

O USO DE BIOMATERIAIS IMPRESSOS EM 3D COMO ENXERTOS ÓSSEOS NA IMPLANTODONTIA: UMA REVISÃO INTEGRATIVA

THE USE OF 3D PRINTED BIOMATERIALS AS BONE GRAFTS IN IMPLANTOLOGY: AN INTEGRATIVE REVIEW

EL USO DE BIOMATERIALES IMPRESOS EN 3D COMO INJERTOS ÓSEOS EN IMPLANTOLOGÍA: UNA REVISIÓN INTEGRADORA

Mateus Fernando Souza Leite¹, Rômulo Henrique Moura do Monte dos Santos², Luiza de Araujo Maia³, Dyana Luiza de Almeida Bastos⁴, Betânia Carvalho de Brito Barroso⁵, Jade Vêras Diniz⁶, Lorena Maranhão de Lima⁷, Camila Beatriz Carneiro Pimenta da Costa⁸, Rafaela Santana Freitas Monteiro⁹, Maria Eduarda de Moura Silva Albuquerque¹⁰, Gabriela Granja Porto Petraki¹¹, Marleny Elizabeth Márquez de Martinez Gerbi¹²

DOI: 10.54899/dcs.v22i81.3064

Recibido: 04/07/2025 | Aceptado: 11/07/2025 | Publicación en línea: 12/08/2025.

RESUMO

Introdução: A implantodontia vem demonstrando êxito em seus tratamentos, sendo considerada o “padrão ouro” para reabilitação oral. Para a instalação de implantes dentários é necessário suporte ósseo suficiente para sua ancoragem; e, visando otimizar as taxas de sucesso, diferentes materiais de enxerto são utilizados para induzir a formação óssea local. Atualmente emerge no mercado os enxertos impressos em 3D. Dessa forma, o objetivo deste estudo é avaliar, por meio de uma revisão integrativa da literatura, o uso de biomateriais impressos em 3D como enxertos ósseos para a prática da implantodontia. **Metodologia:** Foram selecionados artigos em língua

¹ Graduando em Odontologia, Faculdade de Odontologia da Universidade de Pernambuco (FOP-UPE), Recife, Pernambuco, Brasil. E-mail: mateus15.fsl@gmail.com Orcid: <https://orcid.org/0000-0003-3448-6646>

² Graduando em Odontologia, Faculdade de Odontologia da Universidade de Pernambuco (FOP-UPE), Recife, Pernambuco, Brasil. E-mail: romulo.henrique.moura@gmail.com Orcid: <https://orcid.org/0009-0005-7607-7631>

³ Graduanda em Odontologia, Faculdade de Odontologia da Universidade de Pernambuco (FOP-UPE), Recife, Pernambuco, Brasil. E-mail: luizadearaujomaia@gmail.com Orcid: <https://orcid.org/0000-0002-6218-9633>

⁴ Graduanda em Odontologia, Faculdade de Odontologia da Universidade de Pernambuco (FOP-UPE), Recife, Pernambuco, Brasil. E-mail: dyanaluizaaaa@gmail.com Orcid: <https://orcid.org/0009-0004-3412-3911>

⁵ Bacharel em Odontologia, Faculdade de Odontologia da Universidade de Pernambuco (FOP-UPE), Recife, Pernambuco, Brasil. E-mail: betania.cbb@gmail.com Orcid: <https://orcid.org/0000-0003-1801-5350>

⁶ Bacharel em Odontologia, Faculdade de Odontologia da Universidade de Pernambuco (FOP-UPE), Recife, Pernambuco, Brasil. E-mail: jadeverasdiniz@gmail.com Orcid: <https://orcid.org/0000-0001-5519-8235>

⁷ Graduanda em Odontologia, Faculdade de Odontologia da Universidade de Pernambuco (FOP-UPE), Recife, Pernambuco, Brasil. E-mail: lorena.maranhaolima@gmail.com Orcid: <https://orcid.org/0000-0003-0905-3726>

⁸ Graduanda em Odontologia, Faculdade de Odontologia da Universidade de Pernambuco (FOP-UPE), Recife, Pernambuco, Brasil. E-mail: camila.beatrizpe@gmail.com Orcid: <https://orcid.org/0000-0003-4981-4358>

⁹ Graduanda em Odontologia, Faculdade de Odontologia da Universidade de Pernambuco (FOP-UPE), Recife, Pernambuco, Brasil. E-mail: rafaelasantanafm@gmail.com Orcid: <https://orcid.org/0000-0002-7525-0528>

¹⁰ Graduanda em Odontologia, Faculdade de Odontologia da Universidade de Pernambuco (FOP-UPE), Recife, Pernambuco, Brasil. E-mail: mariaeduardamsa2@gmail.com Orcid: <https://orcid.org/0000-0001-6900-3232>

¹¹ Doutorado em Odontologia, Faculdade de Odontologia da Universidade de Pernambuco (FOP-UPE), Recife, Pernambuco, Brasil. E-mail: gabriela.porto@upe.br Orcid: <https://orcid.org/0000-0002-4687-3697>

¹² Doutorado em Odontologia, Faculdade de Odontologia da Universidade de Pernambuco (FOP-UPE), Recife, Pernambuco, Brasil. E-mail: marleny.gerbi@upe.br Orcid: <https://orcid.org/0000-0001-9174-2541>

inglesa e portuguesa publicados entre 2015 e 2025, que investigaram o uso de biomateriais impressos em 3D na rotina odontológica. As bases de dados selecionadas para o estudo foram PUBMED e Biblioteca Virtual em Saúde. Os termos utilizados na pesquisa foram “Dental Implant”, “3d printing” e “bone graft”. Resultados e discussão: A amostra final foi composta por 13 artigos. Estudos analisados evidenciam que andaimes ósseos confeccionados por manufatura aditiva pode ser um tratamento eficaz para regeneração óssea, auxiliando no ganho de volume e altura nas deformidades ósseas. Entretanto, ainda não há evidências suficientes para sua popularização, o que reforça a necessidade de pesquisas adicionais para explorar as propriedades destes materiais. Conclusão: biomateriais impressos em 3D para enxertos ósseos na implantodontia têm grande potencial nos tratamentos de defeitos ósseos dos maxilares. Contudo, ainda não existem evidências suficientes para que essa técnica seja consolidada como uma terapia principal e amplamente utilizada.

Palavras-chave: Implante Dentário. Biomateriais. Impressão Tridimensional. Enxerto Ósseo.

ABSTRACT

Introduction: Implant dentistry has shown success in its treatments and is considered the "gold standard" for oral rehabilitation. For the placement of dental implants, sufficient bone support is necessary for proper anchorage; and, in order to optimize success rates, different graft materials are used to induce local bone formation. Currently, 3D-printed grafts are emerging on the market. Therefore, the aim of this study is to evaluate, through an integrative literature review, the use of 3D-printed biomaterials as bone grafts in implant dentistry. Methodology: Articles in English and Portuguese published between 2015 and 2025 were selected, investigating the use of 3D-printed biomaterials in dental practice. The databases selected for the study were PUBMED and the Virtual Health Library. The search terms used were “Dental Implant,” “3D printing,” and “bone graft.” Results and Discussion: The final sample consisted of 13 articles. The studies analyzed show that bone scaffolds manufactured by additive manufacturing can be an effective treatment for bone regeneration, aiding in volume and height gain in bone deformities. However, there is still insufficient evidence for their widespread use, which reinforces the need for further research to explore the properties of these materials. Conclusion: 3D-printed biomaterials for bone grafts in implant dentistry have great potential in the treatment of jawbone defects. However, there is still not enough evidence for this technique to be established as a main and widely used therapy.

Keywords: Dental Implant. Biomaterials. Three-Dimensional Printing. Bone Graft.

RESUMEN

Introducción: La implantología ha demostrado éxito en sus tratamientos, siendo considerada el "estándar de oro" para la rehabilitación bucal. Para la colocación de implantes dentales es necesario contar con soporte óseo suficiente para su anclaje; y, con el objetivo de optimizar las tasas de éxito, se utilizan diferentes materiales de injerto para inducir la formación ósea local. Actualmente, surgieron en el mercado los injertos impresos en 3D. De esta forma, el objetivo de este estudio es evaluar, mediante una revisión integradora, el uso de biomateriales impresos en 3D como injertos óseos en la práctica de la implantología. Metodología: Se seleccionaron artículos en inglés y portugués publicados entre 2015 y 2025 que investigaron el uso de biomateriales impresos en 3D en la práctica odontológica. Las bases de datos seleccionadas para el estudio fueron PUBMED y la Biblioteca Virtual en Salud. Los términos utilizados en la

búsqueda fueron “Dental Implant”, “3D printing” y “bone graft”. Resultados y discusión: La muestra final estuvo compuesta por 13 artículos. Los estudios analizados evidencian que los andamios óseos elaborados mediante manufactura aditiva pueden ser un tratamiento eficaz para la regeneración ósea, ayudando en el aumento de volumen y altura en deformidades óseas. Sin embargo, aún no existen evidencias suficientes para su popularización, lo que refuerza la necesidad de investigaciones adicionales para explorar las propiedades de estos materiales. Conclusión: Los biomateriales impresos en 3D para injertos óseos en implantología tienen gran potencial en el tratamiento de defectos óseos maxilares. Pero todavía no existen evidencias suficientes para que esta técnica sea consolidada como terapia principal y ampliamente utilizada.

Palabras clave: Implante Dental. Biomateriales. Impresión Tridimensional. Injerto Óseo.



Esta obra está bajo una [Licencia Creative Commons Atribución- NoComercial 4.0 Internacional](https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/)

INTRODUÇÃO

A implantodontia moderna vem evoluindo cada vez mais no êxito de seus tratamentos, tornando-se o procedimento “padrão ouro” na reabilitação oral. Contudo, a falta de volume ósseo é um dos principais desafios para o tratamento com implantes dentários. Assim, o uso de biomateriais como enxertos ósseos é uma realidade frequente no consultório odontológico, visando alcançar o volume vertical e horizontal adequado para correta instalação do implante dentário. (Asa'ad et al., 2016).

A reabsorção óssea após exodontia é um processo comum em grande parte dos casos e essa é a causa determinante para a escolha tanto do posicionamento dos implantes, como também é a principal causa da possível perda estética dos pacientes, sendo, desse modo, necessário o tratamento com aumento ósseo, para reparar altura e volume ósseo, possibilitando uma melhor reabilitação com implante dentário. (Liu et al., 2023).

Visando trazer uma maior taxa de sucesso dos implantes, a aplicação de diferentes tipos de enxertos têm sido pesquisada ao longo dos anos. Dentre os tipos mais usuais, encontram-se os autógenos, xenógenos e aloplásticos. Os enxertos Autógenos possuem uma alta biocompatibilidade e bioformação em comparação aos demais tipos; possuem, contudo, limitações, visto que os sítios doadores se encontram no corpo do paciente, o que pode ocasionar um pós operatório mais doloroso e a outros níveis de danos como reabsorções ou deiscências devido a cirurgia. (Jeong et al., 2020).

A respeito dos Xenógenos e Aloplásticos, certas desvantagens destes tipos de enxerto são observadas, como a fragilidade dos materiais, a baixa porosidade e a incapacidade de gerar estruturas no formato específico necessário para o paciente. (Asa'ad et al., 2016).

Nesta perspectiva, a impressão de materiais tridimensionais (3D) previamente planejada digitalmente, com o auxílio da tomografia computadorizada de feixe cônico, surgiu com a premissa de copiar os formatos necessários da matriz extracelular do paciente, o que garantiria um tratamento mais específico, efetivo e com um procedimento cirúrgico simplificado. (Malzoni et al., 2022).

Dessa forma, o objetivo deste estudo é avaliar, por meio de uma revisão integrativa da literatura, o uso de biomateriais impressos em 3D como enxertos ósseos em leitos pobres em osso, para a reabilitação oral com implantes dentários.

METODOLOGIA

Trata-se de uma revisão integrativa da literatura, orientada pela seguinte pergunta norteadora: “O uso biomateriais de enxertia óssea impressos em 3D é uma alternativa viável para reconstruções de defeitos ósseos na implantodontia?” As etapas metodológicas utilizadas para o desenvolvimento do estudo foram a identificação do tema e elaboração da pergunta norteadora, definição das bases de dados, busca de artigos na literatura, critérios de inclusão e exclusão, avaliação e síntese dos resultados encontrados com vistas a responder à pergunta norteadora.

Foram selecionados artigos em língua inglesa e portuguesa publicados entre 2015 e 2025, que investigaram o uso de biomateriais impressos em 3D na rotina odontológica. As bases de dados selecionadas para o estudo foram PUBMED e Biblioteca Virtual em Saúde (BVS). Os termos utilizados na pesquisa foram “Dental Implant”, “3d printing” e “bone graft”. Toda estratégia de busca para cada base de dados foi esclarecida na Tabela 1. Os critérios de exclusão foram artigos que não abordaram o tema proposto da revisão, artigos envolvendo outras especialidades da área da saúde, como ortopedia, artigos duplicados e publicações não acessíveis.

A seleção dos trabalhos foi feita, inicialmente, pelos títulos e resumos e, em seguida, foram lidos na íntegra, os quais melhor se adequaram ao objetivo da pesquisa.

A amostra final contou com 13 artigos.

Tabela 1

Estratégia de busca nas bases de dados.

Base de dados	Estratégia de busca
PUBMED	((((Dental Implant) OR (Dental Implant Therapy) OR (Dental Implantation)) AND ((3D printing) OR (3 Dimensional Printing) OR (Printing))) AND ((Bone Graft) OR (Bone Transplantation)))
BVS	((((Dental Implant) OR (Dental Implant Therapy) OR (Dental Implantation)) AND ((3D printing) OR (3 Dimensional Printing) OR (Printing))) AND ((Bone Graft) OR (Bone Transplantation)))

Fonte: Autoria própria.

RESULTADOS

Esta revisão integrativa foi baseada em uma sistemática busca de dados em dois bancos de dados, que resultou inicialmente na identificação de 115 artigos, sendo 108 provenientes da PubMed e 7 da BVS. Após a exclusão de 4 artigos duplicados, foram selecionados 111 trabalhos para análise dos títulos e resumos, dos quais 68 foram excluídos devido à indisponibilidade de resumo nas bases de dados e 29 por não se enquadrarem ao tema proposto. Posteriormente, 14 artigos foram selecionados para leitura integral e, 1 foi excluído por não estarem alinhados com o tema. A amostra final foi composta por 13 artigos (Fluxograma 1). Os países com maior número de publicações foram a Coreia (23,08%; n=3), Brasil (15,38%; n=2) e China (15,38%; n=2), enquanto Alemanha, Austrália, Espanha, Holanda, Itália, e Tailândia contribuíram com apenas 1 publicação cada durante o período estudado (Tabela 2). Os dados principais de cada artigo foram compilados na Tabela 3.

Tabela 2

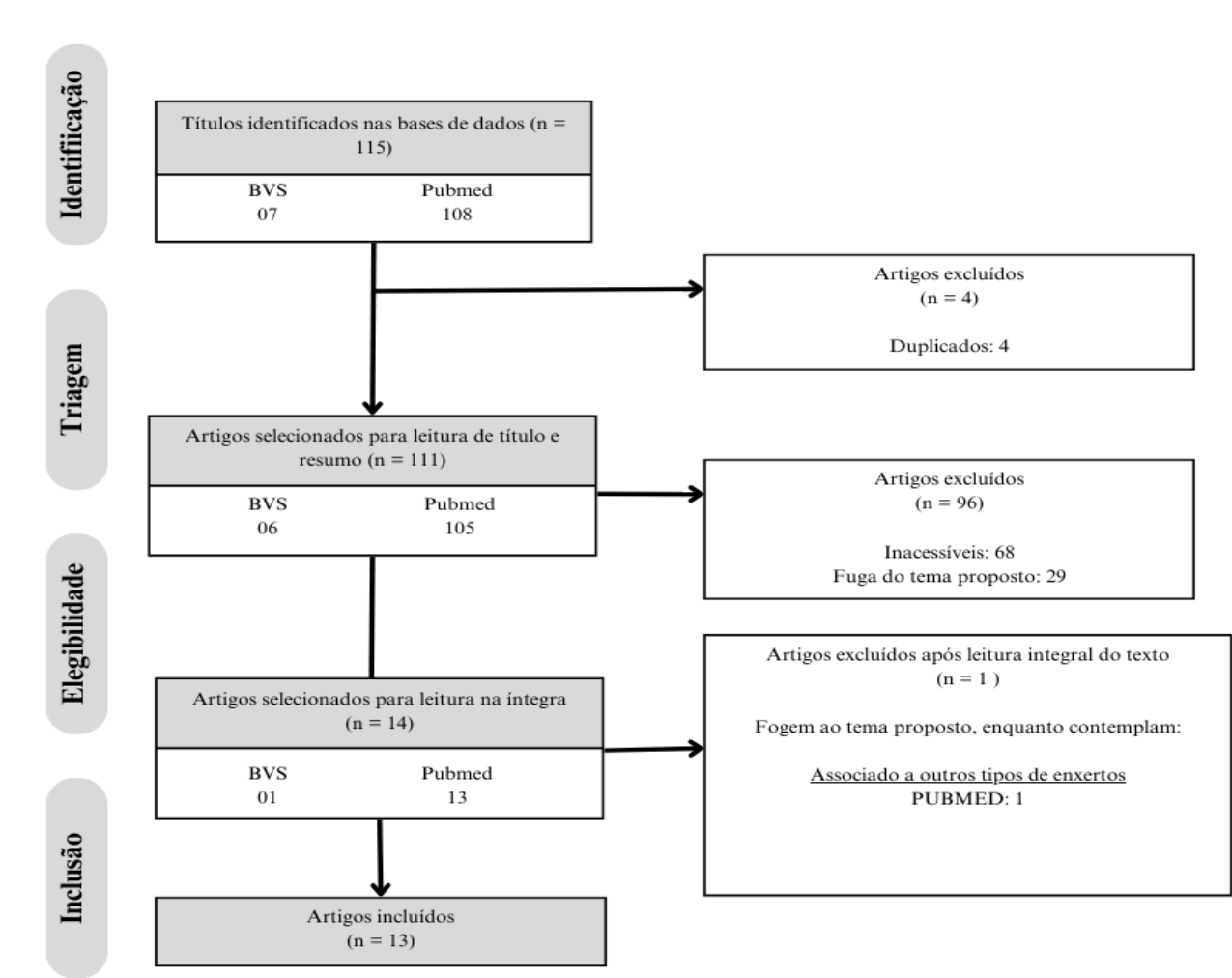
Artigos distribuídos por país e ano de publicação.

País de publicação	2016	2017	2019	2020	2022	2023	2024	2025
Alemanha						1		
Austrália							1	
Brasil					1		1	
China						1		1
Coreia		1		1			1	
Espanha							1	
Holanda			1					
Itália	1							
Tailândia						1		

*até maio de 2025.
 Fonte: Autoria própria.

Figura 1

Identificação, triagem, eleição e inclusão de artigos.



Fonte: Autoria própria.

Tabela 3

Dados dos artigos selecionados.

Autor (Ano)	País de publicação	Objetivos	Metodologia	Principais resultados
Asa'ad, F. et al., 2016	Itália	Destacar diferentes biomateriais adequados para a fabricação de scaffolds 3D, com foco nos biomateriais "impressos em 3D" como substitutos de enxerto ósseo que podem ser convenientes para diversas aplicações relacionadas à terapia com implantes.	Revisão Narrativa	Andaimes impressos em 3D como biomateriais para enxertos ósseos na implantodontia são uma alternativa viável para aumento ósseo vertical e/ou horizontal, preservação de alvéolos e procedimentos de elevação de seio maxilar. Um andaime deve ser biocompatível, biodegradável e bioativo, com uma combinação de materiais de diferentes naturezas para aumentar as propriedades do material.
Mekcha, P. et al., 2023	Tailândia	Apresentar um fluxo de trabalho para enxertos de blocos ósseos de HA impressos em 3D personalizados e determinar a eficácia clínica da ampliação da crista alveolar.	Série de casos	Enxertos de blocos ósseos de hidroxapatita impressos em 3D personalizados, podem ser utilizados para preencher defeitos ósseos e o implante pode ser colocado na posição ideal após 6 meses. Uma investigação histológica revelou osso e vasos sanguíneos recém formados na interface entre o enxerto e a área de osso nativo. No entanto, este estudo incluiu um número limitado de casos.
Chan, R. et al., 2025	China	Este estudo visa desenvolver biocompósitos versáteis de nanohidroxapatita (n HAP) que podem não apenas ser generalizados por sistemas de compósitos de resina, mas também serem aplicáveis para impressão 3D, superando as limitações associadas aos implantes tradicionais.	Estudo laboratorial <i>in vitro</i> e <i>in vivo</i>	Os biocompósitos n HAP impressos em 3D exibiram propriedades biomecânicas e biológicas promissoras, tendo potencial aplicável na implantodontia, através de reconstruções dentárias e maxilofaciais. O tratamento com plasma frio, permitiu uma maior hidrofiliabilidade de superfície, por conta da exposição de n HAPs na superfície externa, transformando a superfície de biotolerante para bioativa, promovendo uma melhora na adesão e na proliferação celular.
Ivanovski, S. et al., 2024	Austrália	Avaliar a efetividade do andaime PCL impresso em 3D na facilitação da regeneração de osso alveolar e subsequente colocação de implante dentário.	Relato de caso	O uso de andaime PCL impresso em 3D resultou em ganho volumétrico de osso, suficiente para reconstrução do contorno original de osso alveolar e para a colocação do implante dentário. A análise histológica demonstrou formação óssea ao redor e entre as partículas do enxerto e o implante apresentou boa estabilidade primária. Indicando a eficácia do Andaime PCL impresso em 3D, como guia para regeneração óssea alveolar de defeitos horizontais, facilitando o sucesso do implante dentário
Stoop, C.	Holanda	O objetivo deste estudo foi	Estudo	O uso de enxertos fabricados por

et al., 2019		avaliar o ajuste marginal e interno de enxertos de resina impressos em 3D, visto que eles podem ser usados para aumento da crista alveolar.	laboratorial <i>in vitro</i>	CAD/CAM através da manufatura aditiva é uma possibilidade na reconstrução de osso alveolar para implantodontia de rebordos parcialmente desdentados. Foi observado que o ajuste marginal dos enxertos, possui uma melhor adaptação do que o ajuste interno, mas apresentaram resultados promissores para uma boa osteoindução. Os enxertos personalizados permitem um ajuste mais fiel do enxerto, mas é importante garantir uma vascularização adequada para impedir exposição do material ou sequestro ósseo.
Jeong, HJ. et al., 2020	Coreia	Propor e fabricar um novo scaffold híbrido impresso tridimensionalmente (3D) que pode ser combinado com um suporte de implante de metal e partículas de enxerto ósseo.	Estudo laboratorial <i>in vitro</i> e <i>in vivo/morto</i>	O scaffold híbrido possuiu excelente molhabilidade, o que proporcionou uma boa capacidade inicial de adesão celular, devido à exposição de partículas de HA e β -TCP, que são úteis na formação óssea. Além disso, os ensaios de cultura celular <i>in vitro</i> utilizando células Soas-2 demonstraram excelentes características de cultura celular. Com os resultados obtidos foi possível comprovar uma capacidade de regeneração óssea com e sem associação de partículas cerâmicas osteocondutoras.
Schulz, MC. et al., 2023	Alemanha	Relatar a aplicação de scaffolds impressos tridimensionalmente a partir de pasta de cimento de fosfato de cálcio para enxertar a maxila posterior severamente atrofiada para a colocação de implantes dentários.	Relato de caso	Após nove meses, observou-se uma integração satisfatória dos scaffolds, bem como osso vital com suprimento sanguíneo, apresentando um resultado promissor no caso relatado. O tamanho do poro, a orientação do filamento e a tortuosidade demonstraram ter influência na permeabilidade e, portanto, na migração e proliferação celular.
Bae, JC. et al., 2017	Coreia	Avaliar o arcabouço impresso em 3D de policaprolactona (PCL)/ β - fosfato tricálcico (β - TCP)/matriz extracelular descelularizada óssea (bdECM) conjugado com rhBMP-2 para uso simultâneo como um stent guia cirúrgico de implante e material de enxerto ósseo que promove novo crescimento ósseo.	Estudo piloto em animais	Foi visto que o enxerto ósseo do arcabouço PCL/ β -TCP/bdECM impresso em 3D conjugado com rhBMP-2, foi capaz de restaurar o volume e a forma originais da crista alveolar no local do defeito. A análise histológica mostrou que os grupos controle e experimental apresentaram volume ósseo novo (VNB, %) semelhante, mas o grupo experimental com BMP apresentou uma relação de contato osso-implante (BIC, %) significativamente maior.
Liu, X. et al., 2023	China	Obter um projeto preciso para a colocação de enxerto ósseo na zona estética dos dentes anteriores usando design auxiliado por	Estudo clínico randomizado	O enxerto ósseo livre, por impressão 3D, é adequado para o tratamento de perdas ósseas graves na região estética dos dentes anteriores. Os resultados obtidos indicaram que o design preciso

		computador, através da impressão 3D.		do enxerto ósseo onlay garantiu aumento ósseo ideal no local cirúrgico com alta precisão; a forte fixação interna na operação foi realizada facilmente, e o fechamento do tecido mole foi realizado sem qualquer dificuldade. É recomendado projetar o osso do enxerto 1 mm mais espesso do que o necessário para que se tenha uma compensação da reabsorção óssea do enxerto.
Malzoni CM., 2022	Brasil	Comparar o desempenho de enxertos ósseos biocerâmicos personalizados impresso em 3D (Plenum® Oss 3D β Fit) com o enxerto ósseo autógeno para reconstrução de maxila atrófica	Estudo clínico randomizado	O β -fosfato tricálcico apresenta propriedade osteocondutora, o que torna os blocos sintéticos uma alternativa viável ao enxerto autógeno na regeneração óssea.
Kim, NH. et al., 2024	Coreia	Avaliar a eficácia clínica de um material ósseo aloplástico impresso tridimensionalmente (3D) personalizado.	Estudo prospectivo randomizado	Os resultados deste estudo sugerem o potencial de materiais de enxerto ósseo personalizados e impressos em 3D como alternativa para procedimentos simplificados de enxerto ósseo. No entanto, esses materiais não demonstraram capacidade significativa de regeneração óssea em comparação com materiais de enxerto convencionais.
Malzoni CM., 2024	Brasil	Esta revisão de escopo teve como objetivo fornecer uma visão geral dos avanços atuais em planejamento virtual e scaffolds bioreabsorvíveis impressos em 3D personalizados, e avaliar seus resultados clínicos em cirurgias reconstrutivas maxilofaciais.	Revisão de escopo	A maioria dos scaffolds impressos em 3D foi biocompatível e não causou eventos adversos locais ou sistêmicos, a não ser complicações pós-operatórias como a exposição do enxerto, deiscência da ferida e infecção local. Os scaffolds impressos em 3D demonstraram compatibilidade dimensional favorável com as deformidades, promoveram a formação óssea, alcançaram a união óssea adequada e apoiaram a colocação de implantes dentários.
Johansson, L. et al., 2024	Espanha	Relatar um caso de reconstrução de um defeito maxilar anterior com um enxerto ósseo sintético impresso em 3D personalizado para a instalação de implantes dentários.	Relato de caso	A crista horizontal anterior da maxila pode ser reconstruída usando um enxerto ósseo sintético impresso em 3D específico do paciente. Uma largura óssea total de 8 mm foi alcançada. O osso reconstruído permaneceu estável durante o período de cicatrização e foi suficiente para a colocação de dois implantes dentários. Os implantes dentários estavam estáveis e bem sucedidos 1 ano após a carga.

Fonte: Autoria própria

DISCUSSÃO

Estudos apontam que diferentes tipos materiais podem ser utilizados para a construção dos enxertos 3D, como Polímeros Naturais Biodegradáveis, os Polímeros Sintéticos Biodegradáveis, as Biocerâmicas e os Metais. Em geral, os Polímeros Naturais (Colágeno, Quitosana e Alginato) apresentam alta biocompatibilidade e hidrofília, porém escassa bioatividade e características mecânicas. Os Polímeros Sintéticos, sendo os mais comuns a Policaprolactona (PCL) e o Ácido Poliglicólico (PGA), são de baixo custo, possuem alta capacidade de se moldar em formatos diferentes, degradação lenta e estabilidade mecânica, mas liberam bioprodutos ácidos em sua degradação que podem causar necrose tecidual. (Asa'ad et al., 2016).

Também em Asa'ad et al. (2016), é dito que essas dificuldades enfrentadas podem ser resolvidas ao se combinar os polímeros com as biocerâmicas (Hidroxiapatita e β -Fosfato Tricálcico), que têm como principais propriedades a alta biocompatibilidade, a hidrofília, a similaridade aos componentes inorgânicos ósseos e a osteocondutividade. Ou seja, é comum combinar diferentes materiais para a impressão 3D, procurando um efeito sinérgico de suas diferentes propriedades. Dentre outras formas para buscar uma melhora nas propriedades osteogênicas tem-se o revestimento dos enxertos impressos em 3D com fatores de crescimento biocompatíveis ou a partir do tratamento de superfície com plasma frio, que possibilitam o aumentando da capacidade de adesão celular e na formação de novas formações ósseas. (Bae et al., 2017), (Chan et al., 2025).

Atualmente, os enxertos 3D são utilizados com diferentes técnicas na Implantodontia: Regeneração Óssea Guiada (GBR), Regeneração Tecidual Guiada (GTR), aumento vertical ósseo e levantamento de seio. Segundo o estudo de Schulz et al. (2023), foi utilizado o Cimento de Fosfato de Cálcio (CPC) na cirurgia de levantamento de seio maxilar, e os resultados se mostraram promissores, visto que os enxertos tinham o tamanho ideal do defeito maxilar, diminuindo o tempo cirúrgico e trazendo uma alta fixação.

Em Schulz et al. (2023) e em Malzoni et al. (2024), observou-se a possibilidade de aumentar a porosidade e o tamanhos dos poros do material impresso por manufatura aditiva, o que permite um tempo de regeneração tecidual reduzido, em virtude de um melhor molhamento de superfície facilitando o processo de osteoindução, entretanto, é dito por Malzoni et al. (2024) que poros maiores podem comprometer a resistência do material.

Nos artigos de Mekcha et al. (2023) e Jeong et al. (2020), foi observado que a fabricação de enxertos híbridos tridimensionais para regeneração óssea alveolar, utilizando o PCL combinado com partículas biocerâmicas (Hidroxiapatita e β -Fosfato Tricálcico), trouxe resultados de alta molhabilidade, alta regeneração óssea local, boas propriedades mecânicas, diminuição do tempo de cirurgia e consequente diminuição do desconforto do paciente.

Já nos estudos de Liu et al. (2023), Ivanovski et al. (2024) e Johansson et al. (2024), é realizado um enxerto sintético impresso em 3D na região dos dentes superiores anteriores, onde houve um ganho em altura e volume, permitindo a instalação de implantes dentários e melhora no padrão estético do paciente, constatando que o enxerto ósseo livre personalizado para o paciente, por manufatura aditiva, é adequado para o tratamento de perdas ósseas na região estética dos dentes anteriores.

No estudo de Kim et al. (2024), é relatado um caso de exodontia dos dentes posteriores, onde será empregado um enxerto cerâmico impresso tridimensionalmente personalizado para o paciente, sugerindo como um material alternativo com potencial nos reparos ósseo em procedimentos simplificados, visto que o biomaterial cerâmico impresso em 3D não teve um desempenho de regeneração óssea similar em comparação à materiais de enxerto convencionais, mas obteve um resultado satisfatório.

Em Stoop et al. (2019) é avaliado o ajuste marginal e interno de enxertos personalizados impressos em 3D para aumento da crista alveolar, nesse estudo é visto que os andaimes ósseo impressos se adaptam muito bem ao seus sítios receptores, mas o ajuste marginal apresentaram melhores valores do que o ajuste interno, evidenciando que superfícies ósseas lisas permitem uma melhor remodelação óssea.

Ademais, em Malzoni et al (2022) é realizado um ensaio clínico randomizado comparando a viabilidade de um enxerto aloplástico para impressão 3D, feito de forma específica para o paciente, à base de β -fosfato tricálcico, com o procedimento de enxerto autógeno. Nessa pesquisa foi concluído que, o uso de biomateriais impressos tridimensionalmente para a regeneração óssea apresentam resultados satisfatórios, sendo uma alternativa viável para a reabilitação de pacientes com atrofia óssea craniofacial grave, como perda dentária precoce, malformação congênita ou após ressecção de cistos e tumores.

Em resumo, estudos analisados evidenciam que andaimes ósseos confeccionados por manufatura aditiva pode ser um tratamento eficaz para uma regeneração óssea efetiva, ajudando no ganho de volume e altura nas deformidades ósseas tanto nas regiões anteriores, quanto

posteriores da maxila e mandíbula. Entretanto, ainda não há evidências suficientes para sua popularização, o que reforça a necessidade de pesquisas adicionais para explorar as propriedades destes materiais.

CONCLUSÃO

Essa revisão integrativa da literatura, permite concluir que o uso de biomateriais impressos em 3D para enxertos ósseos na implantodontia têm grande potencial nos tratamentos de defeitos ósseos dos maxilares. Um dos desafios a serem superados é a acessibilidade e o custo do tratamento, bem como o treinamento profissional, visando um melhor planejamento do tratamento de deformidades ósseas com andaimes impressos por impressão tridimensional para a instalação de implantes dentários. Contudo, ainda não existem evidências suficientes para que essa técnica seja consolidada como uma terapia principal e amplamente utilizada, fazendo-se necessárias mais pesquisas, a fim de encontrar os materiais mais adequados e suas respectivas hibridizações, além das técnicas específicas direcionadas à Implantodontia.

REFERÊNCIAS

- Asa'ad, F., Pagni, G., Pilipchuk, SP, Gianni, AB, Giannobile, WV, & Rasperini, G. (2016). Andaimes e biomateriais impressos em 3D: revisão de aplicações de aumento ósseo alveolar e regeneração periodontal. *International Journal of Dentistry*, 2016 (1), 1239842.
- Bae, J. C., Lee, J. J., Shim, J. H., Park, K. H., Lee, J. S., Bae, E. B., ... & Huh, J. B. (2017). Development and assessment of a 3D-printed scaffold with rhbmp-2 for an implant surgical guide stent and bone graft material: A pilot animal study. *Materials*, 10(12), 1434.
- Chan, R. S. M., Lee, S. J., Wang, F., Zhou, T., Kishan, R., Shum, H. C., ... & Cho, K. (2025). Engineered 3D-Printable Nanohydroxyapatite Biocomposites with Cold Plasma-Tailored Surface Features to Boost Osseointegration. *ACS Applied Materials & Interfaces*, 17(16), 23522-23535.
- de Almeida Malzoni, CM, Gonçalves, V., Possari, J., & Junior, EM (2022). Uso de enxerto em bloco cerâmico 3D comparado com enxerto em bloco autógeno para reabilitação da maxila atrófica: um ensaio clínico randomizado controlado. *Trials*, 23 (1), 903.
- Ivanovski, S., Staples, R., Arora, H., Vaquette, C., & Alayan, J. (2024). Regeneração óssea alveolar utilizando uma estrutura reabsorvível impressa em 3D específica para o paciente para colocação de implantes dentários: relato de caso. *Clinical Oral Implants Research*, 35 (12), 1655-1668.

- Jeong, HJ, Gwak, SJ, Seo, KD, Lee, S., Yun, JH, Cho, YS, & Lee, SJ (2020). Fabricação de arcabouço composto tridimensional para regeneração óssea alveolar simultânea na instalação de implantes dentários. *International Journal of Molecular Sciences* , 21 (5), 1863.
- Johansson, L., Latorre, JL, Liversain, M., Thorel, E., Raymond, Y., & Ginebra, MP (2024). Aumento vestibular tridimensional impresso específico para o paciente: relato de caso. *Journal of Clinical Medicine* , 13 (8), 2408.
- Kim, NH, Yang, BE, On, SW, Kwon, IJ, Ahn, KM, Lee, JH, & Byun, SH (2024). Enxertos ósseos cerâmicos impressos tridimensionalmente personalizados para defeitos ósseos: um estudo prospectivo randomizado. *Scientific Reports* , 14 (1), 3397.
- Liu, X., Fang, Z., Feng, J., Yang, S. F., & Ren, Y. P. (2023). Application of computer-aided design and 3D-printed template for accurate bone augmentation in the aesthetic region of anterior teeth. *BMC Oral Health*, 23(1), 13.
- Malzoni, CMDA, Oliveira, JA, Soares, LFF, Chimirri, MC, Almeida, DADF, Pigossi, SC, & Marcantonio, E. (2024). Scaffold bioabsorvível impresso tridimensionalmente para reconstrução óssea maxilofacial: Uma revisão exploratória. *Revista Brasileira de Odontologia* , 35 , e24-6112.
- Mekcha, P., Wongpairojpanich, J., Thammarakcharoen, F., Suwanprateeb, J., & Buranawat, B. (2022). Customized 3D printed nanohydroxyapatite bone block grafts for implant sites: A case series. *Journal of prosthodontic research*, 67(2), 311-320.
- Schulz, MC, Holtzhausen, S., Nies, B., Heinemann, S., Muallah, D., Kroschwald, L., ... & Sembdner, P. (2023). Andaimes de fosfato de cálcio plotados tridimensionalmente para aumento de defeitos ósseos — um novo método de regeneração. *Journal of personalized medicine* , 13 (3), 464.
- Stoop, C. C., Chatzivasileiou, K., Berkhout, W. E. R., & Wismeijer, D. (2019). Marginal and internal fit of 3D printed resin graft substitutes mimicking alveolar ridge augmentation: An in vitro pilot study. *Plos one*, 14(4), e0215092.