

**THERMAL CHARACTERIZATION OF PLA, ABS, PETG, AND NYLON
FILAMENTS FOR 3D PRINTING APPLICATIONS**

**CARACTERIZAÇÃO TÉRMICA DE FILAMENTOS DE PLA, ABS, PETG E
NÁILON PARA APLICAÇÕES DE IMPRESSÃO 3D**

**CARACTERIZACIÓN TÉRMICA DE FILAMENTOS DE PLA, ABS, PETG Y
NYLON PARA APLICACIONES DE IMPRESIÓN 3D**



<https://doi.org/10.56238/sevened2025.026-025>

Alexandre Melo de Oliveira

IFSP – Instituto Federal de São Paulo, campus Votuporanga, Brasil

E-mail: alexandre.melo@ifsp.edu.br

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8298-3543>

Lindomar Matias Gonçalves

UNIFEI – Instituto de Ciências Puras e Aplicadas, Universidade Federal de Itajubá, campus de

Itabira, Brasil

E-mail: lindomar@unifei.edu.br

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9377-4395>

Luciana de Melo Gomides

UNIFEI – Instituto de Ciências Puras e Aplicadas, Universidade Federal de Itajubá, campus de

Itabira, Brasil

E-mail: luciana.gomides@unifei.edu.br

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4313-9518>

Amir Zacarias Mesquita

CDTN – Centro de Desenvolvimento de Tecnologia Nuclear, Belo Horizonte, Brasil

E-mail: amir@cdtn.br

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3411-5984>

Gabriel Boni Magosse

IFSP – Instituto Federal de São Paulo, campus Votuporanga, Brasil

E-mail: gabriel.magosse@aluno.ifsp.edu.br

ORCID: <https://orcid.org/0009-0006-6683-2602>

ABSTRACT

This study investigates the thermal characterization of PLA, ABS, PETG, and Nylon filaments, widely used in 3D printing, to understand their behavior during additive manufacturing processes. Thermogravimetry (TGA) and differential scanning calorimetry (DSC) were employed to assess key thermal properties, including thermal stability, glass transition temperatures, and melting points. The research also examined how printing temperature affects the mechanical and dimensional stability of fabricated parts. Experiments involved 23 polymer samples, including virgin and recycled PLA, to evaluate sustainability and material performance. A 3D printer equipped with precise thermal control and calibrated analytical instruments ensured accurate evaluations. Results highlighted correlations between thermal properties and the quality of printed components, providing data to optimize print settings and minimize defects. The findings contribute to advancing sustainable 3D printing practices



by identifying efficient material usage and reducing waste. This project addresses industrial needs for high-quality additive manufacturing, emphasizing eco-friendly material development and the importance of standardizing thermophysical data for improved processes and products.

Keywords: PLA. ABS. PETG. Nylon. Thermal characterization. Additive manufacturing.

RESUMO

Este estudo investiga a caracterização térmica dos filamentos de PLA, ABS, PETG e Nylon, amplamente utilizados na impressão 3D, para entender seu comportamento durante os processos de manufatura aditiva. A termogravimetria (TGA) e a calorimetria diferencial de varredura (DSC) foram empregadas para avaliar as principais propriedades térmicas, incluindo estabilidade térmica, temperaturas de transição vítrea e pontos de fusão. A pesquisa também examinou como a temperatura de impressão afeta a estabilidade mecânica e dimensional das peças fabricadas. Os experimentos envolveram 23 amostras de polímeros, incluindo PLA virgem e reciclado, para avaliar a sustentabilidade e o desempenho do material. Uma impressora 3D equipada com controle térmico preciso e instrumentos analíticos calibrados garantiu avaliações precisas. Os resultados destacaram as correlações entre as propriedades térmicas e a qualidade dos componentes impressos, fornecendo dados para otimizar as configurações de impressão e minimizar os defeitos. As descobertas contribuem para o avanço das práticas sustentáveis de impressão 3D, identificando o uso eficiente de materiais e reduzindo o desperdício. Esse projeto atende às necessidades industriais de manufatura aditiva de alta qualidade, enfatizando o desenvolvimento de materiais ecologicamente corretos e a importância da padronização de dados termofísicos para processos e produtos aprimorados.

Palavras-chave: PLA. ABS. PETG. Nylon. Caracterização térmica. Manufatura aditiva.

RESUMEN

Este estudio investiga la caracterización térmica de los filamentos PLA, ABS, PETG y Nylon, ampliamente utilizados en la impresión 3D, para comprender su comportamiento durante los procesos de fabricación aditiva. Se emplearon la termogravimetría (TGA) y la calorimetría diferencial de barrido (DSC) para evaluar las propiedades térmicas clave, como la estabilidad térmica, las temperaturas de transición vítrea y los puntos de fusión. La investigación también examinó cómo afecta la temperatura de impresión a la estabilidad mecánica y dimensional de las piezas fabricadas. En los experimentos se utilizaron 23 muestras de polímeros, entre ellos PLA virgen y reciclado, para evaluar la sostenibilidad y el rendimiento de los materiales. Una impresora 3D equipada con un control térmico preciso e instrumentos analíticos calibrados garantizó la precisión de las evaluaciones. Los resultados pusieron de relieve las correlaciones entre las propiedades térmicas y la calidad de los componentes impresos, proporcionando datos para optimizar los ajustes de impresión y minimizar los defectos. Los hallazgos contribuyen al avance de las prácticas de impresión 3D sostenibles mediante la identificación del uso eficiente de materiales y la reducción de residuos. Este proyecto aborda las necesidades industriales de fabricación aditiva de alta calidad, haciendo hincapié en el desarrollo de materiales ecológicos y en la importancia de normalizar los datos termofísicos para mejorar los procesos y los productos.

Palabras clave: PLA. ABS. PETG. Nylon. Caracterización térmica. Fabricación aditiva.

1 INTRODUÇÃO

A manufatura aditiva (AM), comumente conhecida como impressão 3D, revolucionou a forma como os objetos são fabricados, oferecendo flexibilidade de design e eficiência de material incomparáveis (AMBROSI; PUMERA, 2016) (ATAKOK et al., 2022; PAKKANEN et al., 2017). Dentre as técnicas de MA, a Modelagem por Deposição Fundida (FDM) é amplamente utilizada devido à sua simplicidade, custo-benefício e versatilidade (WOJTYŁA et al., 2017). No entanto, otimizar o desempenho do material requer a compreensão das propriedades térmicas dos polímeros envolvidos, principalmente durante o processamento (SONG et al., 2016).

Este estudo se concentra em quatro termoplásticos comumente usados - PLA, ABS, PETG e Nylon - analisando sua estabilidade térmica e transições usando TGA e DSC. Essas análises visam fornecer informações sobre a adequação do material para várias aplicações industriais, com ênfase adicional na sustentabilidade por meio de estudos de PLA reciclado.

2 MÉTODOS

Os experimentos foram conduzidos usando 23 amostras de polímero, compreendendo 14 PLA, 7 ABS, 1 PETG e 1 Nylon. A preparação da amostra incluiu extrusão padrão em filamentos seguida de caracterização térmica.

2.1 EQUIPAMENTO

A análise de TGA foi realizada usando um instrumento Shimadzu DTG-60, figura 1, medindo mudanças de massa e degradação térmica.

Fig. 1 – Analisador Térmico, Modelo DTG-60



Fonte: da Imagem

A análise de DSC utilizou um calorímetro PerkinElmer DSC 8000, figura 2, para avaliar as transições térmicas.

Fig. 2 – Calorímetro Exploratório Diferencial (DSC 8000)



Fonte: da Imagem

Os testes de impressão 3D empregaram uma impressora Kywood3D Tycoon Max, figura 3, para produzir amostras de teste sob configurações de temperatura variadas.

Fig. 3 – Impressora 3D para fabricação de amostras



Fonte: da Imagem

2.2 PROCEDIMENTO

Análises térmicas foram realizadas para avaliar:

- Estabilidade térmica: Temperaturas de início e pico de degradação usando TGA.
- Transições: Temperaturas de fusão e transição vítrea via DSC.

Testes de impressão: As peças foram impressas em temperaturas controladas e a qualidade foi avaliada quanto à precisão dimensional, rigidez e integridade mecânica.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados preliminares demonstraram que o PLA exibe excelente capacidade de impressão, mas é sensível a flutuações térmicas, enquanto o ABS oferece maior resistência ao impacto, mas requer controle preciso da temperatura devido à sua maior expansão térmica. O PETG e o Nylon apresentaram



características intermediárias, sendo que o PETG se destacou em resistência química e o Nylon ofereceu flexibilidade superior.

O PLA reciclado apresentou desempenho comparável ao PLA virgem, embora com ligeiras reduções nas propriedades mecânicas, enfatizando seu potencial para aplicações sustentáveis. As análises numéricas confirmaram que as faixas de temperatura ideais para cada material melhoraram a estabilidade dimensional e minimizaram o empenamento.

4 CONCLUSÃO

Este estudo destaca a importância da caracterização térmica na otimização dos processos de impressão 3D. Ao correlacionar as propriedades do material com o desempenho de impressão, esta pesquisa fornece dados valiosos para a seleção e processamento de polímeros na manufatura aditiva. Os insights obtidos apoiam o desenvolvimento de métodos de fabricação ecologicamente corretos e econômicos, contribuindo para o avanço de práticas de fabricação sustentáveis.

O trabalho futuro se concentrará na expansão do conjunto de dados para incluir materiais adicionais e explorar os efeitos das misturas de materiais híbridos nas métricas de desempenho.



REFERÊNCIAS

AMBROSI, A.; PUMERA, tecnologias de impressão M. 3D para aplicações eletroquímicas. *Revisões da Chemical Society*, v. 45, n. 10, p. 2740–2755, 2016.

ATAKOK, G.; KAM, M.; KOC, H. B. Resistência à tração, flexão de três pontos e resistência ao impacto de peças impressas em 3D usando filamentos de PLA e PLA reciclados: uma investigação estatística. *Revista de pesquisa e tecnologia de materiais*, v. 18, p. 1542–1554, 2022.

PAKKANEN, J. et al. Sobre o uso de filamentos reciclados ou biodegradáveis para a sustentabilidade da impressão 3D. Em: *Design e Manufatura Sustentável 2017*. Cham: Springer International Publishing, 2017. pág. 776–785.

WOJTYŁA, S.; KLAMA, P.; BARÃ, T. A impressão 3D é segura? Análise do tratamento térmico de termoplásticos: ABS, PLA, PET e nylon. *Revista de higiene ocupacional e ambiental*, v. 14, n. 6, p. D80–D85, 2017.

SONG, C. et al. Meu smartphone sabe o que você imprime: explorando ataques de canal lateral baseados em smartphones contra impressoras 3D. *Anais da Conferência ACM SIGSAC de 2016 sobre Segurança de Computadores e Comunicações*. Anais... Nova York, NY, EUA: ACM, 2016.