

**Tecnologia, inovação e sustentabilidade:
50 anos de Cursos de Tecnologia no Brasil.**

Fabricação da liga Ti-6Al-4V por Manufatura Aditiva: uma análise bibliométrica da produção científica

Chen Juanhuan¹, Humber Furlan², Altair Marques Pereira Filho³, Luciana Reyes Pires Kassab⁴

Resumo - Devido à crescente aplicabilidade da Manufatura Aditiva como processo de fabricação em diversos setores industriais, despertando um aumento de interesse na área científica, este artigo apresenta um estudo bibliométrico acerca da Manufatura Aditiva, especificamente da liga Ti-6Al-4V, por meio de dados bibliográficos indexados na base dados *Web of Science* entre o período de 2014 e 2019. Este estudo forneceu 10 artigos para uma análise mais profunda de dados relacionados às propriedades mecânicas e superficiais e parâmetros de fabricação do Ti-6Al-4V, e em seguida, apresentados os principais pontos da revisão.

Palavras-chave: Manufatura Aditiva Ti-6Al-4V, Impressão 3D Ti-6Al-4V, Bibliometria, Análise bibliométrica.

Abstract - Due to the increasing applicability of the Additive Manufacturing as a manufacturing process in several industrial sectors, arousing an increase of interest in the scientific area, this paper presents a bibliometric study on the Additive Manufacturing, specifically the Ti-6Al-4V alloy, using indexed bibliographic data in the Web of Science database between the period 2014 and 2019. This paper provided 10 articles for a deeper analysis of data related to the mechanical and surface properties and manufacturing parameters of Ti-6Al-4V and then presented the main points of the review.

Keywords: Additive Manufacturing Ti-6Al-4V, 3D printing Ti-6Al-4V, Bibliometric, Bibliometric analysis.

1. Introdução

Compreende-se que a inovação é um aspecto a ser considerado em diversos setores organizacionais, principalmente no desenvolvimento de novos processos de fabricação.

¹ Centro Estadual de Educação Tecnológica Paula Souza–CEETEPS, e-mail: cjuanhuan@gmail.com

² Centro Estadual de Educação Tecnológica Paula Souza–CEETEPS, e-mail: humber@fatecsp.br

³ Centro Estadual de Educação Tecnológica Paula Souza–CEETEPS, e-mail: altair.pereira@cpspos.sp.gov.br

⁴ Centro Estadual de Educação Tecnológica Paula Souza-CEETEPS, e-mail: kassablm@osite.com.br

A Manufatura Aditiva, também conhecida como impressão 3D produz menores quantidades de resíduos; redução do uso de matéria-prima; do tempo de produção ou até do custo de fabricação, mantendo a qualidade do produto final, mas acarretando em um menor impacto ambiental e menor custo de produção quando comparada com os processos tradicionais de fabricação, como a fundição e usinagem.

Neste contexto vale destacar também os fatores limitantes da Manufatura Aditiva que segundo Berman (2012), acabamentos superficiais; resistência limitada à tensão, ao calor e à umidade elevada são alguns fatores a serem considerados.

Tendo em vista a grande aplicabilidade da Manufatura Aditiva em diversos setores industriais, mas principalmente na aeroespacial e médica com a utilização de pó metálico da liga Ti-6Al-4V processado por meio de feixe de elétrons (Fusão por Feixe de Elétrons- EBM) ou feixe de laser (Sinterização Seletiva a Laser- SLS, Fusão Seletiva a Laser- SLM), é necessária a elaboração de indicadores bibliométricos para este tema, proporcionando uma visão holística aos pesquisadores.

O objetivo neste artigo é a realização de uma pesquisa bibliométrica utilizando a base de dados *Web of Science* (WoS) para medir os índices de publicações científicas acerca das propriedades mecânicas e superficiais e parâmetros de fabricação especificamente do Ti-6Al-4V quando fabricada por algum dos meios de processos encontrados na Manufatura Aditiva para metais e suas ligas.

2. Referencial Teórico

Apresenta-se neste tópico um breve referencial teórico relacionado ao processo de Manufatura Aditiva, liga Ti-6Al-4V e análise bibliométrica.

2.1. Manufatura Aditiva e Ti-6Al-4V

Conhecida inicialmente como Prototipagem Rápida (*Rapid Prototyping* – RP), a Manufatura Aditiva (*Additive Manufacturing* – AM) inovou como processo de manufatura ao deixar de ser aplicado apenas para confecção de protótipos não funcionais ou semi-funcionais, passando a produzir componentes funcionais com grande complexidade e propriedades mecânicas e de acabamento dos produtos, se aproximando muito aos processos convencionais de fabricação, expandindo a sua aplicabilidade para diversos setores industriais (EDGAR; TINT, 2015).

Ampliou-se a gama de matéria-prima para cerâmicas, polímeros, metais e suas ligas e compósitos (FRAZIER, 2014) para esse processo de fabricação atualmente. Segundo Chastand et al. (2017), com a industrialização da Manufatura Aditiva, componentes metálicos ganharam uma grande vigência neste processo.

Dentro da Manufatura Aditiva existe uma ampla quantidade de processos, dotados com diferentes características e particularidades, por exemplo, tipo de matéria-prima ou energia utilizada para transformar o material no produto final desejado. Porém todos os processos possuem o mesmo princípio básico de funcionamento, a geração de um objeto tridimensional (3D) por meio da adição de camada por camada de material. Ou seja, são adições de sucessivas camadas bidimensionais (2D) para o desenvolvimento de uma construção 3D (SILVA et al, 2015).

Uma das várias características que alguns materiais construídos pela Manufatura Aditiva exibem é a anisotropia em diferentes propriedades mecânicas, causada pelo princípio de fabricação de camada por camada (ZHANG; LIU; TO, 2017).

A liga Ti-6Al-4V despertou um grande interesse de aplicabilidade principalmente para as indústrias aeroespacial e bioengenharia, devido às suas boas propriedades mecânicas, baixa densidade e boa resistência à corrosão (CHASTAND et al., 2017). Como biomaterial, a liga vem sendo gradualmente substituída pelo Ti cp (Titânio comercialmente puro), em razão da sua maior resistência mecânica (COUTO, 2006).

No entanto, há conhecimento de que as propriedades mecânicas dos materiais fabricados pela Manufatura Aditiva são bem diferentes dos convencionais. É difícil alcançar peças produzidas de alta qualidade, densidade de material homogênea e completa por Manufatura Aditiva, devido à dificuldade de execução, já que não há pressão mecânica envolvida, como no caso de processos de moldagem (KASPEROVICH, 2015).

2.2. Análise bibliométrica

A área científica está em constante desenvolvimento, o que leva à necessidade da aplicação de técnicas como a bibliometria, uma técnica estatística e quantitativa utilizada para acompanhar e medir o índice de produção científica em um determinado campo de saber (LOPES et al., 2012). Os estudos bibliométricos colaboram na sistematização das pesquisas realizadas para assim, endereçar problemas a serem investigados em pesquisa futuras (CHUEKE; AMATUCCI, 2015).

A realização de um estudo bibliométrico dissemina uma literatura existente, contribuindo para o desenvolvimento de novas formas de conhecimento, entendimento de novas temáticas e áreas, auxiliando na identificação de tendências na área científica (QUEVEDO-SILVA et al., 2016). O ponto central da diferenciação da tradicional bibliografia e bibliometria, é o fato da bibliometria utilizar de métodos quantitativos na busca por uma avaliação objetiva da produção científica (ARAÚJO, 2006).

3. Método

Este artigo é descritivo e utiliza-se de análise quantitativa ao apresentar tendências de pesquisa no tema ao realizar-se um estudo bibliométrico (QUEVEDO-SILVA et al., 2016).

Para o presente trabalho, no dia 03 de Maio de 2019 realizou-se uma análise quantitativa dos artigos relacionados à Manufatura Aditiva da liga Ti-6Al-4V entre os anos 2014 e 2019. Realizou-se a busca do material científico na base de dados da Principal Coleção do *Web of Science*.

Realizou-se uma busca básica por tópico no campo de pesquisa com as seguintes palavras-chave: “*Additive Manufacturing Ti-6Al-4V*” OR “*Additive Manufacturing Ti-6Al-4V mechanical properties*” OR “*3D print* Ti-6Al-4V*” e com as suas respectivas variações como o uso do termo Ti6AL4V (sem traços). Optou-se

também pelo refinamento da busca por artigos e de idioma inglês, resultando no número de 839 artigos.

Estes artigos foram exportados para o *software* EndNote, gravados como “Registro completo e referências citadas” e salvos no formato tipo ISI *Common Export Format*. Por meio do *software* Endnote, realizou-se uma verificação de possíveis artigos duplicados utilizando a função “*Find Duplicates*”, o que reduziu para um total de 816 artigos.

A etapa seguinte consistiu na elaboração e exportação de arquivos gerados dentro do *software* EndNote, com o formato “.txt” para o *Microsoft Excel* com os seguintes dados: periódicos e autores que mais publicam sobre o assunto e quantidade de publicações por ano sobre o assunto. Os dados dos países e instituições de ensino mundiais que mais publicam sobre o assunto foram obtidos dentro do *Web of Science* por meio do item “analisar resultados” e posteriormente também exportados para o *Microsoft Excel*.

Dos 816 artigos, optou-se apenas em selecionar aqueles cujos periódicos possuem classificação na área de avaliação ENGENHARIA III, para isso, pesquisou-se o *International Standard Serial Number* (ISSN) dos 193 periódicos em que os 816 artigos se encontram. A obtenção da qualificação de cada periódico fez-se por meio do Qualis-Periódicos, o qual se encontra dentro da Plataforma Sucupira da Capes. Qualis-Periódicos é um sistema utilizado pela Capes para a classificação das produções científicas.

Selecionou-se para leitura e análise mais profunda, a quantidade de 10 artigos classificados com o maior valor de estratificação, apresentados e discutidos no tópico de Resultados e Discussão. O estrato A1 possui fator de impacto igual ou superior a 3,800 e os periódicos inclusos neste estrato devem ter o fator de impacto medido pelo *Institute for Scientific Information* (ISI).

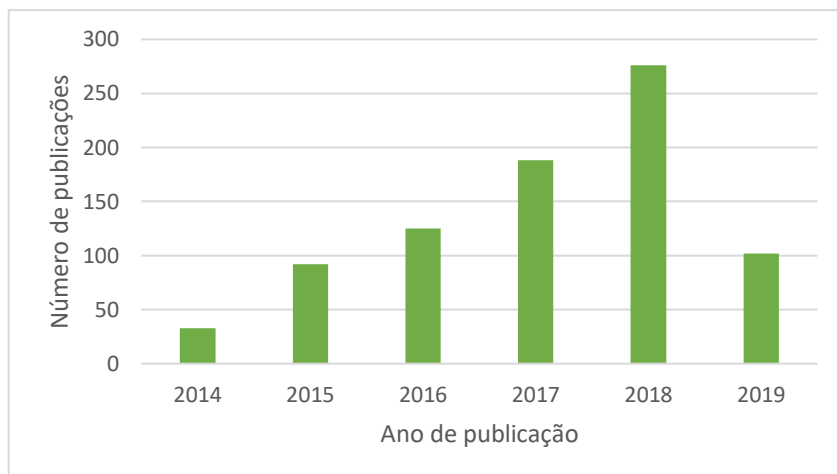
4. Resultados e Discussão

Neste tópico serão levantados e discutidos os principais resultados da pesquisa bibliométrica sobre a Manufatura Aditiva da liga Ti-6Al-4V.

4.1. Evolução das publicações anuais

Verificou-se a frequência de publicações relacionadas à Manufatura Aditiva do Ti-6Al-4V entre os anos 2014 e 2019, apresentada na Figura 1. Onde observa-se um aumento gradativo ao decorrer dos anos com relação à quantidade de artigos publicados. Até a data de 25 de Maio de 2019, o número de publicações de 2019 já se encontra acima dos anos de 2014 e 2015, e espera-se que até o final de 2019, o número de publicações deste ano supere o ano de 2018.

Figura 1- Quantidade de publicações entre 2014 e 2019 relacionados à Manufatura Aditiva do Ti-6Al-4V

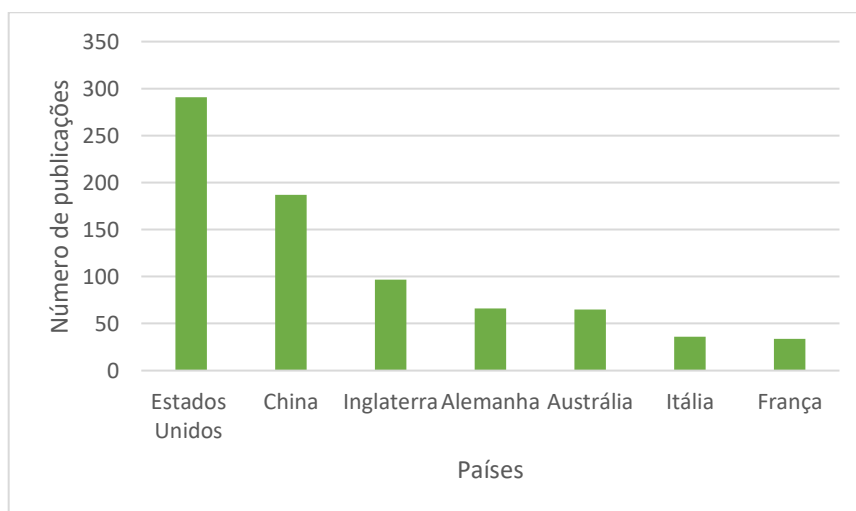


Fonte: Autores.

4.2. Origem, autores e instituições de ensino que mais publicam

Em referência à origem dos artigos, na Figura 2 mostra que as principais publicações provêm dos Estados Unidos com um número expressivo de 292 artigos publicados, seguido da China com 186 artigos. Neste contexto, das 7 principais instituições de ensino mundiais que mais publicam acerca do assunto, conforme na Tabela 1, 6 estão situadas nos Estados Unidos, o que justifica o país ficar em primeiro na lista dos países que mais publicam sobre o assunto.

Figura 2 - Países que mais publicam sobre Manufatura Aditiva do Ti-6Al-4V



Fonte: Autores.

Tabela 1 - Instituições de ensino que mais publicam sobre Manufatura Aditiva do Ti-6Al-4V

Rank	Instituição de Ensino	Artigos	%de 839
1°	PENNSYLVANIA COMMONWEALTH SYSTEM OF HIGHER EDUCATION PCSHE	52	6.19%
2°	PENN STATE UNIVERSITY	45	5.36%
3°	UNITED STATES DEPARTMENT OF ENERGY DOE	39	4.64%
4°	UNIVERSITY OF TEXAS SYSTEM	35	4.17%
5°	NORTHWESTERN POLYTECHNICAL UNIVERSITY	26	3.09%

Fonte: Web of Science (2019).

No *rank* das 6 principais instituições de publicações sobre o assunto, apenas a *Northwestern Polytechnical University* localiza-se na China, com um total de 26 artigos publicados.

Os principais autores ou coautores que detêm os maiores números de publicações também estão situados nos dois países que mais publicam, Estados Unidos e China, conforme mostra na Tabela 2.

Tabela 2 - Autores com maiores publicações

Rank	Autor	Artigos	País de Publicação
1°	Lin, X.	21	China
2°	Qian, M.	20	Austrália
3°	Zadpoor, A.A.	17	Holanda
4°	Huang, W.D	16	China
5°	Shamsaei, N.	16	EUA
6°	Beese, A.M.	15	EUA

Fonte: Autores.

4.3. Áreas de pesquisa com maior produção científica

Das categorias definidas pelo *Web of Science* relacionadas às áreas de pesquisa, um mesmo artigo pode estar situado em diversas categorias ao mesmo tempo. Dentre as categorias da área de pesquisa, a área da Ciência dos Materiais é a mais vasta, com a quantidade de 646 artigos associados à esta categoria, representando quase 80% dos 839 artigos. Seguida de Engenharia e Engenharia Metalúrgica com 331 e 260 artigos respectivamente, como mostra na Tabela 3, justificando a relevância para pesquisas relacionadas à microestrutura, assim como às diversas propriedades do material e dos parâmetros de fabricação.

Tabela 3 - Áreas de pesquisa com maior número de produção científica

Rank	Área de pesquisa	Artigos	%de 839
1°	Ciência dos Materiais	646	76.17%
2°	Engenharia	331	39.03%
3°	Engenharia Metalúrgica	260	30.66%
4°	Tecnologia da Ciência	91	10.73%
5°	Física	50	5.89%

Fonte: Web of Science (2019).

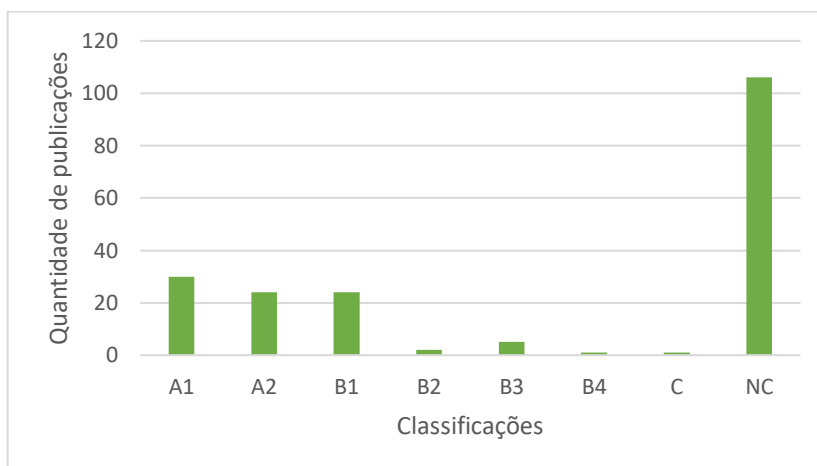
4.4. Publicações na área ENGENHARIA III

Para a última etapa deste trabalho, realizou-se a classificação dos periódicos dos 816 artigos. Os periódicos que não fazem parte da classificação em ENGENHARIA III foram separados em um único grupo. Os periódicos classificados em ENGENHARIA III foram agrupados em suas respectivas estratificações, conforme o Qualis-Periódicos.

Na Figura 3 mostra todas as classificações do total de 193 periódicos e suas respectivas quantidades de publicações. Nota-se a adição de uma coluna nomeada "NC", a qual engloba todos os periódicos não classificados em ENGENHARIA III (total de 106 periódicos).

Dos 87 periódicos classificados em ENGENHARIA III, há uma expressiva quantidade de publicações nas estratificações A1, A2 e B1, representando estratos principais e significativos de qualidade.

Figura 3 - Classificação do ISSN em ENGENHARIA III dos artigos selecionados



Fonte: Autores.

Posteriormente, para a realização da análise dos artigos, adotaram-se critérios como, a seleção apenas de artigos publicados em periódicos com classificação A1, conforme Tabela 4 em ENGENHARIA III (total de 176 artigos distribuídos em 30 periódicos); selecionados apenas aqueles que mencionavam em suas palavras-chave ou resumo termos como Manufatura Aditiva, propriedades mecânicas, porosidade, Ti-6AL-4V, TI6AL4V, SLS, SLM, EBM e caracterização mecânica.

Tabela 4 - Relação dos periódicos classificados em A1 na ENGENHARIA III

ISSN	Periódico	Artigos
0264-1275	Materials & Design	53
0924-0136	Journal of Materials Processing Technology	37
1044-5803	Materials Characterization	15
2045-2322	Scientific Reports	11
1742-7061	Acta Biomaterialia	11
1359-6462	Scripta Materialia	6
0178-7675	Computational Mechanics	4
1944-8252	Acs Applied Materials & Interfaces	4
0032-5910	Powder Technology	4
0890-6955	International Journal of Machine Tools & Manufacture	4
	International Journal of Heat and Mass Transfer	3
0017-9310		3
0043-1648	Wear	2
0020-7403	International Journal of Mechanical Sciences	2
0959-6526	Journal of Cleaner Production	2

0301-679X	Tribology International	2
0045-7825	Computer Methods in Applied Mechanics and Engineering	2
0045-7825	Applied Thermal Engineering	1
0022-5096	Journal of the Mechanics and Physics of Solids	1
0013-4651	Journal of the Electrochemical Society	1
0003-2670	Analytica Chimica Acta	1
1385-8947	Chemical Engineering Journal	1
0272-8842	Ceramics International	1
0263-8223	Composite Structures	1
0010-938X	Corrosion Science	1
0963-8695	Ndt & E International	1
0013-4686	Electrochimica Acta	1
0734-743X	International Journal of Impact Engineering	1
0749-6419	International Journal of Plasticity	1
1290-0729	International Journal of Thermal Sciences	1
0964-1726	Smart Materials and Structures	1

Fonte: Autores.

Ao analisar o *rank* dos periódicos que mais publicam sobre o assunto, nota-se na Tabela 5, que em primeiro lugar está a *Additive Manufacturing* com o total de 57 artigos, mas não classificada em ENGENHARIA III. Entre os 6 primeiros periódicos, 4 não estão inclusos no estrato A1 ou não classificados em ENGENHARIA III. Apenas *Materials & Design* e *Journal of Materials Processing Technology* fazem parte do estrato A1 da ENGENHARIA III, com a quantidade de 53 e 37 artigos respectivamente.

Tabela 5 - Classificação dos periódicos que mais publicam

Rank	Periódico	Artigos
1°	Additive Manufacturing	57
2°	Materials & Design	53
3°	Materials Science and Engineering a-Structural Materials Properties Microstructure and Processing	52
4°	Journal of Materials Processing Technology	37
5°	International Journal of Fatigue	32
6°	Jom	31

Fonte: Autores.

Apresentam-se na Tabela 6 os 10 artigos para leitura e análise, com seus respectivos ISSN, título, autores, ano de publicação e quantidade de citações.

Tabela 6 - Relação dos artigos selecionados para análise

ISSN	Título	Autores	Ano	Número de Citações
------	--------	---------	-----	--------------------

2045-2322	In-situ high-speed X-ray imaging of piezo-driven directed energy deposition additive manufacturing	Wolff, S.J.; et al.	2019	-
0264-1275	Anisotropic Ti-6Al-4V gyroid scaffolds manufactured by electron beam melting (EBM) for bone implant applications	Ataee, A.; et al.	2018	18
0178-7675	Characterization of metal additive manufacturing surfaces using synchrotron X-ray CT and micromechanical modeling	Kantzos, C. A.; et al.	2018	4
1044-5803	Microstructural characterization and comparison of Ti-6Al-4V manufactured with different additive manufacturing processes	Neikter, M.; et al.	2018	3
0264-1275	On the effect of internal channels and surface roughness on the high-cycle fatigue performance of Ti-6Al-4V processed by SLM	Gunther, J.; et al.	2018	8
1044-5803	Comparative study of fatigue properties of Ti-6Al-4V specimens built by electron beam melting (EBM) and selective laser melting (SLM)	Chastand, V.; et al.	2018	3
1359-6462	Role of anisotropic properties on topology optimization of additive manufactured load bearing structures	Zhang, P.; Liu, J. K.; To, A. C.	2017	18
0264-1275	Effects of laser processing parameters on the mechanical properties, topology, and microstructure of additively manufactured porous metallic biomaterials: A vector-based approach	Ahmadi, S. M.; et al.	2017	7
0924-0136	Effects of scanning parameters on material deposition during Electron Beam Selective Melting of Ti-6Al-4V powder	Guo, C.; Ge, W. J.; Lin, F..	2015	25
0924-0136	Improvement of fatigue resistance and ductility of TiAl6V4 processed by selective laser melting	Kasperovich, G.; Hausmann, J.	2015	130

Fonte: Autores.

Optou-se por selecionar artigos mais recentes, nota-se também na Tabela 6, que os artigos dos últimos 2 anos não possuem um número expressivo de

citações, como no caso do artigo, *In-situ high-speed X-ray imaging of piezo-driven directed energy deposition additive manufacturing*, sendo o mais recente, publicado neste ano, 2019.

5. Considerações finais

Por meio de alguns critérios preestabelecidos foram levantados alguns dados da pesquisa bibliométrica utilizando a base de dados *Web of Science*, estes dados foram brevemente discutidos. Posteriormente houve a seleção de um total de 10 artigos para uma análise mais profunda e cuidadosa acerca das propriedades mecânicas e superficiais de componentes de Ti-6Al-4V quando processadas por Manufatura Aditiva.

Os 10 artigos selecionados propuseram-se em analisar e comparar as propriedades mecânicas, superficiais ou microestruturais e parâmetros dos processos. Estes mostram que os processos mais utilizados para se fabricar peças com a liga Ti-6Al-4V são o EBM e SLM e ambos produzem defeitos do mesmo tipo. As ligas de titânio estão propensas à formação de defeitos internos como poros, partículas não fundidas ou rachaduras internas, devido à anisotropia do material, causada pela sua fabricação camada por camada.

O material metálico ao ser induzido por pós processamento de prensagem isostática à quente (HIP), tem a sua porosidade diminuída, pelo fato do HIP e outros processos de pós processamento como usinagem e polimento melhorarem as propriedades de fadiga do material.

Para a obtenção de uma peça de qualidade e com mínimos defeitos possíveis, é necessário a otimização dos parâmetros do processo. Assim como é preferível uma velocidade de varredura moderada para minimizar a porosidade.

A análise da produção científica mostra um crescente interesse acerca do assunto e conseqüentemente um aumento gradativo de publicações ao decorrer dos anos.

Os objetivos gerais deste presente trabalho foram alcançados com a análise da produção científica utilizando a bibliometria. Percebe-se que o processo de Manufatura Aditiva ganha um crescimento de publicações científicas ao decorrer dos anos, mas principalmente dos últimos anos. Isto mostra a relevância que este processo de fabricação vem despertando às diversas áreas industriais e científicas.

É notável que no Brasil ainda há um número bem pequeno de artigos publicados, sendo que Estados Unidos e China detêm as maiores publicações, assim como autores, instituições de ensino e periódicos que publicam sobre o assunto.

Conclui-se com a análise bibliométrica que a Manufatura Aditiva da liga Ti-6Al-4V é um tema relevante, devido a quantidade de artigos obtidos e o número gradativo de publicações no decorrer dos últimos 5 anos. Os resultados também mostram que grande parte das publicações estão relacionadas às propriedades mecânicas das peças, comparações com os diferentes processos da Manufatura Aditiva e principalmente dos parâmetros dos processos. Isto deve-se aos interesses principalmente dos setores aeroespacial e médico pela liga Ti-6Al-4V e da possível complexidade das peças fabricadas por este processo.

Referências

ARAÚJO, Carlos Alberto. Bibliometria: evolução histórica e questões atuais. **Em Questão**, v. 12, n. 1, p. 11-32, 2006, Porto Alegre, Brasil.

BERMAN, Barry. 3-D printing: *The new industrial revolution*. **Business Horizons**, v. 55, n. 2, p. 155–162, 2012.

CHASTAND, Victor. et al. *Comparative study of fatigue properties of Ti-6Al-4V specimens built by electron beam melting (EBM) and selective laser melting (SLM)*. **Materials Characterization**, v. 143, p. 76-81, 2018.

CHUEKE, Gabriel Vouga; AMATUCCI, Marcos. O que é bibliometria? Uma introdução ao fórum. **Revista Eletrônica de Negócios Internacionais**, v. 10, n. 2, p.1-5, 2015.

COUTO, A. A. et al. Caracterização Microestrutural Da Liga Ti-6al-4v Comercial Utilizada Como Biomaterial. 17º CBECIMat - Congresso Brasileiro de Engenharia e Ciência dos Materiais, 15 a 19 de Novembro de 2006, Foz do Iguaçu, PR, Brasil.

EDGAR, Jonathan; TINT, Saxon. *Additive Manufacturing Technologies: 3D Printing, Rapid Prototyping, and Direct Digital Manufacturing, 2nd Edition*. **Johnson Matthey Technol. Rev.**, v. 59, n. 3, p. 193–198, 2015.

FRAZIER, William E. *Metal Additive Manufacturing: A Review*. **Journal of Materials Engineering and Performance**, v. 23, n. 6, p. 1917–1928, 2014.

KASPEROVICH, Galina; HAUSMANN, Joachim. *Improvement of fatigue resistance and ductility of TiAl6V4 processed by selective laser melting*. **Journal of Materials Processing Technology**, v. 220, p. 202-214, 2015.

LOPES, Sílvia. et al. A Bibliometria e a Avaliação da Produção Científica: indicadores e ferramentas. In: Actas do congresso Nacional de bibliotecários, arquivistas e documentalistas. 2012.

PLATAFORMA SUCUPIRA. Disponível em: <<https://sucupira.capes.gov.br/sucupira>>. Acesso em 08 de Maio de 2019.

PORTAL DE PERIÓDICOS DA CAPES. Disponível em: <<http://www.periodicos.capes.gov.br>>. Acesso em 03 de Maio de 2019.

QUEVEDO-SILVA, Filipe. et al. Um estudo bibliométrico: orientações sobre sua aplicação. **Revista Brasileira de Marketing**, v. 15, n. 2, p. 246-262, 2016.

Silva, Kyle. et al. *Three-Dimensional (3-D) Printing: A Cost-Effective Solution for Improving Global Accessibility to Prostheses*. **PM&R**, v. 7, n. 12, p. 1312–1314, 2015.

WEB OF SCIENCE. Disponível em: <<http://login.webofknowledge.com/>>. Acesso em: 03 de Maio de 2019.

ZHANG, Pu; LIU, Jikai; TO, Albert C. *Role of anisotropic properties on topology optimization of additive manufactured load bearing structures*. **Scripta Materialia**, v. 135, p. 148-152, 2017.