



University of
Texas Libraries



e-revist@s



Centro Unversitário Santo Agostinho

revistafsa

www4.fsnet.com.br/revista

Rev. FSA, Teresina, v. 18, n. 11, art. 6, p. 124-144, nov. 2021

ISSN Impresso: 1806-6356 ISSN Eletrônico: 2317-2983

<http://dx.doi.org/10.12819/2021.18.11.6>

DOAJ DIRECTORY OF
OPEN ACCESS
JOURNALS

WZB
Wissenschaftszentrum Berlin
für Sozialforschung



Impressão 3D: Análise da Evolução e Seus Impactos no Mundo Científico

3D Printing: Analysis of the Evolution and Its Impacts on the Scientific Field

André Luiz Emmel Silva

Mestre em Tecnologia Ambiental pela Universidade de Santa Cruz do Sul
Professor na Universidade de Santa Cruz do Sul
E-mail: andresilva@unisc.br

Jorge André Ribas Moraes

Doutor em Engenharia de Produção pela Universidade Federal de Santa Catarina
Professor na Universidade de Santa Cruz do Sul
E-mail: jorge@unisc.br

Lisianne Brittes Benitez

Doutora em Microbiologia Agrícola e do Ambiente pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul
Professora na Universidade de Santa Cruz do Sul
E-mail: lisianne@unisc.br

Ezequiel Augusto Kaufmann

Graduado em Engenharia de Produção pela Universidade de Santa Cruz do Sul
E-mail: kaufmannaugusto@gmail.com

Endereço: André Luiz Emmel Silva

Av. Independência, 2293 - Universitário, Santa Cruz do Sul - RS, 96815-900. Brasil.

Endereço: Jorge André Ribas Moraes

Av. Independência, 2293 - Universitário, Santa Cruz do Sul - RS, 96815-900. Brasil.

Endereço: Lisianne Brittes Benitez

Av. Independência, 2293 - Universitário, Santa Cruz do Sul - RS, 96815-900. Brasil.

Endereço: Ezequiel Augusto Kaufmann

Av. Independência, 2293 - Universitário, Santa Cruz do Sul - RS, 96815-900. Brasil.

Editor-Chefe: Dr. Tonny Kerley de Alencar Rodrigues

Artigo recebido em 18/10/2021. Última versão recebida em 27/10/2021. Aprovado em 28/10/2021.

Avaliado pelo sistema Triple Review: a) Desk Review pelo Editor-Chefe; e b) Double Blind Review (avaliação cega por dois avaliadores da área).

Revisão: Gramatical, Normativa e de Formatação



RESUMO

Que as impressoras 3D são uma realidade todos sabemos. Mas como foi o início de todo esse processo? Com preços cada vez mais acessíveis e a possibilidade de impressão sem limites a partir da nossa imaginação, as impressoras 3D invadiram o mercado. Usadas para prototipar invenções ou fabricar produtos, para pesquisas científicas de ponta ou dentro de nossas casas, não se questiona mais seu potencial. Assim, este artigo objetiva descrever e analisar os principais métodos de impressão 3D no que tange a vantagens, desvantagens, materiais, aplicações e número de artigos publicados, e pesquisar os marcos históricos da impressão 3D desde a sua criação. Para tanto, realizou-se uma pesquisa bibliográfica nos principais periódicos da área e tabulou-se a quantidade de publicações científicas na base de dados Scopus. Os resultados apontam para o marco inicial em 1984 com a estereolitografia (SLA), inventada por Charles W. Hull. Em seguida surgiram a FDM e SLS em 1989, DMLS em 1994 e polyjet, em 2001. Os métodos de impressão 3D são utilizados nas mais variadas aplicações, com destaque para a área biomédica e fabricação de protótipos. A manufatura aditiva é objeto de diversas pesquisas científicas no mundo todo, o que indica a existência de um vasto campo de pesquisa a ser desenvolvido e, conseqüentemente, um número ainda maior de aplicações a ser descoberto. Mudanças expressivas ocorrerão nos próximos anos, podendo impactar desde a forma pela qual produtos são desenvolvidos até o modo pelo qual implantes são construídos e inseridos em seres humanos.

Palavras-chave: Impressão 3D. Marcos históricos. Vantagens e Desvantagens. Aplicações.

ABSTRACT

It is already known that the 3D printers are a reality. Nevertheless, how was the beginning of this process? With increasingly affordable prices and the possibility of a limitless printing based on our imagination, the 3D printers invaded the market. Used to prototype inventions or to manufacture products, for cutting-edge scientific research or inside our houses, the potential of 3D printers has not been questioned anymore. Hence, this article aims at describing and analyzing the main 3D-printing methods with regards to its advantages, disadvantages, materials, applications and number of papers published, and to research the historical milestones of 3D printing since its creation. In order to do so, a bibliographic research was carried out in the main journals of the area and the quantity of scientific publications of the database Scopus was tabulated. The results indicate that the initial milestone took place in 1984 with the stereolithography (SLA), invented by Charles W. Hull. Subsequently, the FDM and the SLS were invented in 1989; DMLS in 1994 and polyjet, in 2001. The 3D printing methods are used in the most diverse applications, with emphasis on the biomedical and prototype creation areas. The additive manufacturing is the study object of several scientific researches around the world, which demonstrates the existence of a vast research field to be developed, and therefore an even greater number of applications to be discovered. Significant changes will happen over the next years, whose outcomes will affect from the way products are developed to the way in which implants are built and inserted in human beings.

Keywords: 3D Printing. Historical Milestones. Advantages and Disadvantages. Applications.

1 INTRODUÇÃO

As inovações tecnológicas vêm acontecendo em velocidade exponencial ao longo dos últimos anos, modificando processos-chave de organizações e exigindo que profissionais e consumidores se adaptem a ambientes cada vez mais dinâmicos. Após três revoluções industriais que trouxeram inovações tecnológicas como a máquina a vapor, a eletricidade e a robotização, a quarta revolução é caracterizada por processos autônomos, digitalizados e integrados, suportados por diversas tecnologias emergentes, os chamados “pilares” da Indústria 4.0. Dentre essas tecnologias, encontra-se a Manufatura Aditiva (MA), que tem provocado mudanças no mercado global através da oferta de soluções inovadoras proporcionadas pelas impressoras 3D. O processo de MA consiste em um conjunto de tecnologias emergentes que fabrica objetos tridimensionais a partir de um modelo digital, através da adição sucessiva (camada por camada) de materiais poliméricos, cerâmicos ou metálicos (FORD, 2014). Entre seus principais benefícios está a economia no consumo de matéria-prima e energia (MORROW *et al.*, 2007; LE BOURHIS, *et al.*, 2013), a fabricação de produtos próximo ao consumidor (KREIGER; PEARCE, 2013; WITTBRODT, *et al.*, 2015) e a redução da necessidade de ferramental (HOAG; SPRADLING; SHULMAN, 2012).

O mercado de impressoras 3D começou a crescer a uma taxa elevada, e constante, a partir de 2011, quando as vendas de impressoras 3D e de demais produtos e serviços relacionados à manufatura aditiva totalizavam aproximadamente 2,5 bilhões de dólares. Para 2020, segundo a revista Forbes (2019), com base em um relatório da consultoria norte-americana Wohlers Associates, a receita com a venda desses produtos é estimada em 15,8 bilhões de dólares, prevendo ainda que em 2024 essas receitas atinjam 35,6 bilhões de dólares. Isso mostra que o mercado em questão cresce em um ritmo acelerado.

A expansão da aplicação da tecnologia de impressão 3D para diversas áreas e processos vêm sendo um dos fatores responsáveis por esse aquecimento do mercado da manufatura aditiva. Com o avanço da tecnologia e o desenvolvimento de novos materiais, as aplicações da MA extrapolaram o segmento industrial e passaram a ser aplicadas em áreas multidisciplinares (PALLAROLAS, 2013). Mais de 20% do mercado da manufatura aditiva é composto pela produção de peças para as indústrias aeroespacial e automotiva (ATTARAN, 2017). No setor médico, a impressão 3D vem sendo utilizada para fabricar implantes customizados, próteses, modelos médicos e outros dispositivos (DODZIUK, 2016). Huang *et al.* (2013), ao pesquisarem os impactos sociais da MA, afirmam que a tecnologia irá proporcionar produtos de *healthcare* customizados para melhorar a saúde e a qualidade de

vida da população, reduzir o impacto ambiental para uma manufatura mais sustentável e simplificar a cadeia de suprimentos ao aumentar a eficiência e a capacidade de resposta à demanda.

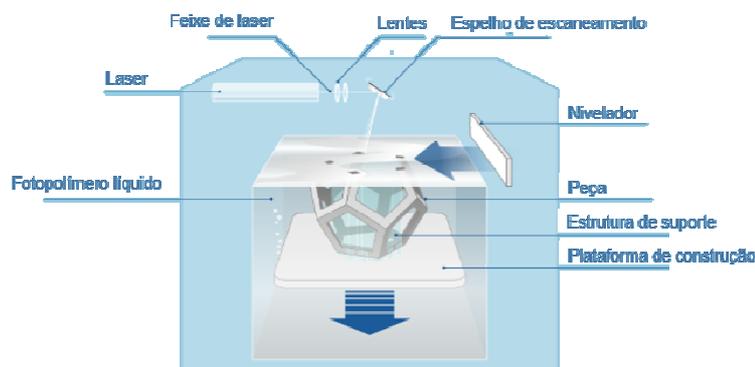
Sendo assim, neste trabalho objetiva-se descrever e analisar os principais métodos de impressão 3D no que tange a vantagens, desvantagens, materiais, aplicações, publicações científicas e traçar uma linha do tempo com os marcos históricos da impressão 3D desde a sua criação.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

As impressoras 3D surgiram em 1984, a partir da invenção da estereolitografia (SLA) pelo engenheiro norte-americano Charles W. Hull, quando ele criou uma peça sobrepondo milhares de finas camadas de plástico e fundiu as mesmas utilizando luz ultravioleta (UV), dando origem à empresa 3D Systems (WOHLERS; GORNET, 2016).

No método SLA, a plataforma de construção é submersa em uma resina líquida, que por sua vez é polimerizada por um *laser* ultravioleta (REVILLA-LEÓN; ÖZCAN, 2019). O processo inicia quando a plataforma de construção é imersa dentro do fotopolímero líquido a uma profundidade igual à espessura da camada. Posteriormente, um *laser* ultravioleta é aplicado para curar e solidificar a primeira camada da peça. Na sequência, a plataforma de construção é baixada novamente e uma nova camada é construída, e assim o processo se repete até o final (BOGUE, 2013; SINGH; JONNALAGADDA, 2020). A estrutura da impressora é representada na figura 1.

No final do processo, o modelo sólido é retirado da impressora e o excesso de resina líquida é removido com solvente, e a peça é inserida em um forno ultravioleta para que a resina líquida contida nas cavidades da peça seja totalmente curada (LAN *et al.*, 1997). O excesso de resina que resta após a impressão é drenado e pode ser reutilizado (WONG; HERNANDEZ, 2012).

Figura 1 - Impressora 3D por Estereolitografia

Fonte: adaptado de Additively (2019).

As principais vantagens desse método de impressão são: velocidade e nível de detalhes obtido nas peças produzidas, tendo a precisão como uma de suas principais características (CALIGNANO *et al.*, 2017; LOEST, 2017; SINGH; JONNALAGADDA, 2020), e menor tempo de ciclo, pois a impressora não requer operadores com experiência (LAN *et al.*, 1997). As principais desvantagens são: o maior custo, a maior fragilidade das peças a choques mecânicos, ao calor e à luz (LOEST, 2017), o número limitado de materiais disponíveis para impressão SLA em comparação com outras tecnologias de MA e o tamanho do produto limitado a dimensões pequenas (HUANG *et al.*, 2013).

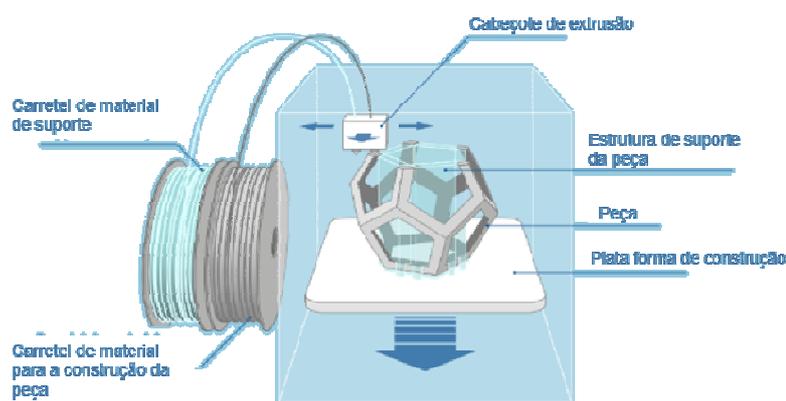
O método SLA é indicado para a produção de moldes (RODRIGUES *et al.*, 2017) e protótipos, pois o tempo de fabricação é curto e as peças saem com bom acabamento (HUANG *et al.*, 2013). Também pode ser utilizado na área biomédica para fabricar modelos específicos de partes corporais de pacientes, dispositivos médicos implantáveis, tecidos de engenharia e no encapsulamento de células em hidrogéis (MELCHELS; FEIJEN; GRIJPM, 2010).

Após a invenção da estereolitografia (SLA), surgiram vários outros métodos de impressão como *fused deposition modeling* (FDM), *selective laser sintering* (SLS), *direct metal laser sintering* (DMLS) e *polyjet*, entre outros. Dentre esses métodos, segundo estudo de Sculpteo (2018), a FDM tem sido o método mais utilizado no mundo, seguido pelo SLS e SLA. Uma das razões é a expiração da patente da tecnologia FDM em 2009, o que potencializou seu desenvolvimento, promoveu maior acessibilidade e permitiu que várias impressoras de baixo custo fossem criadas (LOEST, 2017).

O método *fused deposition modeling* (FDM) foi inventado por Scott Crump em 1989, tendo sua patente publicada em 1992. O processo consiste na deposição de camadas ultrafinas

de material termoplástico, extrudado a 1°C acima de seu ponto de fusão, em uma plataforma própria para sua construção (HUANG *et al.*, 2013). Ao entrar em contato com a plataforma, que se encontra em temperatura inferior ao material extrudado, o filamento é rapidamente endurecido, formando uma camada da peça a ser produzida (RODRIGUES *et al.*, 2017). O que difere o FDM dos demais métodos de impressão é que o material é acrescentado a uma pressão constante e em um fluxo contínuo através de um bocal de diâmetro reduzido (REVILLA-LEÓN; ÖZCAN, 2019). A impressora mais utilizada no método FDM possui uma estrutura cartesiana padrão e um cabeçote de extrusão, que pode ter até três bicos extrusores, com uma câmara aquecida por resistências, cujo filamento é aquecido de forma a aumentar sua viscosidade (CALIGNANO *et al.*, 2017). É um equipamento compacto e de baixo custo quando comparado a outras técnicas (SILVA *et al.* 2020). A figura 2 ilustra a estrutura de uma impressora por FDM.

Figura 2 - Impressora 3D por FDM



Fonte: adaptado de Additively (2019).

Os materiais mais utilizados no processo de impressão FDM são acrilonitrilobutadieno-estireno (ABS), ácido polilático (PLA), poliestireno de alto impacto (HIPS), policarbonato (PC) e poliamida (PA) (CALIGNANO *et al.*, 2017). Stoof, Pickering e Zhang (2017) também incluem nessa lista a polifenilsulfona e misturas PC-ABS e PC-ISO, sendo o último um PC para aplicação na área médica. Ainda segundo Stoof, Pickering e Zhang (2017), materiais compósitos reforçados com vários tipos de fibras sintéticas também vêm sendo desenvolvidos e utilizados no método FDM.

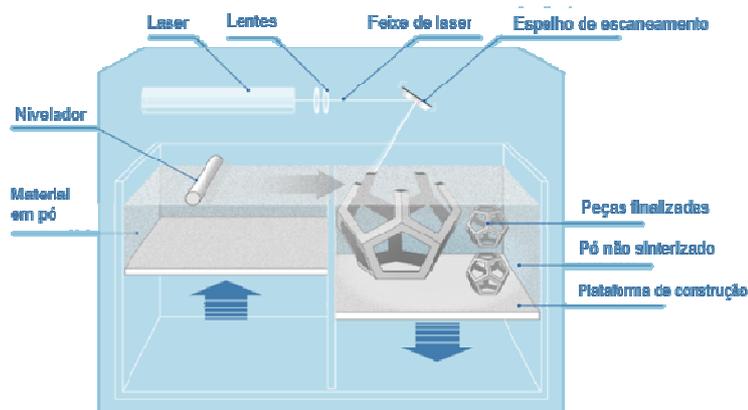
Dentre as vantagens do método FDM, cita-se o menor custo para produção de peças (WONG; HERNANDEZ, 2012; NING, *et al.* 2017), a ampla gama de materiais disponíveis e as melhores propriedades mecânicas das peças produzidas (PALLAROLAS, 2013), baixa

temperatura de operação e fácil troca de materiais de impressão (NING *et al.*, 2017). Como desvantagens, o método apresenta a mais baixa precisão dimensional quando comparado com os outros métodos de impressão (VEIT, 2018), tempo de impressão relativamente longo (YUAN; ZHOU; CHEN, 2017) e peças marcadas na superfície, requerendo um pós-processamento a fim de se obter um melhor acabamento (WONG; HERNANDEZ, 2012; HUANG *et al.*, 2013). Geometrias complexas feitas por FDM requerem um material de suporte, que precisa ser dissolvido ou cortado após a impressão (BEECROFT, 2019).

O método FDM tem como principais aplicações a fabricação de protótipos e moldes (RODRIGUES *et al.*, 2017). Para a impressão 3D FDM progredir para aplicações mais úteis e inovadoras e competir com as técnicas tradicionais de fabricação, a pesquisa deve se concentrar em transmitir funcionalidade aos materiais usados no processo (WOOSLEY *et al.*, 2018). Na área biomédica, a impressão FDM também pode ser aplicada na engenharia de tecidos (ZEIN *et al.*, 2002), e na impressão de peças a partir de biopolímeros, conforme demonstra o estudo de Zhao, Li e Jin (2018), que estudou a viabilidade da impressão de peças em polieteretercetona (PEEK), um polímero termoplástico para aplicação na área biomédica.

O método de impressão *Selective Laser Sintering* (SLS), patenteado em 1989, foi desenvolvido por Carl Deckhard durante sua dissertação de mestrado na Universidade do Texas (MAZZOLI, 2013). Neste método de impressão, o material em pó é aquecido até alguns graus abaixo do ponto de fusão para minimizar a deformação térmica e facilitar a fusão entre as camadas impressas e sinterizado através da aplicação de um feixe de *laser* de dióxido de carbono (WONG; HERNANDEZ, 2012; HUANG *et al.*, 2013), conforme demonstra a figura 3. O material sinterizado compõe o corpo da peça enquanto o material não sinterizado permanece no mesmo local, servindo como suporte durante a impressão e podendo ser reutilizado posteriormente (HUANG *et al.*, 2013). Os materiais disponíveis são poliamida (PA), poliestireno (PE), elastômeros termoplásticos, polipropileno (PP), policarbonato (PC) e derivados (MAZZOLI, 2013), compósitos e polímeros reforçados (WONG; HERNANDEZ, 2012), e materiais cerâmicos revestidos com polímeros.

Figura 3 - Impressora 3D por SLS



Fonte: adaptado de Additively (2019).

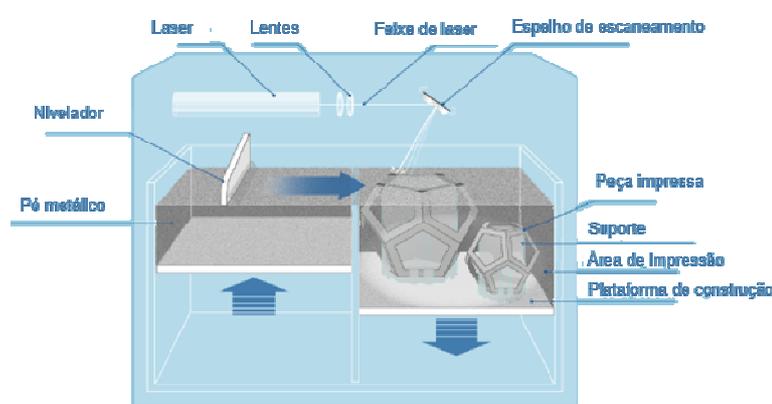
As principais vantagens do método SLS são: a liberdade de imprimir peças complexas e com maior durabilidade, não requerendo nenhum processo de cura, em um menor tempo de impressão (HUANG *et al.*, 2013), sem perda de matéria prima, pois o pó não utilizado durante o processo pode ser reutilizado (VEIT, 2018), o processo é rápido e econômico e permite imprimir peças funcionais, duráveis e complexas (MAZZOLI, 2013). Como desvantagens, tem-se a precisão limitada (VEIT, 2018), o alto custo do equipamento e o alto consumo de energia para sinterizar as partículas do material utilizado (SILVA, 2008), e o risco de empenamento das peças após a impressão (MAZZOLI, 2013). O método SLS também requer etapas adicionais após a impressão, onde o excesso e qualquer pó não fundido devem ser removidos da estrutura de construção (SINGH; JONNALAGADDA, 2020).

As principais aplicações do método SLS são a fabricação de protótipos, partes aeronáuticas, partes de motores automotivos e peças especiais para a indústria e moldes (RODRIGUES *et al.*, 2017). Na área biomédica, as aplicações possíveis são a impressão de modelos anatômicos específicos de pacientes, impressão de dispositivos implantáveis a partir do biopolímeros e engenharia de tecidos (MAZZOLI, 2013). Uma grande vantagem da técnica SLS, combinada com tomografia computadorizada 3D e/ou ressonância magnética, é que a mesma permite a impressão de implantes de tecidos porosos muito próximos da anatomia dos órgãos que estão sendo reconstruídos (ossos) (SHISHKOVSKII; YADROITSEV; SMUROV, 2011).

O método *Direct Laser Metal Sintering* (DMLS) foi desenvolvido a partir da tecnologia de sinterização a laser de plásticos da empresa alemã EOS GmbH e de um pó metálico desenvolvido pela empresa Electrolux Rapid Development (ERD). A partir da cooperação dessas duas empresas, a patente foi publicada em 1994 (SHELLABEAR;

NYRHILÄ, 2004). Ainda segundo os autores, a primeira impressora comercial a utilizar método DMLS foi a EOSINT M250, tendo sua primeira unidade vendida em 1995 pela empresa EOS GmbH. O processo é iniciado depositando-se uma camada fina de pó metálico na plataforma de construção da impressora. Após, um feixe de *laser* funde o material nos pontos definidos previamente no modelo e, subsequentemente, a plataforma de construção é baixada e outra camada de pó metálico é depositada e fundida, repetindo-se o ciclo novamente (GRÜNBERGER; DOMRÖSE, 2015), conforme demonstra a figura 4.

Figura 4 - Impressora 3D por DMLS



Fonte: adaptado de Additively (2019).

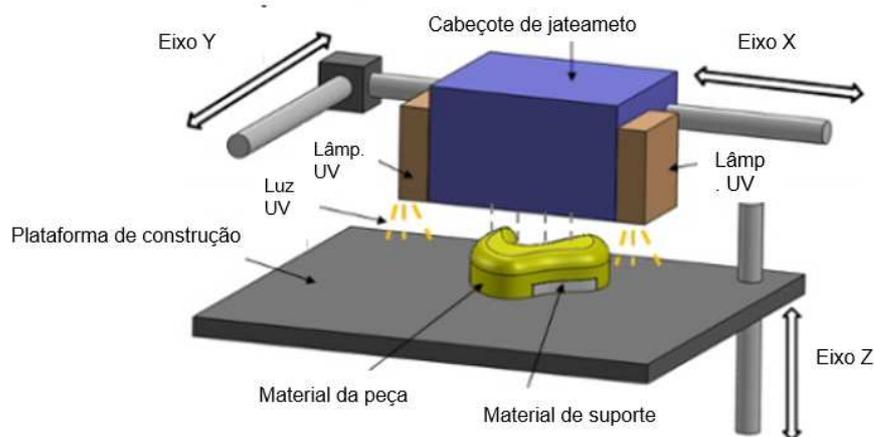
As principais vantagens do método DMLS são: a impressão de peças metálicas com propriedades mecânicas equivalentes ou muito próximas das propriedades das peças produzidas através da manufatura convencional (CALIGNANO *et al.*, 2013), e a fabricação de peças funcionais de qualquer grau de complexidade (VERMA; TYAGI; YANG, 2015). Como desvantagens, os altos gradientes de temperatura e a alta taxa de densificação podem resultar em maiores estresses internos e maior grau de empenamento e o risco de formação de impurezas no metal derretido pode fazer com que a peça tenha uma superfície com maior grau de rugosidade (CALIGNANO *et al.*, 2013). O tempo de processamento é longo e pode levar mais de 12 horas até mesmo para peças de pequeno tamanho (VERMA; TYAGI; YANG, 2015).

O método DMLS tem aplicação no setor aeroespacial (motores, fuselagem, trem de pouso, fixadores, asas, etc.), médico (implantes dentários e próteses humanas), no setor de defesa (armamentos e dutos de jatos de combate) e na indústria de automóveis (CHANDRAMOHAN *et al.*, 2018). Além disso, segundo Shellabear e Nyrhilä (2004), o

DMLS é utilizado também em *rapid tooling*, que consiste na fabricação rápida de ferramentas.

O método *polyjet* foi inventado por Hanan Gothait, no ano de 2001. A patente foi concedida à empresa Objet Geometries Ltd, a qual foi fundada por Gothait (GOTHAIT, 2019). O método consiste em imprimir peças, camada por camada, através da combinação da tecnologia *inkjet* com o processo de fotopolimerização (UDROIU; BRAG, 2017). Nesse método de impressão (Figura 5), o cabeçote de jateamento desliza para frente e para trás ao longo de um eixo x, depositando uma camada ultrafina de gotículas de material fotopoliméricos, a qual é solidificada por lâmpadas UV (SINGH, 2011). O material fotopolimérico é adicionado somente onde requerido pelo *design* da peça e, para fins de suporte, uma cera é depositada, a qual é removida por aquecimento ou lavagem após o processo (STANSBURY; IDACAVAGE, 2016).

Figura 5 - Impressora 3D por *polyjet*



Fonte: adaptado de Udroui e Brag (2017).

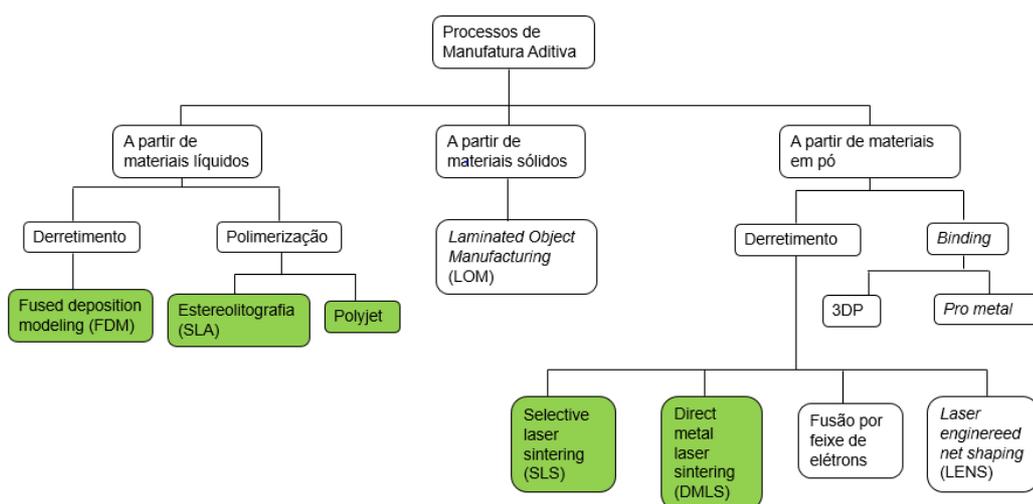
O método *polyjet* permite a impressão de peças uniformes em geometrias altamente complexas, sem a necessidade de processos de acabamento ao final da impressão (STANSBURY; IDACAVAGE, 2016), utilizando múltiplos materiais, pois vários cabeçotes de jateamento podem ser instalados (MEISEL; ELLIOT; WILLIAMS, 2015). Por outro lado, uma das desvantagens deste método é que as peças produzidas apresentam resistência inferior quando comparadas às tecnologias SLA e SLS (WONG; HERNANDEZ, 2012). Em relação às aplicações, Stansbury e Idacavage (2016) citam a área de fundição por cera perdida, a qual é bastante utilizada no setor de odontologia e de fabricação de joias.

3 METODOLOGIA

Esta pesquisa é de natureza aplicada, com objetivos exploratórios, implementada por meio de um mapeamento científico. Do ponto de vista da abordagem, é classificada como quali-quantitativa. Quantitativa, pois se buscou quantificar algumas variáveis referentes à produção científica sobre manufatura aditiva, impressão 3D e métodos de impressão. E qualitativa na medida em que teve caráter de exploração, de estimar, descobrir e compreender a relevância do tema. Segundo Gil (2017), a pesquisa aplicada é voltada à aquisição de conhecimentos com vistas à aplicação numa situação específica. Em relação aos objetivos, classifica-se como exploratório, pois tem como propósito proporcionar maior familiaridade com o problema, com vistas a torná-lo mais explícito ou a construir hipóteses (GIL, 2017).

Para se atingir o objetivo proposto, realizou-se mapeamento científico dos métodos de impressão 3D, identificados como estereolitografia (SLA), *fused deposition modeling* (FDM), *selective laser sintering* (SLS), *direct metal laser sintering*, (DMLS) e *polyjet* (figura 6) na base de dados *Scopus*. O mapeamento científico procurou mostrar os aspectos estruturais e dinâmicos da pesquisa científica, delimitando um campo de pesquisa e identificando, quantificando e visualizando suas subáreas temáticas (HERADIO, *et al.*, 2016).

Figura 6 - Escopo da pesquisa



Fonte: adaptado de Wong e Hernandez (2012).

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Análise dos métodos de impressão

A partir da pesquisa bibliográfica, identificaram-se as vantagens e desvantagens de cada um dos métodos, bem como os materiais utilizados e as aplicações possíveis de cada um deles, os quais estão compilados no Quadro 1.

Quadro 1 - Métodos de impressão e suas particularidades

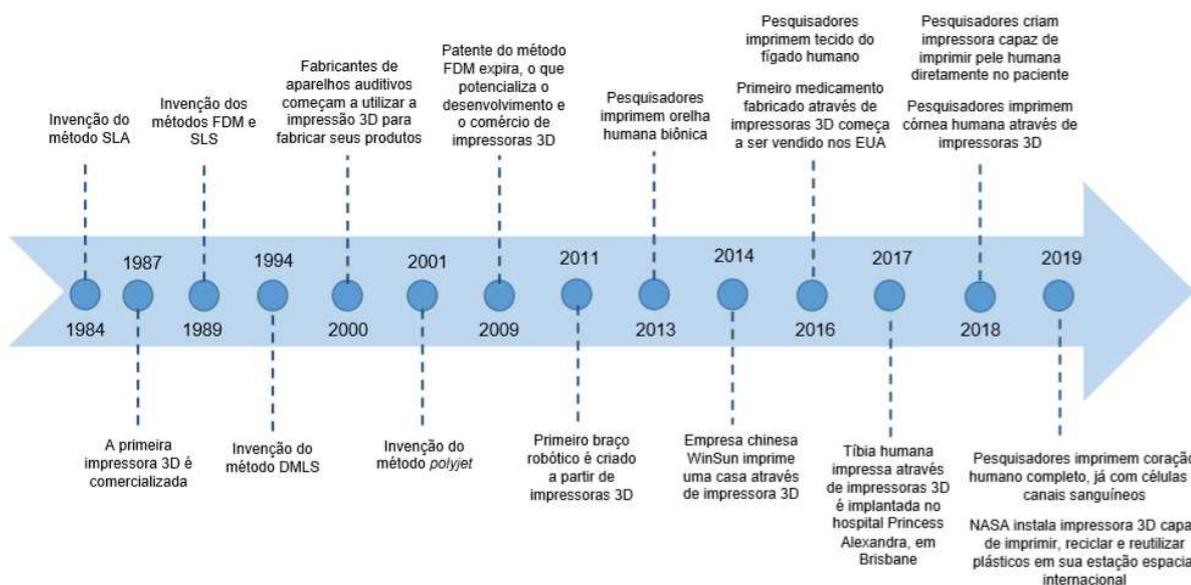
Método	Vantagens	Desvantagens	Materiais	Aplicações
SLA	Velocidade de impressão Peças com alto grau de precisão e alto nível de acabamento Menor tempo de ciclo	Maior custo Peças com maior fragilidade a choques mecânicos, calor e luz Número de materiais disponíveis limitado em comparação com outras tecnologias; Tamanho da peça limitado.	Resinas líquidas	Fabricação de protótipos e moldes Área biomédica (modelos específicos de partes corporais de pacientes; dispositivos médicos implantáveis; engenharia de tecidos; e encapsulamento de células em hidrogéis)
FDM	Menor custo Ampla gama de materiais disponíveis e melhores propriedades mecânicas das peças impressas Possibilidade de impressão utilizando mais de um material	Menor precisão dimensional Peças com mau acabamento, requerendo pós-processamento Maior tempo de impressão	ABS, PLA, HIPS, PC, PC-ABS e PC-SSO Compósitos reforçados com fibras sintéticas	Protótipos e moldes Área biomédica (engenharia de tecidos e impressão de peças a partir de biopolímeros)
SLS	Impressão de peças complexas e com maior durabilidade Impressão de peças funcionais e duráveis; Não é necessário nenhum processo de cura O pó não utilizado na impressão pode ser reutilizado	O acabamento das peças não é tão bom quanto o das peças impressas através da tecnologia SLA Dificuldade na troca de materiais na impressora Risco de empenamento das peças após a impressão Necessita etapas adicionais após a impressão para remover o excesso de pó não fundido	PA, PE, elastômeros termoplásticos, PP, PC e derivados Compósitos e polímeros reforçados Materiais cerâmicos revestidos com polímeros	Fabricação de protótipos, partes aeronáuticas, partes de motores automotivos, peças especiais para a indústria e moldes Área biomédica (impressão de modelos anatômicos específicos de pacientes; impressão de dispositivos implantáveis a partir do biopolímeros; engenharia de tecidos)
DMLS	Impressão de peças metálicas com propriedades mecânicas equivalentes	Peças com maior grau de rugosidade; Os altos gradientes de temperatura e	Pós-metálicos	Setor aeroespacial (motores, fuselagem, trem de pouso, fixadores, asas, etc.); Setor médico (implantes)

	ou muito próximas das propriedades das peças produzidas através da manufatura convencional Impressão de peças funcionais de qualquer grau de complexidade	estresses internos aumentam o grau de empenamento da peça após a impressão; Longo tempo de processamento		dentários e próteses humanas); Setor de defesa (armamentos e dutos de jatos de combate) Indústria automobilística <i>Rapid tooling</i> (fabricação rápida de ferramentas)
<i>Polyjet</i>	Peças uniformes, com geometrias altamente complexas Possibilidade de impressão utilizando múltiplos materiais	Peças com grau de resistência inferior	Fotopolímeros líquidos	Fundição por cera perdida, a qual é bastante utilizada no setor de odontologia e de fabricação de joias

Fonte: Autores.

Elaborou-se uma linha do tempo (Figura 7) com a finalidade de demonstrar os marcos históricos dos processos de impressão 3D e a evolução de suas aplicações ao longo dos anos. O ponto inicial foi 1984 quando Charles W. Hull inventou o método SLA e fundou a empresa 3D Systems, empresa esta que efetuou a comercialização da primeira impressora três anos depois. Em 1989 surgiram os métodos SLS e FDM, que deram origem às empresas Nova Automation e Stratasys. Após o ano 2000, além da invenção do método *polyjet*, notou-se uma forte expansão das aplicações da impressão 3D na área médica, chegando-se a imprimir um coração humano completo, com células e canais sanguíneos, em junho de 2019.

Figura 7 - Marcos históricos dos processos de impressão 3D



Fonte: Autores.

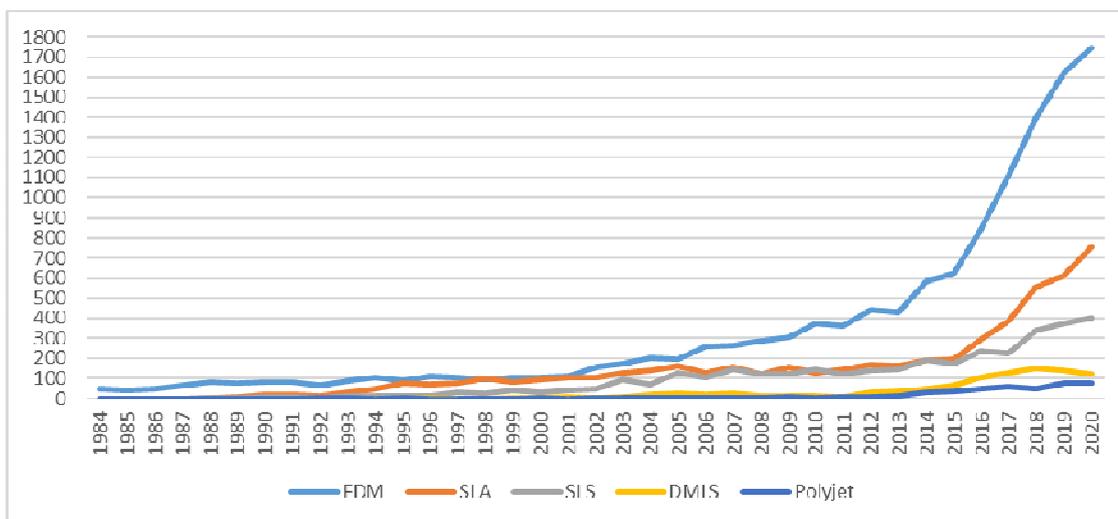


Em 2000, a empresa Phonak, com sede na Suíça, passou a utilizar a impressão 3D para fabricar dispositivos auditivos (SHARMA, 2013). Em 2013 já circulavam no mercado mais de 10 milhões de dispositivos auditivos fabricados em 3D (DODZIUK, 2016), pelas tecnologias SLA e SLS (SANDSTRÖM, 2016). Easton LaChappelle, um estudante de ensino médio do estado americano do Colorado, criou no ano de 2011 um braço robótico utilizando impressoras 3D, que antes custava cerca de 80 mil dólares (SEITZ, 2019). Em 2013, pesquisadores da Universidade de Princeton, nos Estados Unidos, imprimiram uma orelha biônica através da combinação de células biológicas e nanopartículas de hidrogel (MANNOOR *et al.*, 2013). Em 2014, a empresa chinesa WinSun imprimiu uma casa a partir de impressoras 3D, chegando a conseguir imprimir um prédio de 5 andares um ano depois (HAGER; GOLONKA; PUTANOWICZ, 2016). Em 2016, pesquisadores da Universidade da Califórnia imprimiram tecido do fígado humano (MA *et al.*, 2016). Nesse mesmo ano, foi autorizada a venda do primeiro medicamento fabricado através da impressão 3D (APRECIA, 2016). Em 2017, cirurgiões do hospital Princess Alexandra da Inglaterra fizeram uso da impressão 3D para implantar uma nova tíbia na perna de um homem que estava sofrendo de uma inflamação óssea (GOVERNO DE QUEENSLAND, 2019). Em 2018, pesquisadores criaram uma impressora 3D portátil capaz de imprimir pele humana diretamente no paciente (HAKIMI *et al.*, 2018), e na Universidade de Newcastle criaram uma impressora 3D capaz de imprimir córnea humana (ISAACSON; SWIOKLO; CONNON, 2018). Em 2019, a NASA instalou em sua estação espacial internacional a primeira impressora 3D capaz de imprimir, reciclar e reutilizar plásticos (NASA, 2019). Ainda em 2019, pesquisadores da Universidade de Tel Aviv conseguiram imprimir um coração humano com células e canais sanguíneos (NOOR *et al.*, 2019).

Um mapeamento da produção científica foi realizado na base de dados *Scopus*, adotando como termos de busca “*stereolithography*”, “*fused deposition modeling*” or “FDM”, “*selective laser sintering*”, “*direct metal laser sintering*” e “*polyjet*”, pesquisados individualmente. As pesquisas consideraram título, palavras-chave, resumo e texto completo, abrangendo todas as publicações desde 1984 até 2020, e foi realizada na primeira semana do mês de janeiro de 2021.

Os resultados mostram que os métodos de impressão mais pesquisados são FDM e SLA, com crescimento exponencial nos últimos 5 anos. Em seguida, aparecem os métodos SLS, DMLS e *polyjet* (Figura 8). Um dos motivos para esse crescimento nas publicações por FDM foi a expiração da patente da tecnologia em 2009, o que promoveu maior acessibilidade devido à queda no custo das impressoras motivada pela maior competitividade.

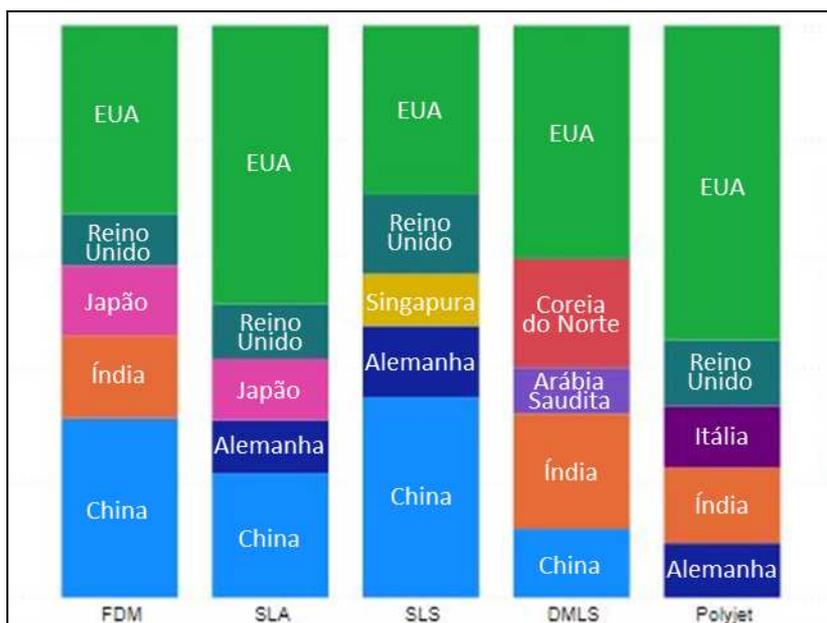
Figura 8 - Documentos publicados na base Scopus



Fonte: Autores.

Analisaram-se também os países de origem dos documentos publicados (Figura 9), o que permitiu observar que os Estados Unidos lideram as pesquisas nos métodos SLA, *polyjet*, FDM e DMLS, enquanto a China lidera o método SLS. A China também apresenta um número significativo de publicações nos demais métodos, não estando entre os 5 países de destaque apenas no método *polyjet*.

Figura 9 - Publicações por países desde o ano de 1984 até 2020



Fonte: Autores.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A impressão 3D surgiu há mais de 30 anos, porém a expansão do mercado de impressoras, bem como o número de aplicações, começou a ocorrer de forma significativa somente em meados de 2010, após a patente do método de impressão FDM expirar em 2009 e potencializar sua utilização. Esse crescente número de aplicações, juntamente com o aumento da gama de materiais disponíveis, vem fazendo com que o mercado da manufatura aditiva se torne cada vez mais atrativo, com previsão de faturamento de 35,6 bilhões de dólares em 2024. Estados Unidos e China despontam como referências no assunto, seguidos de longe por alguns países europeus.

Para manter essa taxa de crescimento constante, no entanto, existem alguns desafios. Permitir a impressão de peças em larga escala, bem como disponibilizar uma gama ainda maior de materiais no mercado são dois fatores imprescindíveis nesse quesito. A impressão 3D em metais, por exemplo, apresenta um enorme potencial de aplicações, porém se faz necessário desenvolver um maior número de ligas metálicas para que se atenda aos critérios das mesmas. Por outro lado, nota-se uma forte expansão das aplicações da impressão 3D na área biomédica, com a impressão de órgãos, próteses, implantes e medicamentos se caracterizando como as áreas mais promissoras.

AGRADECIMENTOS

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001.

REFERÊNCIAS

ADDITIVELY. **Your digital meeting place of the additive manufacturing industry.** Disponível em: <<https://www.additively.com>> Acesso em: 20/11/2019.

APRECIA. **First FDA-approved medicine manufactured using 3d printing technology now available.** Ohio, 22/03/2016. Disponível em: <<https://www.aprecia.com/news/first-fda-approved-medicine-manufactured-using-3d-printing-technology-now-available>> Acesso em: 16/11/2019.

ATTARAN, M. The rise of 3D printing: the advantages of additive manufacturing over traditional manufacturing. **Business Horizons**, v. 60, n. 5, p. 677-688, 2017. <https://doi.org/10.1016/j.bushor.2017.05.011>

BEECROFT, M. Digital interlooping: 3D printing of weft-knitted textile-based tubular structures using selective laser sintering of nylon powder. **International Journal of Fashion**

Design, Technology and Education, v. 12, n. 2, p. 218-224, 2019. <https://doi.org/10.1080/17543266.2019.1573269>

BOGUE, R. 3D printing: the dawn of a new era in manufacturing? **Assembly Automation**, v. 33, n. 4, p. 307-311, 2013. <https://doi.org/10.1108/AA-06-2013-055>

CALIGNANO, F.; MANFREDI, D.; AMBROSIO, E. P.; BIAMINO, S.; LOMBARDI, M.; ATZENI, E.; SALMI, A.; MINETOLA, P.; IULIANO, L.; FINO, P. Overview on Additive Manufacturing Technologies. **Proceedings of the IEEE**, v. 105, n. 4, p. 593-612, 2017. <https://doi.org/10.1109/JPROC.2016.2625098>

CALIGNANO, F.; MANFREDI, D.; AMBROSIO, E. P.; IULIANO, L.; FINO, P. Influence of process parameters on surface roughness of aluminum parts produced by DMLS. **Int J Adv Manuf Technol**, v. 67, p. 2743-2751, 2013. <https://doi.org/10.1007/s00170-012-4688-9>

CHANDRAMOHAN, P.; BHERO, S.; MANIKANDASUBRAMANIAN, K.; RAVISHANKAR, B. A review of additive manufacturing of α - β Ti alloy components through selective laser melting and laser metal deposition. **Journal of Engineering Science and Technology**, v. 13, n. 3, p. 790-812, 2018.

DODZIUK, H. Applications of 3D printing in healthcare. **Polish journal of cardio-thoracic surgery**, v. 13, n. 3, p. 283-293, 2016. <https://doi.org/10.5114/kitp.2016.62625>

FORBES. **Significant 3D Printing Forecast Surges To \$35.6 Billion**. Disponível em <<https://www.forbes.com/sites/tjmccue/2019/03/27/wohlers-report-2019-forecasts-35-6-billion-in-3d-printing-industry-growth-by-2024/#b3b50227d8a6>>. Acesso em 02/11/2019.

FORD, S. Additive manufacturing technology: Potential Implications for U.S. Manufacturing Competitiveness. **Journal of International Commerce & Economics**, p. 1-35, 2014.

GIL, A. C. **Como elaborar projetos de pesquisa**. 6. ed. São Paulo: Editora Atlas, 2017.

GOTHAIT, H. **Apparatus and method for three dimensional model printing**. Depositante: Objet Geometries Ltd. US 6,259,962 B1. Depósito: 02/05/1999. Concessão: 10/07/2001. Disponível em: <<https://patentimages.storage.googleapis.com/cb/f7/bf/cf47672311f13e/US6259962.pdf>>. Acesso em: 08/11/2019.

GOVERNO DE QUEENSLAND. **3D printed tibia implanted in world-first surgery at PAH**. Disponível em: <<https://metrosouth.health.qld.gov.au/news/3d-printed-tibia-implanted-in-world-first-surgery-at-pah>>. Acesso em: 08/11/2019.

GRÜNBERGER, T.; DOMRÖSE, T. Direct metal laser sintering: identification of process phenomena by optical in-process monitoring. **Laser Technik Journal**, v. 12, n. 1, p. 45-48, 2015. <https://doi.org/10.1002/latj.201500007>

HAGER, I.; GOLONKA, A.; PUTANOWICZ, R. 3D printing of buildings and building components as the future of sustainable construction? **Procedia Engineering**, v. 151, p. 292-299, 2016. <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2016.07.357>

HAKIMI, N.; CHENG, R.; LENG, L.; CHENG, R.; SOTOUDEHFAR, M.; BA, P. Q.; BAKHTYAR, N.; AMINI-NIK, S.; JESCHKE, M. G.; GÜNTHER, A. Handheld skin printer:

in situ formation of planar biomaterials and tissues. **Lab on a Chip**, v. 18, p. 1440-1451, 2018. <https://doi.org/10.1039/c7lc01236e>

HERADIO, R.; PEREZ-MORAGO, H.; FERNANDEZ-AMOROS, D.; JAVIER CABRERIZO, F.; HERRERA-VIDEIRA, E. A bibliometric analysis of 20 years of research on *software* product lines. **Information and Software Technology**, v. 72, p. 1-15, 2016. <https://doi.org/10.1016/j.infsof.2015.11.004>

HOAG, C.; SPRADLING, D.; SHULMAN, H. Introduction to Additive Manufacturing. **Ceramic Industry Magazine**, 2012.

HUANG, P. H.; LIU, P.; MOKASDAR, A.; HOU, L. Additive manufacturing and its societal impact: a literature review. **The International Journal of Advanced Manufacturing Technology**, v. 67, n. 5-8, p. 1191-1203, 2013. <https://doi.org/10.1007/s00170-012-4558-5>

ISAACSON, A.; SWIOKLO, S.; CONNOR, C. J. 3D bioprinting of a corneal stroma equivalent. **Experimental Eye Research**, v. 173, p. 188-193, 2018. <https://doi.org/10.1016/j.exer.2018.05.010>

KREIGER, M.; PEARCE, J. M. Environmental Life Cycle Analysis of Distributed Three-Dimensional Printing and Conventional Manufacturing of Polymer Products. **ACS Sustainable Chem. Eng.** v. 1, n.12, p 1511-1519, 2013. <https://doi.org/10.1021/c400093k>

LAN, P. T.; CHOU, S. Y.; CHENT, L. L.; GEMMILL, D. Determining fabrication orientations for rapid prototyping with stereolithography apparatus. **Computer-Aided Design**, v. 29, n. 1, p. 53-62, 1997. [https://doi.org/10.1016/S0010-4485\(96\)00049-8](https://doi.org/10.1016/S0010-4485(96)00049-8)

LE BOURHIS, F.; KERBRAT, O.; HASCOET, J. Y.; MOGNOL, P. Sustainable manufacturing: evaluation and modeling of environmental impacts in additive manufacturing. **Int J Adv Manuf Technol**, v. 69, n. 9-12, p. 1927-1939, 2013. <https://doi.org/10.1007/s00170-013-5151-2>

LOEST, M. R. **Tecnologias de Manufatura Aditiva (Impressão 3D) que você deve conhecer (1ª parte – SLA)**. 2017. Disponível em <<http://www.aecic.org.br/espaco-isae-de-inovacao/tecnologias-de-manufatura-aditiva-impressao-3d-que-voce-deve-conhecer-1a-parte-sla/>>. Acesso em 10/09/2019.

MA, X.; QU, X.; ZHU, W., LI, Y. S.; YUAN, S.; ZHANG, H.; LIU, J.; WANG, P.; LAI, C. S. E.; ZANELLA, F.; FENG, G. S.; SHEIKH, F.; CHIEN, S.; CHEN, S. Deterministically patterned biomimetic human iPSC-derived hepatic model via rapid 3D bioprinting. **Proceedings of the National Academy of Sciences**, v. 113, n. 8, p. 2206-2211, 2016. <https://doi.org/10.1073/pnas.1524510113>

MANNOOR, M. S.; JIANG, Z.; JAMES, T.; KONG, Y. L.; MALATESTA, K. A.; SOBOYEJO, W. O.; VERMA, N.; GRACIAS, D. H.; MCALPINE, M. C. 3D Printed bionic ears. **Nano Letters**, v. 13, n. 6, p. 2634-2639, 2013. <https://doi.org/10.1021/nl4007744>

MAZZOLI, A. Selective laser sintering in biomedical engineering. **Med Biol Eng Comput**, v. 51, n. 3, p. 245-256, 2013. <https://doi.org/10.1007/s11517-012-1001-x>

MEISEL, N. A.; ELLIOT, A. M.; WILLIAMS, C. B. A procedure for creating actuated joints via embedding shape memory alloys in PolyJet 3D printing. **Journal of Intelligent Material**

Systems and Structures, v. 26, n. 12, p. 1498-1512, 2015. <https://doi.org/10.1177/1045389X14544144>

MELCHELS, F. P. W.; FEIJEN, J.; GRIJPMAN, D. W. A review on stereolithography and its applications in biomedical engineering. **Biomaterials**, v. 31, n. 24, p. 6121-6130, 2010. <https://doi.org/10.1016/j.biomaterials.2010.04.050>

MORROW, W. R.; QI, H.; KIM, I.; MAZUMDER, J.; SKERLOS, S. J. Environmental aspects of laser-based and conventional tool and die manufacturing. **Journal of Cleaner Production**, v. 15, n. 10, p. 932-943, 2007. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2005.11.030>

NASA - National Aeronautics and Space Administration. **Refabricator to Recycle, Reuse Plastic Installed on Space Station**. Disponível em <<https://www.nasa.gov/centers/marshall/news/news/refabricator-to-recycle-reuse-plastic-installed-on-station>>. Acesso em: 08/11/2019.

NING, F.; CONG, W.; HU, Z.; HUANG, K. Additive manufacturing of thermoplastic matrix composites using fused deposition modeling: A comparison of two reinforcements. **Journal of Composite Materials**, v. 51, n. 27, p. 3733-3742, 2017. <https://doi.org/10.1177/0021998317692659>

NOOR, N.; SHAPIRA, A.; EDRI, R.; GAL, I.; WERTHEIM, L.; DVIR, T. 3D Printing of Personalized Thick and Perfusible Cardiac Patches and Hearts. **Advanced Science**, v. 6, 2019. <https://doi.org/10.1002/advs.201900344>

PALLAROLAS, E. A. F. F. **Revisão técnica de processos de manufatura aditiva e estudo de configurações para estruturas de impressoras tridimensionais**. 2013. Tese (Graduação em engenharia mecânica) – Escola de Engenharia de São Carlos da Universidade de São Paulo, São Carlos, 2013.

REVILLA-LEÓN, M.; ÖZCAN, M. Additive manufacturing technologies used for processing polymers: current status and potential application in prosthetic dentistry. **Journal of Prosthodontics**, v. 28, n. 2, p. 146-158, 2019. <https://doi.org/10.1111/jopr.12801>

RODRIGUES, V. P.; ZANCUL, E. S.; MANÇANARES, C. G.; GIORDANO, C. M.; SALERNO, M. S. Manufatura aditiva: estado da arte e framework de aplicações. **Revista Gestão da Produção, Operações e Sistemas**, v. 12, n. 3, p. 1-34, 2017. DOI: <https://doi.org/10.15675/gepros.v12i3.1657>

SANDSTRÖM, C. G. The non-disruptive emergence of an ecosystem for 3D Printing — Insights from the hearing aid industry's transition 1989–2008. **Technological Forecasting and Social Change**, v. 102, p. 160-168, 2016. <https://doi.org/10.1016/j.techfore.2015.09.006>

SEITZ, D. **Meet Easton LaChappelle, The 19-Year-Old Luminary Building A Cheaper, Better Prosthetic Limb**. Disponível em <<https://uproxx.com/technology/easton-lachappelle-luminary/>>. Acesso em: 08/11/2019.

SILVA, A. L. E.; MORAES, J. A. R.; BENITEZ, L. B.; KAUFMANN, E. A.; FURSTENAU, L. B. Mapeamento da produção científica acerca do uso de biocompósitos nos processos de impressões 3D. **Ibero-American Journal of Environmental Sciences**, v. 11, n. 1, p. 236-250, 2020. <https://doi.org/10.6008/CBPC2179-6858.2020.001.0022>

SILVA, G. C. **Prototipagem rápida e ferramental rápido aplicados às peças utilizadas em ensaios estáticos de embalagens para acondicionamento e transporte de peças automotivas**. 2008. Dissertação (mestrado profissional em engenharia automotiva). Escola Politécnica da Universidade de São Paulo – São Paulo, 2008.

SINGH, M.; JONNALAGADDA, S. Advances in bioprinting using additive manufacturing. **Eur J Pharm Sci**, v. 143, 2020. <https://doi.org/10.1016/j.ejps.2019.105167>

SINGH, R. Process capability study of polyjet printing for plastic components. **J Mech Sci Technol**, v. 25, n. 4, p. 1011-1015, 2011. <https://doi.org/10.1007/s12206-011-0203-8>

SHARMA, R. **The 3D printing revolution you have not heard about**. Disponível em <<https://www.forbes.com/sites/rakeshsharma/2013/07/08/the-3d-printing-revolution-you-have-not-heard-about/#6cf888a61a6b>>. Acesso em: 08/11/2019.

SHELLABEAR, M; NYRHILÄ, O. DMLS – Development history and state of the art. **LANE 2004 conference**. Erlangen, Germany, 2004.

SHISHKOVSKII, I. V.; YADROITSEV, I. A.; SMUROV, I. Y. Selective Laser Sintering/Melting Of Nitinol–Hydroxyapatite Composite for Medical Applications. **Powder Metall Met Ceram**, v. 50, p. 275-283, 2011. <https://doi.org/10.1007/s11106-011-9329-6>

STANSBURY, J. W.; IDACAVAGE, M. J. 3D Printing with polymers: challenges among expanding options and opportunities. **Dental Materials**, v. 32, n. 1, p. 54-64, 2016. <https://doi.org/10.1016/j.dental.2015.09.018>

STOOF, D.; PICKERING, K.; ZHANG, Y. Fused Deposition Modelling of Natural Fibre/Polylactic Acid Composites. **J. Compos. Sci.**, v. 1, n. 8, 2017. <https://doi.org/10.3390/jcs1010008>

UDROIU, R.; BRAG, I. C. Polyjet technology applications for rapid tooling. **MATEC Web Conf.**, v. 112, 2017. <https://doi.org/10.1051/mateconf/201711203011>

VEIT, D. R. **Impactos da manufatura aditiva nos sistemas produtivos e suas repercussões nos critérios competitivos**. 2018. Tese (Doutorado em Engenharia de Produção) - Universidade do Vale do Rio dos Sinos, São Leopoldo, 2018.

VERMA, A.; TYAGI, S.; YANG, K. Modeling and optimization of direct metal laser sintering process. **Int J Adv Manuf Technol**, v. 77, p. 847-860, 2015. <https://doi.org/10.1007/s00170-014-6443-x>

WITTBRODT, B.; LAURETO, J.; TYMRAK, B.; PEARCE, J. M. Distributed manufacturing with 3-D printing: a case study of recreational vehicle solar photovoltaic mounting systems. **J Frugal Innov**, v. 1, n. 1, 2015. <https://doi.org/10.1186/s40669-014-0001-z>

WOHLERS, T.; GORNET, T. History of additive manufacturing. **Wohlers Report**, p. 1-34, 2016.

WONG, K. V.; HERNANDEZ, A. A review of additive manufacturing. International Scholarly Research Network, **ISRN Mechanical Engineering**, 2012. <https://doi.org/10.5402/2012/208760>

WOOSLEY, S.; GALEHDARI, N. A.; KELKAR, A.; ARAVAMUDHAN, S. Fused deposition modeling 3D printing of boron nitride composites for neutron radiation shielding. **Journal of Materials Research**, v. 33, n. 22, p. 3657-3664, 2018 <https://doi.org/10.1557/jmr.2018.316>

YUAN, B.; ZHOU, S. Y.; CHEN, X. S. Rapid prototyping technology and its application in bone tissue engineering. **J. Zhejiang Univ. Sci. B**, v. 18, n. 4, p. 303-315, 2017. <https://dx.doi.org/10.1631/jzus.B1600118>

ZEIN, I.; HUTMACHER, D. W.; TANC, K. C.; TEOH, S. H. Fused deposition modeling of novel scaffold architectures for tissue engineering applications. **Biomaterials**, v. 23, n. 4, p. 1169-1185, 2002. [https://doi.org/10.1016/S0142-9612\(01\)00232-0](https://doi.org/10.1016/S0142-9612(01)00232-0)

ZHAO, F.; LI, D.; JIN, Z. Preliminary Investigation of Poly-Ether-Ether-Ketone Based on Fused Deposition Modeling for Medical Applications. **Materials**, v. 11, n. 2, p. 288, 2018. <https://doi.org/10.3390/ma11020288>

Como Referenciar este Artigo, conforme ABNT:

SILVA, A. L. E; MORAES, J. A. R.; BENITEZ, L. B; KAUFMANN, E. A. Impressão 3d: Análise da Evolução e Seus Impactos no Mundo Científico. **Rev. FSA**, Teresina, v.18, n. 11, art. 6, p. 124-144, nov. 2021.

Contribuição dos Autores	A. L. E. Silva	J. A. R. Moraes	L. B. Benitez	E. A. Kaufmann
1) concepção e planejamento.	X	X	X	X
2) análise e interpretação dos dados.	X	X	X	X
3) elaboração do rascunho ou na revisão crítica do conteúdo.	X	X	X	X
4) participação na aprovação da versão final do manuscrito.	X	X	X	X