



ConBRepro

X CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO



EVENTO
ON-LINE

02 a 04
de dezembro 2020

Revisão integrativa da literatura acerca do uso da Manufatura Aditiva na medicina utilizando a base de dados Science Direct

Ricardo Júnior de Oliveira Silva
UNINTER

Cristiane Aparecida Gonçalves Huve
UNINTER

Dayse Mendes
UNINTER

Jéssika Alvares Coppi Arruda Gayer
UNINTER

Fabiano Oscar Drozda
UFPR

Resumo: O presente estudo apresenta uma Revisão Integrativa acerca do uso da Manufatura Aditiva na medicina. Para isso, uma pesquisa foi feita utilizando 5 expressões de busca, escolhidas para trazerem maior abrangência sobre o tema estudado. As expressões foram aplicadas na base de busca *Science Direct*, utilizando como filtros do site, materiais publicados nos períodos de 2018 a 2020, como também somente artigos de revisão de acesso livre. Com a busca feita, obteve-se um total de 686 estudos, os quais foram submetidos a 7 critérios de seleção. Desta maneira, o montante inicial se reduziu a quantidade final de 7 artigos, os quais foram feitas uma nova leitura integral de cada um para os sintetizar e avaliar os resultados obtidos. Desta forma, percebeu-se que a aplicação da MA na medicina é bastante recorrente na fabricação de implantes e tecidos, podendo ser ósseos ou não, e em cardiologia onde é amplamente utilizado para pesquisas, aprendizado e estudo de casos, pois ela possibilita o desenvolvimento de protótipos utilizando de características muito próximas as de cada paciente.

Palavras-chave: Manufatura Aditiva; Impressão 3D; Tecnologia aditiva na medicina; impressão 3D na medicina.

Integrative literature review about the use of Additive Manufacturing in medicine using the Science Direct database

Abstract: The present study presents an Integrative Review about the use of Additive Manufacturing in medicine. For this, a research was made using 5 search expressions, chosen to bring greater coverage on the studied topic. The expressions were applied in the Science Direct database, using as filters of the website, materials published in the periods from 2018 to 2020, as well as only open access review articles. With the search done, a total of 686 studies were obtained, which were submitted to 7 selection criteria. In this way, the initial amount was reduced to the final quantity of 7 articles, which were made a new full reading of each one to synthesize them and evaluate the results obtained. Thus, it was noticed that the application of AM in medicine is quite recurrent in the manufacture of implants and tissues, which may be bony or not, and in cardiology where it is widely used for research, learning and case studies, as it enables the development prototypes using characteristics very similar to those of each patient.

Keywords: Additive Manufacturing; 3D printing, Additive Technology in Medicine; 3D printing in Medicine

1. Introdução

A Manufatura Aditiva (MA), também conhecida como Impressão 3D (VOLPATO, CARVALHO e MUNHOZ, 2017) pode ser definida como um processo de fabricação, no qual a máquina – impressora – usa informações derivadas de um projeto feito em um software 3D CAD. Neste projeto constam instruções que permitirão a impressora 3D formar um objeto. Para isto ela interpreta instruções contidas no projeto, o qual instrui o ciclo de um processo em que é depositado camada sobre camada de material de entrada (GIBSON et al., 2010), até formar o objeto desejado.

Além disso, sua funcionalidade e aplicação vão além do que somente a confecção de pequenos objetos e/ou peças mecânicas, tais como: engrenagens, parafusos e, souvenirs. Atualmente a tecnologia aditiva vem sendo altamente utilizada em produções na área da medicina, como na fabricação de coração humano, próteses e tecidos.

Isso se dá pelo fato de a MA ser um dos pilares da Indústria 4.0, também chamada de Quarta Revolução Industrial, a qual Schwab (2016) se refere dizendo que essa não se parece com as demais revoluções já presenciadas pela humanidade, pois seu crescimento não é linear. Isso tem como explicação “o resultado do mundo multifacetado e profundamente interconectado em que vivemos; além disso, as novas tecnologias geram outras mais novas e cada vez mais qualificadas” (SCHWAB, 2016, p. 15).

Buscando analisar em quais áreas da medicina a MA é mais recorrente e compreender os benefícios de seu uso na medicina, o presente estudo pretende responder a seguinte pergunta de pesquisa: “quais são as aplicações da Manufatura Aditiva na medicina?”. Para tal, uma Revisão Integrativa (RI) é feita, a fim de realizar um levantamento bibliográfico e observar os avanços da MA na área.

Este projeto dividiu-se em 4 partes principais, onde constam a introdução, a metodologia desenvolvida na pesquisa, seguido dos resultados e discussões, e por fim, as considerações finais atingidas no decorrer da pesquisa.

2. Metodologia

Para a realização deste estudo, foi conduzida uma Revisão Integrativa baseando-se no método proposto por Mendes; Silveira e Galvão, (2008). Na Figura 1 é apresentado um diagrama que demonstra as etapas deste processo.

Figura 1: diagrama de RI



Fonte: adaptado de Mendes, Silveira e Galvão, (2008)

No desenvolvimento da pesquisa, 6 passos foram seguidos desde o início até a finalização do estudo. O passo 1: definir pergunta e objetivos da pesquisa, consiste na elaboração de um planejamento de execução do processo. Para isto é elaborado um protocolo de revisão, o qual visa definir o objetivo do estudo, estabelecer as ideias e hipóteses de temas a serem abordados, formular os questionamentos que devem ser respondidos e organizar os procedimentos a serem seguidos durante a execução do método, além da definição dos termos de busca.

Os termos de busca da pesquisa foram delimitados em 5 expressões relacionadas, sendo elas: “*additive manufacturing for medical devices*”, “*additive manufacturing in medicine*”, “*medicine and 3D printing*”, “*applications of the additive manufacturing in medicine*” e, “*additive manufacturing for medical cases*”.

No passo 2: estabelecer critérios de seleção e fazer busca, é a parte em que são estipulados todos os critérios que serão utilizados para fazer a seleção dos materiais. Os critérios estabelecidos foram os seguintes:

- **Critério de Inclusão (CI):**
 - o CI1: Tem afinidade/familiaridade com o tema?
 - o CI2: Apresenta a utilização da MA na medicina?
 - o CI3: Tem relação com as expressões de busca?

- **Critérios de Exclusão (CE):**
 - o CE1: Repetição
 - o CE2: Não tem a ver com o tema nem com os termos de busca
 - o CE3: Artigos em idiomas que não for o Inglês
 - o CE4: Estudos focados em materiais para MA

Definido os critérios, as expressões de busca estabelecidas no passo 1, foram submetidas a base de pesquisa acadêmica, *Science Direct*, apresentadas como: “*Additive Manufacturing for Medical Devices*” (AMMD); “*Additive Manufacturing in Medicine*” (AMM); “*Medicine and 3D Printing*” (M3DP); “*Applications of the additive manufacturing in Medicine*” (AAMM) e; “*Additive Manufacturing in Medicine Cases*” (AMMC). No filtro de busca da base, foram selecionados somente artigos de revisão de acesso livre, entre os períodos de 2018 a 2020, buscando garantir que as informações coletadas fossem as mais atuais.

A escolha de uma base de dados somente se deu pelo fato de que o Science Direct é vinculado a Elsevier, uma das maiores editoras de literatura médica em nível mundial. Por essa razão, entende-se que é importante analisar o andamento das pesquisas nessa base de dados acadêmica.

Seguindo para o passo 3: categorizar estudos, neste por sua vez, os artigos filtrados pelo passo dois são listados de forma a ser feita uma nova análise. Avaliar os estudos selecionados, é o passo 4, nele é feita a análise e avaliação dos estudos listados no passo 3, a fim de ter maior acurácia nas informações que serão coletadas. Por conseguinte, no passo 5: interpretar os resultados, os artigos separados no passo 4, são submetidos a uma nova leitura para os sumarizar. Segue-se então, para o passo 6: apresentar revisão, fase final a qual é feita a elaboração do texto.

A avaliação de dos dados obtidos no decorrer do estudo, foram analisados por meio do método indutivo, que segundo Marconi e Lakatos (2003), almeja nortear a uma conclusão verdadeira baseado nas premissas estipuladas, as quais foram estudadas; para que dessa forma se tenha uma compreensão maior acerca do tema abordado. Além de utilizar uma abordagem quantitativa bibliométrica, o que possibilitou identificar e descrever uma gama de padrões através do número de citações de cada artigo (ARAÚJO, 2006).

3. Resultados e discussão

Com o desenvolvimento do processo de coleta, foram obtidos 686 artigos. Após, realizou-se a aplicação dos critérios de inclusão (CI1, CI2, CI3) e de exclusão (CE1, CE2, CE3), resultando em 22 artigos, vide tabela 1. Tendo concluído o passo 2, no passo 3 foi feita a categorização dos estudos. Nela todos os artigos selecionados foram listados em uma planilha de Excel, juntamente com o nome dos autores, título da obra e resumo (abstract) da pesquisa, a fim de elaborar um banco de dados, e seguirem para o próxima etapa.

Feito isso, no passo 4 deu-se início a leitura mais aprofundada e rigorosa dos resumos através de leitura analítica, a qual visa organizar e sumarizar as informações a fim de solucionar os problemas do estudo (GIL, 2002), juntamente com a aplicação do critério de exclusão 4 (CE4) e ver quais artigos se aplicariam aos objetivos da pesquisa. Aqueles que não se aplicavam eram eliminados imediatamente.

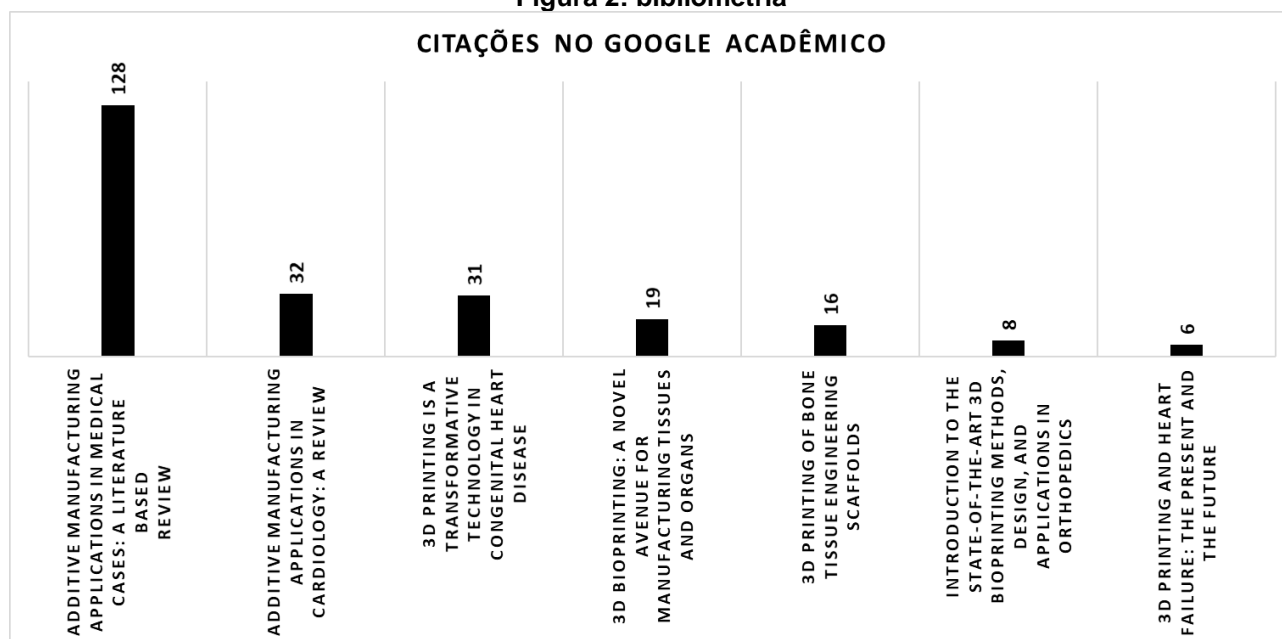
Dos 22 artigos retirados do primeiro filtro, 15 foram eliminados pela leitura analítica dos resumos e pelo CE4, permanecendo 7 artigos, como mostra tabela 1:

Tabela 1 – seleção de artigos

Expressões de busca	Science Direct	Execução dos critérios (passos 2 e 4)
AMMD	112	17
AMM	156	4
M3DP	111	1
AAMM	140	0
AMMC	167	0
	686	22

Fonte: os autores, (2020)

Os 7 estudos selecionados foram transferidos para uma análise quantitativa no Google Acadêmico, por meio da bibliometria, onde por ela foram verificadas as respectivas relevâncias dos artigos, de acordo com o número de citações de cada um, exemplificado pela figura 2. Deste modo, esta análise contribuiu com a pesquisa por realçar a importância dos estudos selecionados, visto número considerável de citações de alguns, bem como permitiu obter maior veracidade das informações coletadas.

Figura 2: bibliometria

Fonte: os autores, (2020).

No passo 5, os artigos aceitos mostrados pelo quadro 1, passaram para a leitura integral de cada um, a fim de localizar os objetivos da pesquisa e suas conclusões acerca do tema apresentado, para então ser elaborada uma síntese deles. Por conseguinte, no passo 6, deu-se início a elaboração do artigo de revisão com as informações obtidas no desenvolvimento dos passos anteriores.

Quadro 1: artigos selecionados

1	WANG, Chong et al	3D printing of bone tissue engineering scaffolds
2	FAROOQI, Kanwal M. et al.	3d printing and heart failure: The present and the future
3	HALEEM, Abid; JAVAID, Mohd; SAXENA, Anil	Additive manufacturing applications in cardiology: a review
4	JAVAID, Mohd; HALEEM, Abid	Additive manufacturing applications in medical cases: A literature based review
5	ZHANG, Bin et al	3D bioprinting: a novel avenue for manufacturing tissues and organs
6	ANWAR, Shafkat et al.	3D printing is a transformative technology in congenital heart disease.
7	SEMBA, Julia Anna; MIELOCH, Adam Aron; RYBKA, Jakub Dalibor	Introduction to the state-of-the-art 3D bioprinting methods, design, and applications in orthopedics

Fonte: os autores, (2020)

Em pesquisa publicada recentemente, Wang et al. (2020) apresentam uma revisão sobre os avanços da Manufatura Aditiva, na fabricação de andaimes de engenharia de tecidos ósseos, que funciona como uma tela onde nela são depositadas células as quais ajudam o paciente a ter uma melhor recuperação. A impressão 3D tradicional, segundo os autores, ainda possui algumas limitações para a fabricação dos andaimes de tecidos ósseos, entretanto essas dificuldades estão sendo estudadas em pesquisas. O que o estudo apresenta como conclusão é que se espera que alguns pontos sejam melhorados futuramente na área, tal como, a reprodução das estruturas dos andaimes iguais aos ossos naturais.

Já Farooqi et al. (2019) tratam sobre a importância da Manufatura Aditiva ao planejar pré-procedimentos em pessoas que possuem problemas os quais podem levá-las a um quadro de Insuficiência cardíaca. Os autores também mostram que a impressão 3D pode ajudar na cura do miocárdio infartado, seja por modelos os quais apresentam complexas doenças cardíacas congênitas ou também através de células impressas por meio de “bioimpressão”. Embora não tenha dados disponíveis que apresentem esses resultados, os autores concluem afirmando que a Impressão 3D vai continuar sendo o cerne de uma medicina mais individualizada, para o tratamento problemas cardíacos.

No ano de 2018, em estudo realizado por Haleem; Javid e Saxena (2018), os autores discorrem sobre a aplicação juntamente com o desenvolvimento de coisas feitas a partir da tecnologia aditiva, na medicina, mais especificamente em cardiologia. Com isso, eles apresentam que a impressão 3D fabrica modelos para estudar e desenvolver técnicas para procedimentos médicos com maior complexidade, e concluem dizendo que um modelo cardíaco 3D singulariza a condição de cada paciente e possibilita aos médicos elaborarem soluções específicas para cada paciente, além de servirem para uso acadêmico em treinamentos.

Paralelamente a isso, Javid e Haleem (2018) apresentam a aplicação da Manufatura Aditiva na medicina, juntamente com os benefícios e aplicações trazidas por essa tecnologia. Para isso, os autores apresentaram brevemente 40 aplicações da impressão 3D, com finalidades

médicas e suas conquistas. O estudo também aponta os 5 critérios que se pode conseguir utilizando a MA como fabricação, sendo eles: I A MA utiliza de dados médicos para produzir implantes mais precisos. II MA possibilita o alinhamento das necessidades de dispositivos médicos considerando o efeito de custo. III Fabricação de próteses tanto para área médica quanto na área odontológica. VI MA tem uma contribuição relevante para a fabricação de várias coisas na área da saúde, e nas áreas de desenvolvimento de implantes e próteses ela é muito importante. V A MA é usada tanto por cirurgiões quanto por médicos da geração passada os quais somente imaginavam essa tecnologia, que hoje está implementada. A pesquisa é concluída sumarizando as áreas de aplicação da impressão 3D, bem como reforçando seus benefícios.

Zhang et al. (2019), por sua vez, revisam o uso da Manufatura Aditiva e suas aplicações, passando desde as mais tradicionais formas de bioimpressão até as *bioinks*, também conhecidas como tintas biológicas. Além de apresentarem a aplicação da MA em outras áreas, como fabricação de tecidos tanto sólidos quanto ocos. É enfatizado também, a necessidade de se ter uma tecnologia capaz de produzir órgãos e tecidos para transplantes. Os autores ressaltam alguns pontos que precisam de melhorias nesses processos, tais como a velocidade de impressão, a resolução, bem como a impressão de vascularização, entre outros, e finalizam dizendo que se os pontos apresentados forem trabalhados para melhoria e aprimoramento, eles ajudarão significativamente no desenvolvimento de toda parte de engenharia de tecidos e medicina regenerativa.

Para Anwar et al., (2018), os quais realizaram uma revisão do papel da MA em doenças cardíacas congênitas (CHD), a MA está implicando em certos aspectos centrais do cuidado com CHD, como a possibilidade de realizar uma cirurgia mais precisa e conseqüentemente menos dificultosa. A fabricação de modelos, projetados a partir da impressão 3D, além de ajudar o aprendizado e fomentar a prática, eles também facilitam a interação multidisciplinar entre os grupos, acarretando menos erros médicos. Paralelamente a isso, aumentam a interação de pacientes com seus familiares, melhorando nas tomadas de decisões. Os autores finalizam o documento salientando a necessidade de haver mais dados a fim de quantificar os benefícios em potencial da MA.

Por fim, Semba; Mieloch e Rybka (2020) tratam sobre a utilização da impressão 3D em ossos e cartilagens. Os autores mostram que há grandes expectativas para que a aplicação da MA nessa área tenha sucesso, pois como a cartilagem tem baixa capacidade de se regenerar, a necessidade de transplantes é mais recorrente. No que diz respeito a capacidade de regeneração de um osso, ela é bem maior que a da cartilagem, entretanto ainda há chances de falha no processo. A pesquisa é concluída, evidenciando que possíveis riscos relacionados a aplicação clínica dos protótipos feitos da bioimpressão, precisam ser analisados detalhadamente bem como procedimentos legais para uso. Mas que a bioimpressão 3D pode vir a ser uma nova opção de terapia no que diz respeito a tratamentos de cartilagens e ossos.

Pode-se observar, com o processo de revisão integrativa, que há um consenso entre os autores sobre os benefícios que a Manufatura Aditiva traz na área das ciências médicas, juntamente com seu potencial em desenvolver uma medicina mais individualizada, como exposto por Farooqi et al., (2019) e Haleem; Javid e Saxena, (2018). De mesmo modo, a utilização dos protótipos para facilitar o aprendizado e como resultado a redução de erros médicos, indicado por Anwar et al., (2018).

Ademais, cresce o número de estudos envolvendo a Manufatura Aditiva na medicina, como o desenvolvimento de tecidos a partir da impressão 3D, área essa que se encontra em ascensão, como exposto por Wang et al., (2020) e Zhang et al., (2019), mas ressaltam que ainda há a necessidade de pesquisas mais aprofundadas para o melhor aprimoramento da tecnologia.

Portanto, pode-se afirmar que a flexibilidade de produção da MA e seu crescimento na medicina, é evidente Sua utilização vai desde estudos em criação de cartilagens, como denotado por Semba; Mieloch e Rybka, (2020), fabricação de tecidos e implantes ósseos, até o desenvolvimento de coração humano, além de uma variedade de benefícios, como os 5 critérios que se pode conseguir utilizando-a como meio de fabricação, retratado por Javid e Haleem (2018).

4. Considerações finais

Por meio da aplicação da Revisão Integrativa, foi possível realizar o levantamento e a análise de estudos mais recentes sobre MA na medicina. Observou-se que a utilização da MA, bem como de suas vertentes, como a bioimpressão, estão sendo amplamente utilizados e demonstram resultados satisfatórios.

Um dos maiores benefícios da Manufatura Aditiva é a capacidade de produzir protótipos com características muito próximas as condições dos pacientes, além de ser uma produção com grande capacidade de flexibilização. Isso é o que torna essa tecnologia atrativa para o estudo e aplicação em tratamentos de problemas com maior complexidade.

Respondendo à pergunta de pesquisa, “quais são as aplicações da Manufatura Aditiva na medicina?”, percebeu-se que sua aplicação é bastante recorrente na fabricação de implantes e tecidos, podendo ser ósseos ou não, e em cardiologia onde é amplamente utilizado para pesquisas, aprendizado e estudo de casos singulares. Mediante ao exposto, conclui-se que os objetivos da pesquisa foram alcançados.

Por fim, cabe ressaltar que esta revisão considerou artigos de uma única base de dados, e está limitado a 5 expressões de busca. Para estudos futuros, recomenda-se a ampliação do escopo de pesquisa, bem como da base de pesquisa acadêmica.

Referências

ANWAR, Shafkat et al. **3D printing is a transformative technology in congenital heart disease**. JACC: Basic to Translational Science, v. 3, n. 2, p. 294-312, 2018.

ARAÚJO, Carlos Alberto. **Bibliometria: evolução histórica e questões atuais**. Em Questão, v. 12, n. 1, p. 11-32, 2006. Disponível em: <<https://seer.ufrgs.br/EmQuestao/article/view/16>> Acesso: 25/05/2020.

FAROOQI, Kanwal M. et al. **3d printing and heart failure: The present and the future**. JACC: Heart Failure, v. 7, n. 2, p. 132-142, 2019.

GIBSON, Ian et al. **Additive manufacturing technologies**. New York: Springer, 2010.

GIL, Antonio Carlos. **Métodos e técnicas de pesquisa social**. 4.ed. São Paulo: Atlas, 2002.

HALEEM, Abid; JAVAID, Mohd; SAXENA, Anil. **Additive manufacturing applications in cardiology: a review**. The Egyptian Heart Journal, v. 70, n. 4, p. 433-441, 2018.

JAVOID, Mohd; HALEEM, Abid. **Additive manufacturing applications in medical cases: A literature based review**. Alexandria Journal of Medicine, v. 54, n. 4, p. 411-422, 2018.

LAKATOS, Eva Maria; MARCONI, Marina de Andrade. **Fundamentos de Metodologia Científica**. 5.ed. São Paulo: Editora Atlas. 2003.

MENDES, Karina Dal Sasso; SILVEIRA, Renata Cristina de Campos Pereira; GALVAO, Cristina Maria. **Revisão integrativa: método de pesquisa para a incorporação de evidências na saúde e na enfermagem**. Texto contexto - enferm., Florianópolis, v.17, n. 4, p. 758-764, Dezembro. 2008.

SCHWAB, Klaus. **A quarta revolução industrial**. Edipro, 2016.

SEMBA, Julia Anna; MIELOCH, Adam Aron; RYBKA, Jakub Dalibor. **Introduction to the state-of-the-art 3D bioprinting methods, design, and applications in orthopedics**. Bioprinting, v. 18, p. e00070, 2020.

VOLPATO, N.; CARVALHO, J. MUNHOZ, A. L J. et al. **Manufatura Aditiva: Tecnologias e aplicações da impressão 3D**, v. 3, p. 15-29, 2017.

WANG, Chong et al. **3D printing of bone tissue engineering scaffolds**. Bioactive Materials, v. 5, n. 1, p. 82-91, 2020.

ZHANG, Bin et al. **3D bioprinting: a novel avenue for manufacturing tissues and organs**. Engineering, v. 5, n. 4, p. 777-794, 2019.