



IMPRESSÃO 3D NAS INDÚSTRIAS APLICAÇÕES E BENEFÍCIOS DA UTILIZAÇÃO.

Erick Reitz
erickreitz0@gmail.com

Professor orientador: Juliano Mazute

Coordenação de curso de Engenharia de Produção

Resumo

Este trabalho aborda uma visão geral da fabricação industrial, em específico a impressão 3D, analisa a evolução da indústria, do artesanal até os dias de hoje com a indústria 4.0 abordando o uso de impressoras 3D no desenvolvimento de produtos e auxiliando em diversos setores principalmente nas linhas de produção industriais onde pode ser utilizado até mesmo pela equipe de manutenção para produção de peças de reposição. Analisamos os avanços da tecnologia e dos materiais disponíveis, encontrando vantagens e desvantagens do uso da tecnologia. As principais vantagens são a prototipagem rápida, a produção de peças de reposição ou peças únicas, design livre de formas, uso de diferentes materiais inclusive reciclados. Já nas desvantagens encontramos o tempo de produção das peças.

Palavras-chave: Impressão 3D; Indústria 4.0; Manufatura Aditiva; Engenharia de Produção.

1. INTRODUÇÃO

A impressão 3D é uma das principais técnicas utilizadas na manufatura aditiva, oferecendo possibilidades quase ilimitadas para a criatividade. Em termos de tecnologia, ela é completamente diferente do tipo tradicional de produção subtrativa (Kietzmann et al., 2015) e possui muitas vantagens. Os possíveis usos da impressão 3D são: prototipagem rápida, manufatura de peças personalizadas, medicina, indústria automobilística, arquitetura e construção, moda e joalheria, educação e pesquisas. Portanto, ela afeta a produção desde as etapas iniciais - do modelo base até as etapas finais dos produtos acabados. Para poder usar a fabricação aditiva, é necessário pensar de forma diferente, além disso é necessário determinar o objetivo de usar a tecnologia e o material, para poder obter todos os benefícios da manufatura aditiva.

A manufatura aditiva abrange uma ampla gama de tecnologias de processo de fabricação que estão surgindo para oferecer a perspectiva de personalização em massa sob demanda, com produção mais localizada, flexível e sustentável (Hutchings e Martin, 2012; Mortara, 2009; Despeisse e Ford, 2015). O uso da tecnologia muda a forma de solucionar problemas encontrados no dia a dia pessoal e profissional, seja em fábricas de manufatura tradicional ou laboratórios de pesquisa médica.

Quando falamos manufatura aditiva, ou impressão 3D, estamos nos referindo a “um processo de união de materiais para criar objetos a partir de dados de modelos 3D, geralmente sendo fabricado camada sobre camada, diferente das metodologias de fabricação subtrativas” (ASTM, 2012). Portanto a impressão 3D não é apenas uma tecnologia, mas sim um conjunto de tecnologias com diferentes níveis de avanço, possibilitando o uso de diferentes materiais, de plásticos flexíveis a materiais biológicos.

A popularidade da tecnologia na mídia é recente, e pode até parecer que surgiu da noite pro dia, mas na verdade já existe a mais de 35 anos, a medida que foi evoluindo tornou-se mais comum em alguns centros de tecnologia para prototipagem rápida, e hoje é utilizado até mesmo

na fabricação direta de produtos e aplicação em diversos setores. A impressão 3D permite liberdade de design, torna possível a fabricação direta de modelos 3D e não necessita de ferramentas. Essas vantagens em conjunto torna a fabricação de produtos customizados sob demanda, que é economicamente mais atraente economicamente em relação a métodos convencionais de produção em massa (Berman 2012; Chen et al., 2015; Huang et al., 2013; Petrick and Simpson 2013; Petrovic et al.,2011).

2. DESENVOLVIMENTO

O objetivo geral deste trabalho é **analisar o uso de manufatura aditiva em indústrias de pequeno a grande porte**. Para amparar o objetivo geral, vamos trabalhar com os objetivos específicos abaixo:

- Identificar a oportunidade de aplicação da impressão 3D;
- Analisar as limitações da tecnologia nas indústrias;
- Apresentar orientações para implementação da tecnologia em indústrias.

3. METODOLOGIA

A metodologia utilizada neste trabalho de pesquisa foi o de revisão sistemática da literatura, seguindo o quatro abaixo

Quadro 1 – Metodologia de pesquisa utilizada

Método de Pesquisa	Revisão Sistemática da Literatura
Contexto	Revisões de artigos envolvendo a tecnologia de impressão 3D em indústrias.
Bases de Dados	Scopus e Google Acadêmico
Horizonte de tempo	Sem delimitação
Eixos Temáticos	Eixo 1: Impressão 3D Eixo 2: Indústrias
Termos de Busca	"3D printing," "additive manufacturing," "industrial production," and "manufacturing processes."
Estratégia de Revisão	Configurativa
Filtros iniciais	<ul style="list-style-type: none"> ● Apenas open access; ● Documentos do tipo “Articles” e “Conference Papers”; ● Apenas documentos em ingles e portugues
CrITÉrios de Avaliação	<p>Inclusão:</p> <ul style="list-style-type: none"> -Artigos que apresentam embasamento científico válido e aplicação da tecnologia. <p>Exclusão:</p> <ul style="list-style-type: none"> -Artigos sem análise crítica do uso da tecnologia. -Artigos que apenas constam os termos de busca como expressões citadas;

3.1 Conceitos, surgimento, evolução e tendências do tema

A manufatura aditiva é baseada em três conceitos fundamentais: modelagem, preparação e fabricação. A modelagem envolve a criação de um modelo digital tridimensional usando software de design assistido por computador (CAD). A preparação inclui a otimização do modelo, a divisão em camadas e a definição dos parâmetros de impressão. Por fim, a fabricação ocorre através da sobreposição de camadas sucessivas de material, como plástico, metal, cerâmica ou até mesmo tecidos vivos, para formar o objeto final.

A impressão 3D teve seu surgimento no início da década de 1980, quando o processo de estereolitografia foi patenteado por Charles W. Hull. Esse método utilizava a polimerização de resinas fotossensíveis por meio de um laser ultravioleta em um processo contínuo que consiste na cura ou solidificação de um polímero fotossensível em contato com um laser ultravioleta e uma resina adequada (Wong e Hernandez, 2012). Desde então, várias tecnologias de impressão 3D foram desenvolvidas, como a fusão seletiva a laser (SLS), deposição de material fundido (FDM) e sinterização seletiva a laser (SLS), entre outras. Cada tecnologia tem suas próprias vantagens e limitações, o que contribuiu para a ampla variedade de impressoras 3D disponíveis atualmente no mercado.

No início, a impressão 3D era restrita principalmente a polímeros, como plásticos, que ofereciam uma ampla gama de opções de cores e propriedades mecânicas. No entanto, a tecnologia evoluiu para permitir a utilização de metais, cerâmicas, compósitos e até mesmo materiais biológicos. Essa diversidade de materiais expandiu ainda mais as possibilidades de aplicações da impressão 3D, permitindo a fabricação de peças funcionais, próteses personalizadas, estruturas arquitetônicas complexas e até mesmo tecidos biológicos para transplantes.

As tendências atuais na impressão 3D envolvem avanços em várias áreas. Em termos de materiais, há um crescente interesse na impressão de metais avançados, como titânio e ligas de alumínio, que oferecem maior resistência e durabilidade. Além disso, a melhoria na resolução e velocidade de impressão, bem como a redução de custos, tornaram a impressão 3D mais acessível para pequenas empresas e até mesmo para uso doméstico. Outra tendência promissora é a bioimpressão, que visa imprimir tecidos vivos para aplicações médicas, como a criação de órgãos sob medida.

3.2 Linha de produção Industrial

Antes do advento das linhas de produção modernas, a fabricação de produtos era predominantemente artesanal. Os produtos eram criados individualmente, com um único artesão ou trabalhador realizando todas as etapas do processo de produção. Essa abordagem era caracterizada pela personalização e pela baixa produtividade, pois dependia das habilidades e conhecimentos específicos de cada artesão.

Henry Ford foi um dos pioneiros na implementação de linhas de produção em massa. Ele introduziu o conceito da linha de montagem em 1913 na fábrica da Ford Motor Company. A linha de montagem permitia a produção em série de automóveis, dividindo o processo em tarefas específicas realizadas por trabalhadores especializados. Isso resultou em maior eficiência, redução de custos e produção mais rápida, tornando os automóveis acessíveis às massas.

Frederick Taylor, conhecido como o pai da administração científica, contribuiu para a evolução das linhas de produção por meio da racionalização do trabalho. Ele aplicou princípios científicos para maximizar a eficiência e a produtividade, estudando os movimentos dos trabalhadores e padronizando os métodos de trabalho. Com a abordagem de Taylor, as linhas de produção tornaram-se mais eficientes, reduzindo o desperdício de tempo e esforço.

A abordagem da Toyota, também conhecida como Sistema Toyota de Produção, revolucionou as linhas de produção com o conceito de produção enxuta. Desenvolvida no Japão após a Segunda Guerra Mundial, essa abordagem prioriza a eliminação de desperdícios, como estoques excessivos e tempos de espera. A produção enxuta enfatizava a flexibilidade, a melhoria contínua e a participação dos funcionários, permitindo a produção eficiente de uma variedade de produtos com alta qualidade.

A Indústria 4.0 representa a mais recente evolução das linhas de produção industrial, impulsionada pelas tecnologias digitais e pela automação avançada. Essa era é caracterizada pela integração de sistemas cibernéticos, Internet das Coisas (IoT), inteligência artificial e análise de dados. As linhas de produção se tornam mais inteligentes e conectadas, permitindo a comunicação entre máquinas e a tomada de decisões autônomas. Isso resulta em maior eficiência, personalização em massa, redução de erros e tempo de resposta mais rápido.

As linhas de produção industrial evoluíram significativamente ao longo do tempo, desde o trabalho artesanal até a era da Indústria 4.0. As contribuições de figuras como Henry Ford, Frederick Taylor e a abordagem Toyota impulsionaram a eficiência, a produtividade e a qualidade na produção em massa. Atualmente, a Indústria 4.0 está transformando a forma como as linhas de produção operam, com a introdução de tecnologias digitais e a automação avançada, impulsionando a inovação e abrindo novas possibilidades para a fabricação industrial.

3.3 A impressão 3D em linhas de produção industriais

A necessidade de protótipos rápidos, novos elementos de design e mobiliário inovador está crescendo rapidamente, e a competição está se tornando acirrada. Nos últimos anos, o design se tornou uma atividade difundida que lança muitas novas soluções diariamente em todo o mundo. Para ser competitivo, é necessário reagir rapidamente para lançar um novo produto no mercado e ser mais rápido do que a concorrência. Isso inclui prototipagem, testes, acabamento e apresentação no mercado. É aqui que a impressão 3D se destaca. Top et al. (2019) destacam que a impressão 3D de peças, conjuntos e segmentos ajuda a alcançar esse objetivo. Esse método permite a criação de formas muito complexas com alta precisão e máxima economia de material, e uma vantagem adicional é que os modelos 3D e os dados de impressão, uma vez preparados, podem ser facilmente e rapidamente modificados quando necessário.

Ngoa (2018) descreve a flexibilidade dessa tecnologia, Tofail et al. (2018) seus benefícios e Grujović et al. (2016) escrevem sobre sua relação custo-efetividade. Projetar novas soluções e produtos usando protótipos rápidos agora é muito mais simples. Em pouco tempo, é possível alterar dimensões, materiais, etc., no modelo 3D básico, dependendo dos requisitos, e imprimir uma nova amostra, se necessário. Com a prototipagem rápida, é muito mais fácil controlar a ergonomia, as dimensões, a estabilidade do produto, a usabilidade e outras características que são difíceis de avaliar na tela. Segundo Pascucci et al. (2018), essa fabricação proporciona liberdade de expressão no design, reduz a necessidade de ferramentas especiais e o custo de produção de peças e componentes específicos de formas geométricas complexas.

Redução de custos e tempo, redução da poluição ambiental e até mesmo redução de acidentes de trabalho são listados por Sakin e Kiroglu Caner (2017) como as principais vantagens da implementação dessa tecnologia em empresas de construção. Isso também é aplicável à indústria da madeira, uma vez que as máquinas podem realizar tarefas em vez dos trabalhadores. A implementação dessa tecnologia nos processos de produção de móveis contribuiria para economias significativas em várias áreas, incluindo o uso apenas da quantidade de material necessária para o design. Isso significa utilizar menos recursos e, assim, reduzir o desperdício, criar designs mais inovadores, pois a impressão 3D oferece maior

liberdade em termos de formas e estruturas, e permite maior personalização e produção sob demanda.

Ryan et al. (2017), Oettmeier e Hofmann (2016), Rogers et al. (2016), Durach et al. (2017) estão convencidos de que, com a implementação da manufatura aditiva, os sistemas de transporte e atividades de fornecimento serão excluídos de todo o processo, pois os fabricantes estarão orientados a reduzir custos desnecessários através da introdução de novas máquinas que podem melhorar a produção e os produtos e realizar algo que foi encomendado. Melhorar a produção e os produtos, nesse caso, significaria adicionar valor à fábrica e oferecer um produto melhor para o mercado.

Holzmann et al. (2017) destacam os aspectos positivos da impressão 3D como oportunidade do ponto de vista de pequenos produtores. Ao contrário disso, Bogers et al. (2016) concluem que a impressão 3D pode ter um impacto devastador nos modelos de negócios devido às mudanças nos processos de produção que afetam negativamente os processos de fornecimento e transporte, que não serão mais necessários devido às possibilidades de auto impressão (Öberg, 2018). Jumaah (2018) também escreve sobre as consequências da localização da Manufatura Aditiva no fornecimento, transporte e atividades de transporte, e destaca os efeitos positivos no meio ambiente e nas economias no financiamento de infraestruturas urbanas. Holzmann et al. (2020) exploram novos modelos de negócios e explicam como as empresas sub-utilizam atualmente os principais benefícios da fabricação 3D.

Murmura e Bravi (2018) citam vantagens para indústrias de fabricação criativa e aquelas que desenvolvem mobiliário. Isso inclui a redução do tempo de lançamento do produto no mercado, principais limitações da inadequação da fabricação e a necessidade de funcionários mais qualificados, aumentando ao mesmo tempo a liberdade de expressão no design. Em contraste, Schniederjans (2017) e Ford et al. (2016) afirmam que, apesar de todas as vantagens dessa tecnologia, ela ainda não atingiu níveis elevados de adoção principalmente devido a questões regulatórias e legais, altos custos iniciais de investimento, aumento do consumo de eletricidade em comparação com os métodos tradicionais e a necessidade de novas habilidades e competências.

3.4 Problemas da impressão 3D em linhas de produção

Nas últimas décadas, tem acontecido transformações significativas nos setores de manufatura impulsionadas por revoluções industriais. A mais recente delas, denominada indústria 4.0, introduziu um sistema integrado de manufatura que utiliza tecnologias avançadas de informação. Essa forma de manufatura inteligente permite uma produção altamente flexível, com a capacidade de adaptar-se rapidamente à produção em massa personalizada e fabricar produtos customizados de alta qualidade. É inegável que as capacidades de fabricação aditiva desempenham um papel crucial na quarta revolução industrial, ao oferecerem a oportunidade de fabricar produtos personalizados e individualizados no local de demanda. Consequentemente, os papéis dos clientes, fábricas e designers estão passando por uma redefinição significativa no futuro da manufatura.

De fato, a AM trouxe muitas inovações e oportunidades em várias indústrias, principalmente na área médica, aeroespacial e automotiva. A AM ajuda efetivamente na economia de custos e tempo, na redução da complexidade, na prototipagem rápida e na produção altamente descentralizada. No entanto, além das várias vantagens da tecnologia AM, também existem algumas barreiras contra seu rápido crescimento, como limitação de tamanho, tempo de produção, limitações de materiais e custos de máquinas e produção.

A Manufatura aditiva também está no grupo de processos de produção sustentáveis e eficientes no campo da manufatura, que ajudam a economizar recursos e proteger o meio ambiente. Estudos de sustentabilidade mostram uma considerável redução no desperdício de

materiais e no consumo de combustível como dois principais benefícios da fabricação aditiva. Na verdade, o ecodesign de manufatura aditiva proporciona a oportunidade de que as questões ambientais sejam consideradas fundamentalmente em cada etapa de design e fabricação, sendo assim, várias ferramentas de ecodesign, como análise do ciclo de vida (ACV), podem ser aplicadas para avaliar o impacto ambiental dos produtos.

Hoje em dia, a fabricação aditiva pode acelerar a produção (no caso de prototipagem rápida, peças únicas de móveis, peças alternativas de máquinas, etc.), reduzir o custo do processo de design e aumentar a qualidade do produto. O número de desvantagens é muito menor do que as vantagens. Com esse tipo de fabricação, é possível produzir pequenas séries de produção, produtos mais baratos, geometria complexa e estruturas biônicas. Isso permite a liberdade de design para criar qualquer formato ou parte de móveis e fabricar produtos personalizados para diversos clientes. A fabricação aditiva também permite a otimização do desempenho do produto.

4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

O estudo sobre o uso da manufatura aditiva nas indústrias revela diversas vantagens e desafios significativos. Os dados coletados de empresas como Gate3D, Ambev, Electrolux, Galanta e GTMax3D foram analisados para identificar os principais benefícios e desvantagens dessa tecnologia.

Redução de Custos

A utilização da impressão 3D proporciona uma expressiva diminuição nos custos de produção. Por exemplo, a Ambev relatou uma economia de 45% ao utilizar impressoras 3D para a fabricação de componentes. Da mesma forma, a Gate3D conseguiu reduzir seus custos em até 30%, eliminando a necessidade de moldes e diminuindo o desperdício de materiais. Esse achado é corroborado por estudos que destacam a eficiência econômica da impressão 3D na manufatura industrial (Rodríguez-González et al., 2023).

Rapidez na Produção de Protótipos

A velocidade na produção de protótipos é outra vantagem significativa. A Gate3D reduziu o tempo necessário para produzir protótipos para apenas 3 dias. Empresas como Galanta e GTMax3D também relataram melhorias substanciais na eficiência do desenvolvimento de produtos devido à agilidade proporcionada pela prototipagem rápida. Estudos indicam que a impressão 3D permite a criação rápida de protótipos funcionais, facilitando o processo de desenvolvimento de produtos (Kim et al., 2018).

Personalização

A impressão 3D permite um elevado grau de customização, que é altamente valorizado em diversas indústrias. A Wishbox, por exemplo, consegue produzir componentes personalizados em massa, adaptando-se às necessidades específicas de seus clientes. A UseFixIt utiliza a tecnologia para criar ferramentas sob medida, atendendo a demandas específicas de diferentes setores. Conforme observado por Wohlers (2019), a personalização em massa é uma das maiores vantagens da impressão 3D.

Sustentabilidade

A sustentabilidade é outro benefício relevante da impressão 3D. A Gate3D, por exemplo, destaca a redução de desperdício de material, alinhando-se com práticas de produção mais ecológicas. A 3D Systems também foca em soluções sustentáveis, utilizando materiais de forma eficiente e promovendo a reutilização. Estudos como os de Gebler, Schoot Uiterkamp e Visser (2014) indicam que a manufatura aditiva pode diminuir o impacto ambiental da

produção, reduzindo o desperdício de materiais e permitindo a reciclagem de sobras de produção.

No entanto, também foram identificados desafios, como a variedade limitada de materiais e a qualidade do acabamento das peças produzidas. Esses desafios são frequentemente mencionados na literatura, indicando a necessidade contínua de desenvolvimento tecnológico e inovação nos materiais utilizados.

Para ilustrar melhor as diferentes opções disponíveis no mercado, apresentamos um quadro comparativo das impressoras 3D de duas empresas conhecidas: GTMax3D e Sethi3D. Essa tabela fornece uma visão geral dos custos, variedade de materiais suportados, velocidade de impressão, volume de impressão, necessidade de pós-processamento e aplicações ideais.

Quadro 2 – Comparativo de impressoras 3D da marca GTMax3D e Sethi3D

Empresa	Custo das Impressoras 3D	Variedade de Materiais	Volume de Impressão	Aplicações Ideais
GTMax3D Core A1v2	R\$ 3.775,00	PLA, ABS, PETG, Flex, Wood, HIPS, Nylon, Tritan, etc.	220x220x2 50 mm	Peças grandes sem necessidade de encaixe, peças com alta resistência.
GTMax3D Core GT4	R\$ 32.850,00	PLA, ABS, PETG, Flex, Wood, HIPS, Nylon, Tritan, etc.	300x300x4 00 mm	Produção de protótipos de alta precisão, peças funcionais complexas.
GTMax3D Core A3v3	R\$ 10.350,00	PLA, ABS, PETG, Flex, Wood, HIPS, Nylon, Tritan, etc.	250x250x3 00 mm	Prototipagem rápida, peças detalhadas, produção de baixo volume.
GTMax3D Core H5	R\$ 14.730,00	PLA, ABS, PETG, Flex, Wood, HIPS, Nylon, Tritan, etc.	400x400x4 50 mm	Grandes componentes industriais, peças de engenharia, maquetes arquitetônicas.
GTMax3D Core H4	R\$ 5.760,00	PLA, ABS, PETG, Flex, Wood, HIPS, Nylon, Tritan, etc.	300x300x3 50 mm	Modelos de design, protótipos funcionais, ferramentas customizadas.
Sethi3D FARM	R\$ 6.296,85	PLA, ABS, PETG, Flex, Wood, HIPS, Nylon, Tritan, etc.	300x300x4 00 mm	Produção em larga escala, peças funcionais e detalhadas.
Sethi3D S3	R\$ 8.650,83	PLA, ABS, PETG, Flex, Wood, HIPS, Nylon, Tritan, etc.	250x250x3 00 mm	Prototipagem rápida, peças detalhadas, produção de baixo volume.
Sethi3D S4X	R\$ 14.754,47	PLA, ABS, PETG, Flex, Wood, HIPS, Nylon, Tritan, etc.	400x400x4 50 mm	Grandes componentes industriais, peças de engenharia, maquetes arquitetônicas.

Fonte: Autor, 2024

Na Figura 1 são apresentados os modelos de impressora 3D da Gtmax 3D, que se estabeleceu como uma fabricante de destaque no segmento de impressoras 3D no modelo FDM (Fused Deposition Modeling) no Brasil. Localizada em São Carlos, São Paulo, a Gtmax 3D desempenha um papel fundamental no desenvolvimento tecnológico das indústrias nacionais. Suas impressoras, reconhecidas pela alta precisão e qualidade, atendem a diversas necessidades de prototipagem e manufatura aditiva, contribuindo significativamente para a inovação em setores como automotivo, aeroespacial e de saúde. Embora a tecnologia FDM da Gtmax 3D esteja abaixo do nível de mercados mais avançados, como China e Estados Unidos, a empresa se destaca como referência no Brasil, fortalecendo a competitividade das indústrias locais e impulsionando o avanço tecnológico do país.

Figura 1 – Modelo de impressora 3D da empresa GTMax



Fonte: Gtmax3d, 2024

Assim como a Gtmax 3D, a Sethi 3D também se destaca como uma importante fabricante de impressoras 3D no Brasil, com foco na tecnologia FDM. A empresa, situada em Ribeirão Preto, São Paulo, tem se consolidado no mercado nacional por oferecer equipamentos de alta performance e confiabilidade. As impressoras da Sethi 3D são amplamente utilizadas em diversos setores industriais, incluindo engenharia, educação, e medicina, onde a precisão e a qualidade das peças produzidas são cruciais. Embora a Sethi 3D enfrente a concorrência de fabricantes internacionais com tecnologias mais avançadas, a empresa tem se destacado por adaptar suas soluções às necessidades específicas do mercado brasileiro, promovendo o crescimento e a competitividade das indústrias locais.

Figura 2 – Modelos de impressora da marca Sethi3D mencionados na tabela



Fonte: Sethi3D, 2024

A manufatura aditiva, especialmente através da tecnologia FDM, tem se revelado uma ferramenta essencial para o avanço das indústrias brasileiras. Empresas como Gtmax 3D e Sethi 3D são exemplos de como a inovação nacional pode contribuir para o desenvolvimento de soluções tecnológicas eficazes, permitindo a criação de protótipos e produtos finais com alta precisão e custo reduzido. Os engenheiros de produto e produção desempenham papéis fundamentais nesse cenário, ao aplicar seus conhecimentos técnicos e de gestão para otimizar

processos de manufatura aditiva, garantindo eficiência e qualidade, e desenvolvendo novos produtos que tiram proveito das capacidades únicas da impressão 3D. As universidades, por sua vez, são cruciais, não apenas formando profissionais capacitados, mas também conduzindo pesquisas de ponta que impulsionam a inovação tecnológica. Parcerias entre instituições acadêmicas e indústrias permitem a transferência de conhecimento e o desenvolvimento de soluções práticas que beneficiam diretamente o mercado. O papel dos empresários é vital para o crescimento da manufatura aditiva no Brasil, investindo em novas tecnologias e acreditando no potencial da impressão 3D, fortalecendo suas empresas e contribuindo para o fortalecimento do setor industrial brasileiro. A colaboração entre engenheiros, universidades e empresários é essencial para que o Brasil continue a avançar no campo da manufatura aditiva, garantindo sua competitividade no mercado global e promovendo um desenvolvimento industrial sustentável.

5. CONCLUSÕES

A impressão 3D nas indústrias apresenta vantagens significativas, como redução de custos, rapidez na prototipagem, personalização e sustentabilidade. Esses benefícios são corroborados pelos dados coletados de empresas como Gate3D, Ambev, Electrolux, Galanta e GTMax3D, e estão alinhados com a literatura existente sobre o assunto.

No entanto, desafios como a variedade limitada de materiais e a qualidade do acabamento das peças continuam a ser obstáculos a serem superados. Para maximizar os benefícios da impressão 3D, recomenda-se aumentar o investimento em pesquisa e desenvolvimento de novos materiais e tecnologias, bem como capacitar profissionais para a utilização eficiente dessa tecnologia.

Este estudo contribui para a compreensão das aplicações e benefícios da impressão 3D nas indústrias, destacando suas vantagens e identificando áreas para melhorias futuras. Ao abordar esses desafios, a indústria pode continuar a evoluir, aproveitando ao máximo as capacidades inovadoras da impressão 3D.

Os resultados indicam que a impressão 3D oferece benefícios substanciais em termos de custo, rapidez, personalização e sustentabilidade. Esses achados são consistentes com a literatura existente. A impressão 3D pode reduzir significativamente os custos de produção e acelerar o desenvolvimento de produtos. A capacidade de personalização em massa é amplamente reconhecida.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 6022**: informação e documentação - artigo em publicação periódica técnica e/ou científica - apresentação. Rio de Janeiro: ABNT, 2018.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 14724**: informação e documentação - trabalhos acadêmicos - apresentação. 3. ed. Rio de Janeiro: ABNT, 2011.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 14724**: informação e documentação - trabalhos acadêmicos - apresentação. 2. ed. Rio de Janeiro: ABNT, 2005

BERMAN, B., 2012: **3-D printing: The new industrial revolution**. Business Horizons, 55 (2):155-162. <https://doi.org/10.1080/1023666X.2019.165154710.1016/j.bush-or.2011.11.003>

D. CHEN, S. Heyer, S. Ibbotson, K. Salonitis, J.G. Steingrímsson, S. Thiede, **Direct Digital Manufacturing: Definition, Evolution, and Sustainability Implications**. Journal of Cleaner Production (2015) (in press), <http://doi.org/10.1016/j.jclepro.2015.05.009>.

FORD, S.; Mortara, L.; Minshall, T., 2016: **The Emergence of additive manufacturing: introduction to the special issue**. Technological Forecasting & Social Change, 102:156-159. <https://doi.org/10.1016/j.techfore.2015.09.023>

Gebler, M., Schoot Uiterkamp, A. J. M., & Visser, C. (2014). **A global sustainability perspective on 3D printing technologies**. Energy Policy, 74, 158-167.

GTMAX3D. **Site da GTMAX3D, 2024**. A Plataforma para desenvolver seus trabalhos e pesquisas acadêmicas. Disponível em: <https://www.gtmax3d.com.br/imprensa-3d-pro>. Acesso em: 16 mar. 2024.

HOLZMANN, P.; Breitenecker, R. J.; Schwarza, E. J.; Gregoria, P., 2020: **Business model design for novel technologies in nascent industries: An investigation of 3D printing service providers**. Technological Forecasting and Social Change, 159: 120193. <https://doi.org/10.1016/j.techfore.2020.120193>

I.J. PETRICK, T.W. Simpson, **3D Printing Disrupts Manufacturing: How Economies of One Create New Rules of Competition**. Research-Technology Management 56(6) (2013) 12-16.

RAUEN, Fábio José. **Roteiros de pesquisa**. Rio do Sul: Nova Era, 2006.

SETHI. **Site da SETHI3D 2024**. A Plataforma para desenvolver seus trabalhos e pesquisas acadêmicas. Disponível em: https://www.sethi3d.com.br/imprensa-3d_. Acesso em: 16 mar. 2024.

S.H. HUANG, P. Liu, A. Mokasdar, L. Hou, **Additive manufacturing and its societal impact: a literature review**. International Journal of Advanced Manufacturing Technology 67 (2013) 1191-1203.

V. PETROVIC, J.V.H. Gonzalez, O.J. Ferrando, J.D. Gordillo, J.R.B. Puchades, L.P. Grinan, **Additive layered manufacturing: sectors of industrial application shown through case studies**. International Journal of Production Research 49(4) (2011) 1061 1079.

WOHLERS, T. (2019). Wohlers Report 2019: **3D Printing and Additive Manufacturing State of the Industry**. Annual Worldwide Progress Report.