

Prototipagem como recurso de realidade aumentada para auxílio à prática odontológica

Prototyping as an augmented reality resource to aid dental practice

La creación de prototipos como un recurso de realidad aumentada para ayudar a la práctica dental

Recebido: 20/08/2023 | Revisado: 30/08/2023 | Aceitado: 03/09/2023 | Publicado: 04/09/2023

Alannyeverton Paixão Nascimento

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3757-8669>

Associação Caruaruense de Ensino Superior (ASCES-UNITA), Brasil

E-mail: alannyeverton.nascimento@gmail.com

Julia Gomes Gonçalves

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7866-2464>

Associação Caruaruense de Ensino Superior (ASCES-UNITA), Brasil

E-mail: julisgomesg@hotmail.com

Camila Dediele de Oliveira

ORCID: <https://orcid.org/0009-0003-9038-0587>

Associação Caruaruense de Ensino Superior (ASCES-UNITA), Brasil

E-mail: camiladediele@gmail.com

Fernando Marcos Da Silva Filho

ORCID: <https://orcid.org/0009-0001-3416-5220>

Associação Caruaruense de Ensino Superior (ASCES-UNITA), Brasil

E-mail: fernando.1800@hotmail.com

Thaís Andressa Silva Dos Santos

ORCID: <https://orcid.org/0009-0009-4408-4094>

Associação Caruaruense de Ensino Superior (ASCES-UNITA), Brasil

E-mail: t-andressa@live.com

Willian Lucas Da Silva Coelho

ORCID: <https://orcid.org/0009-0006-2018-7134>

Associação Caruaruense de Ensino Superior (ASCES-UNITA), Brasil

E-mail: willianlucasdasilvacoelho@gmail.com

Renata Lucia Cruz Cabral de Oliveira

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6614-298X>

Associação Caruaruense de Ensino Superior (ASCES-UNITA), Brasil

E-mail: renatacabral@asc.es.edu.br

Resumo

Utilizada inicialmente na engenharia, a prototipagem rápida auxilia na reprodução exata e fiel de objetos para planejamento estrutural e avaliação arquitetônica de projetos. Com o avanço da tecnologia passou-se a realizar essa técnica na área da saúde possibilitando a confecção de modelos utilizados para planejamentos e peças personalizadas de acordo com as necessidades de cada indivíduo, possibilitando benefícios ao cirurgião e ao paciente. Este trabalho tem como objetivo identificar e caracterizar as principais formas de prototipagem na odontologia e suas aplicações nesta área. A partir disso, utilizou-se uma metodologia exploratória, de cunho qualitativo e bibliográfico nas bases de dados Biblioteca Virtual em Saúde (BVS), Literatura Latino-americana e do Caribe em Ciências da Saúde (LILACS) e National Center for Biotechnology Information (PubMed). Assim, utilizou-se uma metodologia de busca avançada através de descritores booleanos, inserindo artigos completos, publicados entre os anos de 2018 a 2023 em língua portuguesa, inglesa e espanhola. Com base nisso, conclui-se que a prototipagem traz resultados satisfatórios e benéficos para o cirurgião que tem a possibilidade de planejamento individualizado e com auxílio do modelo 3D o que torna um planejamento tátil, também para o paciente que desfruta de um recurso no qual pode obter uma peça sob medida para seu caso.

Palavras-chave: Realidade aumentada; Tecnologia odontológica; Impressão tridimensional.

Abstract

Initially used in engineering, rapid prototyping assists in the exact and faithful reproduction of objects for structural planning and architectural evaluation of projects. With the advancement of technology, this technique began to be used in the health area, allowing the creation of models used for planning and customized parts according to the needs of

each individual, providing benefits to the surgeon and the patient. This work aims to identify and characterize the main forms of prototyping in dentistry and their applications in this area. From this, an exploratory, qualitative and bibliographic methodology was used in the Virtual Health Library (VHL), Latin American and Caribbean Literature in Health Sciences (LILACS) and National Center for Biotechnology Information (PubMed) databases. Thus, an advanced search methodology was used through Boolean descriptors, inserting complete articles, published between the years 2018 to 2023 in Portuguese, English and Spanish. Based on this, it is concluded that prototyping brings satisfactory and beneficial results for the surgeon who has the possibility of individualized planning and with the aid of the 3D model, which makes a tactile planning, also for the patient who enjoys a resource in which he can get a piece tailored to their case.

Keywords: Augmented reality; Dental technology; Three-dimensional printing.

Resumen

Inicialmente utilizada en ingeniería, la creación rápida de prototipos ayuda en la reproducción exacta y fiel de objetos para la planificación estructural y la evaluación arquitectónica de proyectos. Con el avance de la tecnología, esta técnica comenzó a ser utilizada en el área de la salud, permitiendo la creación de modelos utilizados para la planificación y piezas personalizadas de acuerdo a las necesidades de cada individuo, brindando beneficios al cirujano y al paciente. Este trabajo tiene como objetivo identificar y caracterizar las principales formas de creación de prototipos en odontología y sus aplicaciones en esta área. A partir de ello, se utilizó una metodología exploratoria, cualitativa y bibliográfica en las bases de datos Biblioteca Virtual en Salud (BVS), Literatura Latinoamericana y Caribeña en Ciencias de la Salud (LILACS) y Centro Nacional de Información Biotecnológica (PubMed). Así, se utilizó una metodología de búsqueda avanzada a través de descriptores booleanos, insertando artículos completos, publicados entre los años 2018 a 2023 en portugués, inglés y español. En base a esto, se concluye que el prototipado trae resultados satisfactorios y beneficiosos para el cirujano que tiene la posibilidad de una planificación individualizada y con la ayuda del modelo 3D, que hace una planificación táctil, también para el paciente que disfruta de un recurso en el que puede conseguir una pieza a la medida de su caso.

Palabras clave: Realidad aumentada; Tecnología dental; Impresión tridimensional.

1. Introdução

A moldagem intra-oral surgiu na Odontologia como meio de reproduzir a cavidade oral do paciente, tecidos moles e duros, desta forma possibilitando o estudo fora da boca da situação clínica e tratamento do paciente em questão, utilizando modelos de gesso. A técnica de moldar passou por diversas mudanças nas suas formas e produtos durante sua evolução, como utilização de cera de abelha, pastas resinosas e godiva até chegar nos atuais elastômeros, entretanto mesmo com esses aperfeiçoamentos a falta de conforto, muitas vezes, do paciente, além da possível margem de erro durante o processo continuam (Cardoso & Juvencio, 2019).

Ao início da década de 80 houve a incorporação do sistema CAD/CAM (Computer aided design / Computer aided manufacturing) na Odontologia, propondo uma automatização do processo até então manual, reduzindo assim custos materiais e minimizando possíveis variações e falhas humanas no processo de moldagem (Vasconcelos et al., 2018).

Este sistema CAD/CAM utiliza de uma câmera infravermelha para captar as estruturas orais do paciente, assim como o registro oclusal do paciente, as imagens obtidas através deste scanner são armazenadas por um software o qual interpreta tais imagens e reproduz através de um modelo tridimensional virtual. A Partir deste modelo uma impressora 3D pode transformar as imagens virtuais em um modelo protótipo, que possui guia de articulação. A aplicação dessa técnica permite um tipo de procedimento mais padronizado e automatizado, reduzindo as chances de alterações no troquel, com reprodução boa e precisa dos tecidos do paciente (Espindola-Castro, 2019).

A utilização da tecnologia em 3D permitiu a confecção de diversos dispositivos cirúrgicos, ortodônticos e protéticos que demandam que o material de moldagem seja resistente a abrasão e flexível. Tais inovações em materiais e procedimentos possibilitaram que a técnica de prototipagem rápida (RP) fosse utilizada para além, como na confecção de elementos funcionais reais, aumentando a viabilidade desta técnica em diversos campos da odontologia, tal qual a produção de guias cirúrgicos ou

modelos físicos em terapias de implantes e próteses dentárias (Bansod et al., 2022).

Na RP é possível produzir em tamanho real 1:1 as estruturas anatômicas do indivíduo com alta precisão. Utilizando estes biomodelos o cirurgião dentista consegue ter uma melhor análise da anatomia do paciente, de modo que será proporcionado uma previsibilidade maior do procedimento, logo um aperfeiçoamento no resultado. Além de redução de etapas clínicas, menos agressão aos tecidos, menor tempo cirúrgico e cicatrização superior (Silva & Faria, 2021).

Entretanto as vantagens dessa técnica vão para além do cirurgião dentista, mas envolvem também o paciente, a PR oferece uma redução de tempo de consulta e maior conforto para ser realizada, trazendo consigo uma certa comodidade. Para mais proporciona também maior confiança e segurança no profissional em questão, por desenvolver melhor a comunicação com o paciente e proporcionar segurança e conforto para ele (Cardoso & Juvencio, 2019).

Diante do exposto, o presente estudo tem como proposta analisar através de uma revisão de literatura, a respeito do uso de prototipagem como recurso de realidade aumentada para auxílio à prática odontológica.

2. Metodologia

O presente trabalho consiste-se em um estudo do tipo revisão bibliográfica narrativa da literatura, que se expressa pela leitura e revisão de arquivos disponíveis de modo íntegro nas bases de dados Biblioteca Virtual em Saúde (BVS), Literatura Latinoamericana e do Caribe em Ciências da Saúde (LILACS) e National Center for Biotechnology Information (PubMed).

Reconhece-se, evidentemente, que nenhuma síntese deve ser iniciada sem critérios, desde os exploratórios aos sistemáticos. Ou seja, deve-se estabelecer passos e segui-los criteriosamente a fim de promover a realização adequada das sínteses das informações presentes na literatura, incluindo apenas autores relevantes e abordagens significativas e pertinentes.

A revisão de literatura nos permite aprofundar sobre temas baseados sob a escrita de diferentes autores e referenciais sobre os principais acervos referentes ao tema abordado, possibilitando um compilado arrojado que nos permite olhar por diversos olhares um mesmo objeto de pesquisa (Pereira et al., 2018).

Tendo em vista o supracitado, uma metodologia lógica foi-se elaborada, amparada nos denominados Descritores em Ciência de Saúde (DeCS), abrangendo, nesse ínterim, os trabalhos publicados entre os anos de 2018 a 2023, nas línguas portuguesa, inglesa e espanhola, disponíveis inteiramente na literatura, gratuitos e os quais evidenciam grande valor para a confecção do atual trabalho. Portanto, abertamente, desse modo, não se incluiu os trabalhos disponíveis fora do prazo determinado, pagos, incompletos, duplicados, em demais idiomas, fora da conjuntura que envolve o presente tema ou que não apresentassem relevância científica ou estrutural para o vigente trabalho, onde os referidos critérios, desse modo, simplifadamente, estarão descritos na Tabela 1.

No que tange a metodologia de pesquisa, inseriu-se os DeCS mais relacionados ao tema presente - os quais foram correlacionados por meio dos operadores booleanos “or” para palavras que possuíssem similaridade e o termo “and” para ligação de palavras distintas entre si, assim como evidenciadas detalhadamente na Tabela 2.

Tabela 1 – Critérios de inclusão e exclusão.

CRITÉRIOS	CRITÉRIOS DE INCLUSÃO	CRITÉRIOS DE EXCLUSÃO
IDIOMA	Língua portuguesa, inglesa e espanhola.	Demais idiomas.
DATA DE PUBLICAÇÃO	2018 - 2023	Artigos de publicações anteriores ao ano de 2018.
DISPONIBILIDADE E COMPATIBILIDADE TEXTUAL:	Texto completo e gratuito; Compatibilidade com o tema	Textos incompletos ou pagos; Incompatibilidade com o tema; Artigos duplicados;

Fonte: Autores (2023).

Tabela 2 – Estratégia de busca.

BASES DE DADOS	DESCRITORES DE BUSCA
Biblioteca Virtual em Saúde (BVS).	(prototipagem) AND (tecnologia) OR (odontologia) AND (fulltext:("1") AND db:("LILACS" OR "MEDLINE") AND type_of_study:("guideline" OR "case_reports") AND la:("pt" OR "en" OR "es")) AND (year_cluster:[2018 TO 2023])
National Center for Biotechnology Information (PubMed).	((prototipagem) AND (impressão tridimensional)) OR (odontologia)
Literatura Latinoamericana e do Caribe em Ciências da Saúde (LILACS)	realidade aumentada [Palavras] and prototipagem [Palavras] or odontologia [Palavras]

Fonte: Autores (2023).

Tabela 3 – Artigos incluídos.

TÍTULO	ANO	TIPO	AUTOR
Fit Accuracy of Removable Partial Denture Frameworks Fabricated with CAD/CAM, Rapid Prototyping, and Conventional Techniques: A Systematic Review.	2021	Revisão Sistemática	Ahmed, N., Abbasi, M. S., Haider, S., Ahmed, N., Habib, S. R., Altamash, S., Zafar, M. S., & Alam, M. K.
Odontologia 3D: Benefícios ao Paciente e Cirurgião Dentista.	2019	Revisão Narrativa	Cristina Cardoso, E. C. C., & Lígia De Souza Juvencio, M.
A Tecnologia 3D e Suas Aplicações na Odontologia Moderna - Uma Revisão Sistemática.	2018	Revisão Sistemática	Vasconcelos, B. E., Farias, R. S., de Matos, J. D. M., Lima, J. F. M., de Castro, D. S. M., & Zogheib, L. V.
Escaneamento Digital e Prototipagem 3D para Confecção de Laminados Cerâmicos: Relato de Caso Clínico.	2019	Relato de Caso	Espíndola-Castro, L. F., Ortigoza, L. S., & Monteiro, G. Q. de M.
Rapid Prototyping in Maxillofacial Rehabilitation: A Review of Literature	2022	Revisão Sistemática	Bansod, A. V., Pisulkar, S. G., Dahihandekar, C., & Beri, A.
Impressão tridimensional na Odontologia: Uma revisão de literatura.	2021	Revisão Integrativa	Silva, R. do N., & Faria, D. L. B. de.
Prototipagem rápida em cirurgias ortognáticas: Uma revisão integrativa.	2021	Revisão Integrativa	Mendes, R. A. M., Moreira, L. P. da S., Targino, M. L. de M., Menezes, I. L., Figueiredo Júnior, E. C., & Marinho, S. A.

Avaliação da utilização do planejamento virtual e prototipagem rápida para o tratamento das doenças que acometem o osso mandibular: Resultados preliminar.	2022	Pesquisa	Leal, J. B., & Silva, J. R. D.
Prototipagem rápida confeccionada pela técnica da impressão tridimensional na cirurgia e implantodontia.	2021	Revisão Narrativa	Lima, L. B. de, Caixeta, M. A., & Viana, H. C.
Prototipagem em cirurgia e traumatologia bucomaxilofacial: Uma revisão simples das principais possibilidades.	2021	Revisão Narrativa	Vilar, E. G. S., Andrade, H. S., Lima, G. L. da S., Sales, J. F., Barbosa, M. R., Koch, O. A., & Da Silva, A. L.
Efeito da fotopolimerização complementar em resinas para impressoras por estereolitografia em suas propriedades mecânicas e diferentes designs de impressão na precisão de modelos odontológicos.	2020	Tese de doutorado	Almeida, L. F.
Endodontic applications of 3D printing.	2018	Análise	Anderson, J., Wealleans, J., & Ray, J.
Um estudo da utilização da impressora 3d na engenharia e na medicina.	2022	Revisão Narrativa	Beca Figueiredo, B., & Ignácio Giocondo Cesar, F.
A prototipagem rápida na engenharia de manutenção.	2022	Revisão Narrativa	Lima, L. J. B.
Próteses dentárias removíveis completas impressas em 3D: uma revisão narrativa.	2020	Revisão narrativa	Anadioti, E., Musharbash, L., Blatz, MB, Papavasiliou, G., & Kamposiora, P
Autotransplante dentário como alternativa de tratamento para a perda de dentes anteriores permanentes em crianças.	2022	Relato de caso	Ambrósio, MFS, Caçado, RP, Oliveira, BCG de, Masioli, MA, & Cunha, DL
Advantages of cad/cam versus conventional complete dentures—A review.	2018	Revisão Integrativa	Janeva, N. M., Kovacevska, G., Elencevski, S., Panchevska, S., Mijoska, A., & Lazarevska, B.
Computer-aided autotransplantation of teeth with 3D printed surgical guides and arch bar: A preliminary experience.	2018	Pesquisa	He, W., Tian, K., Xie, X., Wang, E., & Cui, N
The accuracy of using guided endodontics in access cavity preparation and the temperature changes of root surface: An in vitro study. BMC oral health.	2022	Pesquisa	Zhang, C., Zhao, X., Chen, C., Wang, J., Gu, P., Ma, J., Wu, D., & Li, J
3D printing in orthognathic surgery – A literature review.	2018	Revisão Integrativa	Lin, H.-H., Lonic, D., & Lo, L.-J.

Fonte: Autores (2023).

3. Revisão da Literatura

A prototipagem rápida

Utilizada inicialmente na engenharia, a prototipagem rápida auxilia na reprodução exata e fiel de objetos para planejamento estrutural e avaliação arquitetônica de projetos. Com o avanço da tecnologia passou-se a realizar essa técnica na área da saúde. Imagens geradas de tomografia computadorizada, ultrassonografia, ressonância magnética e scanner possibilitam um modelo virtual em três dimensões (3D) com reprodução 1:1 de estruturas anatômicas que poderão ser reproduzidas em modelo 3D (Melo et al., 2020).

A prototipagem rápida é definida mediante dois estágios de produção. O primeiro estágio compreende a fase virtual do processo, em que são utilizados modelos de scanner 3D, tomografia e ultrassonografia para obtenção da geometria virtual do protótipo. Posteriormente organizados em softwares de modulação sólida (Computer-aided Design — CAD) e por seguinte caracterizando o segundo estágio, as informações serão transferidas para equipamentos que farão a fabricação camada por camada do modelo (Vasconcelos et al., 2018).

A prototipagem assim como outros procedimentos da saúde também tem algumas desvantagens neste caso, a demora na realização de exames e o alto custo na confecção dos modelos. Os modelos protótipos podem auxiliar na confecção de próteses, no planejamento e na execução cirúrgica de alguns casos, diminuindo tempo transpiratório, redução de anestésicos,

delimitação cirúrgica, em alguns casos de patologias, confecção de guias cirúrgicos a partir dos modelos (Leal & Silva, 2022).

As moldagens com alginato e gesso serviam apenas para modelos de estudos e com o avanço das tecnologias foi possível a realização de modelos funcionais. A prototipagem rápida é diferenciada em dois modos de produção, a aditiva e a subtrativa. Aditiva corresponde a interpretação da imagem coletada, através de softwares de modulação geométrica, fazendo a impressão camada por camada de um modelo 3D. Esse modelo pode ser impresso através de sólido, líquido ou pó. Esse tipo de produção aditiva tem uma vantagem do tempo de produção e da reprodução mais fiel de algumas estruturas, como algumas desvantagens o efeito de grau é o principal delas, pela sobreposição de camadas, ângulos vivos podem ser formados nas estruturas dos modelos. O modo subtrativo de produção corresponde a fresagem de um bloco através de fresas numericamente moderadas onde a máquina faz o desgaste do bloco definindo a estrutura desejada. Este método apresenta algumas vantagens como o custo, o tempo de produção e a possibilidade na diferença dos materiais de impressão sendo cerâmica, alumínio, MDF, madeira e plástico. Os modelos são menores do que na forma aditiva, a manipulação é simples e feita através de sistemas de softwares integrados e otimizados para o processo de prototipagem (Lima, 2022; Alcaide & Wiltgen, 2018; Vasconcelos et al., 2018).

A prototipagem rápida detém a possibilidade da utilização de vários materiais, apesar de algumas vantagens do método subtrativo, a forma aditiva ainda é mais amplamente utilizada na odontologia, apesar das suas desvantagens (Silva, 2021).

A reprodução cirúrgica observada por computador estabelece a perspectiva de analisar a estabilidade e precisão de cirurgias que necessitam de controle restrito de posição, como cirurgias ortognáticas e de implantes dentários (He et al., 2018).

Métodos de prototipagem

A prototipagem rápida é dividida em quatro métodos distintos de produção do modelo, sendo eles a estereolitografia (SLA) que corresponde à criação de materiais analógicos provindos de imagens digitais. Utiliza-se plástico, cerâmica, metais, resinas entre outros materiais. A principal característica da SLA é a emissão de luz ultravioleta (laser) que polimeriza as camadas de resina líquida tornando as camadas um único material. O planejamento é fator fundamental para realização desse método, deve-se conhecer a resina bem como seu fotoativador e a quantidade necessária, o que irá influenciar diretamente na fabricação do modelo. Pela sua facilidade, o custo razoável, disponibilidade do material de produção, melhor reprodução dos detalhes, a estereolitografia é o método mais utilizado na prática clínica odontológica (Almeida, 2020; Lima, 2022).

Outro método utilizado é a sinterização a laser seletivo (SLS). Realizada através da estação de sinterização (sinteristation) que apresenta um laser de CO² e um conjunto de espelhos robóticos, juntamente de um armazenamento do pó de polímero onde é dispensado uniformemente sobre uma plataforma fundindo as partículas e construindo o modelo. Os principais materiais que podem ser utilizados na técnica de SLS são metais, cerâmica, poliamida e elastômeros com polímeros aglutinados. O biomodelo é gerado a partir de três fases: aquecimento, construção e resfriamento. A SLS comparada à SLA apresenta algumas vantagens como o custo de produção menor e melhor manutenção do equipamento de fabricação além de possibilidade de esterilização do modelo (Silva, 2021; Dias, 2021).

O segundo mais utilizado, após o método de SLA é o de modelagem por fusão e deposição (FDM), esse método possibilita modelos de diferentes cores, mais ágil que o de SLA e menos desperdícios dos materiais de impressão. A máquina é composta por um cabeçote que trabalha em eixo horizontal e uma superfície que trabalha em eixo vertical. Essa técnica tem como desvantagens o efeito degrau produzido nos modelos devido a deposição dos materiais acontecer camada por camada. Os principais materiais utilizados são a cera, abs estéril policarbonato, poliéster e polifenilsulfona abs (acrilonitrila butadieno estireno) (Vilar et al., 2021).

A técnica de impressão tridimensional se assemelha bastante à SLS, com a deposição de um pó sobre uma plataforma

com o auxílio de um rolo cilíndrico. Uma diferenciação da técnica de SLS é a fase posterior à produção do modelo, onde é aplicado um líquido à base de cianoacrilato. Com os avanços tecnológicos, os materiais de fabricação podem ser encontrados em diferentes estados como pó, resina, grânulos, pellets, filamentos e outros. Os materiais são escolhidos principalmente de acordo com a finalidade do modelo, permitindo com que a técnica e o material de escolha tenham facilidade de reproduzir com mais precisão estruturas nobres como vasos e nervos, músculos e ossos, também como variações do estado anatômico. Essa técnica enfrenta a dificuldade do seu alto custo e a dificuldade de encontrar e selecionar o melhor material para a produção do biomodelo (Lima et al., 2021; Melo et al 2020).

Prototipagem aplicada à prática odontológica

A prototipagem rápida é um recurso tecnológico que vem sendo muito utilizado na prática odontológica para facilitar o dia a dia do cirurgião dentista, esses avanços têm agregado de forma positiva e auxiliado no desenvolvimento diagnóstico de várias especialidades (Lima, 2021).

Cirurgia Bucomaxilofacial: O sistema de manufatura aditiva é realizado através de um planejamento virtual que simula no biomodelo a anatomia do paciente. Desse modo favorece vantagens nas cirurgias pois se tornam mais calculáveis, mais rápidas, menos invasivas, além disso, reduz a morbidade e ajuda na orientação do paciente ao seu tratamento cirúrgico. É possível programar e planejar ressecção mandibular, pré-estabelecer medidas para osteotomia e enxertos, fabricar guias cirúrgicos e reconstruir ATM, pré-determinar dimensão e forma da placa de titânio e o total de parafusos para a osteossíntese. Na cirurgia bucomaxilofacial a prototipagem pode ser utilizada em diversos casos que necessitam de planejamento cirúrgico como no procedimento de cirurgia ortognática, também em casos de fratura do complexo zigomático-órbito-maxilar onde é utilizada a prototipagem rápida em procedimentos pré-operatórios, que com o auxílio de um software simula-se e delimita-se com precisão o local onde será realizado a osteotomia e redução da fratura (Silva, 2021; Bansod, 2022; Lin et al., 2018).

Implantodontia: Os guias cirúrgicos proporcionam uma visualização das dimensões dos implantes, condições ósseas, entre outros fatores, sendo assim uma inovação de muita importância para a reabilitação oral pois denota uma maior conservação das estruturas dentárias, promovendo um resultado com mais qualidade. O uso da técnica na implantodontia oferece para o paciente uma diminuição do tempo cirúrgico, redução de agressão aos tecidos e dessa forma proporciona uma melhor recuperação pós-operatória minimizando o risco de contágio da região. O auxílio das guias cirúrgicas é de grande valia pois os implantes osseointegrados necessitam de um cuidadoso planejamento que possibilite a visualização de todo o aspecto do implante e outros motivos que poderiam refletir no tratamento do paciente (Lima, 2021; Bansod, 2022).

Endodontia: Modelos podem ser fabricados para auxiliar no acesso endodôntico guiado, diminuindo o risco de perfuração em canais obliterados, também para melhor visualização da anatomia interna dos elementos dentários, proporcionando diversos diagnósticos, como reabsorção radicular e lesão apical (Anderson et al., 2018; Silva, 2021). Com o aprimoramento da tomografia computadorizada de feixe cônico (CBCT) e do mecanismo de fabricação de prototipagem rápida tridimensional (3D), o método de endodontia guiada foi integrado na área da terapia endodôntica. A endodontia guiada possui uma elevada precisão e auxilia na obtenção de casos clínicos com resultados seguros e previsíveis, evita a extirpação desnecessária de tecido dentário e melhora o prognóstico do tratamento (Zhang et al., 2022).

Prótese: Os sistemas de desenho e fabricação (CAD/CAM) e prototipagem rápida (RP) inovaram a área da prótese e estão sendo muito aplicados em outras especialidades da odontologia como na ortodontia e dentística.

A prototipagem rápida confecciona modelos de maneira rápida e precisa, tornando-se mais aceitável e confortável aos pacientes, pois dispensa a necessidade de realizar moldagem convencional. Foi percebido através de estudos e pesquisas que, a utilização

da tecnologia CAD/CAM na especialidade de prótese reduz o número de consultas, assim como otimiza o tratamento clínico do paciente. Além disso, outra significativa vantagem desta tecnologia é o arquivamento eletrônico dos dados clínicos dos pacientes, permitindo a confecção de uma nova prótese caso necessário, sem necessidade de novas consultas clínicas (Ahmed et al., 2021; Anadioti, 2020; (Janeva et al., 2018).

Ortodontia: A prototipagem rápida é empregada na colagem dos bráquetes de forma exata e mais precisa, utilizada também na fabricação de alinhadores dentários que podem ser elaborados a partir do uso de um software, o protótipo pode ser usado no planejamento para tratamento de caninos com impactação, além disto podem ser confeccionados bráquetes personalizados para aparelho lingual e aparelhos para ajuda no tratamento de apneia do sono (Ambrósio, 2022; Vasconcelos, 2018).

4. Conclusão

A prototipagem é um recurso de engenharia que se tornou amplamente utilizado na odontologia, pela sua praticidade de confecção, pelos diferentes tipos de materiais utilizados nos modelos em três dimensões, pela rapidez e a qualidade das peças produzidas, pela vantagem de obter um modelo tridimensional personalizado e no qual por vezes pode ser utilizado como guia de planejamento e molde cirúrgico. A prototipagem traz para a odontologia tecnologia em recursos clínicos, inovação científica, benefícios para o cirurgião e para o paciente.

Sugere-se para futuros trabalhos acerca do uso da prototipagem como recurso clínico à odontologia, a explanação e atualização de novas ferramentas e aplicações para a prática da ciência odontológica, consequente aos seus benefícios.

Referências

- Ahmed, N., Abbasi, M. S., Haider, S., Ahmed, N., Habib, S. R., Altamash, S., Zafar, M. S., & Alam, M. K. (2021). Fit Accuracy of Removable Partial Denture Frameworks Fabricated with CAD/CAM, Rapid Prototyping, and Conventional Techniques: A Systematic Review. *BioMed research international*, 2021, 3194433.
- Almeida, L. F. (2020). Efeito da fotopolimerização complementar em resinas para impressoras por estereolitografia em suas propriedades mecânicas e diferentes designs de impressão na precisão de modelos odontológicos.
- Ambrósio, MFS, Cançado, RP, Oliveira, BCG de, Masioli, MA, & Cunha, DL (2022). Autotransplante dentário como alternativa de tratamento para a perda de dentes anteriores permanentes em crianças. *Dental Press Journal of Orthodontics*, 27.
- Anadioti, E., Musharbash, L., Blatz, MB, Papavasiliou, G., & Kamposiora, P. (2020). Próteses dentárias removíveis completas impressas em 3D: uma revisão narrativa. *BMC Oral Health*, 20 (1), 343.
- Anderson, J., Wealleans, J., & Ray, J. (2018). Endodontic applications of 3D printing. *International Endodontic Journal*, 51(9), 1005–1018.
- Bansod, A. V., Pisulkar, S. G., Dahihandekar, C., & Beri, A. (2022). Rapid prototyping in maxillofacial rehabilitation: A review of literature. *Cureus*.
- Beca Figueiredo, B., & Ignácio Giocondo Cesar, F. (2022). Um estudo da utilização da impressora 3d na engenharia e na medicina. *Recisatec - Revista Científica Saúde e Tecnologia - ISSN 2763-8405*, 2(1), e2170.
- Cristina Cardoso, E. C. C., & Ligia De Souza Juvencio, M. (2019). *Odontologia 3d: Benefícios ao paciente e cirurgião dentista*.
- Espíndola-Castro, L. F., Ortigoza, L. S., & Monteiro, G. Q. de M. (2019). Escaneamento digital e prototipagem 3d para confecção de laminados cerâmicos: Relato de caso clínico. *Revista Ciência Plural*, 5(1), 113–123.
- He, W., Tian, K., Xie, X., Wang, E., & Cui, N. (2018). Computer-aided autotransplantation of teeth with 3D printed surgical guides and arch bar: A preliminary experience. *PeerJ*, 6, e5939.
- Janeva, N. M., Kovacevska, G., Elencevski, S., Panchevska, S., Mijoska, A., & Lazarevska, B. (2018). Advantages of cad/cam versus conventional complete dentures—A review. *Macedonian Journal of Medical Sciences*, 6(8), 1498–1502.
- Leal, J. B., & Silva, J. R. D. (2022). Avaliação da utilização do planejamento virtual e prototipagem rápida para o tratamento das doenças que acometem o osso mandibular: Resultados preliminar. *Revista da JOPIC*, 6(10).

- Lima, L. B. de, Caixeta, M. A., & Viana, H. C. (2021). Prototipagem rápida confeccionada pela técnica da impressão tridimensional na cirurgia e implantodontia. *Research, Society and Development*, 10(12), e405101220633.
- Lima, L. J. B. (2022). A prototipagem rápida na engenharia de manutenção. *Revista Científica Multidisciplinar Núcleo do Conhecimento*, 139–149.
- Lin, H.-H., Lonic, D., & Lo, L.-J. (2018). 3D printing in orthognathic surgery – A literature review. *Journal of the Formosan Medical Association*, 117(7), 547–558.
- Mendes, R. A. M., Moreira, L. P. da S., Targino, M. L. de M., Menezes, I. L., Figueirêdo Júnior, E. C., & Marinho, S. A. (2021). Prototipagem rápida em cirurgias ortognáticas: Uma revisão integrativa. *Ciências da Saúde: Desafios, perspectivas e possibilidades—Volume 1* (1º ed, p. 22–36). *Editora Científica Digital*.
- Pereira, A. S. et al. (2018). Metodologia da pesquisa científica. [e-book]. Santa Maria. Ed. UAB/NTE/UFSM. Disponível em: https://repositorio.ufsm.br/bitstream/handle/1/15824/Lic_Computacao_Metodologia-Pesquisa-Cientifica.pdf?sequence=1.
- Silva, R. do N., & Faria, D. L. B. de. (2021). Impressão tridimensional na Odontologia: Uma revisão de literatura. *Odontol. Clín.-Cient*, 41–46.
- Vasconcelos, B. E., Farias, R. S., de Matos, J. D. M., Lima, J. F. M., de Castro, D. S. M., & Zogheib, L. V. (2018). A tecnologia 3D e suas aplicações na Odontologia moderna – revisão sistemática. *Full Dentistry in Science*, 10(37), 87–93.
- Vilar, E. G. S., Andrade, H. S., Lima, G. L. da S., Sales, J. F., Barbosa, M. R., Koch, O. A., & Da Silva, A. L. (2021). Prototipagem em cirurgia e traumatologia bucomaxilofacial: Uma revisão simples das principais possibilidades / Prototyping in oral and maxillofacial surgery: a simple review of the main possibilities. *Brazilian Journal of Health Review*, 4(3), 12481–12491.
- Zhang, C., Zhao, X., Chen, C., Wang, J., Gu, P., Ma, J., Wu, D., & Li, J. (2022). The accuracy of using guided endodontics in access cavity preparation and the temperature changes of root surface: An in vitro study. *BMC oral health*, 22(1), 504.