



Anais do Simpósio Acadêmico de Engenharia de Produção (SAEPRO) da EEL-USP

IX SAEPRO – 25 e 26 de novembro de 2025

A Manufatura Aditiva no Contexto da Indústria 4.0 e da Economia Circular

Maria Elisa Rodrigues da Silva

Universidade Federal Fluminense (ma_elisa@id.uff.br)

Maria Luísa Rodrigues da Silva

Universidade Federal Fluminense (ma_luisa@id.uff.br)

Francisco Santos Sabbadini

Universidade do Estado do Rio de Janeiro (franciscosabbadini@fat.uerj.br)

Resumo

Esta pesquisa avaliou a evolução da temática acerca da impressão 3D, Indústria 4.0 e Economia Circular, no período de 2014 a 2024. A abordagem metodológica utilizada foi exploratória, por meio de buscas na plataforma Scopus, e análise bibliométrica. Os resultados encontrados mostraram interesse crescente nos 3 temas de forma isolada e de forma combinada. No caso da interseção das áreas de conhecimento, é um campo em estágio embrionário e com potencial de crescimento

Palavras-chave: Impressão 3D, Manufatura aditiva, Indústria 4.0, Economia circular,

Abstract



Anais do Simpósio Acadêmico de Engenharia de Produção (SAEPRO) da EEL-USP

IX SAEPRO – 25 e 26 de novembro de 2025

This research assessed the evolution of the themes related to 3D printing, Industry 4.0, and the Circular Economy from 2014 to 2024. The methodological approach adopted was exploratory, based on searches in the Scopus platform and bibliometric analysis. The findings revealed a growing interest in all three topics, both individually and in combination. Regarding the intersection of these areas of knowledge, it is an emerging field with significant growth potential.

Keywords: 3D printing, Additive manufacturing, Industry 4.0, Circular economy,

Resumen

Esta investigación evaluó la evolución de la temática relacionada con la impresión 3D, la Industria 4.0 y la Economía Circular en el período de 2014 a 2024. El enfoque metodológico adoptado fue exploratorio, mediante búsquedas en la plataforma Scopus y análisis bibliométrico. Los resultados revelaron un interés creciente en los tres temas, tanto de forma aislada como combinada. En cuanto a la intersección de estas áreas de conocimiento, se trata de un campo en etapa embrionaria con un potencial significativo de crecimiento.

Palabras clave: Impresión 3D, Fabricación aditiva, Industria 4.0, Economía circular,

INTRODUÇÃO

A impressão 3D, também conhecida como manufatura aditiva quando relacionada a processos industriais produtivos, surgiu como uma alternativa pioneira na transformação do processo produtivo, favorecendo uma maior agilidade, flexibilidade e eficiência. Sua adoção pode reduzir custos referentes ao estoque de peças, além de minimizar o tempo de espera, contribuir para a diminuição de desperdícios e consequentemente viabilizar a produção sob demanda, além de permitir a personalização de acordo com as especificidades da manutenção (NASCIMENTO et al., 2018).

No mesmo sentido, se pode destacar que entre os principais benefícios da manufatura aditiva, destacam-se a redução do tempo de fabricação, a eliminação da necessidade de moldes e ferramentas convencionais, bem como a possibilidade de produção de baixo volume com alta precisão, sem grandes investimentos em infraestrutura tradicional. Tais características tornam a impressão 3D uma tecnologia estratégica para otimizar a gestão de peças sobressalentes (IVANOV; DOLGUI; SOKOLOV, 2018; TAVALENNON; TOMLIN, 2018).

Considerados os aspectos mencionados nos parágrafos anteriores, configura-se numa inovação no *modus operandi* dos processos produtivos, que se relaciona também com a Indústria 4.0, sendo marcada pela integração de sistemas digitais, conectividade e automação, potencializando a criação de processos que se caracterizam por apresentarem maior inteligência e sustentabilidade (ROSIN et al., 2017).

Isso também é corroborado por Nascimento et al. (2019), que considera que diante do contexto apresentado, a impressão 3D não apenas contribui para maior eficiência produtiva, mas também gera suporte a práticas alinhadas ao conceito de economia circular. Portanto, uma convergência orientada para sustentabilidade e circularidade.

A economia circular pode ser compreendida como um modelo econômico que busca a redução do desperdício e maximização do uso dos recursos, substituindo o tradicional ciclo linear de “extrair, produzir e descartar” por um sistema em que os materiais e produtos são constantemente reutilizados, reciclados e regenerados (DESPEISSE et al., 2017). Lewandowski (2016) destaca que esse modelo econômico de produção e consumo é baseado em princípios, conforme mostrado no Quadro 1, que buscam orientar os padrões de produção e consumo, a fim de priorizar a regeneração de recursos, a gestão sustentável de estoques finitos e a criação de valor equilibrado nas dimensões econômica, ambiental e social.

Nesse sentido, a integração entre impressão 3D, Indústria 4.0 e economia circular viabiliza uma maior ponderação no que diz respeito a processos produtivos,

promovendo sustentabilidade, inovação contínua e possibilitando maior competitividade no setor automotivo (ELLEN MACARTHUR FOUNDATION, 2013).

Quadro 1 – Princípios e descrições da Economia Circular.

Princípios	Descrição
P1 - Regenerar o capital natural e a gestão do estoque finito de recursos	Projetar produtos que renovem os recursos naturais e utilizem materiais de forma responsável, com foco na regeneração e não no esgotamento.
P2 - Otimização, aproveitando o máximo de valor	Maximizar o valor dos materiais ao longo do tempo, garantindo sua durabilidade, reparabilidade e reutilização.
P3 - Não gerar externalidades negativas	Eliminar resíduos e poluição, garantindo que os processos e produtos não causem danos ao meio ambiente ou à saúde.

Fonte: Elaborado pelos Autores com base em Ellen MacArthur Foundation, 2013, p. 13.

Desse modo o presente estudo teve como objetivo realizar uma avaliação a respeito da evolução da manufatura aditiva no contexto da indústria 4.0 e da Economia Circular (EC).

1. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1 Economia Circular (EC)

A Economia Circular (EC) é um modelo econômico que visa reduzir o desperdício e maximizar o uso dos recursos disponíveis. Esse modelo propõe uma mudança radical em relação ao tradicional ciclo linear de "pegar-fazer-descarte", promovendo um sistema onde os materiais e produtos são continuamente reciclados, reutilizados e regenerados, em vez de serem descartados (DESPEISSE et al., 2017).

Sob a perspectiva da eficiência e uso responsável dos recursos, a economia circular incentiva a utilização de insumos renováveis e a criação de cadeias produtivas sustentáveis, capazes de manter materiais em circulação constante. Esse modelo contribui para o desenvolvimento sustentável e para a proteção ambiental, prolongando

a vida útil dos recursos e reduzindo o impacto ecológico (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2020, p. 14-15).

A EC fundamenta-se em princípios que transformam o consumo e a produção, focando na regeneração de recursos e na gestão de estoques finitos, visando um sistema econômico sustentável à longo prazo, com preservação de materiais e menor pressão sobre os recursos naturais. Um modelo circular abrange múltiplas dimensões, incluindo a criação de uma proposta de valor balanceada, a gestão sustentável da cadeia de suprimentos, o envolvimento dos clientes e um modelo financeiro responsável. Esses aspectos refletem uma abordagem tripartite, que busca atender às necessidades econômicas, ambientais e sociais (LEWANDOWSKI, 2016).

De acordo com a fundação (EMF, 2013), a economia circular busca prevenir as externalidades negativas que o modelo linear gera para a sociedade e o meio ambiente. Ele sugere que, ao adotar um design de produtos e processos que seja tanto cuidadoso quanto regenerativo, é possível estabelecer um sistema sem desperdícios, com impactos ambientais minimizados, promovendo uma interação mais equilibrada entre a indústria e o meio ambiente.

O Quadro 1, apresentou e descreveu princípios mencionados refletem aspectos fundamentais da economia circular, que propõe uma abordagem de sustentabilidade mais abrangente e regenerativa.

2.2 Indústria 4.0 (I4.0)

A Indústria 4.0 representa a quarta fase da Revolução Industrial e é caracterizada pela incorporação de tecnologias avançadas como, automação e manufatura aditiva, atua como uma ferramenta essencial para a economia circular. Essa associação permite a criação de processos produtivos mais eficientes e sustentáveis, com foco em reutilizar, reciclar e regenerar recursos em vez de apenas consumir e descartar. Além disso, a adoção da Indústria 4.0 está impulsionando transformações sociais importantes nos locais de trabalho, ao mesmo tempo em que cria oportunidades para comunicação e formas de entretenimento. (NASCIMENTO et al., 2019).



A fábrica inteligente vai além da implementação de novas tecnologias, exigindo também ajustes nos modelos de gestão e novos processos de negócios para maximizar os benefícios dessa revolução tecnológica (ROSIN et al., 2017).

2.3 Manufatura Aditiva

De acordo com INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION; ASTM INTERNATIONAL (2021), a manufatura aditiva (MA) refere-se a tecnologias que criam objetos físicos tridimensionais adicionando material camada por camada, a partir de dados de modelos 3D. A principal técnica de manufatura aditiva é a impressão 3D. As tecnologias de impressão 3D proporcionam benefícios significativos, incluindo a redução de riscos associados a alterações estratégicas, já que permitem a fabricação de produtos de forma personalizada e sob demanda, com custos reduzidos (NASCIMENTO et al., 2018).

Com as aplicações da manufatura aditiva, é possível diminuir a necessidade de manter grandes estoques, uma vez que as peças de reposição podem ser fabricadas sob demanda, o que também reduz os custos de armazenamento, conforme mencionam Ivanov, Dolgui e Sokolov (2018).

A flexibilidade da produção proporcionada pela impressão 3D possibilita ajustes nas estratégias de fabricação e fornecimento, permitindo que as empresas se adaptem com mais agilidade a mudanças nas condições de mercado ou às necessidades dos clientes. Assim, é possível visualizar benefícios adicionais que a manufatura aditiva (MA) pode proporcionar, como o potencial para reduzir custos, aumentar a flexibilidade, acelerar processos e melhorar a qualidade, conforme apontado por Olsen e Tomlin (2018).

2. MÉTODO

O presente estudo utilizou como estratégia a abordagem bibliométrica para compilar dados e informações relacionadas com a evolução da manufatura aditiva no contexto da economia circular, com foco em publicações acadêmicas que abordam os temas "Circular Economy", "Industry 4.0", "Additive Manufacturing" e "3D printer". De acordo com Donthu et al. (2021), a bibliometria é uma ferramenta essencial para



Anais do Simpósio Acadêmico de Engenharia de Produção (SAEPRO) da EEL-USP

IX SAEPRO – 25 e 26 de novembro de 2025

organizar, interpretar e compreender o grande volume de informações produzidas no meio acadêmico, permitindo:

- ✓ Mapear o Conhecimento Científico: Identificar como os estudos de uma área específica se conectam e evoluem ao longo do tempo.
- ✓ Entender Campos Bem Estabelecidos: Examinar nuances e detalhes que podem não ser evidentes à primeira vista em áreas já consolidadas.
- ✓ Tratar Grandes Volumes de Dados: Aplicar métodos rigorosos para estruturar e analisar dados acadêmicos que, de outra forma, seriam desorganizados e difíceis de interpretar.

Para o desenvolvimento da pesquisa, foi realizada uma análise bibliométrica com o intuito de identificar tendências e características das produções científicas relevantes, analisando a quantidade de publicações, os países e instituições mais produtivos em pesquisas, bem como os tópicos emergentes nessas áreas.

2.1 Método de Coleta de Dados

A coleta de dados foi realizada na base de dados Scopus, devido a disponibilidade de acesso a essa base, além de ser reconhecida como uma das maiores e mais abrangentes plataformas de resumos e citações de literatura acadêmica. A escolha da Scopus justifica-se pela sua ampla cobertura em diversas áreas do conhecimento, sua representatividade internacional, e pela relevância que oferece para estudos de impacto, sendo amplamente utilizada em análises bibliométricas e revisão sistemática da literatura.

2.2 Procedimento de Coleta de Dados

A busca foi conduzida utilizando uma combinação das palavras-chave “*Circular Economy*”, “*Industry 4.0*”, “*Additive Manufacturing*” e “*3D Printer*”, permitindo a identificação de publicações relevantes que abordam a interseção desses temas no contexto acadêmico.



Anais do Simpósio Acadêmico de Engenharia de Produção (SAEPRO) da EEL-USP

IX SAEPRO – 25 e 26 de novembro de 2025

Além dos termos mencionados no parágrafo anterior, foram utilizadas na busca as seguintes combinações:

- "Circular Economy" AND "Industry 4.0" AND "Additive Manufacturing" AND "3D printer"
- "Circular Economy" AND "Industry 4.0"
- "Circular Economy" AND "Additive Manufacturing"
- "Circular Economy" AND "3D printer"
- "Industry 4.0" AND "Additive Manufacturing"
- "Industry 4.0" AND "3D printer"
- "Additive manufacturing" AND "3D printer"

As combinações utilizadas tiveram o intuito de englobar tanto estudos que abordam cada tema de forma isolada quanto aqueles que investigam a interseção entre os quatro tópicos.

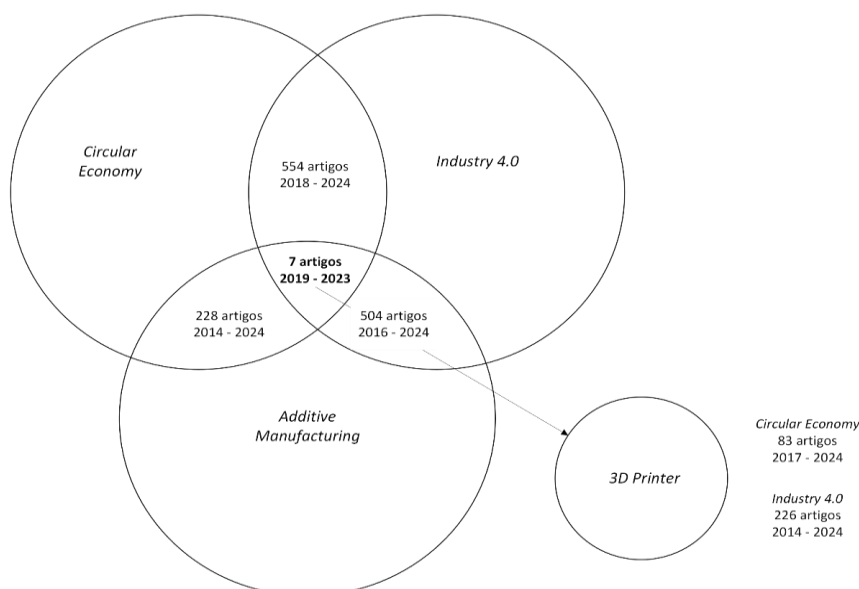
2.3 Filtros de Seleção

A busca foi delimitada no período de 2014 a 2024, cobrindo uma década, visando capturar a trajetória de evolução dos temas nas áreas de interesse deste estudo. Apenas artigos publicados em inglês e em periódicos indexados buscando-se assegurar a qualidade e a uniformidade dos estudos avaliados. Além disso, a seleção contemplou exclusivamente publicações em periódicos acadêmicos.

3. RESULTADOS / DISCUSSÕES

A Figura 1 mostra a consolidação dos resultados dos procedimentos adotado. Os dados coletados inicialmente foram organizados e processados no software EndNote, software de gerenciamento de referências bibliográficas, por meio do qual foram realizadas a classificação e a remoção de duplicatas para assegurar a unicidade dos registros.

Figura 1: Diagrama de Venn com os resultados das buscas.



Fonte: Base Scopus. Elaborado pelos Autores.

Foram descartados artigos que não exploravam diretamente as interseções entre “Circular Economy” e “Industry 4.0”, “Circular Economy” e “Additive Manufacturing”, ou “Industry 4.0” e “Additive Manufacturing”.

Após a importação de todas as publicações para o software EndNote, registrou-se um total inicial de 1.602 artigos. Após a aplicação do processo de remoção de duplicatas, o número de publicações foi reduzido para 1.337, indicando a identificação e exclusão de 265 duplicatas.

Dos sete artigos identificados que abordavam simultaneamente as três palavras-chave, a tecnologia de manufatura aditiva mencionada foi a impressora 3D. Além disso, foram encontrados 83 artigos relacionados à economia circular, publicados entre 2017 e 2024, e 226 artigos sobre Indústria 4.0, com datas de publicação compreendidas entre 2014 a 2024.

A Tabela 2, mostra que mostra a quantidade de publicações de acordo com as combinações de palavras-chave, ao longo do período de 2014 a 2024. A avaliação da evolução quantitativa dos estudos mostra um interesse crescente nos temas considerados, com progressão crescente, principalmente a partir de 2018.

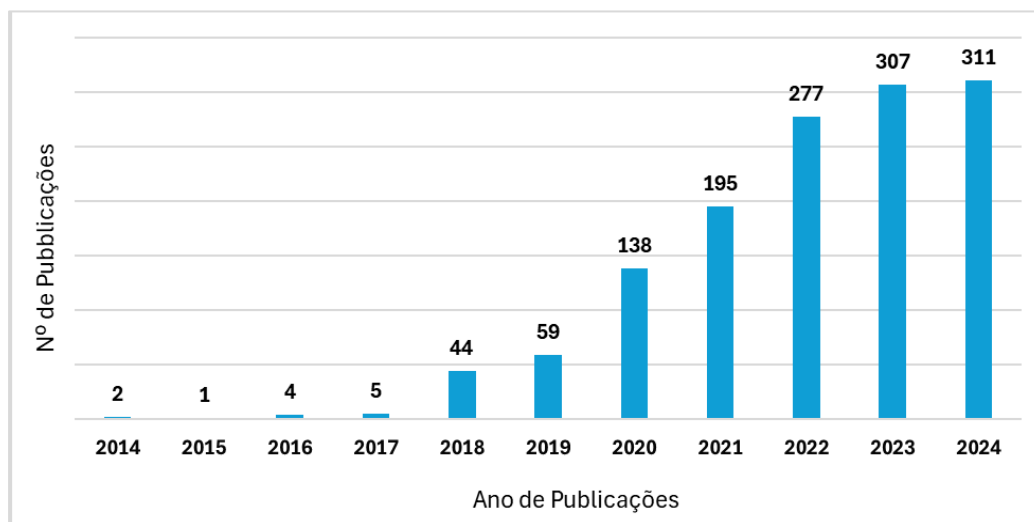
Tabela 1 - Publicações de acordo com as combinações de palavras-chave

Ano	"Circular Economy" AND "Industry 4.0" AND "Additive Manufacturing" AND "3D Printer"	"3D Printer" AND "Circular Economy"	"Circular Economy" AND "Additive Manufacturing"	"3D Printer" AND "Industry 4.0"	"Additive Manufacturing" AND "Industry 4.0"	"Circular Economy" AND "Industry 4.0"
2014	0	0	1	1	0	0
2015	0	0	0	1	0	0
2016	0	0	0	1	3	0
2017	0	1	1	2	2	0
2018	0	5	6	14	27	7
2019	1	6	8	16	28	20
2020	1	14	15	41	66	43
2021	2	13	19	42	73	94
2022	2	27	36	70	102	124
2023	1	8	66	24	100	142
2024	0	9	76	15	106	127
Total	7	83	228	227	507	557

Fonte: Scopus. Elaboração dos autores

A Figura 2 permite observar uma tendência crescentemente, em termos absolutos, no número de publicações científicas a partir de 2018, com um pico mais notável entre 2020 e 2024, corroborando de forma agregada o que foi observado na Figura 2.

Figura 2 - Evolução do número de publicações científicas, no período de 2014 a 2024.



Fonte: Scopus. Elaboração dos autores

Com relação aos oito artigos identificados na interseção entre os temas Circular Economy, Industry 4.0, Additive Manufacturing e 3D Printer, realizou-se a consolidação das principais informações na Tabela 2.

Tabela 2 – Publicações na interseção temática Economia Circular, I4.0 e Manufatura Aditiva e Impressora 3D

TÍTULO	AUTORES	JOURNAL	ANO	PALAVRAS CHAVES
□ Energy Recovery from Polymeric 3D Printing Waste and Olive Pomace Mixtures via Thermal Gasification—Effect of Temperature	Daniel Díaz-Perete; Manuel Jesús Hermoso-Orzáez; Luis Carmo-Calado; Cristina Martín-Doñate; Julio Terrados-Cepeda	Polymers	2023	FDM; plastic materials; polymers; thermochemical process; Industry 4.0; 3D print waste recovery; waste to energy
□ A sustainable circular 3D printing model for recycling metal scrap in the automotive industry	Daniel Luiz de Mattos Nascimento; Renan Mury Nepomuceno; Rodrigo Goyannes Gusmão Caiado; Juan Manuel Maqueira; José Moyano-Fuentes; Jose Arturo Garza-Reyes	Journal of Manufacturing Technology Management	2022	Industry 4.0; Automotive Industry; 3D printing; Circular Economy; Climate change; Recycled material; Scrap metal
□ Connecting additive manufacturing to circular economy implementation strategies: Links, contingencies and causal loops	Biman Darshana Hettiarachchi; Marcus Brandenburg; Stefan Seuring	International Journal of Production Economics	2022	Additive manufacturing; 3D printing; Circular economy Supply chain management; Industry 4.0
□ Life-cycle energy and carbon saving potential of Wire Arc Additive Manufacturing for the repair of mold inserts	Paolo C. Priarone; Gianni Campatelli; Angioletta R. Catalano; Francesco Baffa;	CIRP Journal of Manufacturing Science and Technology	2021	Sustainable manufacturing; Wire arc additive manufacturing; Repair; Comparative life-cycle assessment; Steel mold insert
□ Exploring the influence of industry 4.0 technologies on the circular economy	Iker Laskurain-Iturbe; Germán Arana-Landín; Beñat Landeta-Manzano; Naiara Uriarte-Gallastegi;	Journal of Cleaner Production	2021	Industry 4.0; Circular economy; Literature review; Case study
□ Virgin or recycled? Optimal pricing of 3D printing platform and material suppliers in a closed-loop competitive circular supply chain	Luoyi Sun; Yixiao Wang; Guowei Hua; T.C.E. Cheng; Jingxin Dong;	□ Resources Conservation and Recycling	2020	Additive manufacturing; Closed-loop supply chain; 3D printing platform; Product quality differentiation; Circular economy; Industry 4.0
□ Exploring Industry 4.0 technologies to enable circular economy practices in a manufacturing context: A business model proposal	Daniel Luiz Mattos Nascimento; Viviam Alencastro; Osvaldo Luiz Gonçalves Quelhas; Rodrigo Goyannes Gusmão Caiado; Jose Arturo Garza-Reyes; Luis Rocha-Lona; Guilherme Tortorella	Journal of Manufacturing Technology Management	2019	Advanced manufacturing technology; Sustainable production, 3D printing; Green operations; Additive manufacturing; Industry 4.0

Fonte: Scopus. Elaboração dos autores

Outro aspecto a ser observado é o baixo número de estudos publicados na interseção dos três temas objetivo de estudo deste artigo, com apenas 7 artigos, sugerindo ser um campo em estágio embrionário e com possível potencial de crescimento.

Após a leitura dos sete artigos identificados na interseção dos temas, foi elaborada uma nuvem de palavras utilizando a plataforma interativa online Mentimeter. Essa ferramenta permite visualizar e identificar, de forma rápida e intuitiva, os conceitos centrais presentes nos artigos analisados. Quanto mais frequente uma palavra, maior seu destaque na nuvem, facilitando a compreensão dos tópicos mais explorados em uma determinada área de estudo.

Os resultados obtidos frequentes, essa técnica permite identificar os conceitos principais e as tendências presentes nos textos analisados, facilitando a observação das áreas com maior frequência de ocorrência ou interesse dentro do conjunto de dados compilados.

Figura 3: Nuvem de palavras



Fonte: Scopus. Elaborado pelos Autores.

Os termos mais utilizados são apresentados com maior tamanho e destaque visual, proporcionando uma visão clara e imediata, além de oferecer insights iniciais que auxiliam em categorizações e análises mais detalhadas, neste caso conforme aparecem na Figura 3, são a saber: impressão 3D, Indústria 4.0, Economia Circular e Manufatura Aditiva. Nas de menor recorrência foi possível observar termos como relacionados com a cadeia de suprimentos, recuperação de resíduos, materiais, ciclo de vida e aplicações, como no caso dos termos material reciclado, operações verdes, manufatura aditiva de arco de arame.

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS



Anais do Simpósio Acadêmico de Engenharia de Produção (SAEPRO) da EEL-USP

IX SAEPRO – 25 e 26 de novembro de 2025

O presente estudo teve com objetivo realizar uma avaliação a respeito da evolução da manufatura aditiva no contexto da indústria 4.0 e da Economia Circular (EC), tendo como abordagem metodológica uma pesquisa exploratória, bibliométrica a partir de buscas na base Scopus.

Os resultados obtidos sugerem que ao longo do período considerado, 2014 a 2024, houve interesse crescente nos temas de forma isolada e/ou combinada, porém, na interseção dos três temas, foram identificadas apenas 7 publicações ao longo da década, sendo estes posteriores ao ano de 2018.

Isso sugere tratar-se de uma área emergente do ponto de vista de interesse de pesquisa, com poucas aplicações identificadas, e potencial de crescimento, particularmente nos temas relacionados à materiais, ciclo de vida, Cadeia de suprimento e tecnologia de manufatura avançada. Os resultados indicam oportunidades de pesquisa futura na integração entre manufatura aditiva e práticas circulares em setores além do automotivo, reforçando a relevância da sustentabilidade tecnológica na Indústria 4.0

REFERÊNCIAS

ANUAR, Hazleen; ABD RAHMAN, Nurul Amirah; MANSHOR, Mohd Romainor; ALLI, Yakubu Adekunle; ALIM, Oyekunle Azeez; ALIF, Fathilah; SUHR, Jonghwan. *Novel soda lignin/PLA/EPO biocomposite: A promising and sustainable material for 3D printing filament. Materials Today Communications*, v. 35, 106093, 2023. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.mtcomm.2023.106093>.

CHEN, Danfang; HEYER, Steffen; IBBOTSON, Suphunnika; SALONITIS, Konstantinos; STEINGRÍMSSON, Jón Garar; THIEDE, Sebastian. *Direct digital manufacturing: Definition, evolution, and sustainability implications. Journal of Cleaner Production*, v. 107, p. 615-625, 2015. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2015.05.009>.

DESPEISSE, M.; BAUMERS, M.; BROWN, P.; CHARNLEY, F.; FORD, S.J.; GARMULEWICZ, A.; KNOWLES, S.; MINSHALL, T.H.W.; MORTARA, L.; REED-TSOCHAS, F.P.; ROWLEY, J. *Unlocking value for a circular economy through 3D printing: A research agenda. Technological Forecasting and Social Change*, v. 115, p. 75-84, 2017. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.techfore.2016.09.021>.

DÍAZ-PERETE, Daniel; HERMOSO-ORZÁEZ, Manuel Jesús; CARMO-CALADO, Luís; MARTÍN-DOÑATE, Cristina; TERRADOS-CEPEDA, Julio. *Energy Recovery from Polymeric 3D Printing Waste and Olive Pomace Mixtures via Thermal Gasification—Effect of Temperature. Polymers*, v. 15, n. 4, p. 918, 2023. DOI: <https://doi.org/10.3390/polym15040918>. Acesso em: 27 nov. 2024.

DE MATTOS NASCIMENTO, D. L.; MURY NEPOMUCENO, R.; CAIADO, R. G. G.; MOYANO-FUENTES, J.; GARZA-REYES, J. A. *A sustainable circular 3D printing model for recycling metal scrap in the automotive industry. Journal of Manufacturing Technology Management*, v. 33, n. 5, p. 876–892, 2022. DOI: <https://doi.org/10.1108/JMTM-03-2022-0169>. Acesso em: 27 nov. 2024.

DONTHU, Naveen; KUMAR, Satish; MUKHERJEE, Debmalaya; PANDEY, Nitesh; LIM, Weng Marc. *How to conduct a bibliometric analysis: An overview and guidelines.*



Anais do Simpósio Acadêmico de Engenharia de Produção (SAEPRO) da EEL-USP

IX SAEPRO – 25 e 26 de novembro de 2025

Journal of Business Research, v. 133, p. 285-296, 2021. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com>. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jbusres.2021.04.043>. Acesso em: 23 nov. 2024.

ECONOMIA Circular na Prática: guia de implementação segundo a série ABNT NBR ISO 59000. Brasília, DF: Confederação Nacional da Indústria, 2023. Disponível em: https://static.portaldaindustria.com.br/media/filer_public/d7/7e/d77ed12c-c42e-4e8a-9482f7e537177817/economia_circular_na_pratica_guia_de_implementacao_segundo_a_serieabnt_nbr_iso_59000.pdf. Acesso em: 9 nov. 2024.

HETTIARACHCHI, Biman Darshana; BRANDENBURG, Marcus; SEURING, Stefan. *Connecting additive manufacturing to circular economy implementation strategies: Links, contingencies and causal loops*. **International Journal of Production Economics**, v. 241, p. 108254, 2022. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ijpe.2021.108254>. Acesso em: 27 nov. 2024.

INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION; ASTM INTERNATIONAL. ISO/ASTM 52900:2021 – *Additive manufacturing – General principles – Terminology*. [S.l.]: ISO; ASTM, 2021.

IVANOV, Dmitry; DOLGUI, Alexandre; SOKOLOV, Boris. The impact of digital technology and Industry 4.0 on the ripple effect and supply chain risk analytics. *International Journal of Production Research*, v. 57, n. 3, p. 829-846, 2018. DOI: <https://doi.org/10.1080/00207543.2018.1488086>.

JAMES, A. T.; KUMAR, G.; JAMES, J.; ASJAD, M. Development of a micro-level circular economy performance measurement framework for automobile maintenance garages. *Journal of Cleaner Production*, v. 417, 138025, 2023. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2023.138025>.

LASKURAIN-ITURBE, Iker; ARANA-LANDÍN, German; LANDETA-MANZANO, Benat; URIARTE-GALLASTEGI, Naiara. Exploring the influence of industry 4.0 technologies on the circular economy. *Journal of Cleaner Production*, v.

286, p. 125397, 2021. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.125397>. Acesso em: 27 nov. 2024.

LEWANDOWSKI, M. *Designing the business models for circular economy-towards the conceptual framework*. **Sustainability (Switzerland)**, 2016. DOI: <https://doi.org/10.3390/su8010043>.

MACARTHUR, E. Towards the circular economy. *Journal of Industrial Ecology*, 2013. Disponível em: <https://ellenmacarthurfoundation.org>.

NASCIMENTO, D. L. M.; ALENCASTRO, V.; QUELHAS, O. L. G.; LONA, L. R.; TORTORELLA, G. *Exploring Industry 4.0 technologies to enable circular economy practices in a manufacturing context: A business model proposal*. **Journal of Manufacturing Technology Management**, v. 30, n. 3, p. 607–627, 2019. DOI: <https://doi.org/10.1108/JMTM-03-2018-0071>.

NASCIMENTO, Daniel Luiz de Mattos; NEPOMUCENO, Renan Mury; GUSMÃO CAIADO, Rodrigo Goyannes; MAQUEIRA, Juan Manuel; MOYANO-FUENTES, José; GARZA-REYES, Jose Arturo. *A sustainable circular 3D printing model for recycling metal scrap in the automotive industry*. **Journal of Manufacturing Technology Management**, v. 33, n. 7, p. 1207-1224, 2022. <https://doi.org/10.1108/JMTM-03-2022-0169>. Acesso em: 27 nov. 2024.

PRIARONE, Paolo C.; CAMPATELLI, Gianni; CATALANO, Angioletta R.; BAFFA, Francesco. *Life-cycle energy and carbon saving potential of Wire Arc Additive Manufacturing for the repair of mold inserts*. **CIRP Journal of Manufacturing Science and Technology**, v. 35, p. 208-217, 2021. Acesso em: 27 nov. 2024. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.cirpj.2021.03.002>.

ROSIN, F.; FORGET, Pascal; LAMOURI, Samir; PELLERIN, Robert. *Impacts of Industry 4.0 technologies on Lean principles*. *Procedia CIRP*, 2017. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.procir.2017.03.131>.



Anais do Simpósio Acadêmico de Engenharia de Produção (SAEPRO) da EEL-USP

IX SAEPRO – 25 e 26 de novembro de 2025

SUN, Luoyi; WANG, Yixiao; HUA, Guowei; CHENG, T.C.E.; DONG, Jingxin. *Virgin or recycled? Optimal pricing of 3D printing platform and material suppliers in a closed-loop competitive circular supply chain*. **Resources, Conservation and Recycling**, v. 159, p. 104814, 2020. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2020.104814>. Acesso em: 27 nov. 2024.

TAVA, Lennon Olsen; TOMLIN, Brian. *Industry 4.0: Opportunities and Challenges for Operations Management*. **Manufacturing and Service Operations Management**, 2018. DOI: <https://doi.org/10.1287/msom.2019.0796>.