

MANUFATURA ADITIVA DE TITÂNIO APLICADA A ODONTOLOGIA: UMA ANÁLISE BIBLIOMÉTRICA*

Fábio Silva de Oliveira¹
Edilvando Pereira Eufrázio²

Resumo

Destaques: Este artigo fez uma revisão da literatura sobre manufatura aditiva de titânio, através de centralidades gráficas e técnicas bibliométricas, investigando as interações na temática. Portanto, o artigo pretende responder à seguinte questão de pesquisa: Qual o estado da arte da manufatura aditiva de titânio aplicada à odontologia? **Objetivo:** compreender a dinâmica e a tendência das publicações nessa área e investigar a relação de autores e de citações em uma base de conhecimento. **Método:** Recuperação de artigos científicos na Web of Science, relacionados à manufatura aditiva de titânio aplicado a odontologia. **Resultados:** Depois de fazer os filtros e considerando apenas os artigos, encontramos 122 artigos no banco de dados da Web of Science. Com o uso de técnicas de análise bibliométrica, foi possível identificar os autores mais influentes e como se relacionam. **Conclusão:** Através do desenvolvimento do trabalho, foi possível comparar a Produção Científica que trata do Titânio e da manufatura aditiva aplicada em odontologia, esta investigação mostrou que a produção científica englobando o tema está crescendo, havendo destaque em certas áreas tais como as áreas industrial e da saúde.

Palavras-chave: Titânio; Manufatura Aditiva; Odontologia; Bibliometria.

ADDITIVE MANUFACTURING OF TITANIUM APPLIED IN DENTISTRY: A BIBLIOMETRIC ANALYSIS.

Abstract

Highlights: This article made a literature review of Titanium and additive manufacturing, through graph centralities and bibliometric techniques, investigating the interactions into the thematic. Therefore, the article aims to answer the following research question: What is the state of the art of additive manufacturing of titanium applied to dentistry? **Objective:** to understand the dynamics and the tendency of publications in this area, and to investigate the relation of citations authors within a knowledge base. **Method:** Retrieval of scientific articles in the Web of Science, related to Titanium and additive manufacturing. Also the construction of multiple bibliometric indicators. **Results:** After making the filters and considering only articles, we found 122 articles in the Web of Science database. With the use of bibliometric analysis techniques, it was possible to identify the most influential authors, keywords **Conclusion:** Through the development of the work, it was possible to compare the Scientific Production that deals with Titanium and additive manufacturing applied in dentistry, this investigation showed that the scientific production encompassing the theme is growing and there is the prominence of certain areas that deal more on the subject, such as the health and industrial areas.

Keywords: Titanium; Additive Manufacturing; Dentistry; Bibliometrics.

¹ Químico (IFRJ), Mestre em Ciências dos Materiais (IME), Doutorando em Ciências dos Materiais (IME), Instituto Nacional de Tecnologia (INT/MCTIC), Rio de Janeiro, RJ, Brasil.

² Estatístico (ENCE-IBGE), Mestre em Engenharia de Produção (UFF), Doutorando em Engenharia de Produção (UFF), Instituto Nacional de Tecnologia (INT/MCTIC), Rio de Janeiro, RJ, Brasil.

1 INTRODUÇÃO

O presente trabalho apresenta uma pertinente revisão da literatura sobre o uso de manufatura aditiva de titânio aplicado na odontologia através do uso de técnicas bibliométricas. O trabalho é dividido em uma breve introdução que delimita o escopo e os objetivos do trabalho; um referencial teórico, metodologia, resultados e conclusões.

1.1 - Questão de pesquisa

Qual é o estado da arte da manufatura aditiva de titânio aplicada à odontologia?

1.2 Objetivos de pesquisa

Para responder a questão, este artigo tem como objetivo macro identificar as correlações (relações) entre manufatura aditiva de titânio e a odontologia. No entanto, para ajudar a alcançar este objetivo mais geral, foram definidos os seguintes objetivos específicos:

- a) Construir um banco de dados de publicações para investigar o tema;
- b) Realizar uma análise estatística descritiva do banco de dados encontrado;

2- Referencial Teórico

A manufatura aditiva tem sido amplamente estudada nos últimos anos na academia, na tentativa de otimizar a fabricação de peças de engenharia, para diversas aplicações, entre elas, as relativas às áreas de saúde, médica e odontológica.

De acordo com Oberoi (2018), o impulso por trás do avanço na impressão 3D para medicina e odontologia surge da possibilidade de se produzir produtos individualizados, de forma econômica, em produções de pequena escala. Esta tendência é refletida pelo aumento do número de publicações sobre este tema, na medicina e na odontologia, que vem aumentando nos últimos 10 anos. Olhando para as especialidades odontológicas, fica evidente que a atenção na impressão 3D está focada, principalmente, em aplicações em cirurgia oral e prótese dentária, seguido por ortodontia, enquanto há um número limitado de publicações sobre aplicações em periodontia e endodontia.

Segundo Mortadi (2018), pelas técnicas de fabricação em manufatura aditiva, peças com geometria complexas são facilmente produzidas através da utilização de programas computacionais, como o CAD, por exemplo.

Vários materiais metálicos tem sido utilizados na manufatura aditiva para a produção de próteses odontológicas, entre elas, as ligas de titânio, em especial a Ti6Al4V, por

conta de propriedades mecânicas superiores, além de grande resistência à corrosão, associadas a essas ligas. Tais propriedades são essenciais às aplicações odontológicas para próteses.

2 DESENVOLVIMENTO

2.1 - Métodos

Esta seção traz a metodologia utilizada na construção do artigo.

2.1.1 - Construção da base de dados de artigos

Para a construção do banco de dados, foram utilizados os seguintes termos de pesquisa: (“Titanium”) AND (“aditivo manufacturing”) OR (“impressão 3D”) OR (“prototipagem rápida”) OU (“ferramental rápido”) OU (“Escaneamento 3D”) OU (“engenharia reversa”) E (“odontologia”) OU (“odontológico”) OU (“ortodontista *”) OU (“medicina dentária”) OU (“ortodôntico”) OU (“dentista *”) OU (“dental *”). A busca foi feita considerando a concatenação de três áreas temáticas, uma vez que a idéia era filtrar artigos que necessariamente tratassem de manufatura aditiva, titânio e odontologia. Assim, esses temas centrais foram unidos e, entre cada um deles, trabalharam com os sinônimos para que a busca fosse abrangente. Após as reduções e a extração de duplicidades, foram obtidos 122 artigos (artigos, anais e resenhas) que foram colocados na base de estudo. Depois de toda essa seleção e redução, um arquivo Bibtex foi gerado.

2.1.2 - Leitura dos dados

Para a leitura dos dados foi utilizada a linguagem R (R Core Team (2018)) de análise estatística dos dados. Também foi utilizado o pacote bibliometrix (Aria, M. & Cuccurullo, 2017) que permite a leitura e a análise de dados em formato de referências bibliográficas.

2.1.3 - Análise Descritiva

Para ter uma visão descritiva de como os 122 artigos da base são distribuídos, foram construídas as seguintes variáveis: autores mais produtivos, citações médias por ano, países mais produtivos.

2.2- Resultados

Nesta seção, os resultados serão apresentados. A seção é dividida entre análise estatística descritiva e análise de palavras-chave. Os resultados e os comentários apropriados serão mostrados.

2.2.1 - Análise Estatística Descritiva

Tabela 1 - Estatísticas resumidas

DESCRIÇÃO	RESULTADOS
-----------	------------

Documentos	122
Fontes (Jornais, Livros, etc.)	93
Palavras-chave (ID)	435
Palavras-chaves Autores (DE)	360
Período	2000 - 2019
Média de citações por documentos	16.11
Autores	520
Aparições dos autores	623
Autores de documentos em autorias individuais	3
Autores de documentos em autorias com vários autores	517
Documentos de autoria única	3
Documentos por autor	0.235
Autores por documento	4.26
Co-autores por documento	5.11
Índice de colaboração	4.34
TIPOS DE DOCUMENTOS	
Artigo	96
Artigo, anais de eventos	2
Anais de eventos	15
Revisões	9

A tabela acima resume os resultados do conjunto de artigos. Aqui vemos que o período coberto é aquele compreendido entre 2000 e 2019. Outro fator interessante é que existe uma média razoável de citações dos artigos (16.11). Ainda há um número considerável de autores na base e um baixo número de documentos com um único autor (3), ou seja, isso mostra uma grande colaboração entre os autores.

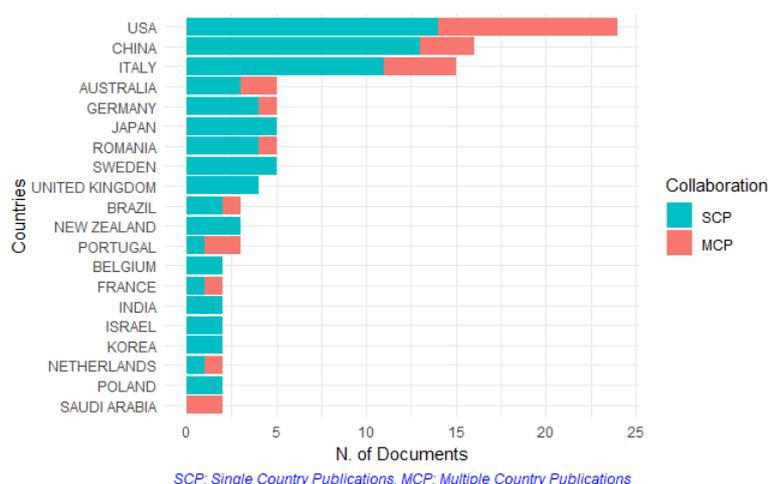


Figura 1. Gráfico dos países mais produtivos

Este gráfico traz a produção de artigos dos 20 países mais produtivos. Conforme descrito na legenda a área em verde corresponde à produção do país sem considerar a colaboração com outros países e a área em laranja considera os artigos publicados em colaboração com outros países. Nesta análise vale destacar que os EUA se apresentam com a maior produção absoluta de artigos, além

daqueles produzidos apenas em colaboração com eles, o país também mostra a maior colaboração entre os países. E ainda há uma produção considerável na China e na Itália.

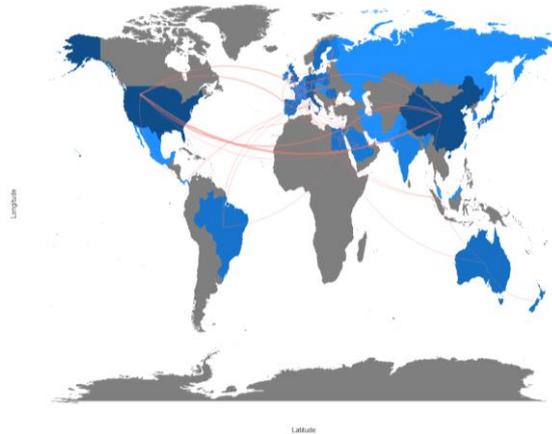


Figura 2. Mapa de colaboração por país

A Figura 2 mostra a distribuição global da produção científica em torno do tema. No mapa é considerada a relação de parceria entre os autores, ou seja, cada link representa que há pelo menos uma colaboração entre autores desses países. Nota-se também que existe uma intensa relação entre os EUA e a Europa e a Ásia, o que está de acordo com o que já foi demonstrado na produção científica dos países.

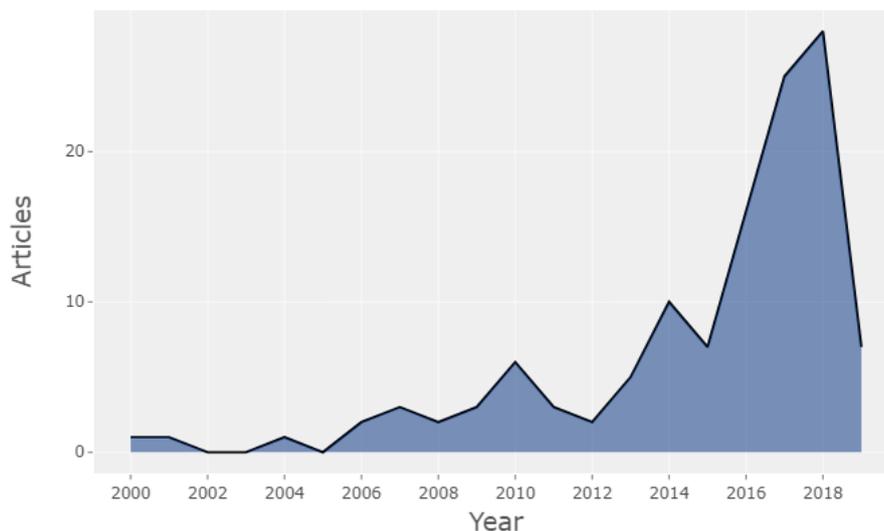


Figura 3. Gráfico da produção científica anual

Este gráfico nos dá uma visão geral de como o assunto foi abordado. É possível identificar um número crescente de publicações desde 2012 que se intensificaram nos últimos anos. Isso corrobora a crescente importância do assunto.

Tabela 2. Revistas com o maior número de artigos publicados

REVISTAS	ARTIGOS
Materials	6
Dental materials	4
International journal of oral & maxillofacial implants	4
Journal of prosthetic dentistry	3
Rapid prototyping journal	3
Acta biomaterialia	2
Annals of biomedical engineering	2
Applied surface science	2
Biofabrication	2
British journal of oral & maxillofacial surgery	2
International journal of computerized dentistry	2
International journal of oral and maxillofacial surgery	2
Journal of advanced prosthodontics	2
Journal of biomedical materials research part a	2
Journal of the american dental association	2
Materials & design	2
Revista de chimie	2

A Tabela 2 mostra os periódicos com maior número de publicações considerando o conjunto de artigos. Esses dados são uma indicação de quais periódicos consideraram o tópico.

Tabela 3. Artigos ordenados por local de citação

ARTIGO	DOI	ANO	CITAÇÕES LOCAIS	CITAÇÕES GLOBAIS
TRAINI T, 2008, DENT MATER	10.1016/J.DENTAL.2008.03.029	2008	18	188
CHENG A, 2014, BIOFABRICATION	10.1088/1758-5082/6/4/045007	2014	6	48
KRISHNA BV, 2007, ACTA BIOMATER	10.1016/J.ACTBIO.2007.03.008	2007	5	211
KOIKE M, 2011, MATERIALS	10.3390/MA4101776	2011	4	79
TUNCHEL S, 2016, INT J DENT	10.1155/2016/8590971	2016	3	18
WU M, 2001, DENT MATER	10.1016/S0109-5641(00)00037-3	2001	2	36
BORMANN T, 2012, J MATER ENG PERFORM	10.1007/S11665-012-0318-9	2012	1	60
LYCZKOWSKA E, 2014, ARCH CIV MECH ENG	10.1016/J.ACME.2014.03.001	2014	1	26
TOTU EE, 2017, J DENT	10.1016/J.JDENT.2017.02.012	2017	1	23
PRASAD K, 2017, MATERIALS	10.3390/MA10080884	2017	1	22
HARUN WSW, 2018,	10.1016/J.POWTEC.2	2018	1	21

POWDER TECHNOL	017.12.058			
MATSUO A, 2010, ODONTOLOGY	10.1007/S10266-009- 0111-X	2010	1	20
ZANETTI EM, 2017, AUSTRALAS MED J	10.21767/AMJ.2017.3 093	2017	1	17

Para a construção da tabela 3, foram considerados artigos que receberam pelo menos uma citação local, que considera apenas os artigos da base de estudo (122 artigos). Na coluna do lado há a cotação global do artigo considerando todo o banco de dados do WoS. Vale a pena notar que as citações locais estão relacionadas com as citações em WoS, mas os artigos mais citados dentro da base não foram necessariamente os mais citados globalmente.

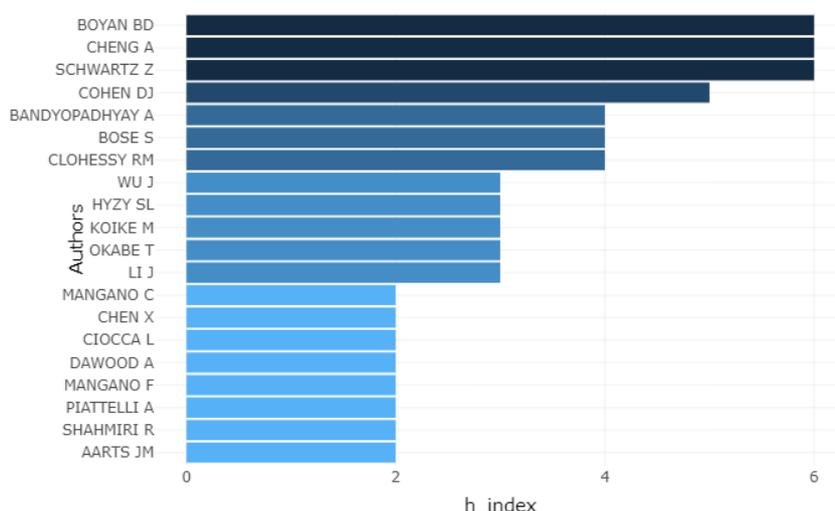


Figura 4. Índice H do autor.

Outro indicativo de relevância é apresentado na figura 4, que traz o índice H dos 20 autores com o maior índice H. Aqui, o cálculo desse índice considerou apenas as citações presentes no conjunto de artigos (122). Ou seja, esse é um fator de relevância do autor com o sujeito ou pesquisado, o que não indica necessariamente toda a sua produtividade em outros assuntos.

3 CONCLUSÃO

Com o uso de técnicas de análise bibliométrica, foi possível identificar os autores mais influentes, os mais centrais através das medições de centralidades gráficas. O artigo traz uma metodologia que pode ser estendida para outros tópicos, de modo que, se o fluxo de trabalho apresentado for seguido, pode auxiliar na busca de relacionamentos em outros campos do conhecimento. Além disso, o presente artigo relata a análise de citações e outros gráficos, com o uso de centralidades e também a descrição estatística, a fim de reduzir a quantidade de análises a serem realizadas. Isso deve ser feito em grandes bases de artigos, considerando que, ao encontrar os autores, mais centrais, é possível delimitar o foco e ganhar em escala de tempo. Através do desenvolvimento do trabalho, foi possível comparar a produção científica que lida com a Manufatura Aditiva de Titânio Aplicada a Odontologia.

3.1 Contribuições

Entende-se que, além das correlações e análises realizadas, o presente trabalho pode ser estruturado como um fluxo de trabalho para análise e criação de outras bases de dados envolvendo outros tópicos.

3.2 Limitações e trabalhos futuros

Como limitações do trabalho, é indicado o uso de um único repositório de dados, a Web of Science. E no sentido da indicação de trabalhos futuros, pode-se sugerir a sistematização do processo utilizado para a validação desse, em uma metodologia. O uso da técnica em outros tópicos para entender o funcionamento de outras áreas do conhecimento. O uso de clustering para o estudo de variáveis.

Agradecimentos

Gostaríamos de agradecer ao Ministério da Ciência, Tecnologia, Inovações e Comunicações (MCTIC) e, em especial, ao Instituto Nacional de Tecnologia (INT/MCTIC).

REFERÊNCIAS

1. ARIA, M. & Cuccurullo, C. bibliometrix: An R-tool for comprehensive science mapping analysis, Journal of Informetrics, 11(4), pp 959-975, 2017.
2. CHASTAND, V. Fatigue characterization of Titanium Ti-6Al-4V samples produced by Additive Manufacturing. Science direct. ECF21. Italy, 2016.
3. DIKOVA. T. Microstructure and hardness of fixed dental prostheses manufactured by additive Technologies. Journal of achievements in materials and manufacturing engineering. V. 71. Polônia, 2015.
4. KRUTH, JP. Selective laser melting of biocompatible metals for rapid manufacturing of medical parts. Rapid Prototyping Journal. U K, 2007.
5. MANGANO, F. Histological Evidence of the Osseointegration of Fractured Direct Metal Laser Sintering Implants Retrieved after 5 Years of Function. Biomed Research International. U K, 2014.
6. WYCISK, E. Effects of Defects in Laser Additive Manufactured Ti-6Al-4V on Fatigue Properties. Science direct. 8th International Conference on Photonic Technologies. Lane, 2014.