



Impressão 3D para próteses dentárias

3D printing for dental prostheses

Pedro Ienne Fernandes*, Dr^(a). Claudia Tania Picinin †

RESUMO

Um protocolo de pesquisa foi aplicado para buscar artigos científicos que tratam sobre técnicas de impressão 3D relacionadas a próteses dentárias e também sobre a limitação das impressões 3D na área odontológica. O presente trabalho será pautado na metodologia de pesquisa *Methodi Ordinatio*, que utiliza de critérios pré-estabelecidos para criar um processo de qualificação dos artigos obtidos para garantir uma base de revisão bibliográfica sistematizada qualificada. Em nível de resultados os principais meios identificados para a produção de próteses dentárias utilizando impressão 3D foram a Estereolitografia (SLA), o Processamento Digital de Luz (DLP) e a Sinterização Direta a Laser de Metal (DMLS), e já as principais limitações são o custo/acesso à tecnologia, o desenvolvimento de materiais biocompatíveis, a aparência estética, a instabilidade de cor a longo prazo e a necessidade de consulta inicial sem avaliação estética virtual confiável. As conclusões são de que estudos futuros mais específicos se mostram necessários, visto que as técnicas e limitações são diversas.

Palavras-chave: impressão 3D, próteses dentárias, prostodontia.

ABSTRACT

A research protocol was applied to search for scientific articles dealing with 3D printing techniques related to dental prostheses and also on the limitation of 3D printing in the dental field. The present work will be based on the *Methodi Ordinatio* research methodology, which uses pre-established criteria to create a qualification process for the obtained articles to ensure a qualified systematic bibliographic review base. In terms of results, the main means identified for the production of dental prostheses using 3D printing were Stereolithography (SLA), Digital Light Processing (DLP) and Direct Metal Laser Sintering (DMLS), and the main limitations are the cost/access to technology, the development of biocompatible materials, the aesthetic appearance, long-term color instability and the need for initial consultation without reliable virtual aesthetic evaluation. The conclusions are that more specific future studies are necessary, as the techniques and limitations are diverse.

Keywords: 3D printing, dental prosthetics, prosthodontics.

1 INTRODUÇÃO

À medida que a população envelhece aumenta-se a possibilidade de perda total ou parcial de sua dentição, principalmente para quem não tem acesso a um tratamento odontológico periodicamente. A perda dos dentes é uma mutilação dentária que deixa o indivíduo predisposto a um estado de doença, pois esta perda assinala mudanças físicas, biológicas e psicológicas. Deste modo, os indivíduos que perderam sua dentição sentem-se vulneráveis e limitados (MENDONÇA, 2001).

As condições sociais e a prática da odontologia deletéria (extração dos elementos dentários sendo a solução para o alívio da dor) em populações de baixo nível socioeconômico, representam um número significativo na prevalência da perda dentária (VARGAS e PAIXÃO, 2005). Conforme Guimarães e Amaral et al., (2017) a perda dos dentes é um dos principais agravos à saúde bucal devido à sua alta prevalência e aos danos funcionais que acarreta, constituindo-se em um importante problema de saúde.

* Engenharia de Produção, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Ponta Grossa, Paraná, Brasil; pedroienne@gmail.com

† Programa de Pós-Graduação de Engenharia de Produção, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Campus Ponta Grossa; claudiapicinin@utfpr.edu.br



Uma solução para a perda dos dentes, dependendo do caso do paciente, pode ser a fabricação de uma prótese parcial ou total, fixa ou removível (CALEJO, 2017). Conforme Ferreira (2005), ao mesmo tempo que a prótese é indicada como uma solução para a perda dentária, os que necessitam dela acabam por ter acesso limitado por não ser um tipo de produto e serviço frequentemente oferecido na saúde pública.

Uma das alternativas para a confecção convencional de próteses dentárias é a utilização do fluxo digital de trabalho, com a impressão tridimensional de materiais poliméricos, é possível fabricar, de forma rápida, componentes com elevada complexidade geométrica, de acordo com as necessidades e especificações pretendidas (MARGARIDA, 2020). Por ser uma tecnologia flexível, a impressão 3D permite que implantes e próteses sejam produzidos de acordo com as especificidades de cada paciente individualmente. Segundo Gorni (2011) estima-se que a economia de tempo e de custos proporcionada pela aplicação das técnicas de prototipagem rápida na construção de modelos, como da impressora 3D, sejam da ordem de 70 a 90%.

Visto que dentro destes termos existe a possibilidade de serem confeccionadas próteses via impressora 3D, que possam ser mais baratas que as convencionais, o presente trabalho busca identificar os principais tipos de técnicas de impressão 3D para fazer próteses dentárias e apresentar quais são as principais limitações da impressão 3D na área da odontologia.

2 MÉTODO

O presente trabalho será pautado em uma metodologia de pesquisa conhecida por *Methodi Ordinatio*, que se utiliza de critérios pré-estabelecidos para criar um processo de qualificação dos artigos obtidos para garantir uma base de revisão bibliográfica sistematizada qualificada. Esta é uma metodologia específica de revisão sistemática de literatura que localiza, seleciona e avalia os estudos existentes para que seja possível realizar uma análise e sintetização das informações (PAGANI, 2018).

A etapa número um consiste em estabelecer a intenção de pesquisa. A presente linha de pesquisa está relacionada à impressão 3D dentro da odontologia. A etapa dois consiste em realizar uma pesquisa preliminar com palavras-chave relacionadas à intenção de pesquisa nas bases de dados. Dentro disso, pesquisas com palavras-chave relacionadas à odontologia, prótese dentária, impressão 3D e limitações na área foram feitas em 4 diferentes bases de pesquisa para que os testes ocorressem, sendo elas: a ScienceDirect, a Emerald, a Scopus e a PubMed.

A etapa três consiste em definir quais serão de fato as palavras-chave, as bases de dados e qual será a delimitação temporal. Os termos de busca que foram selecionados são: "3D printing" AND "dental prosthesis" e "limitation" AND "3D printing" AND "dentistry". E as bases selecionadas para a pesquisa foram: a ScienceDirect, a Emerald e a Scopus, e uma delimitação temporal nos últimos quatro anos (2017 a 2021) foi estabelecida.

Já na etapa quatro tem-se como objetivo realizar uma pesquisa definitiva nas bases de dados em busca de artigos, livros, teses e dissertações dentro dos parâmetros estabelecidos anteriormente. A etapa cinco consiste na aplicação de procedimentos de filtragem, de modo que todo o processo se torne o mais padronizado possível. Primeiro a remoção de duplicatas; em segundo tópico temos a eliminação dos artigos através da leitura de seu título; e em terceiro tópico temos a eliminação de livros, capítulos e *conference papers* cujo não tem fator de impacto algum.

Para a etapa seis a identificação do fator de impacto, ano de publicação e número de citações será realizada. E a etapa sete consiste na aplicação da equação *InOrdinatio* (PAGANI et al., 2015) via fórmulas na planilha de Excel. A fórmula pode ser visualizada na Eq. (1) a seguir:

$$\text{InO} = ((\text{Fator de Impacto}/1000) + (\text{Alfa} * (10 - (\text{AnoPesq} - \text{AnoPub})))) + (\text{Citações}) \quad (1)$$



O Fator de Impacto, o Ano da Publicação e o número de Citações já foram coletados e Alfa é uma constante que deve ter seu valor atribuído de 1 a 10 de acordo com o grau de importância da novidade na área de pesquisa. O valor de alfa foi atribuído a 10. Para finalizar a etapa sete uma ordenação dos artigos de acordo com a nota InOrdinatio, no qual o melhor colocado é aquele que obteve a maior nota. A etapa oito consiste em localizar os trabalhos listados em formato integral. E a etapa nove consiste na leitura e análise dos artigos.

3 RESULTADOS

Segundo Katkar, Taft e Grant (2018) na etapa de manufatura, a impressão 3D (manufatura aditiva) está se tornando uma alternativa de rápido crescimento para certos processos realizados anteriormente pela manufatura subtrativa. O fluxo de trabalho digital facilita os procedimentos de planejamento do tratamento, bem como auxilia os procedimentos de restauração de compostos diretos, proporcionando várias vantagens em comparação com os procedimentos convencionais, como tradução precisa do diagnóstico digital na boca do paciente, caminho horizontal de inserção do índice de silicone e tempo minimizado de intervenção clínica (PARK et al., 2020; WILLIAMS et al., 2020).

A impressão 3D, ao contrário das técnicas de manufatura subtrativa, oferece uma grande variedade de procedimentos aditivos permitindo que diversas matérias-primas sejam usadas para a fabricação de estruturas. A maioria das matérias-primas para manufatura aditiva usada para fins odontológicos e médicos pode ser agrupada em combinações de aglutinante/material em pó, incluindo polímeros (resinas e termoplásticos), cerâmicas e metais (BARAZANCHI et al., 2017).

Van Noort (2012), diz que a premissa básica do fluxo de trabalho digital em odontologia é baseada em três elementos: primeiro a aquisição de dados, como em várias tecnologias de digitalização; segundo a manipulação e processamento de dados; por fim, o terceiro elemento são os dados processados utilizados para a fabricação de estruturas no material desejado por meio da manufatura auxiliada por computador.

Katkar, Taft e Grant (2018) indicam que a foto polimerização em cuba (VP), mais especificamente a estereolitografia (SLA) e o processamento digital de luz (DLP) são os tipos de impressão mais populares na odontologia e que estes tipos de impressão requerem uma boa quantidade de pós-processamento para remover suportes, remover material não utilizado e para completar a cura do material.

Elomaa et al. (2013) indicam que máquinas de estereolitografia (SLA) usam resinas fotossensíveis como material de construção, curando uma camada de cada vez usando luz ultravioleta ou laser e que esses polímeros oferecem muito mais flexibilidade na cor, rigidez e modificação de componentes. Além de que também podem ser misturados com componentes biocompatíveis e bioativos.

De acordo com Inokoshi, Kanazawa e Minakuchi (2015), os procedimentos VP também têm sido usados como uma ferramenta para a fabricação de próteses removíveis e totais. Segundo Chung et al. (2018) os dentes da prótese dentária produzidos com VP demonstraram resistência adequada à fratura para serem usados como componentes da PT. Além disso, o SLA demonstrou uma maior precisão geral de fabricação do que as bases para próteses moldadas por injeção.

Em um estudo in vitro, Patzelt et al. (2014) compararam a precisão dos modelos de diagnóstico fresados e de manufatura aditiva (AM) obtidos nas varreduras digitais realizadas com um scanner de laboratório e três scanners intraorais (IOS) diferentes. De acordo com os resultados, os modelos SLA mostraram uma precisão maior do que suas contrapartes fresadas, mas a precisão ainda era questionável, na melhor das hipóteses, para aplicações prostodônticas. Segundo Wu, Li e Zhang, (2017) os scanners intraorais oferecem, ao contrário do método tradicional, um potencial para projetar uma prótese dentária sob medida e diretamente fazer uma estrutura de dentadura com padrões complexos.



Além do método de fotopolimerização em cuba (VP), existem as impressoras 3D que funcionam com a extrusão de material (ME), mas que, no entanto, sua aplicação no uso odontológico e médico é restrita para confecção de modelos, pois requerem algum tipo de pós-processamento. (KATKAR, TAFT e GRANT, 2018)

De acordo com Mazzoli (2013), outra técnica promissora de impressão 3D para a área odontológica é a de fusão à base de pó (PBF), que se utiliza de substratos em pó que são espalhados na plataforma da máquina em camadas com a ajuda de lâminas de rolo. Três tipos de tecnologias PBF estão disponíveis atualmente: fusão a laser seletiva (SLM), sinterização a laser seletiva (SLS) e fusão por feixe de elétrons (EBM).

Já para as produções metálicas, as estruturas resultam em um acabamento superficial pobre, devido à utilização de um polímero para ajudar a ligar o pó de metal durante a sinterização. Deste modo uma estrutura porosa é produzida, além de que outras etapas envolvendo a infiltração são necessárias para atingir densidade suficiente, resultando num mau acabamento (BARAZANCHI et al., 2020).

Em contrapartida, Della Bona et al. (2021) apontam que a aparência estética, a resistência ao desgaste e a precisão dimensional são as principais limitações clínicas atuais que restringem a progressão para a produção de peças funcionais com impressão 3D, o que pode explicar a ausência de ensaios clínicos e relatórios sobre estruturas e materiais restauradores permanentes/definitivos. Neste sentido, Katkar, Taft e Grant (2018) afirmam que a precisão depende do tipo de impressora 3D, material e espessura de cada camada. Chia e Wu (2015), por outro lado, apontam que o principal problema com o uso de impressão 3D é o desenvolvimento de materiais biocompatíveis.

Tahayeri et al., (2018) apontam que a tecnologia para viabilizar procedimentos protodônticos já está disponível no mercado odontológico, porém atualmente faltam informações sobre o desempenho tanto dos materiais odontológicos imprimíveis em 3D quanto das impressoras 3D compatíveis com os mesmos. Outro tópico levantado é que as empresas de impressão 3D existentes da área têm tradicionalmente comercializado materiais odontológicos imprimíveis que são compatíveis apenas com seus respectivos sistemas de impressão. Geralmente, são caros (acima de \$50.000) e de disponibilidade limitada. No entanto, o uso difundido de impressoras 3D de baixo custo (abaixo de \$5.000) sugere a necessidade de uma melhor caracterização de materiais dentais imprimíveis em 3D existentes com sistemas de impressão de fácil acesso.

Em seus estudos sobre próteses dentárias removíveis completamente impressas em 3D, Anadioti et al. (2020) chegam a conclusão de que as limitações atuais da impressão 3D na área odontológica incluem a eliminação da consulta inicial sem avaliação estética virtual confiável, falta de retenção com polímeros impressos que requerem realinhamento para aceitação clínica, incapacidade de oclusão equilibrada que pode comprometer a estabilidade da prótese ou potencialmente influenciar a reabsorção óssea e a instabilidade de cor a longo prazo levando ao comprometimento da estética. Shin et al., (2020) em seu artigo, apontam que a descoloração deve ser considerada ao usar resinas de impressão 3D para restaurações. Outro ponto importante levantado por Chang et al., (2018) é que existe um desafio entre equilibrar as demandas biológicas e mecânicas das próteses dentárias feitas por impressão 3D.

Anadioti et al. (2020) concluem apontando que os usos atualmente recomendados para próteses completamente impressas em 3D são próteses provisórias ou imediatas, bem como bandeja personalizada ou fabricação de base de registro para fluxos de trabalho convencionais. Estudos clínicos bem planejados são necessários para provar cientificamente as vantagens reivindicadas desta tecnologia.

4 CONCLUSÃO

Os principais meios identificados para a produção de próteses dentárias utilizando a impressão 3D foram a Estereolitografia (SLA), o Processamento Digital de Luz (DLP) e a Sinterização Direta a Laser de Metal (DMLS). Cada uma conta com suas particularidades específicas e por mais que elas tenham sido



selecionadas como as principais, isso não quer dizer que as outras técnicas de impressão 3D são inviáveis para a confecção de próteses dentárias, mas sim que os seus estudos ainda são insuficientes.

Já as principais limitações são o custo/ acesso à tecnologia, o desenvolvimento de materiais biocompatíveis, a aparência estética, a instabilidade de cor a longo prazo e a necessidade de consulta inicial sem avaliação estética virtual confiável.

Um estudo futuro mais específico se mostra necessário, visto que as técnicas e limitações são diversas. Logo, realizar uma pesquisa limitando-a em relação ao tipo de técnica ou a limitação que necessita ser ultrapassada ajudaria chegar a resultados mais profundos, de modo que novas soluções sejam apresentadas.

AGRADECIMENTOS

O presente trabalho foi realizado com apoio do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) e agradece todo o suporte, tanto da instituição quanto do laboratório de pesquisa e organizações e sociedade da UTFPR. Os autores também agradecem ao Laboratório de Pesquisa Organizações e Sociedade da UTFPR e a Fundação Araucária – Recurso código 001.

REFERÊNCIAS

- MENDONÇA, T. **Mutilação dentária**: concepções de trabalhadores rurais sobre a responsabilidade pela perda dentária. Lauro de Freitas: Public Health Rep, 2001.
- VARGAS, A.; PAIXÃO, H.. **Perda dentária e seu significado na qualidade de vida de adultos usuários de serviço público de saúde bucal do Centro de Saúde Boa Vista, em Belo Horizonte**. Belo Horizonte: Universidade Federal de Minas Gerais, 2005.
- GUIMARÃES, M. et al.. **Desafios para a oferta de prótese dentária na rede de saúde pública**. Belo Horizonte: Universidade Federal de Minas Gerais, 2017.
- GOFFMAN E.. **Estigma**: notas sobre a manipulação da identidade deteriorada. Rio de Janeiro: Editora Guanabara Koogan, 1988.
- FERREIRA, André A.. **A dor e a perda dentária**: representações sociais do cuidado à saúde bucal. Natal: Universidade Federal do Rio Grande do Norte, 2005.
- CALEJO, A.. **Confecção de prótese total em CAD/CAM**. Almada: Instituto Superior de Ciências da Saúde Egas Moniz, 2017.
- MARGARIDA, A. **Processamento Por Impressão 3d De Próteses Totais Mandibulares**. Coimbra: Universidade de Coimbra, 2020.
- GORNI, A.. **Introdução à prototipagem rápida e seus processos**. 2001. Disponível em: <<http://www.gorni.eng.br/protrap.html>>. Acesso em: 11 jul. 2021.
- PAGANI, R.; KOVALESKI, J.; RESENDE, L.. **Avanços na composição da Methodi Ordinatio para revisão sistemática de literatura**. Ponta Grossa: Universidade Tecnológica Federal do Paraná, 2018.
- PAGANI, R., KOVALESKI, J., e RESENDE, L. **Methodi Ordinatio**: a proposed methodology to select and rank relevant scientific papers encompassing the impact factor, number of citation, and year of publication. *Scientometrics*, 2015.
- KATKAR, R.; TAFT, R., GRANT, G.. **3D Volume Rendering and 3D Printing (Additive Manufacturing)**. *Dental Clinics of North America*, vol. 62, no. 3, July 2018.
- BARAZANCHI, A., et al. **Additive Technology**: Update on Current Materials and Applications in Dentistry. *Journal of Prosthodontics*, vol. 26, no. 2, 2017.



- PARK, S. H. et al. **Digitally Created 3-Piece Additive Manufactured Index for Direct Esthetic Treatment.** Journal of Prosthodontics, v. 29, n. 5, 2020.
- WILLIAMS, F. C. et al. **Immediate Teeth in Fibulas: Planning and Digital Workflow With Point-of-Care 3D Printing.** Journal of Oral and Maxillofacial Surgery, v. 78, n. 8, 2020.
- VAN NOORT, R. **The future of dental devices is digital.** Dental Materials, v. 28, n. 1, 2012.
- KIM, H. et al. **Denture flask fabrication using fused deposition modeling three-dimensional printing.** Journal of Prosthodontic Research, v. 64, n. 2, 2020.
- Impressora 3D SLA: Entenda Tudo Sobre Essa Tecnologia - 3D Lab.** 3D Lab, 2020, Disponível em: <3dlab.com.br/impressora-3d-sla/>. Accessed 4 July 2021.
- ELOMAA, L. et al. **Porous 3D modeled scaffolds of bioactive glass and photocrosslinkable poly(ϵ -caprolactone) by stereolithography.** Composites Science and Technology, v. 74, 2013.
- INOKOSHI M., KANAZAWA M., MINAKUCHI S.. **Evaluation of a complete denture trial method applying rapid prototyping.** Dent Mater J., 2012.
- CHUNG, J. et al. **3D Printing of Resin Material for Denture Artificial Teeth: Chipping and Indirect Tensile Fracture Resistance.** Materials, 2018.
- PATZELT, S. et al. **Accuracy of computer-aided design/computer-aided manufacturing-generated dental casts based on intraoral scanner data.** The Journal of the American Dental Association, v. 145, n. 11, 2014.
- WU, J.; LI, Y.; ZHANG, Y. **Use of intraoral scanning and 3-dimensional printing in the fabrication of a removable partial denture for a patient with limited mouth opening.** The Journal of the American Dental Association, v. 148, n. 5, 2017.
- MAZZOLI, A. **Selective laser sintering in biomedical engineering.** Medical & Biological Engineering & Computing, v. 51, n. 3, 2012.
- TAHAYERI, A. et al.. **3D Printed versus Conventionally Cured Provisional Crown and Bridge Dental Materials.** Dental Materials, vol. 34, no. 2, 2018.
- DOBZJAŃSKI, L., et al.. **Application of Polymer Impression Masses for the Obtaining of Dental Working Models for the Stereolithographic 3D Printing.** Archives of Materials Science and Engineering, vol. 1, no. 95, 2019.
- DIKOVA, T., et al.. **Dimensional Accuracy and Surface Roughness of Polymeric Dental Bridges Produced by Different 3D Printing Processes.** Archives of Materials Science and Engineering, vol. 2, no. 94, 2018.
- DELLA BONA, A., et al.. **3D Printing Restorative Materials Using a Stereolithographic Technique: A Systematic Review.** Dental Materials, vol. 37, no. 2, 2021.
- CHIA, H.; WU, B. **Recent advances in 3D printing of biomaterials.** Journal of Biological Engineering, v. 9, n. 1, 2015.
- TOTU, E., et al.. **Poly(Methyl Methacrylate) with TiO₂ Nanoparticles Inclusion for Stereolithographic Complete Denture Manufacturing: the Future in Dental Care for Elderly Edentulous Patients?** Journal of Dentistry, vol. 59, 2017.
- PRASAD, K. et al.. **Metallic Biomaterials: Current Challenges and Opportunities.** Materials, v. 10, n. 8, 2017.
- ANADIOTI, E., et al.. **3D Printed Complete Removable Dental Prostheses: A Narrative Review.** BMC Oral Health, vol. 20, no. 1, 2020.
- SHIN, J. et al., **Evaluation of the Color Stability of 3D-Printed Crown and Bridge Materials against Various Sources of Discoloration: An In Vitro Study.** Materials, v. 13, n. 23, 2020.
- CHANG, J. et al.. **Augmentation of DMLS Biomimetic Dental Implants with Weight-Bearing Strut to Balance of Biologic and Mechanical Demands: From Bench to Animal.** Materials, v. 12, n. 1, 2019.