De modo geral, as propriedades de migração, poder tintorial, resistência térmica, entre outros são dependentes das características aplicadas pelos pigmentos (NEUPLAST, 2020).

O objetivo do trabalho foi avaliar a influência da velocidade de impressão, temperatura de extrusão e da cor do filamento na integridade superficial de corpos de prova produzidos por Manufatura Aditiva. A produção de peças coloridas com aparência adequada e impressas com os parâmetros adequados, sem a necessidade de pós-processamento possibilita maior produtividade e redução do custo de fabricação.

## MATERIAIS E MÉTODOS

Para a impressão, 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, peso, velocidade máxima de impressão há 180 mm/s, espessura da camada de 0,1 a 0,4 mm, diâmetro do pico extrusor com 0,5 mm no eixo XY e de 0,004 mm no eixo Z, diâmetro de filamento do material de 1,75 mm e precisão de posicionamento de 0,05 mm no eixo XY e de 0,004 mm no eixo Z.

Foram produzidas cinco amostras para cada filamento de ABS, nas cores: natural, vermelha, cinza, preto, nude e azul (as cores foram nomeadas conforme as nomenclaturas utilizadas pelo fabricante dos filamentos). As velocidades de impressão utilizadas foram 30 mm/s e 40 mm/s. Para cada velocidade de impressão foram fabricadas peças utilizando temperaturas de extrusão de 210 °C, 220 °C e 230 °C, totalizando cento e oitenta corpos de prova. Cada peça possui a dimensão de 30 mm de comprimento, 30 mm de largura e 4 mm de espessura, produzidas com padrão de preenchimento concêntrico, altura da camada de 0,2 mm e preenchimento de 100%.

Todas as amostras foram impressas com os filamentos de ABS de um mesmo fabricante e com a mesma especificação técnica quanto a temperatura para extrusão dos filamentos, na faixa de 210 °C a 230 °C.

Para a avaliação da integridade superficial foi utilizado um medidor de rugosidade superficial da marca Mitutoyo, modelo SJ-210 e com resolução de 0,002 µm.

Para avaliação da integridade superficial foram medidas as rugosidades Ra, Rq e Rz. As medições da rugosidade foram realizadas em quatro regiões de cada amostra, mostradas na Figura 1, totalizando em setecentas e vinte medições. A média da rugosidade foi calculada para cada peça, considerando as 4 regiões de medição, e na sequência, foi encontrada a média e desvio padrão da rugosidade das 5 amostras de cada cor estudada no trabalho. Na análise estatística foi considerado o intervalo de confiança de 95%.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Dentre as peças produzidas, na Figura 1 foi mostrado uma peça de cada cor, fabricadas com velocidade de 30 mm/s e utilizando a temperatura de extrusão de 230 °C. Na Figura 1, também foi indicado as regiões 1, 2, 3 e 4, nas quais foram medidas as rugosidades Ra, Rq e Rz, para cálculo das médias e respectivos desvios-padrões.



FIGURA 1. Corpos de prova fabricados nas cores natural, vermelho, cinza, preto, nude e azul.  
Fonte: Próprios Autores (2022).

Os resultados da rugosidade 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, são apresentados no Gráfico 1.

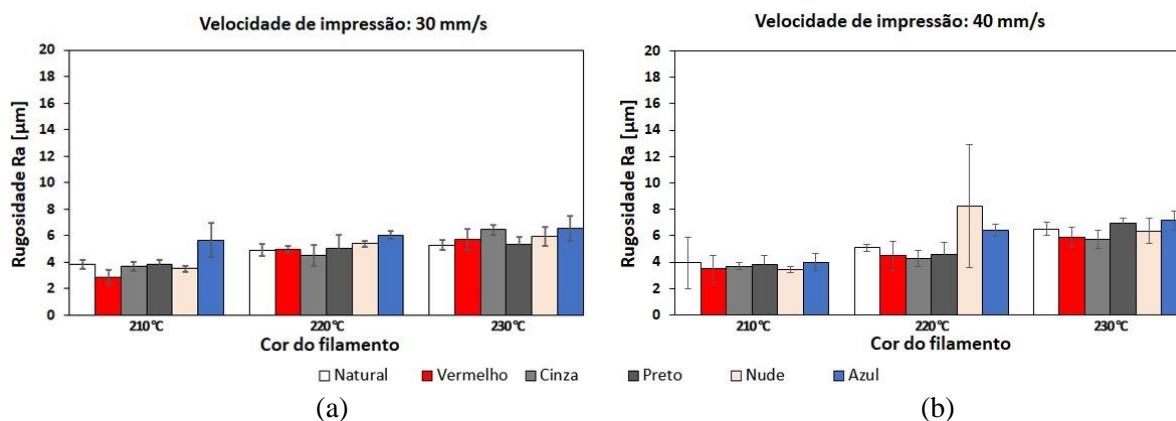


GRÁFICO 1. Resultados obtidos na rugosidade Ra com velocidade de impressão de 30 mm/s (a) e com velocidade de impressão de 40 mm/s (b). Fonte: Próprios Autores (2022).

Na velocidade de impressão de 30 mm/s, mostrada no Gráfico 1 (a), as menores rugosidades Ra médias foram obtidas nas cores vermelha (2,882 μm), na cinza (4,528 μm) e na natural (5,297 μm), nas temperaturas de extrusão de 210 °C, 220 °C 230 °C, respectivamente. As maiores rugosidades ocorreram nas peças azuis, equivalendo a 5,653 μm, 6,051 μm e 6,539 μm, nas temperaturas de extrusão de 210 °C, 220 °C 230 °C, respectivamente. O maior desvio padrão da rugosidade Ra média ocorreu na cor azul (1,273 μm). A velocidade de impressão de 30 mm/s apresentou acréscimo da rugosidade Ra, da cor natural e demais cores, conforme o aumento da temperatura, embora não considerados aumentos significativos frente às variações estatísticas.

Na velocidade de impressão de 40 mm/s, mostrada no Gráfico 1 (b), as menores rugosidades Ra média foram obtidas nas cores nude (3,436 μm) na temperatura de extrusão de 210 °C e na cinza (4,259 μm e 5,698 μm, nas temperaturas de 220 °C 230 °C, respectivamente). As maiores rugosidades ocorreram nas cores azul (3,996 μm), nude (8,238 μm) e azul (7,163 μm), nas temperaturas de extrusão de 210 °C, 220 °C 230 °C, respectivamente. O maior desvio padrão ocorreu na peça produzida com o filamento de ABS nude (4,654 μm) e apresentou uma variação significativa frente ao desvio padrão das demais cores. De um modo geral, esta velocidade de impressão também apresentou acréscimo da rugosidade Ra conforme a temperatura de extrusão, com destaque para as peças na cor nude que apresentaram irregularidades superficiais significativas na temperatura de 220 °C.

Os resultados da rugosidade Rq, a qual representa o desvio padrão do perfil de rugosidade, são apresentados no Gráfico 2. Na velocidade de impressão de 30 mm/s, mostrada no Gráfico 2 (a), as menores rugosidades Rq médias foram obtidas nas cores vermelha (3,751 μm), na cinza (5,643 μm) e na natural (6,226 μm), nas temperaturas de extrusão de 210 °C, 220 °C 230 °C, respectivamente. Esta sequência de cores também ocorreu nos resultados da rugosidade Ra. As maiores rugosidades ocorreram nas peças azuis, equivalendo a 6,728 μm, 7,216 μm, nas temperaturas de extrusão de 210 °C e 220 °C, respectivamente, e na cor cinza (7,561 μm), na temperatura de 230 °C. O maior desvio padrão da rugosidade Rq média ocorreu na cor azul (1,381 μm). A velocidade de impressão de 30 mm/s apresentou

acréscimo da rugosidade  $R_q$  conforme o aumento da temperatura de extrusão, com aumentos significativos considerando as temperaturas de 210 °C e 230 °C.

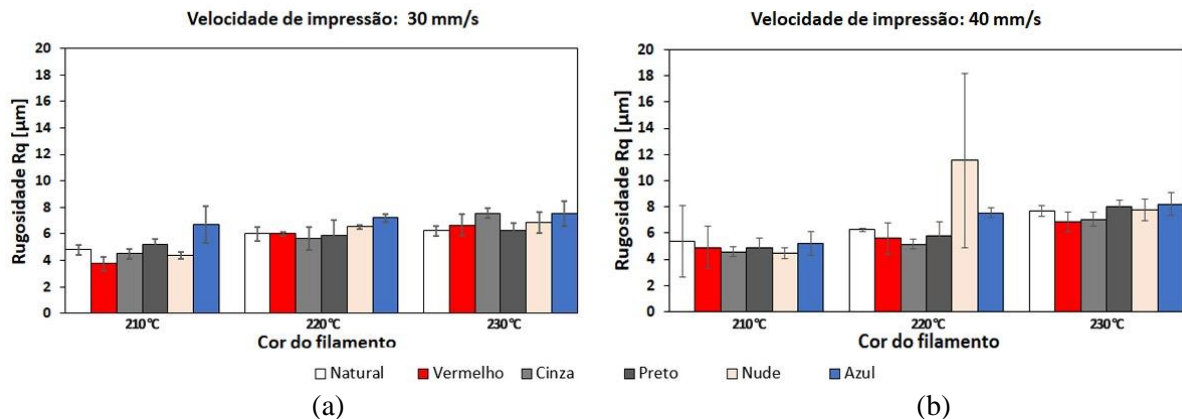


GRÁFICO 2. Resultados obtidos na rugosidade  $R_q$  com velocidade de impressão de 30 mm/s (a) e com velocidade de impressão de 40 mm/s (b). Fonte: Próprios Autores (2022).

Na velocidade de impressão de 40 mm/s, mostrada no Gráfico 2 (b), as menores rugosidades  $R_q$  média foram obtidas nas cores nude (4,470  $\mu\text{m}$ ), na cinza (5,146  $\mu\text{m}$ ) e na vermelha (6,872  $\mu\text{m}$ ), nas temperaturas de extrusão de 210 °C, 220 °C e 230 °C, respectivamente. A maior rugosidade ocorreu nas peças nude (11,542  $\mu\text{m}$ ), na temperatura de extrusão de 220 °C. O maior desvio-padrão também ocorreu na peça produzida com o filamento de ABS nude (6,649  $\mu\text{m}$ ) e apresentou uma variação significativa frente ao desvio padrão das demais cores. A velocidade de impressão também apresentou acréscimo da rugosidade  $R_q$  conforme a temperatura de extrusão e a cor nude apresentou irregularidades superficiais e variações significativas na temperatura de 220 °C.

O Gráfico 3 apresenta os resultados da rugosidade  $R_z$ , que representa a altura média entre determinados picos mais altos e vales numa superfície, medidos nas peças.

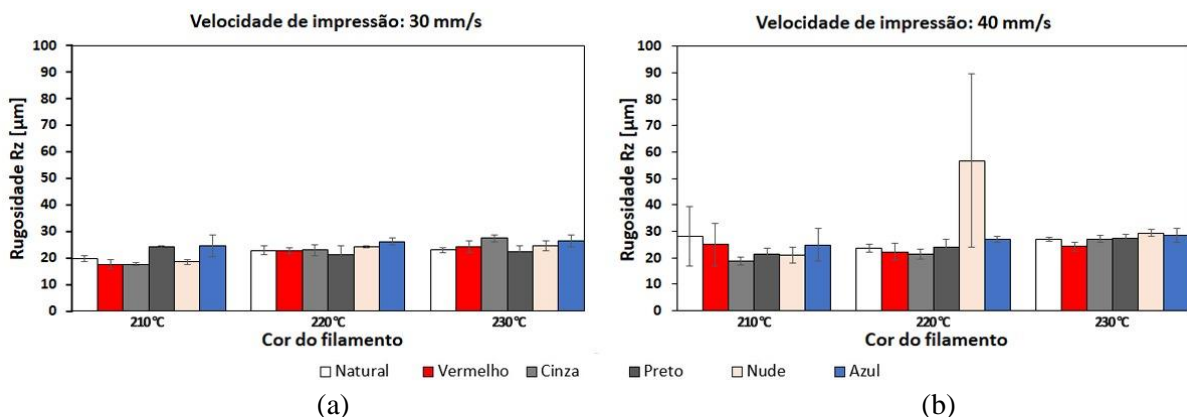


GRÁFICO 3. Resultados obtidos na rugosidade  $R_z$  com velocidade de impressão de 30 mm/s (a) e com velocidade de impressão de 40 mm/s (b). Fonte: Próprios Autores (2022).

Na velocidade de impressão de 30 mm/s, mostrada no Gráfico 3 (a), as menores rugosidades  $R_z$  médias ocorreram nas peças vermelhas (17,543  $\mu\text{m}$ ), na temperatura de extrusão de 210 °C e na cor cinza (21,201  $\mu\text{m}$  e 22,486  $\mu\text{m}$ , nas temperaturas de extrusão de 220 °C e 230 °C, respectivamente). As maiores rugosidades ocorreram nas peças azuis (24,588  $\mu\text{m}$  e 26,194  $\mu\text{m}$ , nas temperaturas de extrusão de 210 °C e 220 °C, respectivamente), e na cor cinza (27,329  $\mu\text{m}$ ), na temperatura de 230 °C. O maior desvio padrão da rugosidade  $R_z$  média ocorreu na cor azul (4,119  $\mu\text{m}$ ). A cor nude apresentou irregularidades superficiais e variações significativas na temperatura de 220 °C comparada com as demais cores e temperaturas de extrusão.

Na velocidade de impressão de 40 mm/s, mostrada no Gráfico 2 (b), as menores rugosidades Rz médias ocorreram nas peças cinza (18,761  $\mu\text{m}$  e 21,314  $\mu\text{m}$ , nas temperaturas de extrusão de 210 °C e 220 °C, respectivamente) e na cor vermelho (24,294  $\mu\text{m}$ ), na temperatura de extrusão de 230 °C. A maior rugosidade ocorreu nas peças nude (29,376  $\mu\text{m}$ ), na temperatura de extrusão de 230 °C. O maior desvio-padrão também ocorreu na peça produzida com o filamento de ABS nude (32,864  $\mu\text{m}$ ) e apresentou uma variação significativa frente ao desvio padrão das demais cores. Na velocidade de 40 mm/s a cor nude apresentou irregularidades superficiais significativas na temperatura de 220 °C.

## CONCLUSÕES

De forma geral, o acréscimo da temperatura de extrusão acarretou o aumento das rugosidades Ra e Rq nas superfícies das peças.

As velocidades de impressão correspondentes a 30 e 40 mm/s não apresentaram variações significativas de rugosidade Ra, Rq e Rz para as cores dos filamentos estudados, exceto na cor nude, considerando a temperatura de extrusão de 220 °C.

A cor nude apresentou irregularidades nas superfícies e elevado valores de rugosidades Ra, Rq e Rz, na velocidade de 40 mm/s e temperatura de extrusão de 220 °C.

A escolha correta dos parâmetros de impressão e 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 IFSP pela bolsa de iniciação científica e a empresa GTMax3D, que doou os materiais para impressão das amostras.

## REFERÊNCIAS

CARNEIRO, L. R. R. *et al.* Influência da temperatura da mesa de impressão 3D na dureza e dimensões geométricas de amostras em ABS. In: XXVI Congresso Nacional de Estudantes de Engenharia Mecânica. **Anais [...]**, Ilhéus, Bahia, 2019.

LANDI, T. R. L. **Estudo do efeito da radiação ionizante por feixe de elétrons sobre o terpolímero Acrilonitrila Butadieno Estireno – ABS**. Dissertação de Mestrado (Mestrado em Ciências - Tecnologia Nuclear) - Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares, São Paulo, 2003.

LOVO, J. F. P.; FORTULAN, C. A. Estudo de propriedades mecânicas e anisotropia em peças fabricadas por manufatura aditiva tipo FDM. **1º Simpósio do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Mecânica**. São Carlos, 2016.

NEUPLAST, C. **Pigmentos para plásticos: como funciona o processo de pigmentação?** [S. l.], 2020. Disponível em: <https://www.neuplast.com.br/blog/pigmentos-para-plasticos-como-funciona-o-processo-de-pigmentacao/>. Acesso em: 19 maio 2021.

PORTO, T. M. S. **Estudo dos avanços da tecnologia de impressão 3D e da sua aplicação na construção civil**. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Civil) - Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2016.