

ANÁLISE DO EFEITO DO PÓS-PROCESSO NA DEGRADAÇÃO TERMO- OXIDATIVA DO POLIPROPILENO MANUFATURADO ADITIVAMENTE VIA TECNOLOGIA HP MULTI JET FUSION (HP MJF)

André Santos da Costa, andre.sc@fbter.org.br¹

Bruna Cáceres Guimarães Pacheco da Silveira, bruna.psilveira@hotmail.com¹

Nerciar de Santana Freitas Conceição, nercisantana@hotmail.com¹

Gabriel Candeias Santana, gabriel.santana@fbter.org.br¹

Bruno Caetano dos Santos Silva, bruno.silva@fieb.org.br^{2,3}

Rodrigo Santiago Coelho, rodrigo.coelho@fieb.org.br^{1,2,3}

Tiago Nunes Lima, tiago.nunes@fieb.org.br^{2,3}

¹SENAI CIMATEC, Centro Universitário SENAI CIMATEC – Programa de graduação e Pós-graduação MPDS/GETEC/MCTI, Av. Orlando Gomes, 1845, Piatã, 41650-010, Salvador-BA, Brasil

²SENAI CIMATEC PARK, Bureau de Manufatura Aditiva SENAI CIMATEC – Av. Orlando Gomes, 1845, Piatã, 41650-010, Salvador-BA, Brasil

³SENAI CIMATEC, Instituto SENAI de Inovação em Conformação e União de Materiais, Av. Orlando Gomes, 1845, Piatã, 41650-010, Salvador-BA, Brasil

Resumo: A tecnologia HP Multi Jet Fusion (MJF), que faz parte dos processos de fusão em leito de pó, surgiu com o objetivo de produzir peças poliméricas com melhor desempenho mecânico e com produtividade superior em comparação a outras técnicas de manufatura aditiva (MA). Dentre os materiais disponíveis, o mais comumente utilizado é a poliamida 12 (Nylon 12) e mais recentemente foi incorporado nesta tecnologia o polipropileno (PP). Em geral, o PP é um dos polímeros mais suscetíveis a degradação termo-oxidativa e foto-oxidativa e sua aplicação fica condicionada na maioria das vezes ao uso de aditivos de proteção nos processos de fabricação convencionais (extrusão e injeção, por exemplo). Na literatura, não foram encontrados estudos referentes a resistência à degradação do PP utilizando a tecnologia MJF. Essa informação é fundamental para aplicações nas quais peças desse material são expostas a temperatura e radiação UV. Além disso, em se tratando de MA utilizando materiais poliméricos, geralmente é necessária a utilização de pós-processos que visam otimizar o acabamento superficial e o aspecto visual das peças. Observa-se uma escassez de trabalhos determinados a investigar a influência do pós-processo na resistência à degradação desse material. Com o objetivo de estudar essa relação, corpos-de-prova (CPS) foram produzidos por MJF seguidos de pós-processamento. O pós-processo foi realizado através de tamboreamento com mídias de polímero por duas horas, seguido do tingimento com corante da marca RIT, cor grafite, por 40 minutos. Após a produção, os CPS foram submetidos ao envelhecimento termo-oxidativo em estufa a 100°C durante o período de 250, 500 e 1000 horas. Os corpos-de-prova foram investigados utilizando ensaios de impacto Izod e a análise visual das amostras. De acordo com os resultados obtidos, as amostras com pós-processo apresentaram mudanças na coloração ao longo do processo de envelhecimento, diferente das amostras sem pós-processo, as quais não obtiveram mudanças visuais. Já para o ensaio de impacto Izod, ambos os grupos apresentaram perda de propriedade proveniente do tempo de envelhecimento, sendo essa perda significativa apenas para as amostras sem pós-processo. Conclui-se que o envelhecimento influenciou significativamente na resistência ao impacto das amostras sem pós-processo, porém, o aspecto visual só foi influenciado pelo processo de envelhecimento das amostras com pós-processo, o que afetou a coloração final produzida pelo processo de tingimento.

Palavras-chave: HP Multi Jet Fusion, Pós-processamento, Tingimento, Envelhecimento, Polipropileno

1. INTRODUÇÃO

O processo de manufatura aditiva (MA) possibilita a criação de peças com geometrias complexas e/ou personalizadas, em um processo de sobreposição progressiva de camadas de materiais a partir de um modelo digital 3D (Farias, R.M.; Vilarinho, L.O., 2021). Existem sete principais categorias de processos de MA pela ASTM, sendo uma delas a fusão em leito de pó (PBF), da qual faz parte a tecnologia Multi Jet Fusion (MJF) desenvolvida e patenteada pela HP Inc. em 2014. Em 2016, a empresa começou a comercializar essa tecnologia (Tey, WS; Cai, C.; Zhou, K., 2021).

Na tecnologia MJF, o cabeçote de impressão deposita uma quantidade de agente de fusão juntamente com um agente de detalhamento nas áreas designadas na camada de pó polimérico. Em seguida, as lâmpadas infravermelhas (IR),

suspensas ao longo do leito de pó, aquecem essa região e também a região do leito de pó com agente de fusão (Mattia Mele et al., 2020). Na região do leito de pó com o agente de fusão, ocorre a fusão para formar partes das peças e a fusão da região de limite das peças é impedida pela presença do agente de detalhamento (Tey, WS; Cai, C.; Zhou, K., 2021). Essa combinação de agentes permite a produção de peças com definição de bordas e melhor acabamento. A MJF utiliza a fusão planar, aumentando a velocidade de impressão no processo PBF de poliméricos (Tey, WS; Cai, C.; Zhou, K., 2021).

Em geral, nos processos de manufatura aditiva faz-se necessário a utilização de pós-processos para melhorar o acabamento superficial, aspecto visual das peças e também a sua usabilidade. O tamboreamento é um processo voltado para o tratamento da superfície das peças, diminuindo a rugosidade destas e propiciando um acabamento mais fino (Maquinas, GV., 2022). O tingimento é um processo voltado para a melhoria do aspecto visual, com o intuito de mudar e uniformizar a cor da peça final.

A poliamida 12 (PA12) e a poliamida (PA11) são os materiais mais utilizados em processos de PBF. Recentemente, a HP Inc. incorporou nesta tecnologia o polipropileno (PP) (Tey, WS; Cai, C.; Zhou, K., 2021). Segundo Souza (2019), um dos maiores problemas acerca do polipropileno é a baixa resistência a degradação oxidativa na exposição prolongada ao intemperismo e, geralmente, utiliza-se aditivos de proteção nos processos de fabricação por extrusão ou injeção, adicionado a isso, as propriedades do polipropileno se modificam com o passar do tempo por causa de algumas modificações estruturais, sendo uma delas a degradação. Em peças acabadas podem ocorrer degradações foto-oxidativa, termo-oxidativa, hidrólise e ozonólise. Ainda segundo Souza (2019), a degradação oxidativa é a mais comum, e pode ser desencadeada por altas temperaturas e/ou radiação ultravioleta (UV). Essa degradação pode causar alterações nas propriedades mecânicas da peça final, como também nos aspectos visuais (cor e brilho, por exemplo).

Na literatura, não foram encontrados estudos que avaliam a resistência à degradação do polipropileno utilizado na tecnologia MJF e também existe uma escassez de estudos com a finalidade de verificar a influência dos pós-processos na resistência do material. Dessa forma, o objetivo deste trabalho foi investigar o efeito da degradação termo-oxidativa do polipropileno manufaturado via tecnologia HP MJF, assim como averiguar a influência dos pós processos, em especial tamboreamento seguido de tingimento, no desempenho do PP específico para a manufatura aditiva Multi Jet Fusion.

2. METODOLOGIA

2.1. Planejamento experimental

O planejamento experimental foi realizado com o objetivo de comparar as amostras, impressas via tecnologia Multi Jet Fusion, antes e após a realização do pós-processo. Desta forma, foram definidos dois grupos diferentes de corpos de provas (CPs), em que ambos foram expostos ao processo de envelhecimento em estufa e, em seguida, avaliadas as características visuais e mecânicas, em função do tempo de degradação termo-oxidativa gerada através do envelhecimento. A partir da Tabela 1 é possível visualizar que foram produzidos 20 corpos de prova para cada grupo, sendo assim, foram produzidas 40 amostras manufaturadas aditivamente para esse estudo.

Tabela 1. Quantidade de amostras por grupo.

Tempo de envelhecimento	0 horas	250 horas	500 horas	1000 horas	Total
Grupo 1	5 CPs	5 CPs	5 CPs	5 CPs	20 CPs
Grupo 2	5 CPs	5 CPs	5 CPs	5 CPs	20 CPs

2.2. Produção das amostras

Os corpos de provas foram modelados através do *SolidWorks*, sendo baseada na norma ISO 180, norma esta específica para ensaio de impacto, e também foram tessalados (triangulados) com precisão configurada como alta, e exportados como 3MF, padrão esse mais recomendado para utilização da tecnologia de impressão MJF. Após isso foi utilizado o software *Materialise Magics* para o posicionamento e otimização da cuba de impressão, que foi enviada para a impressora.

Com relação a otimização da cuba de impressão, foram determinados os parâmetros de 5 mm de distanciamento entre amostras e de 10 mm de distanciamento entre as peças e as extremidades do volume de impressão, como recomendado pela HP. Em relação ao posicionamento dos corpos de provas, todos mantiveram a mesma orientação de XY e com maior área em X, para que outras variáveis do processo de impressão não infiram possíveis distorções nos resultados.

Para a fabricação das amostras foi utilizado o material *Ultrasint® PP* da Basf (HP 3D High Reusability PP), desenvolvido para as impressoras MJF da HP. Foi usada uma taxa de mistura de material novo e usado de 80/20 (80% de pó de PP usado e 20% de pó de PP virgem), que é a taxa recomendada pela HP, sendo dosada na estação de processamento da própria HP, fazendo a alimentação correta e proporcional ao carrinho de impressão. O carrinho de impressão foi alocado na impressora HP MJF 5210. Foram utilizados os agentes de fusão *HP 3D700SL Fusing Agent* e agentes de detalhamento *HP 3D700 SL Detailing Agent* para a realização da impressão.

Nas impressões desse estudo foram aplicadas o perfil de impressão *Balanced*, juntamente ao perfil de resfriamento lento natural, que para o polipropileno foi de 42 horas ao ar livre. A impressora HP MJF 5210, tem um volume de construção total de 380 x 284 x 380 mm, apresentando uma espessura de camada de 80 µm, em que a resolução do processo de impressão para os planos XY e XZ corresponde a 1200 dpi.

2.3. Pós processos

Como comentado anteriormente, os corpos de prova foram divididos em dois grupos, diferenciados devido ao tipo de pós processo que foi efetuado após o resfriamento da impressão. No grupo 1, após a impressão foi realizado o desempacotamento das amostras na estação de processamento da HP para a retirada do carrinho de impressão e limpeza inicial. Posteriormente foi realizado o jateamento de esferas de vidro, pós processo de limpeza para a retirada de pó sobressalente às peças, no gabinete de jateamento de marca CMV.

O desempacotamento e limpeza para grupo 2 seguiu o mesmo procedimento realizado para o grupo 1. Porém, após a limpeza, foi realizado tamboreamento e tingimento nas amostras do grupo 2. O processo de tamboreamento foi realizado no equipamento para acabamento vibratório VB – 100 da marca Total Finishing, com mídias abrasivas de poliéster, da mesma marca, durante o período constante de duas horas. Por fim, foi realizado o processo de tingimento perante dissolução de 200 ml de corante, da marca RIT e cor grafite, em 30 litros de água, e adicionando os corpos de prova durante 40 minutos nessa solução a 100° C. Após isso, foi realizada a secagem ao ar livre.

2.4. Envelhecimento

O envelhecimento artificial foi realizado utilizando estufa marca Nova Ética, mantendo a temperatura de 100°C com a circulação de ar em toda a estufa. Esse processo foi realizado durante o período de 250 horas, 500 horas e 1000 horas para averiguação da degradação dos corpos de prova de polipropileno. Esse planejamento para o envelhecimento foi confeccionado com base nos estudos realizados por Oliani (2008) assim como por Karlsson *et al.* (2018).

2.5. Ensaios

Ambos os grupos de pós processos diferentes foram analisados a partir de dois ensaios, o primeiro ensaio foi a análise visual dos corpos de prova ao longo do processo de envelhecimento, avaliando possíveis mudanças de aparência em função do tempo de envelhecimento.

O segundo ensaio se trata do ensaio de impacto izod, realizado em equipamento marca Emic, modelo CEAST 9050, com martelo de 2,7 Joule. As dimensões dos corpos de prova e procedimento para realização do ensaio foram baseadas na norma ISO 180, assim como o entalhe de 2 mm de profundidade com angulação de 45°, realizada por equipamento de entalhe, ao centro das amostras. A resistência ao impacto é obtida através da Eq. 1, sendo esta adaptada para amostras com entalhe.

$$\alpha_{iN} = \frac{E_C}{h \cdot b_N} \cdot 10^3. \quad (1)$$

Onde: α_{iN} é a resistência ao impacto (KJ/m²), E_C é a energia absorvida pelo corpo de prova (J), h é a espessura da amostra (mm) e b_N é a largura da amostra (mm).

A realização dos ensaios foi sempre realizada após a retirada dos corpos de prova da estufa, após o respectivo tempo de envelhecimento.

2.6. Análise estatística

Na análise estatística foi utilizada análise de variância (ANOVA) com nível de significância de 0,05 e, em seguida, aplicação do teste de hipóteses de Tukey. Porém, antes de realizar o teste de Tukey, foi realizado a análise de normalidade pelo teste de Shapiro-Wilk para verificar a distribuição dos valores, caso seja identificada uma distribuição normal dos resultados aplica-se o teste de Tukey.

Todos os resultados de resistência ao impacto formaram uma distribuição normal e, portanto, foi realizado teste de Tukey em todos esses resultados. Nesse teste, assumiu-se igualdade de variâncias para a análise. Hipótese nula quando todas as médias são iguais e hipótese alternativa quando nem todas as médias são iguais. Em todas interações no teste foram utilizados níveis de confiança de 95%.

3. RESULTADOS E DISCUSSÕES

3.1. Análise visual

A Figura 1 mostra os corpos de prova do grupo 1 e do grupo 2, trazendo a diferença visual apenas das amostras antes do processo de envelhecimento em estufa. Dessa forma, foi possível observar que as amostras do grupo 2 apresentam uma superfície mais suave devido ao tamboreamento, pós processo voltado para redução da rugosidade superficial da peça, e também uma coloração mais uniforme, pela presença do tingimento na cor grafite.

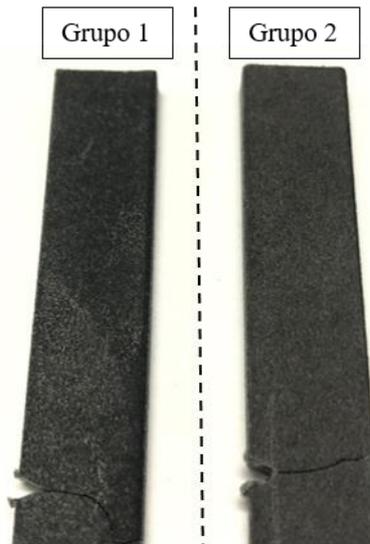


Figura 1. Diferença da coloração do grupo 1 para com o grupo 2.

A diferença de uniformidade de cor das peças do grupo 1 está diretamente relacionada ao processo manual de limpeza utilizado, por jateamento de esferas de vidro, fazendo com que em algumas peças apresentem maior ou menor remoção de pó não sinterizado nas camadas mais externas dos corpos de prova. A Fig. 2 mostra essa não uniformidade de cor nas superfícies dos CPs do grupo 1.

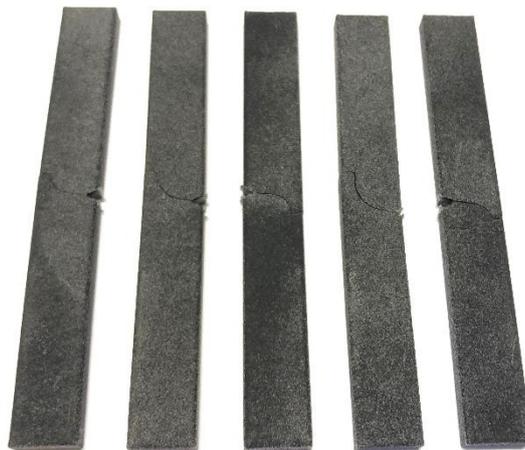


Figura 2. Heterogeneidade da coloração do grupo 1.

A Figura 3 mostra as amostras do grupo 1 ao longo do tempo de 0, 250, 500 e 1000 horas, em que os corpos de provas não apresentaram nenhuma mudança de coloração na superfície em relação ao tempo de envelhecimento, possivelmente relacionado ao pigmento preto presente no agente de fusão. A presença desse pigmento consta no *Safety Data Sheet* do material e nos estudos de Scherer *et al.* (2020), evidenciando o montante de 5,2% de negro de fumo no agente de fusão.

O negro de fumo é bastante utilizado na indústria de aditivação de polímeros, tal como mostrado nos estudos de Spinacé (2005), uma vez que esse material confere a peça final diversas características, tais como: melhoria nas propriedades mecânicas, resistência à degradação termo-oxidativa, foto-oxidativa, promove a coloração preta, além de reduzir o custo do produto final. A utilização do negro de fumo em materiais como polipropileno é de grande importância, pois esse polímero pertence à classe das poliolefinas, tendendo a sofrer perdas de propriedades na etapa de processamento e/ou aplicação, tais como: a degradação termo-oxidativa e por cisalhamento, o que resulta na cisão de cadeias, ou reticulação, acarretando na diminuição ou aumento da massa molar do material.

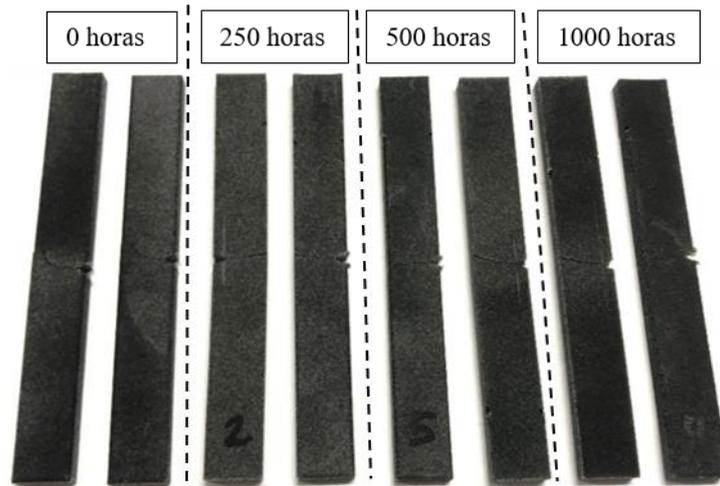


Figura 3. Amostras do grupo 1 durante o envelhecimento.

A Figura 4 mostra as amostras do grupo 2 submetidas ao envelhecimento no tempo de 0, 250, 500 e 1000 horas de degradação a 100°C. A partir dessas imagens, foi possível perceber a variação de cor da superfície. Essa mudança de cor deve estar relacionada a uma degradação do tingimento visto que, as peças que não foram submetidas a esses pós processo não apresentaram mudanças de cor. Desta forma, os resultados indicam que esse tipo de pós-processo não é adequado para peças expostas a degradação termo-oxidativa.

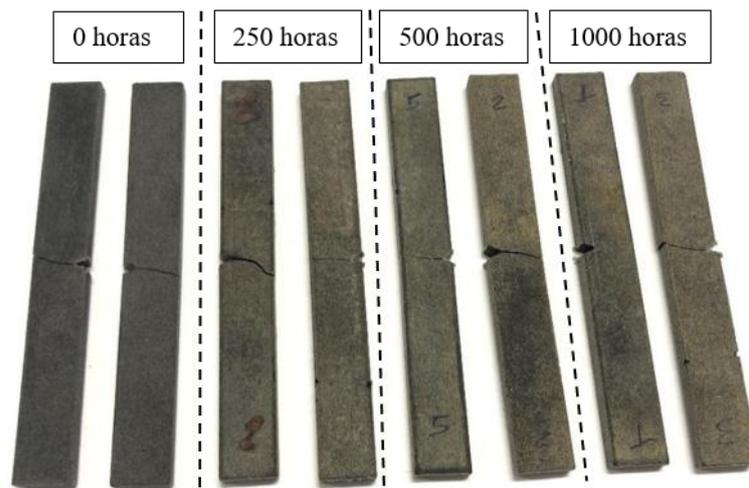


Figura 4. Amostras do grupo 2 ao longo do envelhecimento.

Para efeito final de comparação do envelhecimento em 1000 horas, a Fig. 5 mostra a diferença das peças finais dos dois grupos.

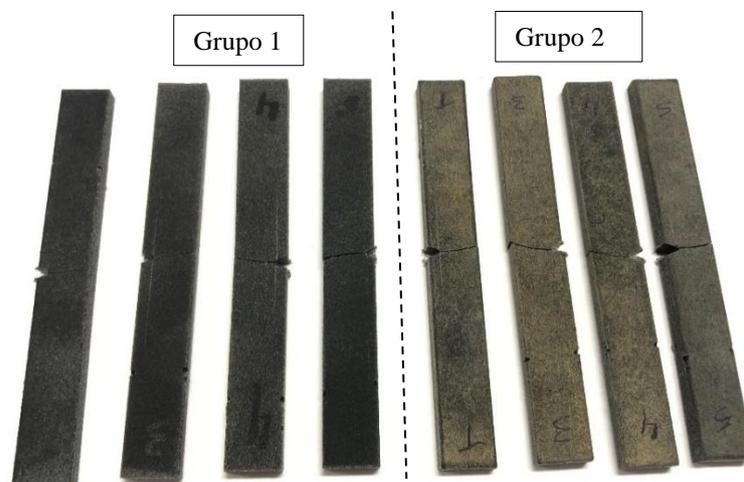


Figura 5. Diferença dos grupos para envelhecimento de 1000 horas.

3.2. Ensaio de impacto

Os resultados de resistência ao impacto são apresentados na Figura 6. Com base na análise de tendência desse gráfico foi possível observar que as amostras que não foram submetidas a etapa de envelhecimento (0 horas) apresentam uma maior resistência ao impacto em relação às demais, onde o decaimento de propriedades com o tempo de envelhecimento foi, aparentemente, maior nas amostras sem pós processo (grupo 1). Entretanto, comparando somente as amostras do tempo 0, foi possível constatar que o pós processo utilizado diminuiu a variação dos dados (desvio padrão), uma vez que o tamboreamento e tingimento tem como objetivo de uniformizar os aspectos superficiais e subsuperficiais dos CPs.

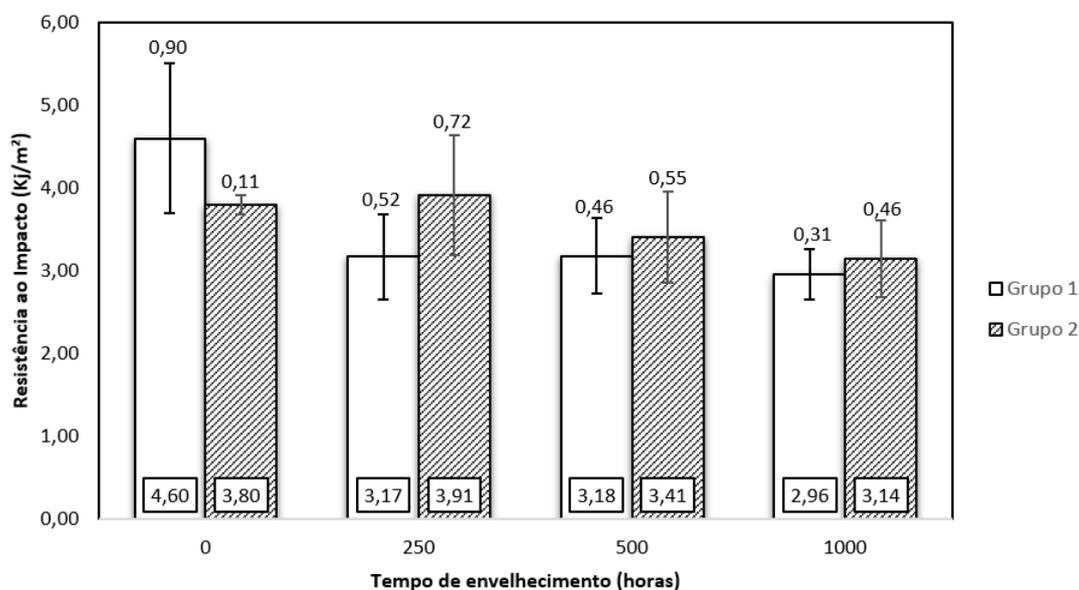


Figura 6. Resistência ao impacto ao longo do envelhecimento para os grupos 1 e 2.

Após a análise da tendência dos dados apresentada acima, foi realizada a análise estatística para melhor investigação. A Tabela 2 evidencia os índices principais da análise de variância utilizada (ANOVA One Way) em relação aos dados dos ensaios de resistência ao impacto.

Com relação a análise do grupo 1, o Valor-P encontrado está abaixo do nível de relevância (0,05), mostrando que os resultados obtidos diferem entre si, ou seja, as amostras do grupo 1 sofreram degradação ao longo do tempo e isso afetou a resistência ao impacto. A partir disso foi realizado testes de hipóteses (teste do tipo Tukey) para avaliar quais amostras possuem diferenças de propriedades, sendo obtida variação somente para as amostras de 0 horas. As demais amostras (250h, 500h e 1000h) apresentam valores estatisticamente iguais. Em outros termos, o processo de degradação resultou em uma degradação da resistência ao impacto com 250 h de envelhecimento, e essa degradação se manteve no mesmo patamar até o final do ensaio (1000 h de envelhecimento).

Tabela 2. Análise de variância dos dados de resistência ao impacto.

Grupos	Valor-F	Valor-P	S	R ²	R ² (aj)	R ² (pred)
Grupo 1	10,23	0,000	0,7335	55,11%	49,72%	45,12%
Grupo 2	2,20	0,131	0,5281	30,53%	16,64%	0,00%

Em relação aos resultados estatísticos do grupo 2, foi possível constatar que a variação não obteve significância estatística, visto que o Valor-P foi superior a 0,05. Entretanto, como o Valor-P encontrado (0,131) ser próximo ao desejável, existe uma tendência a degradação para esse grupo, a partir disso, foi realizado os testes de hipóteses de Tukey. Contudo, os resultados obtidos mostraram que não houve degradação significativa para essas amostras, independentemente do tempo de envelhecimento aplicado.

Avaliando de forma geral todos resultados de resistência ao impacto, foi possível constatar que o pós processo resultou em pouca ou nenhuma variação na resistência ao impacto do PP ao longo do envelhecimento em estufa. Além disso, as amostras impressas com e sem pós processo apresentaram bom comportamento de degradação termo-oxidativa, provavelmente devido a presença de pequenas quantidades de negro de fumo.

4. CONCLUSÃO

A partir dos resultados obtidos, foi possível notar que o pós processo de tingimento não produziu bons resultados visuais nas amostras submetidas à degradação termo-oxidativa em estufa, devido a alteração de cor das amostras. Em

contrapartida, o grupo 1 apresentou ótimos resultados, muito provavelmente devido ao pigmento preto presente (presença de negro de fumo) e a não presença de um pigmento susceptível a degradação advinda do processo de tingimento.

Para o ensaio de impacto Izod, ambos os grupos demonstraram uma leve diminuição da resistência. Entretanto, somente a partir da análise estatística foi possível constatar a ocorrência de uma degradação significativa exclusivamente para as amostras do grupo 1, se mantendo estável após o tempo de 250 horas. Por outro lado, através das análises estatísticas do grupo 2 foi observado que não ocorreu degradação significativa nesses CP's, visto que todos se mantêm na mesma faixa de resultados durante todo o processo de envelhecimento.

5. AGRADECIMENTOS

Esta publicação é resultado de um projeto regulamentado pela Lei Brasileira de Informática (Lei nº 8.248 de 1991 e suas posteriores atualizações) e foi desenvolvida no âmbito do "Convênio HP 071-22" entre o SENAI CIMATEC e a HP Brasil Indústria e Comércio de Equipamentos Eletrônicos Ltda.

6. REFERÊNCIAS

- ALVES, Ruy José Feijó; LIMA, Darley da Silva; GOUVEIA FILHO, Marcos Daniel; DEUS, Ênio Pontes de., 2014. "Análise de envelhecimento do polipropileno submetido à radiação ultravioleta". In *CONGRESSO ANUAL DA ABM - INTERNACIONAL*, 69º., 1 a 25 jul. 2014, São Paulo, SP, Brasil. Tema: Mecânica de fratura e integridade estrutural. Anais[...], São Paulo - Brasil, v. 69, n.69, p. 2698-2705, 2014.
- Binbin Guo, Zhiyao Xu., Xue Lu., Jiaming Bai., 2021. "A detailed evaluation of surface, thermal, and flammable properties of polyamide 12/glass beads composites fabricated by multi jet fusion". In *Virtual and Physical Prototyping*, 16:sup1, S39-S52, DOI: 10.1080/17452759.2021.1899463.
- Farias, Rodrigo Martins., Vilarinho, Louriel Oliveira., 2022. "Simulações Computacionais dos Processos de Manufatura Aditiva de Metais: Um Review Introdutório". In *Soldagem & Inspeção* [online]. 2022, v. 27. Disponível em: <<https://doi.org/10.1590/0104-9224/SI27.03>>. Epub 11 Feb 2022. ISSN 1980-6973. <https://doi.org/10.1590/0104-9224/SI27.03>.
- KARLSSON, Therese M., HASSELLÖV, Martin., JAKUBOWICZ, Ignacy., 2018. "Influence of thermooxidative degradation on the in situ fate of polyethylene in temperate coastal waters". In *Marine pollution bulletin*, v. 135, p. 187-194.
- Maquinas, GV., 2022. "Processos: Como funciona tamboreamento". Disponível em: <GV Máquinas - Conheça o Pcesso de Tamboreamento (gvmaquinas.com.br)>. Acesso em: 10 de jan. de 2022.
- Mele, M., Campana, G., Pisaneschi, G. and Monti, G.L. (2020), "Investigation into effects of cooling rate on properties of polyamide 12 parts in the multi jet fusion process", *Rapid Prototyping Journal*, Vol. 26 No. 10, pp. 1789-1795. <https://doi.org/10.1108/RPJ-04-2020-0080>
- OLIANI, Washington Luiz., 2008. "Estudo do comportamento de HMS-PP (polipropileno com alta resistência do fundido) sob condições de degradação ambiental e acelerada". In *Dissertação (Mestrado em Tecnologia Nuclear - Materiais) - Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares, University of São Paulo, São Paulo*. doi:10.11606/D.85.2008.tde-25082009-155558.
- SCHERER, Beate., KOTTENSTEDDE, Ingo Leonard., MATYSIK, Frank-Michael., 2020. "Material characterization of polyamide 12 and related agents used in the multi-jet fusion process: complementary application of high-resolution mass spectrometry and other advanced instrumental techniques". In *Monatshefte für Chemie-Chemical Monthly*, v. 151, n. 8, p. 1203-1215.
- SOUZA, Pedro Costa Fonseca Mariano de., 2019. "Degradação estética do polipropileno na indústria automobilística". In *Dissertação (Mestrado em Engenharia de Materiais) – Escola de Minas, Universidade Federal de Ouro Preto, Ouro Preto*.
- SPINACÉ, Márcia Aparecida da Silva., De Paoli, Marco Aurelio., 2005. "A tecnologia da reciclagem de polímeros". In *Química Nova* [online]. 2005, v. 28, n. 1, pp. 65-72. Disponível em: <<https://doi.org/10.1590/S0100-40422005000100014>>. Epub 24 Feb 2005. ISSN 1678-7064. <https://doi.org/10.1590/S0100-40422005000100014>.
- TEY, Wei Shian; CAI, Chao; ZHOU, Kun., 2021. "A comprehensive investigation on 3D printing of polyamide 11 and thermoplastic polyurethane via multi jet fusion". In *Polymers*, v. 13, n. 13, p. 2139, 2021.

7. RESPONSABILIDADE AUTORAL

Os autores são os únicos responsáveis pelo conteúdo deste trabalho.

ANALYSIS OF THE EFFECT OF POST-PROCESSING ON THE THERMO- OXIDATIVE DEGRADATION OF ADDITIVELY MANUFACTURED POLYPROPYLENE BY HP MULTI JET FUSION (MJF) TECHNOLOGY

André Santos da Costa, andre.sc@fbter.org.br¹

Bruna Cáceres Guimarães Pacheco da Silveira, bruna.psilveira@hotmail.com¹

Nerciara de Santana Freitas Conceição, nercisantana@hotmail.com¹

Gabriel Candeias Santana, gabriel.santana@fbter.org.br¹

Bruno Caetano dos Santos Silva, bruno.silva@fieb.org.br^{2,3}

Rodrigo Santiago Coelho, rodrigo.coelho@fieb.org.br^{1,2,3}

Tiago Nunes Lima, tiago.nunes@fieb.org.br^{2,3}

¹SENAI CIMATEC, SENAI CIMATEC University Center – Undergraduate and Graduate Programs MPDS/GETEC/MCTI, Av. Orlando Gomes, 1845, Piatã, 41650-010, Salvador-BA, Brazil

²SENAI CIMATEC PARK, Bureau of Additive Manufacturing SENAI CIMATEC – Av. Orlando Gomes, 1845, Piatã, 41650-010, Salvador-BA, Brazil

³SENAI CIMATEC, SENAI Institute for Innovation in Conforming and Joining Materials, Av. Orlando Gomes, 1845, Piatã, 41650-010, Salvador-BA, Brazil

Abstract. *HP Multi Jet Fusion (MJF) technology, which is part of the powder bed fusion processes, emerged with the goal of producing polymeric parts with better mechanical performance and higher productivity compared to other additive manufacturing (AM) techniques. Among the available materials, the most commonly used is polyamide 12 (Nylon 12) and more recently polypropylene (PP) has been incorporated into this technology. In general, PP is one of the polymers most susceptible to thermal-oxidative and photo-oxidative degradation, and its application is most often conditioned to the use of protective additives in conventional manufacturing processes (extrusion and injection, for example). In the literature, no studies were found concerning the resistance to degradation of this PP using MJF technology. This information is critical for applications where parts of this material are exposed to temperature and UV radiation. Furthermore, when it comes to AM using polymeric materials, it is usually necessary to use post-processes aimed at optimizing the surface finish and visual aspect of the parts. There is a lack of studies investigating the influence of post-processing on the degradation resistance of this material. In order to study this relationship, samples (CPs) were produced by MJF followed by post-processing. The post-processing was performed by tumbling with polymer media for two hours, followed by dyeing with RIT dye, graphite color, for 40 minutes. After production, the CP's were submitted to thermo-oxidative aging in an oven at 100°C for 250, 500 and 1000 hours. The specimens were investigated using Izod impact tests and visual analysis of the samples. According to the results obtained, the samples with post-processing showed changes in coloration throughout the aging process, different from the samples without post-processing, which did not have visual changes. For the Izod impact test, both groups showed loss of property due to aging time, and this property loss was significant only for the samples without post-processing. It is concluded that aging significantly influenced the impact resistance of samples without post-process, although the visual aspect was only influenced by the aging process of the samples with post-process, which affected the final coloration produced by the dyeing process.*

Keywords: *HP Multi Jet Fusion, Post-processing, Dyeing, Aging, Polypropylene*