



ConBRepro

XIII CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO

IA nas Engenharias

29 nov. a 01
de dezembro 2023



Principais aplicações de Impressão 3D na implantação da Indústria 4.0: revisão sistemática da literatura 2021-2022 em busca de oportunidades, achados, tendências e elementos-impulsionadores.

Victor Ribeiro da Silva

Engenharia de Produção – UNASP/EC

Fernando Celso de Campos

Engenharia de Produção – UNASP/EC

Resumo: A indústria 4.0 vem sendo encarada como um programa, no qual os processos produtivos tenham autocontrole e autogerenciamento. Esse programa deve ser capaz de resolver problemas de produção tornando-a mais eficaz e obtendo ganhos competitivos. A ACATECH, definiu Indústria 4.0 como estágio de introdução de Internet das Coisas (IoT) e Internet de Serviços no ambiente da manufatura conduzindo a 3ª revolução industrial (mecanização, eletricidade, automação, tecnologia da informação), à 4ª revolução industrial. Porém, ultimamente, a Indústria 4.0 ganhou espaço na agenda de desenvolvimento industrial de países, como: Alemanha, Estados Unidos, China, Japão e Coréia do Sul. Existem vários modelos (ou roadmaps) na literatura que fornecem algum tipo de diagnóstico para as empresas que pretendem iniciar a Jornada para implantação da Indústria 4.0, porém, alguns avaliam apenas os passos para a implantação das tecnologias, omitindo fases importantes do conceito além da inexistência de uma análise da estratégia da empresa. O objetivo desse trabalho foi investigar dentre as aplicações das tecnologias habilitadoras mais utilizadas quais são as aplicações de impressão 3D implantadas na Indústria 4.0 e se há algum método comum. O método de pesquisa foi por revisão sistemática da literatura (RSL), 2021-2022, visando identificar oportunidades, achados, tendências e elementos-impulsionadores, além de um método comum que justifique esse tipo de impressão para uso no processo industrial. Como resultado prevê-se contribuir com esse cenário identificado pela RSL no sentido de favorecer a compreensão desse universo da Indústria 4.0 e suas principais dificuldades de implantação.

Palavras-chave: Impressão 3D, Indústria 4.0, tecnologias habilitadoras, prototipagem rápida, RSL.

Main applications of 3D Printing in the implementation of Industry 4.0: systematic review of the literature 2021-2022 in search of opportunities, findings, trends and driver-elements.

Abstract: Industry 4.0 has been seen as a program in which production processes have self-control and self-management. This program must be able to solve production problems, making it more efficient and obtaining competitive gains. ACATECH defined Industry 4.0 as the stage of introducing the Internet of Things (IoT) and Internet of Services in the manufacturing environment, leading to the 3rd industrial revolution (mechanization, electricity, automation, information technology), the 4th industrial revolution. However, lately, Industry 4.0 has gained space in the industrial development agenda of countries such as: Germany, the United States, China, Japan and South Korea. There are several models (or roadmaps) in the literature that provide some type of diagnosis for companies who intend to start the Journey to implement Industry 4.0, however, some only evaluate the steps for implementing the technologies, omitting important phases of the concept in addition to the lack of an analysis of the company's strategy. The objective of this project is to investigate, among the applications of the most used enabling technologies, which 3D printing applications are implemented in Industry 4.0 and whether there is any common method. The research method will be a systematic literature review (RSL), 2021-2022, aiming to identify opportunities, findings, trends and driving elements, in addition to a common method that justifies this type of printing for use in the industrial process. As a result, it is expected to contribute to this scenario identified by RSL in order to favor the understanding of this universe of Industry 4.0 and its main implementation difficulties.

Keywords: 3D Printing, Industry 4.0, enabling technologies, rapid prototyping, RSL.

1. Introdução

Rodrigues, Jesus e Schützer (2016) apresentaram um panorama geral do Programa Indústria 4.0, criado pelo governo alemão via investimentos governamentais e da própria indústria. Esse Programa tem por objetivo interconectar todas as áreas de um processo produtivo por meio de redes inteligentes. Então, é um desafio para a produção industrial realizar uma “4ª. Revolução Industrial”, em que os processos produtivos tenham um autocontrole e autogerenciamento. Há a intenção de que esse programa seja capaz de resolver problemas de produção tornando-a mais eficaz e obtendo ganhos competitivos.

Nesse sentido, ACATECH (2013), Academia Alemã de Ciência e Engenharia, definiu a Indústria 4.0 como sendo o estágio de introdução de Internet das Coisas (IoT) e Internet de Serviços no ambiente da manufatura conduzindo, o que era conhecido como a 3ª revolução industrial (mecanização, eletricidade, automação, tecnologia da informação), à 4ª revolução industrial. Porém, conforme publicação da CNI (2016), nos últimos anos, a Indústria 4.0 ganhou espaço na agenda de desenvolvimento industrial de diversos países, como: Alemanha, Estados Unidos, China, Japão e Coréia do Sul. Para além, na Alemanha, o desenvolvimento da Indústria 4.0 é tratado como prioritário para o país ampliar sua competitividade. O tema é abordado em um conjunto de ações de instituições e de empresas (GTAI, 2014). O ACATECH (2013) lançou um relatório estabelecendo estratégia para o país se tornar o principal fornecedor de tecnologias de produção inteligentes e integrar a produção com outros países líderes, com o objetivo de acompanhar tecnologias e gerar padrões.

O conceito de Indústria 4.0 está fundamentado em três principais tópicos (BITKOM; VDMA; ZVEI, 2015): *i)* Integração horizontal por meio da criação de rede de valor; *ii)* Gerenciamento fim-a-fim do ciclo de vida; *iii)* Integração vertical e sistemas de produção em rede. Detalhando-se cada um desses tópicos:

- *Integração horizontal por meio da criação de rede de valor:* O foco está em trabalhar a colaboração entre empresas (fornecedores, pequenos e médios

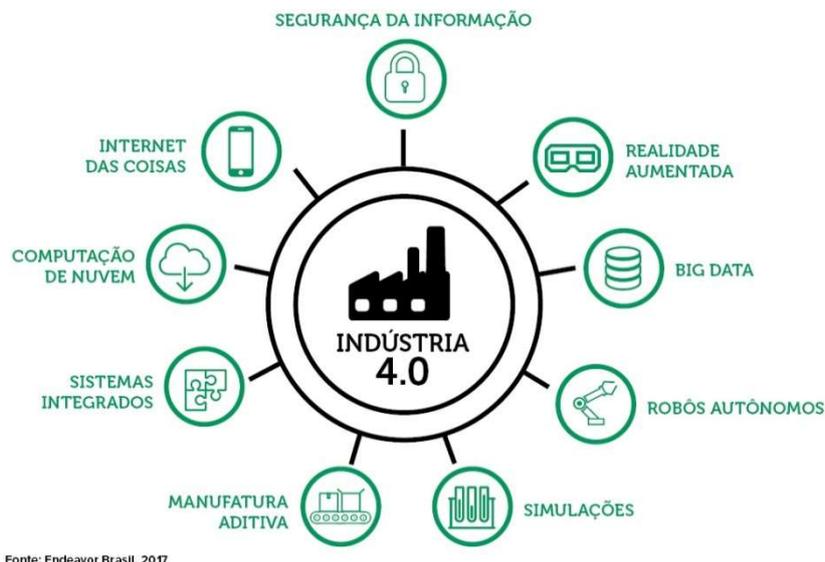
negócios, indústria da produção – entre outros). Isto inclui aspectos e métodos para novos modelos de negócios;

- *Gerenciamento fim-a-fim do ciclo de vida*: O gerenciamento fim-a-fim do ciclo de vida permite relacionar o produto e o seu projeto de construção, criando um suporte consistente entre todo o fluxo de valor do produto;
- *Integração vertical e sistemas de produção em rede*: O tópico central deste item diz respeito a redes de produção, o que em muitos casos acarreta em requisitos em tempo real. Pontos importantes neste caso podem ser definidos como a necessidade de que requisitos de adaptabilidade e de segurança relacionados à produção (por exemplo, redundância e tolerância a falhas) sejam suportados e assegurados. Isto requer o desenvolvimento de componentes e sistemas, como redes de sensores, por exemplo, assim como métodos de análise preditiva.

Além disso, há um conjunto de 9 (nove) principais tecnologias envolvidas nesse processo de digitalização, entre outras, que vem sendo chamado de tecnologias habilitadoras para a Indústria 4.0, a saber: Cyber-Physical Systems (CPS), Internet of things (IoT), Big Data e Analytics, Robôs Autônomos, Realidade Aumentada (AR), Manufatura Aditiva (ou Impressão 3D), Cloud Computing, Segurança Cibernética e Simulação, mas não há consenso de qual é o conjunto mínimo ou máximo para que a Indústria 4.0 seja de fato implantada (BIGLIARDI; BOTTANI, E CASELLA, 2020; BORTOLINI et al., 2017).

A Figura 1 apresenta uma visão geral dessas tecnologias habilitadoras.

Figura 1: Tecnologias Habilitadoras da Indústria 4.0.



Fonte: Endeavor Brasil, 2017

Fontes: ENDEAVOR BRASIL(2017), UNESPCIÊNCIA (2018), PORTES (2023).

Destarte, na contemporaneidade, tem-se relacionado o emprego da Indústria 4.0 com a impressão 3D, haja vista que é um processo de manufatura de objetos sólidos tridimensionais que se baseia na adição de material por camadas (ou manufatura aditiva) e que são desenvolvidos por meio de softwares. Outrossim, as impressoras 3D trabalham de forma antagônica aos métodos tradicionais – manufatura subtrativa. Os estudos de Ngo et al. (2018) fundamentam essa constatação e apontam algumas características da

impressão 3D: liberdade de *design*, personalização em massa, minimização de resíduos e capacidade de fabricar estruturas complexas, bem como prototipagem rápida. Os mesmos autores destacam que foi realizada uma revisão abrangente dos principais métodos de impressão 3D, materiais e as tendências no desenvolvimento de aplicações. Em particular, foram discutidas as aplicações revolucionárias na área biomédica, aeroespacial, de edifícios e estruturas de proteção, de forma com que ela se torne mais eficiente se implantada em ambientes que já se trabalha fundamentado com a Indústria 4.0.

Ciente, portanto, da importância do desenvolvimento da Indústria 4.0 e tendo a impressão 3D como uma de suas tecnologias habilitadoras, é indubitável que pesquisas sobre o tema sejam realizadas a fim de possibilitar a sua aplicabilidade não só no ramo industrial, mas também nas demais áreas que contribuirão para o aprimoramento da saúde e do trabalho do ser humano.

O objetivo desse trabalho foi investigar dentre as aplicações das tecnologias habilitadoras mais utilizadas quais são as aplicações de impressão 3D implantadas na Indústria 4.0 e se há algum método comum.

Na próxima seção é apresentada a visão geral da metodologia utilizada e depois é feita uma análise dos resultados da amostra selecionada de artigos.

2. Materiais e Métodos

A metodologia utilizada para o desenvolvimento do artigo em questão foi a de revisão sistemática de literatura dos últimos 5 anos. A pesquisa teve como base a filtragem de artigos publicados nos três principais eventos de engenharia de produção no Brasil, a saber: CONBREPRO, SIMPEP e ENEGEP. Para essa busca foram utilizadas as seguintes palavras chaves: prototipagem rápida, manufatura aditiva, impressão 3D e quarta revolução industrial. Após uma análise detalhada da amostra de artigos obtida (74 artigos), fez-se um recorte dos temas retratados nos últimos dois anos, no qual aborda-se melhor a relação da impressão 3D e a Indústria 4.0.

Tabela 1 – Visão geral dos artigos selecionados

ANOS	QUANTIDADE ARTIGOS CONBREPRO	QUANTIDADE ARTIGOS SIMPEP	QUANTIDADE ARTIGOS ENEGEP	TOTAL
2018	6	5	6	17
2019	1	9	7	17
2020	4	8	10	22
2021	2	3	5	10
2022	1	2	5	8
TOTAL	14	27	33	18

Fonte: Elaborado pelos autores (2023).

A Tabela 1 apresenta a quantidade de artigos encontrados no período de 2018 a 2022, totalizando a soma de 74 artigos. Entretanto, como destaque focou-se nas publicações dos últimos dois anos 2021 e 2022, totalizando 18 artigos, assim distribuídos: 3 publicados no CONBREPRO, 5 no SIMPEP e 10 no ENEGEP.

Esses artigos serão analisados quanto ao seu conteúdo na próxima seção.

3. Análise de Conteúdos e Discussão

Como já mencionado anteriormente, foram destacados os anos de 2021 e 2022, com um total de 18 artigos.

No evento CONBREPPO foram selecionados os seguintes 3 artigos: Drozda (2022), Zappelino (2021) e Nascimento (2021).

No evento SIMPEP destacaram-se os seguintes 5 artigos: Palaoro (2022), Mendes (2022), Formiga (2021), Vasconcelos (2021) e Dedini (2021).

E No evento ENEGEP, selecionaram-se os seguintes 10 artigos: Santos (2022), Queiroz (2022), Galhardia (2022), Teixeira (2022), Avila (2022), Machado (2021), Macedo (2021), Lopes (2021), Carneiro (2021) e Feriotti (2021).

A partir desse ponto será apresentada a análise de conteúdo dos 3 artigos selecionados nos anais do CONBREPPO.

De acordo com Drozda *et al.* (2022), a *Fused Filament Fabrication*, ferramenta que compõe a manufatura aditiva, possui algumas peculiaridades ao que concerne a metodologia e o modo de impressão. De forma com que para se obter produtos mais resistentes e com um maior tempo de vida útil deve se adotar ou o tipo de preenchimento *Giróide* ou o preenchimento em Linha. Para além, algo que interfere diretamente na durabilidade do objeto é a sua porcentagem de preenchimento, e dentre as recomendadas destaca-se a de 100% e 85% para linha e 80% para *Giróide*.

Consoante a Zappelino *et al.* (2021), a manufatura aditiva possui alguns padrões para a obtenção de impressões com qualidade e essa constatação se provou notória após um estudo de caso, no qual analisou-se 27 amostras – corpos de provas, ambas com disparidade de combinação. Após serem submetidas a alguns testes de tração, inferiu-se que quanto maior for a porcentagem de preenchimento do objeto, maior será a força necessária para tracionar o objeto. Ademais, durante a testagem das amostras, a maior força de tração alcançada foi de 24,2 Mpa para o tipo de preenchimento *Giróide*, que termos de qualidade é o melhor a ser trabalhado, segundos autores.

Em congruência com Nascimento *et al.* (2021), cada vez mais as indústrias têm buscado meios de alcançar uma produção mais limpa, seja por pressão dos órgãos e ministérios do meio ambiente ou por conta dos altos custos com os dejetos resultantes da produção. Para além, o presente artigo explicita a dessemelhança entre manufatura subtrativa e manufatura aditiva, de forma em que se torna compreensível que os métodos comumente usuais resultam em toneladas de resíduos, não apresentam eficiência operacional e possuem altos custos de produção. Em contrapartida, a MA, mesmo ainda não sendo considerada um método ecológico de produção devido a necessidade de energia, hodiernamente é o método que mais favorece as indústrias e que também contribui para a preservação do meio ambiente.

Em continuidade, será apresentada a análise realizada dos 5 artigos selecionados nos anais do SIMPEP.

Conforme Palaoro *et al.* (2022), a impressão 3D é “a expansão das fronteiras do conhecimento, é a ampliação das possibilidades de atender os anseios da sociedade”. De maneira análoga, a prototipagem rápida, de fato tem possibilitado o desenvolvimento de diversos setores e a saúde tem sido outro ambiente em que tem se tentado desvendar, isso porque a aplicação da MA pode resultar na impressão de órgãos, de tecidos, de veias e até de células específicas e indispensáveis para a sobrevivência do ser humano.

Ainda nesse viés, a impressão 3D é sinônimo de inovação e busca alcançar os mais variados setores, contribuindo assim para o desenvolvimento deles.

Conforme Mendes *et al.* (2022), a manufatura aditiva, com base em suas características produtivas, tem maiores chances de se desenvolver com o auxílio de Hubs, isso porque ela estará disponível para um gama maior de indivíduos. Sabe-se que as impressoras 3D possuem um alto valor de investimento e que a maioria das pequenas empresas não tem acessibilidade para esse investimento, portanto, a tecnologia Hubs auxiliará nesse sentido, através das “parcerias e terceirizações” de alguns processos.

Segundo Formiga *et al.* (2021), o dimensionamento da argamassa que passa pelo extrusor é determinada pela fórmula da Equação geral da energia, de forma que a quantidade de material a ser depositado seja na proporção certa a alcançar a durabilidade esperada.

Em sintonia com Vasconcelos *et al.* (2021), é perceptível as crescentes buscas pelo aprimoramento tecnológico e ao que tange a prototipagem rápida infere-se um total de 102 artigos publicados que relacionam a AM com a IA, com a diminuição dos custos na produção no período de 2013 a 2021, sendo a área da engenharia com o maior índice de publicações.

De acordo com Dedini *et al.* (2021), a manufatura aditiva tem ganhado um lugar de grande notoriedade no âmbito de produção têxtil, haja visto que ela oferta funcionalidades necessárias/almejadas nesse âmbito de produção, como a modelagem e personalização dos produtos. Conquanto, uma das problemáticas que se apresenta é a dificuldade na seleção do melhor produto a ser desenvolvido. Sob essa perspectiva, tem-se aplicado a lógica Fuzzy, que delimita e expõe, através de análises lógicas, o produto que dará um melhor retorno e que terá um custo apropriado à realidade do perfil da indústria.

Em sequência, será apresentada a análise realizada dos 10 artigos selecionados nos anais do ENEGEP.

Sob a perspectiva de Santos *et al.* (2022), a fabricação 3D revolucionará as relações comerciais, isso porque com ela e com a utilização do ABS tudo poderá ser reutilizado, contribuindo assim para a redução de resíduos gerados nos processos produtivos convencionais. Essa constatação se deu após o desenvolvimento de um drone no qual o filamento utilizado para a sua composição era totalmente reciclado. Evidenciando, dessa forma, as possibilidades de desenvolvimento adjunta da preservação do meio ambiente.

Segundo Queiroz *et al.* (2022), há vários processos e vários custos dentro da prototipagem rápida e certamente há uma dificuldade global em identificar os custos que são resultantes da integração da impressão 3D nos processos produtivos, pois isso o autor cita com indispensável a realização do mapeamento do fluxo de processos dentro da indústria (BPMN), de forma que se torne mais objetiva as demandas, as necessidades e os custos gerados. Para além, salientou-se as caracterizações dos custos que se subdividem em dois; os custos bem estruturados – custos relacionados à mão de obra e maquinário e os custos desfavoravelmente estruturados, que são aqueles que se relacionam com o tempo de *setup* e o atraso na produção.

Consoante a Galhardia *et al.* (2022), verificou-se que a usabilidade da Impressão 3D adjunta da pesquisa DSR, no estudo de caso, corroborou para o desenvolvimento de artefatos utilizados para a medição precisa do diâmetro dos tubos de aço e tal desenvolvimento contribuiu para a qualidade do produto.

Segundo Teixeira *et al.* (2022), a manufatura aditiva é uma ferramenta muito recente e devido ao alto valor de investimento necessário para a sua implementação é meritório que as indústrias continuem concomitantemente aos estudos da manufatura aditiva, com a manufatura subtrativa, que mesmo possuindo altas taxas de refugo, ainda proporcionam um grande retorno às indústrias.

De acordo com Avila *et al.* (2022), é de extrema importância integrar a tecnologia com a educação, de forma com que as crianças e jovens sejam estimulados a aprender mais sobre a IA, sua importância e as ferramentas disponibilizadas por ela. O presente artigo, em cima de tal ótica, realizou a impressão de algumas peças para que jovens de uma escola pudessem fazer a montagem de um robô afim de que eles pudessem compreender mais sobre as inovações dentro das indústrias.

Em sintonia com Machado *et al.* (2021), os filamentos obtidos a partir de resíduos recicláveis de ABS apresentam satisfatórias propriedades para utilização na MA, isso porque no estudo de caso, no qual desenvolveram-se puxadores a base de materiais recicláveis, obteve-se um limite de resistência de 33,84 Mpa e uma flexão resistível de 3,09 Mpa, sendo a espessura do filamento de apenas 1,75 mm. Destarte, os custos com a utilização dos filamentos tiveram uma economia de aproximadamente 90% em relação às metodologias usadas tradicionalmente.

Segundo Macedo *et al.* (2021), a pandemia impulsionou o desenvolvimento de algumas tecnologias, como a impressão 3D. Tal fato é resultante de ter havido a necessidade de processos mais rápidos e, para o contexto pandêmico, a luta contra o tempo, para que a maior quantidade de pessoas pudesse ser protegida do vírus. A prototipagem rápida auxiliou de forma significativa no desenvolvimento de tubos traqueais e nasotraqueais, haja visto a quantidade de pessoas que foram entubadas e a falta de materiais necessários para o procedimento. Para além, também auxiliou impressão de máscaras, que foi algo indispensável.

Conforme Lopes *et al.* (2021), a prototipagem rápida coopera para a tomada de decisões por se tratar de uma metodologia que depende de uma visão mais analítica. Nessa perspectiva, na indústria automotiva, o uso da metodologia de jateamento contribui para confecção de materiais mais resistentes, como por exemplo os retratores de cintos a base de metal.

Consoante a Carneiro *et al.* (2021), impressões 3D com filamentos de argamassa apresentam alguns desafios, haja visto que se analisa tanto a consistência da massa, quanto a sua aderência entre as camadas sobrepostas. Nesse viés, verificou-se que para que uma impressão possua uma boa qualidade, de acordo com o bico extrusor, o tamanho das camadas devem estar entre 2 e 3 mm.

Sob a perspectiva de Feriotti *et al.* (2021), a manufatura aditiva tem se tornando um amplo campo a ser estudado, visto que ela não só contribui para a implementação da melhoria contínua, mas também tem fomentado o atendimento aos clientes, propondo a eles o que eles procuram com uma maior variedade. Nessa perspectiva, através de métodos numéricos, percebeu-se também que com a implementação da impressão 3D houve uma diminuição significativa nos gastos com ferramentais – moldes que são de alto valor e ainda restringem o design dos produtos. Portanto, substituindo-se a metodologia da subtração pela adição, que consiste no uso de filamentos obtêm-se maiores benefícios financeiros.

3.1 Similaridade entre os aspectos abordados nos artigos

Tabela 2 – Convergência entre os temas de 2021-2022

AUTOR (ANO)	SUSTENTABILIDADE	FILAMENTOS	RESISTÊNCIA	SAÚDE	EDUCAÇÃO	DESENVOLVIMENTO INDUSTRIAL	CONSTRUÇÃO CIVIL
Drozda et al. (2022)		X	X			X	X
Zappelino et al. (2021)	X	X	X			X	
Nascimento et al. (2021)	X					X	
Palaoro et al. (2022)	X	X	X			X	
Mendes et al. (2022)	X		X			X	
Formiga et al. (2021)		X	X				X
Vasconcelos et al. (2021)	X	X	X			X	
Dedini et al. (2021)	X	X				X	
Santos et al. (2022)		X	X		X	X	X
Queiroz et al. (2022)	X	X	X		X	X	X
Galhardia et al. (2022)		X	X	X		X	
Teixeira et al. (2022)	X	X	X			X	
Avila et al. (2022)	X	X	X		X	X	X
Machado et al. (2021)	X	X	X		X	X	
Macedo et al. (2021)	X	X	X	X		X	
Lopes et al. (2021)		X	X		X	X	
Carneiro et al. (2021)	X	X	X		X	X	X
Feriotti et al. (2021)	X	X	X		X	X	X
TOTAL	13	16	16	2	7	17	7

Fonte: Elaborado pelos autores (2023).

A Tabela 2 apresenta a similaridade dos assuntos abordados nesses 18 artigos publicados no CONBREPRO, SIMPEP e no ENEGEP durante o ano de 2021 a 2022. Em relação a temáticas que envolvem prototipagem rápida, Indústria 4.0 e sustentabilidade, dos 18 artigos analisados, detectou-se uma convergência de 13 artigos. Em relação a estudos dos filamentos mais utilizados e a resistência dos materiais, inferiu-se uma convergência de 16 artigos. Ao que concerne a trabalhos publicados que abordem a área da saúde obteve-se poucos resultados, contabilizando um total de 2 artigos encontrados – os artigos abordam a utilização da impressão 3D durante a pandemia e o desenvolvimento de próteses. Em relação a Educação e a construção civil, obteve-se, respectivamente, um levantamento de 7 artigos.

Por fim, a temática comumente mais abordada entre os 18 artigos foi o desenvolvimento industrial, isso porque o tema central dos artigos é a aplicabilidade da prototipagem rápida no âmbito industrial e comercial, sendo 17 artigos com essa temática.

5. Conclusões

Com esse trabalho foi possível fazer um levantamento acerca da implantação da Indústria 4.0 em consonância com a implementação da impressão 3D nas indústrias. Foi possível observar, também, com base nos achados nos anais do CONBREPRO, SIMPEP e ENEGEP, no período de 2021 a 2022, os benefícios da prototipagem rápida dentro das fábricas. Benefícios esses que transcendem a diminuição dos custos com a produção. Além disso, a área da saúde também tem desfrutado das possibilidades ofertadas pela manufatura aditiva e um dos períodos que ela mais contribuiu para manutenção da saúde foi no período da pandemia-

Em síntese, a quarta revolução Industrial trouxe consigo a prototipagem rápida - impressão 3D, algo que ainda é muito recente se comparada com os métodos tradicionais. Conquanto, essa tecnologia atende, da melhor maneira, os requisitos de diminuir o tempo de *setup* entre as atividades, de viabilizar a produção de peças com *designs* personalizados e promover a redução de resíduos provenientes do bom aproveitamento da matéria prima.

Destarte, o objetivo desse artigo era investigar quais eram as tecnologias mais usadas na contemporaneidade e quais eram as aplicações da impressão 3D na Indústria 4.0 – tal objetivo foi alcançado, apesar de sua busca de artigos ficar limitada aos anais dos três eventos nacionais de engenharia de produção, nem tudo possa ser generalizado.

Para trabalhos futuros é fundamental que seja realizada uma pesquisa nas bases de dados internacionais acerca da temática impressão 3D como parte relevante na implantação da Indústria 4.0.

Referências

ALBINO, R et al. **IMPRESSÃO 3D COMO FERRAMENTA PROPULSORA DE INOVAÇÃO: UMA ANÁLISE BIBLIOMÉTRICA.** [s.l: s.n.]. Disponível em:

https://www.simpep.feb.unesp.br/anais_simpep.php?e=16. Acesso em: 2 out. 2023.

BITKOM; VDMA; ZVEI. IMPLEMENTATION STRATEGY INDUSTRIE 4.0. Disponível em:

https://www.zvei.org/fileadmin/user_upload/Presse_und_Medien/Publikationen/2016/januar/Implementation_Strategy_Industrie_4.0_-_Report_on_the_results_of_Industrie_4.0_Platform/Implementation-Strategy-Industrie-40-ENG.pdf Acesso em: 25/09/2023.

CAMARGO, I. et al. **INOVAÇÃO TECNOLÓGICA EM PROJETOS DE MANUFATURA ADITIVA.** [s.l: s.n.]. Disponível em:

https://www.simpep.feb.unesp.br/anais_simpep.php?e=16. Acesso em: 2 out. 2023.

COELHO DE AVILA, L. et al. **IMPRESSÃO 3D PARA SUSTENTABILIDADE, EDUCAÇÃO E TECNOLOGIA: POSSÍVEIS PROPOSTAS DE PRODUTOS E**

APLICAÇÃO PRÁTICA COM ROBÔ OTTO. [s.l: s.n.]. Disponível em:

<https://www.abepro.org.br/biblioteca/TN_ST_386_1914_43864.pdf>. Acesso em: 2 out. 2023.

DIAS, L. et al. **A MANUFATURA ADITIVA NA CRIAÇÃO DE ARTEFATOS POKE YOKE PARA INSPEÇÃO DE TUBOS DE SEÇÃO CIRCULAR.** [s.l: s.n.]. Disponível em:

<https://www.abepro.org.br/biblioteca/TN_WPG_382_1886_43594.pdf>. Acesso em: 2 out. 2023.

DROZDA, F et al. **MANUFATURA ADITIVA NA PERSPECTIVA DA GESTÃO: HUBS DE TECNOLOGIA.** [s.l: s.n.]. Disponível em:

https://www.simpep.feb.unesp.br/anais_simpep.php?e=16. Acesso em: 2 out. 2023.

EFIGÊNIO, C. et al. **MODELAGEM E OTIMIZAÇÃO DO SISTEMA DE EXTRUSÃO DE IMPRESSORAS 3D PARA CONSTRUÇÃO CIVIL.** [s.l: s.n.]. Disponível em:

https://www.simpep.feb.unesp.br/anais_simpep.php?e=16. Acesso em: 2 out. 2023.

ENDEAVOR BRASIL (2017). **INDÚSTRIA 4.0: AS OPORTUNIDADES DE NEGÓCIO DE UMA REVOLUÇÃO QUE ESTÁ EM CURSO.** Publicada 1ª versão em 2017 e atualizada em 2020. Disponível em: <https://endeavor.org.br/tecnologia/industria-4-0-oportunidades-de-negocio-de-uma-revolucao-que-esta-em-curso/> Acessado em 24/09/2023.

FERIOTTI, M. A. et al. **APLICAÇÕES DA MANUFATURA ADITIVA E IMPRESSÃO 3D NA FABRICAÇÃO DE MOLDES PARA INJEÇÃO DE TERMOPLÁSTICOS.** *Brazilian Journal of Production Engineering - BJPE*, p. 199–218, 22 set. 2021.

GUSTAVO, L. et al. **TENDÊNCIAS DE APLICAÇÕES DA IMPRESSÃO 3D NA INDÚSTRIA 4.0.** [s.l: s.n.]. Disponível em:

<https://www.abepro.org.br/biblioteca/TN_WPG_387_1921_43164.pdf>. Acesso em: 2 out. 2023.

JÚNIOR, R.; SILVA, O. **TIPOS E PORCENTAGENS DE PREENCHIMENTO NA RESISTÊNCIA AO IMPACTO DE PEÇAS IMPRESSAS EM 3D POR FFF TYPES AND PERCENTAGES OF FILLING IN THE IMPACT RESISTANCE OF 3D PRINTED PARTS BY FFF.** [s.l: s.n.]. Disponível em:

<https://aprepro.org.br/conbrepro/anais/arquivos/09292022_200947_6336290311176.pdf>
. Acesso em: 2 out. 2023.

LIMA, S. **MAPEAMENTO DOS USOS POSSÍVEIS DA MANUFATURA ADITIVA (MA) E DA SUA CONTRIBUIÇÃO PARA O ENFRENTAMENTO DA PANDEMIA DO COVID-19.**

[s.l: s.n.]. Disponível em:

<https://www.abepro.org.br/biblioteca/TN_WIC_358_1847_42614.pdf>. Acesso em: 2 out. 2023.

LOPES, M. et al. **MANUFATURA ADITIVA NA INDÚSTRIA AUTOMOTIVA.** [s.l: s.n.].

Disponível em: <https://www.abepro.org.br/biblioteca/TN_STP_358_1847_41924.pdf>.

Acesso em: 2 out. 2023.

MACHADO, L. et al. **O PROCESSO DE DESENVOLVIMENTO DE UM PUXADOR UTILIZANDO A MANUFATURA ADITIVA POR MEIO DO MATERIAL RECICLÁVEL.** [s.l: s.n.].

Disponível em:

<https://www.abepro.org.br/biblioteca/TN_STO_358_1846_42683.pdf>. Acesso em: 2 out. 2023.

MACHADO, L. et al. **DESENVOLVIMENTO DE UM DRONE DE CARGA POR MEIO DA MANUFATURA ADITIVA UTILIZANDO MATERIAL RECICLADO.** [s.l: s.n.].

Disponível em: <https://www.abepro.org.br/biblioteca/TN_ST_386_1912_43730.pdf>. Acesso em: 2 out. 2023.

PORTES, R. **VOCÊ SABE QUAIS SÃO AS 9 TECNOLOGIAS HABILITADORAS DA INDÚSTRIA 4.0?** Disponível em: <https://www.startse.com/artigos/9-tecnologias-habilitadoras-industria-4-0/>

Acesso em: 02/09/2023.

QUEIROZ, G. et al. **DEFINIÇÃO DOS PARÂMETROS DE CUSTEIO PARA PRODUÇÃO VIA MANUFATURA ADITIVA.** [s.l: s.n.].

Disponível em: <https://www.abepro.org.br/biblioteca/TN_WPG_388_1925_45097.pdf>. Acesso em: 2 out. 2023.

RAFAELA, C. et al. **SUSTENTABILIDADE NA MANUFATURA ADITIVA: UMA VISÃO GERAL SOBRE OS POTENCIAIS DO SEU DESENVOLVIMENTO SUSTAINABILITY IN**

ADDITIVE MANUFACTURING: AN OVERVIEW OF THE POTENTIALS FOR ITS DEVELOPMENT. [s.l: s.n.]. Disponível em:

<https://aprepro.org.br/conbrepro/2021/anais/arquivos/10182021_201041_616e03dd69d27.pdf>.

RAIMARA, A. et al. **LEVANTAMENTO DOS ENSAIOS DE LABORATÓRIO PARA NORMATIZAÇÃO DA ARGAMASSA PARA IMPRESSÃO 3D.** [s.l: s.n.]. Disponível em: <https://www.abepro.org.br/biblioteca/TN_WPG_358_1847_42123.pdf>. Acesso em: 2 out. 2023.

SOUZA, B. et al. **ESTUDO DE TÉCNICAS DE FILTRAGEM NO DESENVOLVIMENTO DO QUADRO MORFOLÓGICO PARA GERAÇÃO DE SOLUÇÕES DE PRODUTOS TÊXTEIS.** [s.l: s.n.]. Disponível em:

https://www.simpep.feb.unesp.br/anais_simpep.php?e=16. Acesso em: 2 out. 2023.

UNESPCIÊNCIA (2018). INDÚSTRIA 4.0 – TRANSFORMAÇÃO E DESAFIOS PARA O CENÁRIO BRASILEIRO. *Revista UNESPCIÊNCIA*, Conteúdo Extra, Edição 93, fevereiro/2018. Disponível em: <http://unespciencia.com.br/2018/02/01/industria-93/> Acessado em 30/08/2023.

VINICIUS, M. et al. **AVALIAÇÃO DAS PROPRIEDADES MECÂNICAS EM DIFERENTES COMBINAÇÕES DE PARÂMETROS DE MANUFATURA ADITIVA EVALUATION OF MECHANICAL PROPERTIES IN DIFFERENT COMBINATIONS OF ADDITIVE MANUFACTURING PARAMETERS.** [s.l: s.n.]. Disponível em:

<https://aprepro.org.br/conbrepro/2021/anais/arquivos/09272021_210946_615265ba232f2.pdf>.

AGRADECIMENTOS

Ao Programa PIBIC/CNPq pelo apoio desse Projeto por meio de bolsa de estudos.