

## FABRICAÇÃO ADITIVA E TECNOLOGIAS DE IMPRESSÃO CERÂMICA 3D: UMA REVISÃO GERAL

ADRIEL BIGOTTO<sup>1</sup>, Dr. HUYRÁ ESTEVÃO DE ARAUJO<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Graduando em Engenharia Elétrica, Bolsista CNPq, IFSP, Campus Piracicaba, adrielbigotto@gmail.com

<sup>2</sup> Doutor na área de Ciência e Engenharia de Materiais, Orientador, IFSP Campus Piracicaba, huyraestevao@ifsp.edu.br  
Área de conhecimento (Tabela CNPq): 3.03.05.02-0 Cerâmicos

Apresentado no 10º Congresso de Inovação, Ciência e Tecnologia do IFSP  
27 e 28 de novembro de 2019- Sorocaba-SP, Brasil

**RESUMO:** O projeto em questão visa uma abordagem de pesquisa bibliográfica acerca do estudo da fabricação aditiva atrelada ao uso das tecnologias de impressão 3D e como tais modos de produção podem beneficiar o ramo das cerâmicas e seus compósitos. O texto consiste num enfoque de pesquisa bibliográfica buscando artigos científicos que enriqueçam e tragam informações empíricas a respeito das diferentes tecnologias empregadas na impressão 3D cerâmica. Através de uma análise quantitativa, o projeto relata como uma produção de material científico relativo a fabricação aditiva na área das cerâmicas vem tendo buscas de forma exponencial em um curto período e como esse estudo é disseminado entre os diferentes lugares do mundo e traz uma perspectiva de projeto para a construção de um protótipo de impressora 3D utilizando material cerâmico.

**PALAVRAS-CHAVE:** Análise bibliográfica; Impressão 3D; Cerâmicas; Fabricação aditiva; Scopus; Materiais e técnicas.

## ADDITIVE MANUFACTURING AND 3D CERAMIC PRINTING TECHNOLOGIES: A GENERAL REVIEW

**ABSTRACT:** This project aims at a bibliographic research approach about the study of additive manufacturing linked to the use of 3D printing technologies and how such production methods can benefit the ceramic business and its composites. The text consists of a bibliographic research approach looking for scientific articles that enrich and bring practical information about the different technologies used in ceramic 3D printing. Through a quantitative analysis, the project reports how a production of scientific material related to additive manufacturing in the area of ceramics has been searching exponentially in a short period and how this study is disseminated among different places of the world and brings a perspective of project for the construction of a prototype 3D printer using ceramic material.

**KEYWORDS:** Bibliographic analysis; 3D printing; Ceramics; Additive manufacturing; Scopus; Materials and techniques.

## INTRODUÇÃO

Os anos recentes vem sendo marcado pelo crescente avanço tecnológico por meio da disseminação de conhecimentos e experiências. Adjunto a isso, mais especificamente a partir dos anos 80, o termo adotado “fabricação aditiva” (FA), rapidamente ganhou atenção nas comunidades de ciência e engenharia (CHEN e colab., 2019). A FA é dita como o processo com capacidade de fabricar uma ampla gama de estruturas e geometrias complexas, tornando uma técnica de ponta cada vez mais aplicada a campos da engenharia, medicina e afins (WU e colab., 2019).

A FA (do inglês *Additive Manufacturing (AM)*) ou comumente chamada de Impressão 3D, é uma técnica de fabricação na qual uma peça é produzida diretamente a partir de um modelo virtual gerado por computador, onde essa peça passa por uma etapa de processamento chamado de *slicing* (fatiamento) transfigurando-a para ser processada pela máquina, que de forma precisa, adiciona

material camada por camada de forma ordenada até que o produto esteja completamente feito.(TRAVITZKY e colab., 2014)(RAJAGURU e colab., 2019). Em paralelo, veio o uso da cerâmica como matéria prima e perspectiva de mudança no cenário de produtos cerâmicos. O desenvolvimento da tecnologia de impressão 3D torna o design cerâmico livre das limitações da fabricação de cerâmica artesanal existente, atrelando uma gama de possibilidades antes impossíveis.(DONG, 2014).

Muitos métodos são adotados na impressão 3D utilizando cerâmica, diversas tecnologias de fabricação aditiva para cerâmica estão agora disponíveis, envolvendo várias técnicas e tipos de cerâmica em formas distintas, sendo a Escrita Direta a Tinta o alvo de estudo e implementação(CHEN e colab., 2019)(REVELO e COLORADO, 2018).

Esse trabalho procura mostrar como essa tecnologia vem sendo alvo de estudo e procura da área científica e como em um curto período de tempo, vários estudos já foram desenvolvidos.

## **MATERIAL E MÉTODOS**

O projeto vigente se baseia todo em uma pesquisa e revisão bibliográfica de artigos científicos relacionados a impressão 3D atrelado a cerâmicas e áreas adjacentes. Com um caráter quantitativo de informação, este projeto teve como principal base de pesquisa a plataforma Scopus da editora Elsevier, responsável por um enorme banco de dados de artigos, resumos, literaturas entre outras produções de caráter científico. A plataforma foi escolhida justamente por possuir artigos científicos revisados por pares, contemplar produções de diversos autores e diversas revistas de nome, além do fato da plataforma possuir um sistema de busca inteligente capaz de filtrar os artigos através de palavras de lógica booleana.

Para que fosse viável a leitura de grandes artigos sem a necessidade de ter que pagar por eles, foi utilizado o acesso que a plataforma brasileira de periódicos CAPES fornece através do acesso via uma ferramenta chamada CAFE. Que através do fornecimento do CPF e senha do discente, redireciona o usuário ao Scopus com um HTML modificado, possibilitando o acesso a quaisquer artigos que contemplem a biblioteca do IFSP.

Utilizando as ferramentas da plataforma Scopus de procura, foi realizado a busca por palavras específicas como “3D printing” (impressão 3D), “ceramics” (cerâmicas), “additive manufacturing” (fabricação aditiva) “direct ink writing” (escrita direta com tinta) entre demais palavras relacionados. Utilizando operadores lógicos *AND* e *OR* e do uso das aspas em cada palavra, foi possível mapear e separar esses assuntos, fazendo assim um filtro e gerando resultados apenas atrelados a essas palavras (Elsevier, 2015). Adjunto as pesquisas por artigos, a plataforma foi capaz de mostrar a quantidade de artigos dos assuntos pesquisados e organizá-los em gráficos, separando-os por ano, fonte, autor, afiliação de universidades, país, tipo e patrocinador.

Como a pesquisa em questão visa um caráter predominantemente quantitativo de informação, foram utilizados os gráficos que contemplavam quantidades de artigos por cada ano e quantidade de arquivos por país, fazendo assim uma comparação entre os países que mais continham artigos relacionado aos temas de impressão e cerâmica e como o Brasil e os demais países da América do Sul.

## **RESULTADOS E DISCUSSÃO**

Baseando-se nas principais palavras chaves utilizadas, foram construídos gráficos, a partir da base Scopus, e apresentados nas figuras a seguir. A Figura 1(a) e 1(b) mostram a quantidade de artigos publicados entre os anos de 1998 e 2018 e que contemplavam de alguma forma a palavra “Additive Manufacturing” (Fabricação Aditiva) e “3D printing” (Impressão 3D).

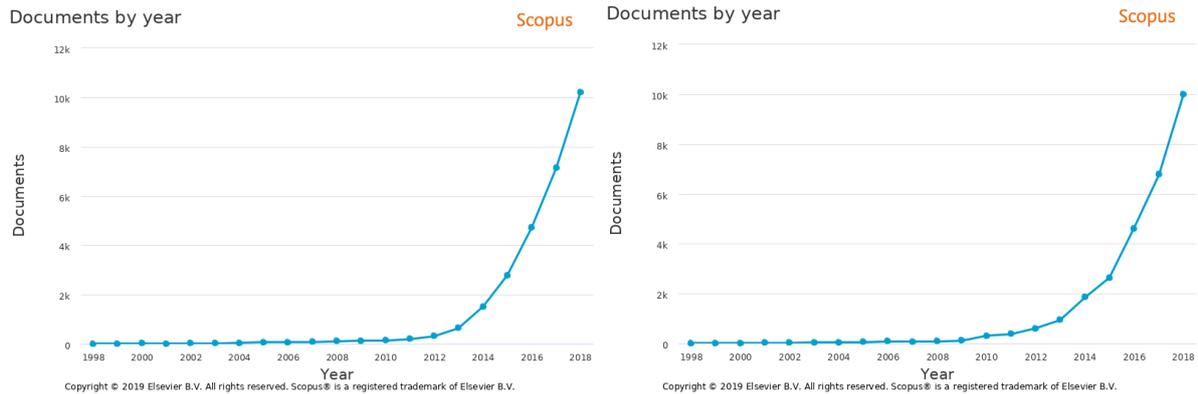


FIGURA 1. Quantidade de artigos/ano com a palavra (a) “Additive Manufacturing” e (b) “3D printing”. (Scopus, 2019).

Pode-se concluir de forma acurada que o gráfico tem uma assiduidade quanto ao seu crescimento, formando uma função de caráter exponencial, o que enaltece a falácia de que esses termos referenciam a tecnologias novas e vem crescendo a procura de estudo por eles. Em contrapartida, a Figura 2(a) mostra o gráfico do uso da palavra “Ceramics” na mesma faixa de tempo, enquanto que a Figura 2(b) mostra a quantidade de artigos que contém as três palavras juntas, ou seja, impressão 3D atrelada ao uso da cerâmica como matéria prima.

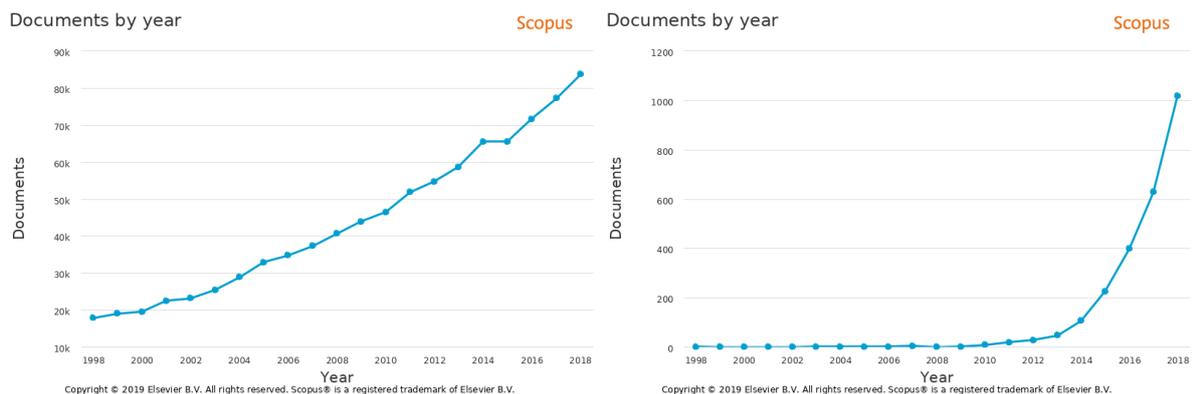


FIGURA 2. Quantidade de artigos/ano com a palavra (a) “Ceramics” e (b) com as três palavras juntas (Additive Manufacturing, 3D printing e Ceramics). (Scopus, 2019).

Diferente dos gráficos anteriores, o gráfico da Figura 2(a) tem um comportamento de caráter mais linear, o que mostra que a pesquisa das cerâmicas de forma geral sempre foi um ponto que a comunidade científica e a sociedade já vinham buscando, mas que cresceu com o passar dos anos em uma faixa de mil artigos/ano. Já a Figura 2(b), atrelada a artigos que continham de alguma forma as três palavras juntas, observa-se novamente um gráfico com caráter exponencial, que apesar de o número de artigos terem diminuídos drasticamente, ainda revela que em um curto tempo, a procura e produção dessa tecnologia foi alavancada e tende a crescer mais ainda com o passar dos anos.

As Figuras 3(a) e 3(b) mostram a quantidade de artigos que contemplam também as três palavras mencionadas separadas por países. A Figura 3(a) mostra os países com maior quantidade de documentos enquanto que a Figura 3(b) demonstra a quantidade de artigos dos países da América do Sul.

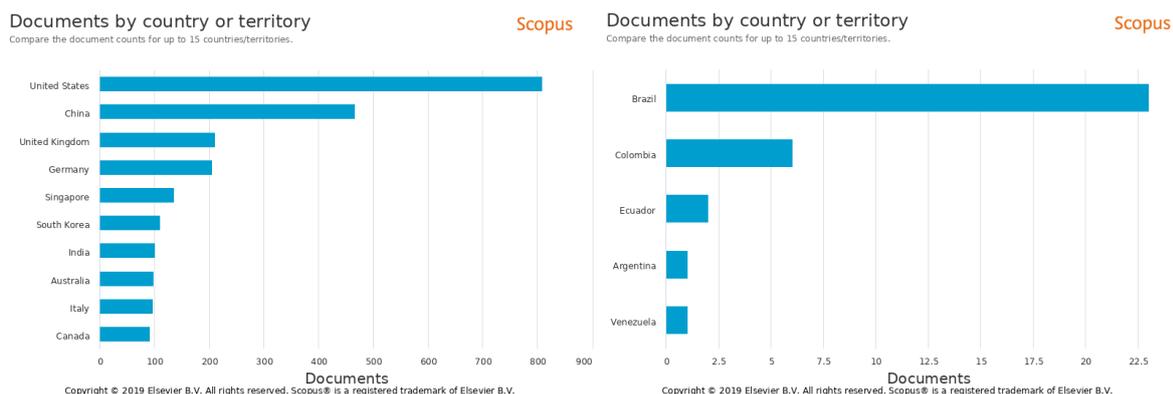


FIGURA 3. Quantidade de artigos que contemplam de alguma forma as três palavras citadas, por país onde (a) países de todo mundo (b) países da América do Sul (Scopus, 2019).

É possível observar que, dentre todos os países da Figura 3(a), Estados Unidos e China disparam na frente dos demais países em quantidade de artigos publicados com uma faixa de quase mil artigos. A possível justificativa a isso, deve-se principalmente ao fato desses países terem um grande suporte a pesquisa e possuírem tecnologias avançadas em relação aos demais países, e também que as grandes corporações pertencem e se sediam nesses países. Em contrapartida a Figura 3(b) mostra os países da América do Sul como Brasil, Colômbia, Equador, Argentina e Venezuela com o Brasil em primeiro lugar com apenas cerca de 20 artigos, mostrando assim a grande defasagem e atraso que a pesquisa brasileira possui em relação a novos assuntos e novas tecnologias.

O ramo da Impressão 3D vem sendo muito estudada e é uma perspectiva de mercado muito forte, apesar de seu alto custo de maquinário e em alguns casos da matéria prima, ela é a única forma de se transformar, de forma rápida e eficaz, a ideia virtual de qualquer tipo de produto, em um produto real, sendo uma manufatura de fácil adaptação e rápida mudanças, pois a fabricação aditiva é um modo de se produzir que não necessita de mão de obra especializada.

É plausível evidenciar através desse estudo quantitativo, como essa tecnologia pode entrar no ramo de estudos das universidades e institutos federais, uma vez que se trata de uma tecnologia nova, ainda sendo estudada e testada. Todos os artigos aqui mencionados e demais relacionados tratavam de buscas e apresentações dos experimentos, deixando lacunas de que ainda há muito a ser investigado e testado. Esses artigos traziam muitas informações de construção de impressoras, as metodologias utilizadas, os resultados capturados a fim de diminuir o erro das futuras pesquisas.

## CONCLUSÕES

Durante as últimas décadas a perspectiva de produção mudou de forma positivamente exponencial com a vinda de tecnologias como a fabricação aditiva utilizando as impressoras 3D. Este trabalho foi capaz de mostrar como os estudos, apesar de muito recentes, desempenham um grau de conhecimento satisfatório, uma vez que conforme os experimentos realizados pelos autores dos artigos, já é possível construir peças com tamanho de micro e nanômetros, que tenham a mesma resistência de peças feitas de modo convencional mas agregando velocidade de produção e economia de custos, além da não necessidade de mão de obra qualificada.

Com a presente revisão bibliográfica realizada acerca dos assuntos que circundam o uso da tecnologia de impressão 3D adjunto ao uso de cerâmica como matéria prima e suas respectivas formas de impressão, é prognosticado a construção de um projeto que permita utilizar uma impressora 3D já construída e em pleno funcionamento para sua adequação de impressão utilizando cerâmica, onde a perspectiva é a construção de um acessório capaz de imprimir a cerâmica e reaproveitar a tecnologia e algoritmo de movimentação, trabalhando de forma paralela com um sistema capaz de controlar o fluxo de saída da cerâmica, tendo assim uma impressora 3D cerâmica agregada e de fácil construção e disseminação.

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço ao programa CNPq pelo apoio financeiro através de bolsa de estudos e ao IFSP Campus Piracicaba pelo espaço oferecido para realizado do projeto e ao orientador do projeto Prof. Dr. Huyrá Estevão de Araújo.

## **REFERÊNCIAS**

CHEN, Zhangwei e colab. 3D printing of ceramics: A review. *Journal of the European Ceramic Society*, v. 39, n. 4, p. 661–687, 2019.

DONG, Cui. Ceramic product design based on 3D printing technology. *Applied Mechanics and Materials*, v. 633–634, p. 351–354, 2014.

ELSEVIER. Scopus Guia de referência rápida Guia de referência rápida. [S.d.].

RAJAGURU, K. e KARTHIKEYAN, T. e VIJAYAN, V. Additive manufacturing – State of art. *Materials Today: Proceedings*, n. xxxx, 2019. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.matpr.2019.06.728>>.

REVELO, Carlos F. e COLORADO, Henry A. 3D printing of kaolinite clay ceramics using the Direct Ink Writing (DIW) technique. *Ceramics International*, v. 44, n. 5, p. 5673–5682, 2018. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.ceramint.2017.12.219>>.

TRAVITZKY, Nahum e colab. Additive manufacturing of ceramic-based materials. *Advanced Engineering Materials*, v. 16, n. 6, p. 729–754, 2014.

WU, Tao e colab. Additively manufacturing high-performance bismaleimide architectures with ultraviolet-assisted direct ink writing. *Materials and Design*, v. 180, p. 107947, 2019. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.matdes.2019.107947>>.