

**ANÁLISE COMPARATIVA DOS FILAMENTOS PLA, ABS E PETG NA
IMPRESSÃO 3D: PROPRIEDADES E APLICAÇÕES EM SETORES QUE
DEMANDAM AVANÇOS TECNOLÓGICOS**

**ANÁLISIS COMPARATIVO DE FILAMENTOS PLA, ABS Y PETG EN IMPRESIÓN
3D: PROPIEDADES Y APLICACIONES EN SECTORES QUE EXIGEN AVANCES
TECNOLÓGICOS**

**COMPARATIVE ANALYSIS OF PLA, ABS AND PETG FILAMENTS IN 3D
PRINTING: PROPERTIES AND APPLICATIONS IN SECTORS THAT DEMAND
TECHNOLOGICAL ADVANCES**

Apresentação: Comunicação Oral

Brendha Cecília da Silva Sergio¹; Letícia Suruagy Gadelha de Melo²; Marcos Antonio Souza do Nascimento Segundo³; Yasmim do Nascimento Souza⁴; Erick Viana da Silva⁵

DOI: <https://doi.org/10.31692/2596-0857.VIIICOINTERPDVGT.0149>

RESUMO

A impressão 3D, ou manufatura aditiva, tem revolucionado diversas áreas, como saúde e engenharia, através da produção de peças personalizadas e redução do desperdício de materiais. Este artigo visa classificar e analisar os principais tipos de filamentos utilizados em impressoras 3D, focando no PLA (ácido polilático), ABS (acrilonitrila butadieno estireno) e PETG (polietileno tereftalato glicol). A investigação se concentra nas propriedades mecânicas, térmicas e químicas desses materiais, que são amplamente utilizados em impressoras FDM (Fused Deposition Modeling). A hipótese central é que, ao compreender as características dos principais filamentos, é possível otimizar o processo de impressão e garantir um desempenho superior das peças. A metodologia adotada envolve uma revisão bibliográfica integrativa, abrangente, com a análise de dados de estudos anteriores e experimentos práticos. Os resultados obtidos indicam que o PLA se destaca pela sua biodegradabilidade e alta resistência à tração, sendo adequado para protótipos, enquanto o ABS é preferido em aplicações industriais e automotivas por sua resistência térmica e ao impacto. O PETG surge como uma alternativa versátil, equilibrando resistência química e flexibilidade, aumentando sua popularidade em ambientes exigentes. A pesquisa confirmou a hipótese central e evidenciou a crescente preferência pelo PETG em aplicações industriais, desafiando a predominância do ABS. Conclui-se que a escolha do filamento adequado é crucial para o sucesso na impressão 3D, e a integração de princípios de sustentabilidade e inovação tecnológica pode guiar decisões mais informadas na seleção de materiais. Este trabalho fornece uma base sólida para profissionais e entusiastas do campo, ressaltando a importância de uma análise crítica na escolha dos filamentos e abrindo caminho para futuras investigações sobre a evolução da impressão 3D.

Palavras-Chave: Impressão 3D, Filamentos, PLA, ABS, PETG.

¹ Bacharelanda em Engenharia Mecânica, Instituto Federal de Pernambuco, brendha.sergio@institutoiv.org

² Bacharelanda em Engenharia Mecânica, Instituto Federal de Pernambuco, leticia.suruagy@institutoiv.org

³ Bacharelando em Engenharia Mecânica, Instituto Federal de Pernambuco, masns@discente.ifpe.edu.br

⁴ Tecnolanda em Gestão Ambiental, Instituto Federal de Pernambuco, yasmim.d.n.sousa@gmail.com

⁵ Doutor, Instituto Federal de Pernambuco, erick.viana@recife.edu.br

RESUMEN

La impresión 3D, o manufactura aditiva, ha revolucionado diversas áreas, como la salud y la ingeniería, a través de la producción de piezas personalizadas y la reducción del desperdicio de materiales. Este artículo tiene como objetivo clasificar y analizar los principales tipos de filamentos utilizados en impresoras 3D, centrándose en el PLA (ácido poliláctico), ABS (acrilonitrilo butadieno estireno) y PETG (polietileno tereftalato glicol). La investigación se concentra en las propiedades mecánicas, térmicas y químicas de estos materiales, que son ampliamente utilizados en impresoras FDM (Fused Deposition Modeling). La hipótesis central es que, al comprender las características de los principales filamentos, es posible optimizar el proceso de impresión y garantizar un rendimiento superior de las piezas. La metodología adoptada implica una revisión bibliográfica integrativa, exhaustiva, con el análisis de datos de estudios anteriores y experimentos prácticos. Los resultados obtenidos indican que el PLA se destaca por su biodegradabilidad y alta resistencia a la tracción, siendo adecuado para prototipos, mientras que el ABS es preferido en aplicaciones industriales y automotrices por su resistencia térmica y al impacto. El PETG surge como una alternativa versátil, equilibrando resistencia química y flexibilidad, aumentando su popularidad en entornos exigentes. La investigación confirmó la hipótesis central y evidenció la creciente preferencia por el PETG en aplicaciones industriales, desafiando la predominancia del ABS. Se concluye que la elección del filamento adecuado es crucial para el éxito en la impresión 3D, y la integración de principios de sostenibilidad e innovación tecnológica puede guiar decisiones más informadas en la selección de materiales. Este trabajo proporciona una base sólida para profesionales y entusiastas del campo, resaltando la importancia de un análisis crítico en la elección de los filamentos y abriendo camino para futuras investigaciones sobre la evolución de la impresión 3D.

Palabras Clave: Impresión 3D, Filamentos, PLA, ABS, PETG.

ABSTRACT

3D printing, or additive manufacturing, has revolutionized various fields, such as healthcare and engineering, through the production of customized parts and reduction of material waste. This article aims to classify and analyze the main types of filaments used in 3D printers, focusing on PLA (polylactic acid), ABS (acrylonitrile butadiene styrene), and PETG (glycol-modified polyethylene terephthalate). The investigation concentrates on the mechanical, thermal, and chemical properties of these materials, which are widely used in FDM (Fused Deposition Modeling) printers. The central hypothesis is that by understanding the characteristics of the main filaments, it is possible to optimize the printing process and ensure superior performance of the parts. The methodology adopted involves a comprehensive integrative literature review, analyzing data from previous studies and practical experiments. The results obtained indicate that PLA stands out for its biodegradability and high tensile strength, making it suitable for prototypes, while ABS is preferred in industrial and automotive applications due to its thermal and impact resistance. PETG emerges as a versatile alternative, balancing chemical resistance and flexibility, increasing its popularity in demanding environments. The research confirmed the central hypothesis and highlighted the growing preference for PETG in industrial applications, challenging the predominance of ABS. It is concluded that the choice of the appropriate filament is crucial for success in 3D printing, and the integration of sustainability principles and technological innovation can guide more informed decisions in material selection. This work provides a solid foundation for professionals and enthusiasts in the field, emphasizing the importance of critical analysis in the choice of filaments and paving the way for future investigations into the evolution of 3D printing.

Keywords: 3D Printing, Filaments, PLA, ABS, PETG.

INTRODUÇÃO

A impressão 3D, também conhecida como manufatura aditiva, é uma tecnologia que utiliza três dimensões (altura, profundidade e largura) a fim de desenvolver uma peça física proveniente de uma peça digital. Sendo um sistema tridimensional, essa tecnologia tem como base na construção das peças físicas através da adição de matéria-prima criando camadas até a

finalização do objeto impresso (Morandini e Vechio, 2020). Sendo implementada profundamente em diversas áreas, a exemplo da aplicação na educação (Santos e Andrade, 2020); Saúde veterinária (Reis et al., 2017); Tecnologia assistiva (Silva et al., 2020) e na área medicinal na resolução de crimes (Vargas, Coutinho e Coutinho, 2021). No entanto, um dos desafios cruciais dessa tecnologia está na escolha adequada dos filamentos, cuja variedade de composições e propriedades determina diretamente a qualidade, durabilidade e funcionalidade das peças impressas.

Portanto, o presente artigo busca classificar e analisar os principais tipos de filamentos utilizados em impressoras 3D, com foco no PLA (ácido polilático), ABS (acrilonitrila butadieno estireno) e PETG (polietileno tereftalato glicol). A delimitação do estudo se concentra na análise das propriedades mecânicas, térmicas e químicas desses materiais, que são amplamente empregados em impressoras FDM (Fused Deposition Modeling). O problema investigado é a escolha do material adequado para diferentes aplicações, um aspecto essencial para o sucesso dos projetos de impressão 3D, mas que frequentemente não é abordado de forma criteriosa pelos usuários.

A hipótese central deste estudo é que, ao compreender as características dos principais filamentos, é possível otimizar o processo de impressão e garantir um desempenho superior das peças. Para testar essa hipótese, foram coletadas e analisadas informações de estudos anteriores que abordam o comportamento físico-químico desses materiais em diferentes cenários de impressão. Além disso, foram utilizados dados experimentais provenientes de testes práticos com impressoras 3D, com o objetivo de validar os achados da literatura.

A metodologia empregada envolve uma revisão bibliográfica integrativa ampla sobre o tema, buscando identificar suas vantagens e limitações em diferentes contextos. Esse estudo visa contribuir para a literatura ao fornecer uma classificação detalhada dos principais filamentos, orientando profissionais e entusiastas da impressão 3D na escolha do material mais adequado para suas necessidades, além de promover um melhor entendimento das variáveis que influenciam o sucesso na manufatura aditiva.

FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Para Cosetti (2024) , a impressão 3D revoluciona a indústria devido a rapidez e capacidade de desenvolver protótipos. E segundo Mello (2017, p. 18), essa tecnologia já se encontra em “objetos fabricados com destino à educação, passando por peças para o setor automotivo e aeroespacial, até a atuação na área da saúde, revolucionando o atual mundo de

diagnósticos e cirurgias, reproduzindo designs simples ou complexos e arrojados”.

Os materiais destinados à impressão 3D apresentam variedades, indo do plástico, resinas e metais (Cosetti, 2024). Portanto, a escolha do filamento adequado para impressão 3D é um fator determinante na qualidade e funcionalidade dos objetos produzidos, sendo amplamente discutido na literatura sobre manufatura aditiva. Para entender e esclarecer a influência dos diferentes tipos de filamentos, é necessário considerar diversas teorias e abordagens da ciência dos materiais, particularmente no que se refere às propriedades mecânicas e térmicas dos polímeros. O presente estudo se apoia nessas teorias para investigar como as características dos principais filamentos—PLA, ABS e PETG—impactam o processo de impressão e o desempenho das peças produzidas, oferecendo uma análise detalhada de suas vantagens e limitações.

Callister e Rethwisch (2018) destacam que a análise das propriedades mecânicas dos polímeros é crucial para compreender a resistência e a durabilidade dos produtos impressos. Nesse contexto, a escolha do filamento envolve a avaliação de parâmetros como resistência à tração, impacto e flexibilidade. O PLA, por exemplo, é valorizado por sua facilidade de uso e caráter biodegradável, mas apresenta limitações em termos de resistência térmica e durabilidade. Já o ABS, conhecido por sua resistência ao calor e à abrasão, é amplamente utilizado em aplicações industriais, como na fabricação de peças automotivas. O PETG, por sua vez, oferece um equilíbrio entre flexibilidade e resistência química, sendo uma escolha popular em áreas que exigem durabilidade e resistência à umidade. Esses diferentes comportamentos dos filamentos são fundamentais para a tomada de decisão na escolha do material mais adequado para cada aplicação.

Além das propriedades mecânicas e térmicas, a sustentabilidade dos materiais tem ganhado destaque na literatura recente. Thompson et al. (2016) discutem as vantagens ecológicas do PLA, um polímero biodegradável, em comparação com o ABS, derivado de combustíveis fósseis. A crescente preocupação com a sustentabilidade tem levado muitos a optar pelo PLA, especialmente em iniciativas que buscam reduzir o impacto ambiental da produção. Entretanto, ainda há desafios a serem superados em relação à durabilidade do PLA para aplicações mais exigentes, algo que se reflete na literatura como um tema recorrente de investigação.

Outro ponto relevante na fundamentação teórica deste estudo é o papel da impressão 3D no contexto da Indústria 4.0 e em outros setores, como saúde, arquitetura e construção.

Brettel et al. (2014) discutem como a manufatura aditiva se alinha aos princípios da Indústria

4.0, ao possibilitar a integração com sistemas ciberfísicos, Internet das Coisas (IoT) e Inteligência Artificial (IA). Isso promove uma flexibilidade maior na cadeia de produção, permitindo personalização em massa e produção sob demanda, como exemplificado pela General Electric (GE), que utiliza a impressão 3D para fabricar componentes personalizados de turbinas a jato. Essa integração tecnológica não apenas otimiza os processos de produção, mas também amplia as aplicações da impressão 3D em setores que exigem alta precisão e agilidade.

A sustentabilidade também é um aspecto crucial no uso da impressão 3D, especialmente no que diz respeito à economia circular. Gebler, Schoot Uiterkamp e Visser (2014) destacam que a impressão 3D contribui para a eficiência no uso de materiais, permitindo a criação de peças com geometrias complexas que reduzem o desperdício. Iniciativas como a reutilização de plásticos reciclados em impressoras 3D são exemplos de como a tecnologia pode promover uma produção mais sustentável, alinhada às metas corporativas de sustentabilidade, como observado no caso da Adidas, que utiliza impressão 3D para criar calçados com materiais recicláveis.

Na área da saúde, a impressão 3D tem mostrado um impacto significativo. Murphy e Atala (2014) discutem o uso da bioimpressão para a criação de tecidos e órgãos artificiais, enquanto Rengier et al. (2010) destacam a fabricação de próteses e implantes personalizados, adaptados às especificidades anatômicas dos pacientes. Esses avanços demonstram o potencial da tecnologia para transformar práticas médicas, melhorando a precisão e a eficiência dos tratamentos.

Além disso, a questão da propriedade intelectual surge como um desafio com o avanço da impressão 3D. Desai e Magliocca (2014) discutem os dilemas jurídicos relacionados à reprodução de objetos patenteados, levantando preocupações sobre a adequação das leis de direitos autorais e patentes em um cenário onde a reprodução fiel de designs é facilitada por essa tecnologia. O uso de impressão 3D na moda, por exemplo, gerou disputas legais sobre a recriação de acessórios e peças de vestuário, destacando a necessidade de atualização das legislações.

Por fim, a aplicação da impressão 3D em arquitetura e construção também tem ganhado relevância, como relatado por Buswell et al. (2018), que discute o uso de impressoras

3D para a construção de edifícios modulares com economia de tempo e recursos. Projetos como os da ICON, que utiliza impressão 3D para construir habitações acessíveis, e da WinSun, que imprime edifícios com concreto reforçado, são exemplos de como a tecnologia pode revolucionar o setor da construção.

Dessa forma, a fundamentação teórica apresentada, que abrange as propriedades dos filamentos, a integração com a Indústria 4.0 e as aplicações em sustentabilidade, saúde, direito e construção, servirá de base para a análise dos dados e a discussão dos resultados, elucidando como a escolha do filamento e o uso da impressão 3D impactam diferentes setores e suas respectivas demandas.

METODOLOGIA

Este estudo se caracteriza como uma pesquisa bibliográfica integrativa que segundo Whittemore e Knafl (2005), o método permite combinar diversas fontes metodológicas (quantitativas, qualitativas, e teóricas). Eles explicam que a revisão integrativa envolve cinco etapas: identificação do problema, busca na literatura, avaliação de dados, análise de dados e interpretação dos resultados. O objetivo é integrar achados de diferentes estudos para oferecer uma compreensão mais abrangente sobre um fenômeno específico. Possui natureza qualitativa, com foco na compreensão aprofundada das propriedades dos filamentos utilizados em impressoras 3D e sua aplicabilidade em diferentes contextos. O objeto de estudo concentra-se nos principais filamentos PLA, ABS e PETG, analisados detalhadamente com base em suas propriedades mecânicas, térmicas e químicas. Portanto, são materiais poliméricos empregados como filamentos para impressoras 3D FDM, que foram selecionados pela sua relevância e ampla utilização nos setores de saúde, manufatura e construção.

O procedimento metodológico envolveu a coleta de informações nas bases de dados, escolhidas por conveniência, Google Acadêmico e Scopus, para identificar publicações relevantes sobre os filamentos estudados. A análise dos dados se deu por meio da comparação das informações obtidas na literatura com os resultados de experimentos descritos em estudos revisados. Com isso, buscou-se esclarecer as vantagens e limitações de cada tipo de filamento em diferentes cenários de impressão, além de fornecer recomendações práticas para a escolha do material mais adequado conforme a aplicação. Este método permitiu uma análise aprofundada das propriedades e comportamentos dos filamentos PLA, ABS e PETG, fundamentando as discussões e conclusões apresentadas neste artigo.

A pesquisa se restringiu ao período de 2005 à 2024.



RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados obtidos a partir da revisão da literatura e da análise dos filamentos PLA, ABS e PETG revelaram informações importantes sobre suas propriedades mecânicas, térmicas e químicas, além de suas aplicações práticas na impressão 3D. Esta seção apresenta uma descrição dos dados coletados, a relação com as hipóteses de pesquisa, dados inesperados e uma interpretação dos resultados com base na fundamentação teórica.

Os dados coletados indicam que cada filamento apresenta características específicas que o tornam mais adequado para diferentes aplicações:

1 - **PLA (Ácido Polilático)**: Destaca-se pela sua facilidade de uso e caráter biodegradável. Os dados revelam que o PLA apresenta alta resistência à tração (cerca de 50MPa), mas sua resistência térmica é inferior, limitando seu uso em ambientes de alta temperatura. A tabela a seguir resume as propriedades mecânicas do PLA:

Propriedade	Valor
Resistência à Tração	50 MPa
Temperatura de Deformação	60 °C
Dureza	85D

2 - **ABS (Acrilonitrila Butadieno Estireno)**: Apresenta excelente resistência ao calor e à abrasão, com resistência à tração de aproximadamente 40MPa. Embora não seja biodegradável, é amplamente utilizado na indústria. A tabela abaixo apresenta suas propriedades:

Propriedade	Valor
Resistência à Tração	40 MPa
Temperatura de Deformação	105 °C
Dureza	75D

3 - **PETG (Polietileno Tereftalato Glicol)**: Mostrou-se um material versátil, equilibrando flexibilidade e resistência química. A resistência à tração do PETG é de cerca de 50MPa, e é particularmente eficaz em aplicações que exigem durabilidade e resistência à umidade. A tabela a seguir ilustra suas propriedades:

Propriedade	Valor
Resistência à Tração	50 MPa
Temperatura de Deformação	80 °C
Dureza	70D

A hipótese central de que a compreensão das características dos principais filamentos pode otimizar o processo de impressão e garantir um desempenho superior das peças foi confirmada. A análise detalhada das propriedades mecânicas, térmicas e químicas evidenciou que a escolha do material adequado é essencial para atender a requisitos específicos de cada aplicação.

Por exemplo, o uso do PLA é ideal para protótipos e peças que não sofrerão altas temperaturas, enquanto o ABS se destaca em aplicações industriais que exigem resistência térmica. O PETG, por sua vez, surge como uma alternativa eficaz em setores que demandam durabilidade e resistência a ambientes úmidos.

Um dado inesperado que surgiu durante a análise foi a crescente popularidade do PETG em comparação ao ABS em aplicações industriais, um ponto que não era amplamente abordado na literatura revisada. Embora o ABS seja tradicionalmente preferido por sua resistência, a flexibilidade e a resistência química do PETG estão levando muitas empresas a reconsiderarem sua escolha de filamento. Essa mudança sugere uma tendência de adoção de materiais mais sustentáveis e com menor impacto ambiental.

Os resultados estão alinhados com a fundamentação teórica apresentada, que destaca a importância das propriedades dos filamentos na escolha do material para impressão 3D. A análise de Callister e Rethwisch (2018) sobre as propriedades mecânicas dos polímeros se reflete na preferência por filamentos com alta resistência à tração, enquanto a discussão sobre a sustentabilidade do PLA corroborada por Thompson et al. (2016) justifica sua popularidade em aplicações que priorizam a redução do impacto ambiental.

Além disso, a relação entre a impressão 3D e a Indústria 4.0, conforme abordado por Brettel et al. (2014), é evidenciada pelo aumento da customização e produção sob demanda, impulsionando o uso de filamentos que atendem a especificações técnicas rigorosas.

Em suma, os dados obtidos neste estudo revelam que a escolha do filamento adequado é um fator determinante para o sucesso na impressão 3D. A análise das propriedades do PLA, ABS e PETG oferece uma base sólida para orientar profissionais e entusiastas na seleção do material mais apropriado para suas necessidades. A relevância crescente do PETG e a conscientização sobre a sustentabilidade são elementos que merecem atenção em futuras investigações sobre a evolução da manufatura aditiva.

Nascimento et al (2022) no artigo intitulado *Produção de Prótese para Membros Superiores a partir de Manufatura Aditiva: O Caso Printing for Life* explora o uso da tecnologia de impressão 3D na criação de próteses para membros superiores, destacando sua eficácia, baixo custo e personalização. O trabalho consiste em um estudo de caso, com duração de quatro meses, e destaca a impressão 3D como um processo viável, seguro e rápido para substituir próteses convencionais, especialmente no atendimento a crianças. A iniciativa também visou popularizar o uso de tecnologias assistivas, capacitar estudantes para a produção de próteses e promover a inclusão social dos beneficiários.

O desenvolvimento de próteses por meio da impressão 3D envolve várias etapas, começando com o contato inicial com o paciente, seguido por medições, modelagem, impressão, montagem, controle de qualidade e entrega. Um profissional capacitado, como um fisioterapeuta ou terapeuta ocupacional, realiza a medição das dimensões do coto e do membro saudável do paciente, utilizando técnicas como chamadas de vídeo para pacientes remotos. A modelagem das próteses é feita em software 3D específico (OpenScad), que gera arquivos prontos para impressão. O procedimento de impressão é realizado com filamentos de PLA (ácido polilático), material conhecido por sua adequação para uso médico devido à sua biocompatibilidade e baixo custo.

Durante o projeto, foram fabricadas próteses de peso médio entre 330g e 355g, com rigoroso controle de qualidade, avaliando aspectos como rigidez, tensionamento dos fios, ausência de rachaduras e adequação do recobrimento interno. Após a conclusão da fabricação e montagem, as próteses passaram por avaliações de fisioterapeutas, garantindo a eficácia e a segurança do produto para os pacientes.

Os resultados do estudo indicaram que a impressão 3D é uma alternativa eficaz e econômica para a produção de próteses de membros superiores, proporcionando maior rapidez na entrega e a possibilidade de personalização, características que trazem benefícios diretos aos usuários. Além disso, conseguiu demonstrar o potencial da tecnologia para promover a inclusão social de pessoas com deficiência, especialmente aquelas em condições socioeconômicas desfavoráveis, ao possibilitar o acesso a soluções de mobilidade a um custo muito inferior ao de próteses comerciais. Contribuiu para a capacitação de estudantes em técnicas de manufatura aditiva, promovendo o desenvolvimento de habilidades práticas e

incentivando a integração de conhecimentos das áreas de saúde e tecnologia. O impacto social e educacional do projeto reforça a importância do investimento em tecnologias assistivas e do empreendedorismo social, visando soluções inovadoras que possam gerar riqueza e bem-estar social, além de ampliar o acesso a produtos de saúde essenciais.

Em resumo, a manufatura aditiva se apresenta como uma solução promissora para a produção de próteses de membros superiores, combinando inovação, acessibilidade e eficiência. A continuidade do trabalho, com possibilidade de participação em novos editais e desenvolvimento de outros produtos relacionados à fisioterapia, foi sinalizada pela empresa parceira do projeto, indicando o potencial de expansão e comercialização das soluções desenvolvidas.

As tabelas apresentadas foram construídas com base nos dados coletados de fontes da literatura científica, incluindo Callister e Rethwisch (2018), Gebhardt (2016).

Figura 01: A utilização da Impressora 3D na medicina



Fonte: Energia Inteligente (2020).

Figura 02: Impressão 3D na construção civil



Fonte: Contour Crafting.

Figura 03: Impressão 3D na indústria automotiva



Fonte: Automotivebusiness (2018).

Figura 04: Impressão 3D e sustentabilidade



Fonte: Produteca (2018).

Figura 05: Impressão 3D de órtese



Fonte: Própria (2024)

CONCLUSÕES

Este estudo proporcionou uma análise abrangente das propriedades mecânicas, térmicas e químicas dos principais filamentos utilizados na impressão 3D — PLA, ABS e PETG — e sua aplicabilidade em diversas áreas, como saúde, manufatura e construção. A pesquisa confirmou a hipótese central de que uma compreensão aprofundada das

características dos filamentos pode otimizar o processo de impressão e garantir um desempenho superior das peças. A escolha do material adequado é, portanto, crucial para atender às demandas específicas de cada aplicação, evidenciando a importância de considerar as propriedades dos filamentos na seleção de materiais para impressão 3D.

Os resultados obtidos revelaram que o PLA, com sua alta resistência à tração e caráter biodegradável, é ideal para protótipos e aplicações que não demandam alta resistência térmica. O ABS, com sua superior resistência ao calor e à abrasão, continua sendo uma escolha sólida para aplicações industriais e automotivas. Por outro lado, o PETG, que se destacou por sua versatilidade, resistência química e flexibilidade, tem ganhado popularidade, especialmente em ambientes que exigem durabilidade e resistência à umidade. Esta tendência pode indicar uma mudança em direção a uma maior adoção de materiais sustentáveis na indústria, o que é um ponto positivo em um contexto de crescente preocupação ambiental.

Outro aspecto relevante que emergiu durante a pesquisa foi a surpreendente ascensão do PETG em aplicações industriais, um dado que desafia a preferência histórica pelo ABS. Essa mudança de paradigma sugere que as indústrias estão cada vez mais valorizando não apenas a resistência, mas também as propriedades sustentáveis dos materiais, o que pode ter implicações significativas para a evolução da impressão 3D e da manufatura aditiva.

As contribuições desta pesquisa se estendem além da simples classificação dos filamentos. Ao integrar conceitos de sustentabilidade e inovação tecnológica, como a relação da impressão 3D com a Indústria 4.0, este trabalho fornece uma base sólida para que profissionais e entusiastas da área façam escolhas mais informadas na seleção de materiais. A pesquisa também abre caminho para investigações futuras sobre a evolução dos materiais na impressão 3D, especialmente à luz da crescente demanda por soluções sustentáveis.

Em suma, este artigo não apenas atende aos objetivos propostos na introdução, mas também responde às hipóteses levantadas, reforçando a importância de uma análise crítica e informada na escolha de filamentos para impressão 3D. A busca contínua por inovações e melhorias nos materiais utilizados promete enriquecer ainda mais o campo da impressão 3D, ampliando suas aplicações e impactos em diversos setores.

REFERÊNCIAS

BESKO, Marcos; BILYK, Cláudio; SIEBEN, Priscila Gritten. Aspectos técnicos e nocivos dos principais filamentos usados em impressão 3D. **Revista Gestão, Tecnologia e Inovação**. Disponível em: <https://www.op/faculdade/revista-engenh/pdf/n3/Artigo>. Acesso em: 19 out. 2024.

BRETTEL, Malte; FRIEDERICHES, Nico; KELLER, Michael; ROSENBERG, Maximiliano. Como vi. **Revista Internacional de Ciência e Engenharia Mecânica e Industrial**, v. 8.

BUSWELL, Richard A. et al. 3D. **Pesquisa em Cimento e Concreto**.

CALLISTER, W. D.; RETHWISCH, D. G. **Ciência e Engenharia de Materiais: Uma Introdução**. 9. ed. Rio de Janeiro: LCT, 2018.

CARBONARI, Luana Toralles; TORALLES, Berenice Martins; GIGLIO, Thalita Gorban Ferreira. Impressão 3D na construção civil: uma revisão sistemática com foco no desempenho termoenergético. **ENTAC – Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído**. Disponível em: <https://eventos.ant/eu/e/arte/visualizar>. Acesso em: 19 out. 2024.

CIMATEC Jr. Aplicações da manufatura aditiva na Indústria 4.0. **CIMATEC Jr**. Disponível em: <https://www.ap-da-homem-aditiva-na-industr>. Acesso em: 19 out. 2024.

COSETI, Melissa C. Como funciona uma impressão 3D. *Tecnoblog*, 2018. Disponível em: <<https://bit.ly/2ZmciZT>> Acesso em: 20 agosto 2024.

DESAI, Jay A.; MAGLIOCCA, Nicholas R. 3. **Revista de Pesquisa Empresarial**, v. 6.

Estudo comparativo entre PETG e PLA para impressão 3D através de caracterização térmica, química e mecânica. **Matéria (Rio de Janeiro)**. Disponível em: <https://www.j/rma/um/dpWDvBJzSXYtzbKnJdDqHVg>. Acesso em: 19 out. 2024.

FROBOESE DA SILVA, Eloar; MENIN DA SILVA, Lucas; GONÇALVES DEON, Vinicius; TOSO, Marcelo André. IMPRESSÃO 3D APLICADA À TECNOLOGIA ASSISTIVA. *Revista Destaques Acadêmicos, [S. l.]*, v. 12, n. 4, 2020. DOI: 10.22410/issn.2176-3070.v12i4a2020.2657. Disponível em: <https://univates.br/revistas/index.php/destaques/article/view/2657>. Acesso em: 20 out. 2024.

FIGUEIREDO, Beatriz Beca; CESAR, Francisco Ignácio Giocondo. Um estudo da utilização da impressora 3D na engenharia e na medicina. **RECISATEC – Revista Científica Saúde e Tecnologia**, v. 1, 2022. Disponível em: <https://recisatec.com.br/index.php/recisatec/article/view/70/60>. Acesso em: 19 out. 2024.

GEBHARDT, A. **Fabricação de Manufatura Aditiva: Prototipagem Rápida, Ferramental e Manufatura**. Munique: Hanser Publishers, 2016.

GEBLER, Malte; ESCOLA UITERKAMP, Anton J. M.; VISSER, Cindy. Um global. **Política Energética**, v. 74, p. 158.

MIRANDA MORANDINI, M.; DEL VECHIO, G. H. IMPRESSÃO 3D, TIPOS E POSSIBILIDADES: uma revisão de suas características, processos, usos e tendências. *Revista Interface Tecnológica, [S. l.]*, v. 17, n. 2, p. 67–77, 2020. DOI: 10.31510/inf.v17i2.866. Disponível em: <https://revista.fatectq.edu.br/interfacetecnologica/article/view/866>. Acesso em: 20 out. 2024.

MELLO, Silvia T. Influência do tipo e da técnica de aplicação de agente infiltrantes na resistência

SERGIO, et al.

mecânica de componentes produzidos por manufatura aditiva (3DP). Dissertação de Mestrado. Universidade Estadual Paulista, Ilha Solteira, 2017.

MURPHY, Sean V.; ATALA, Anthony. 3D. **Biotecnologia da Natureza**.

NASCIMENTO, Beatriz Paredes do; SOARES, Graciliano Gomes; ARAÚJO, Júlia Estefany; SILVA, Suely Marilene da; SILVA, Erick Viana da. **Produção de prótese para membros superiores a partir de manufatura aditiva: o caso Printing for Life**. IV Congresso Internacional de Despertando Vocações, 2022. Disponível em: <https://doi.org/10.31692/2596-0857.IVCOINTERPDVGT.0012>. Acesso em: [20/10/2024].

RENGIER, Fabian et al. Impressão 3D baseada em. ***Revista Internacional de Radiologia e Cirurgia Assistida por Computador**.

REIS, Daniela de Alcântara Leite dos et al. Biomodelos Ósseos Produzidos por Intermédio da Impressão 3D: Uma Alternativa Metodológica no Ensino da Anatomia Veterinária. Revista de Graduação USP, São Paulo, Brasil, v. 2, n. 3, p. 47–53, 2017. DOI: [10.11606/issn.2525-376X.v2i3p47-53](https://doi.org/10.11606/issn.2525-376X.v2i3p47-53). Disponível em: <https://www.revistas.usp.br/gradmais/article/view/133789>. Acesso em: 20 out. 2024.

TARSSO GOMES SANTOS, J.; FERREIRA DE ANDRADE, A. Impressão 3D como Recurso para o Desenvolvimento de Material Didático: Associando a Cultura Maker à Resolução de Problemas. Revista Novas Tecnologias na Educação, Porto Alegre, v. 18, n. 1, 2020. DOI: [10.22456/1679-1916.106014](https://doi.org/10.22456/1679-1916.106014). Disponível em: <https://seer.ufrgs.br/index.php/renote/article/view/106014>. Acesso em: 20 out. 2024.

THOMPSON, M. K.; MORONI, G.; VANAKARAS, M. R. et al. Design para manufatura aditiva: tendências, oportunidades, considerações e restrições. **CIRP Annals – Manufacturing Technology**, v. 65, n. 2, p. 737-760, 2016.

VOITTO. Impressão 3D na construção civil: entenda os benefícios e as aplicações. **Voitto**. Disponível em: <https://voitto.com.br/blog/arte/impressao-3d-na-constante-civil>. Acesso em: 19 out. 2024.

VARGAS, Brizza Fernandes dos Santos; COUTINHO, Melina Almeida; COUTINHO, Flaviane Silva. Impressão 3D na medicina legal e resolução de crimes: revisão integrativa da literatura. Revista de Medicina, São Paulo, Brasil, v. 100, n. 1, p. 62–69, 2021. DOI: [10.11606/issn.1679-9836.v100i1p62-69](https://doi.org/10.11606/issn.1679-9836.v100i1p62-69). Disponível em: <https://www.revistas.usp.br/revistadc/article/view/168042>. Acesso em: 20 out. 2024.

WARD, I. M.; SWEENEY, J. **Propriedades Mecânicas de Polímeros Sólidos**. 2. ed. Chichester: Wiley, 2013.

WHITTEMORE, R.; KNAFL, K. The integrative review: updated methodology. Journal of Advanced Nursing, v. 52, n. 5, p. 546-553, 2005

