

IMPRESSÃO 3D DE IMPLANTES OSSEointegráveis: PRINCIPAIS VANTAGENS DESSA NOVA TECNOLOGIA

Autor 01: Nery, Natacha¹

Autor 02: Vieira, Livia²

Autor 03: Alves, Brenda³

Orientador 01: Teixeira, Gustavo⁴

Orientador 02: Taranto, Martinelle⁵

RESUMO

A impressão 3D tem se destacado na odontologia, especialmente na fabricação de implantes dentários personalizados. Essa tecnologia reduz o tempo cirúrgico, aumenta a precisão e apresenta melhor custo-benefício em relação aos métodos convencionais. Este estudo revisou a literatura sobre implantes osseointegráveis produzidos por impressão 3D, analisando tempo de procedimento, viabilidade econômica e precisão. A pesquisa foi conduzida utilizando as palavras-chave: "Printing", "Three-Dimensional", "Dental Implants", e a partir de 21 artigos selecionados, constatou-se que a técnica oferece vantagens claras: personalização, menor custo a longo prazo e melhor adaptação às características anatômicas dos pacientes.

Palavras-chave: Printing; Three-Dimensional; Dental Implants

ABSTRACT

3D printing has gained prominence in dentistry, particularly in the manufacturing of customized dental implants. This technology reduces surgical time, increases accuracy, and demonstrates better cost-effectiveness compared to conventional methods. This study reviewed the literature on osseointegrated implants produced through 3D printing, analyzing procedure time, economic feasibility, and accuracy. The research was conducted using the keywords: "Printing," "Three-Dimensional," "Dental Implants," and from 21 selected articles, it was found that the technique provides clear advantages: customization, lower long-term costs, and improved adaptation to patients' anatomical characteristics.

Keywords: Printing; Three-Dimensional; Dental Implants.

1 INTRODUÇÃO

Os implantes dentários revolucionaram a odontologia ao oferecer uma solução duradoura e eficaz para a substituição de dentes perdidos (Elani *et al.*, 2018). Esses dispositivos, feitos geralmente de titânio, são inseridos no osso da mandíbula ou maxila, onde funcionam como raízes artificiais para sustentar próteses dentárias, como coroas ou pontes (Tardelli *et al.*, 2022). Sua popularidade crescente é atribuída à capacidade de preservar a estrutura dentária e o osso circundante, algo crucial para manter a função mastigatória e a qualidade de vida dos pacientes (Elani *et al.*, 2018). Ao contrário das técnicas convencionais, a manufatura aditiva, também conhecida como impressão 3D, representa uma abordagem inovadora que não apenas reduz significativamente o tempo e o material utilizado, mas também possibilita a produção de estruturas complexas e customizadas, eliminando a necessidade de manipulação invasiva de tecidos (Tardelli *et al.*, 2022).

A tecnologia de impressão tridimensional (3D) provou ser uma ferramenta poderosa para a fabricação de implantes de titânio (Ti). O método de fabricação camada por camada da tecnologia de impressão 3D, que pode fabricar formas 3D arbitrárias, fornece uma maneira eficaz de resolver esse problema. Em geral, a tecnologia de impressão 3D é um dos métodos de fabricação mais promissores para defeitos ósseos devido às suas vantagens de fabricação de forma livre, economia de material e ciclo de produção reduzido (Yu *et al.*, 2020).

Esse método é essencial para a produção de implantes metálicos porque permite a criação direta de geometrias complexas e estruturas porosas que outros métodos não

A aplicação de biomodelos tridimensionais na prática clínica tem revolucionado a cirurgia, oferecendo precisão e planejamento sem precedentes para uma variedade de procedimentos. Esses biomodelos são cruciais para medir estruturas anatômicas, simular osteotomias e técnicas de ressecção, além de proporcionar um planejamento minucioso para cirurgias complexas (Brito *et al.*, 2016). Os biomodelos, também conhecidos como prototipagem, já vem sendo bem utilizados na evolução tecnológica da odontologia, auxiliando no planejamento e execução de intervenções complexas, oferecendo uma abordagem mais personalizada e eficaz para reabilitação oral. Essa abordagem, quando aplicada à implantodontia, justifica o crescente interesse pela fabricação aditiva, ou impressão 3D, na produção de implantes dentários. Os implantes dentários, que já revolucionaram a Odontologia, (Elani *et al.*, 2018), têm se beneficiado enormemente dessa tecnologia, pois a impressão 3D permite a criação de implantes individualizados (Heimbrook *et al.*, 2022).

Dessa forma, o uso de biomodelos 3D e implantes impressos tridimensionalmente representa um avanço significativo na odontologia. Quando combinada com a expertise dos profissionais, essa tecnologia contribui para resultados mais previsíveis e satisfatórios, promovendo a saúde bucal e o bem-estar dos pacientes (Patel *et al.*, 2023). A presente revisão de literatura teve como objetivo analisar como a tecnologia de impressão 3D de implantes osseointegráveis pode ser aplicada no tratamento odontológico, com ênfase na precisão, na redução do tempo cirúrgico e na análise do custo-benefício desses implantes.

Especificamente, o estudo buscou identificar de que maneira a tecnologia de impressão 3D contribui para a redução do tempo necessário para os procedimentos odontológicos, quando comparado aos implantes convencionais. Além disso, procurou-se determinar se existe uma diferença estatisticamente significativa nos custos associados às cirurgias de implantes dentários fabricados por impressão 3D em comparação com os métodos tradicionais. Por fim, foi analisada a utilização da impressão 3D para a fabricação de implantes, visando verificar se

essa técnica resulta em maior precisão na fixação do implante em comparação aos métodos convencionais de fabricação e instalação.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

A Implantodontia foi revolucionada pela manufatura aditiva (impressão 3D). Essa tecnologia de fabricação camada por camada permite a produção de estruturas complexas e customizadas, superando as limitações dos métodos convencionais e eliminando a manipulação invasiva de tecidos. Os implantes dentários, majoritariamente feitos em titânio, são essenciais para preservar o osso e a função mastigatória, justificando a busca por inovações no setor.

A impressão 3D surge como o método mais promissor para o tratamento de defeitos ósseos devido às suas vantagens: economia de material, ciclo de produção reduzido e capacidade de fabricação de forma livre. Essa tecnologia permite a fabricação de implantes personalizados (individualizados), com base na anatomia óssea de cada paciente, o que métodos convencionais não conseguem. Essa compatibilidade prévia reduz o tempo operatório e o trauma ao paciente.

A precisão da impressão 3D se estende à qualidade da osseointegração. A tecnologia possibilita a criação de formas complexas e porosas, que favorecem a topografia ideal para o crescimento ósseo. Essa característica é fundamental para o sucesso do implante a longo prazo. Estudos indicam que a manufatura aditiva (AM) pode ser mais precisa que a fundição e similar à usinagem, com margens clinicamente aceitáveis.

Do ponto de vista econômico, embora o investimento inicial seja considerável, a impressão 3D se torna mais vantajosa a longo prazo. A produção sob demanda elimina custos de estoque e desperdício de materiais. Além disso, a redução de tempo cirúrgico e a menor incidência de revisões pós-operatórias contribuem para a diminuição dos gastos operacionais, tornando a impressão 3D uma alternativa eficiente para clínicas e hospitais.

3 METODOLOGIA

Tratou-se de uma revisão de literatura abrangente e analítica, realizada por meio de uma investigação bibliográfica. Para essa finalidade, foram empregados os seguintes termos-chave: *Printing, Three-Dimensional, Dental Implants*.

Foram selecionados artigos científicos publicados no período de 2016 a 2025, coletados nas bases eletrônicas PubMed e SciELO. Dentre todos os estudos encontrados, foram escolhidos artigos classificados como A1, A2, A3, B1, B2 e B3, sendo todos redigidos na língua inglesa.

Com base nos estudos selecionados e por meio de uma análise descritiva dos dados, foi realizada uma comparação entre os implantes dentários convencionais e aqueles produzidos por impressão tridimensional. O estudo teve como objetivo avaliar os benefícios dessa tecnologia, com ênfase na precisão, na redução do tempo cirúrgico e no custo dos implantes dentários.

3 RESULTADOS

Quadro 1: Artigos encontrados durante a pesquisa

Autor(es) / Ano	Objetivo	Amostra	Resultados
<i>Auškalnis et al.</i> (2022)	Avaliar a propagação de desvios desde a digitalização intraoral até a manufatura aditiva de modelos dentados de arco completo.	Modelo mandibular com 5 esferas; digitalizações com scanner intraoral (Trios 4), impressões com MAX UV385 e NextDent 5100; controle com moldagem de silicone e gesso tipo IV.	Modelos impressos tiveram maior fidelidade que impressões IOS. MAX UV385 foi mais preciso que NextDent 5100.

Heimbrook et.al (2022)	Investigar o comportamento de expulsão de amostras metálicas impressas em 3D com diferentes topografias de superfície sob forças normais crescentes.	Amostras metálicas em osso sintético com diferentes estruturas de superfície.	A força normal e o tamanho da amostra influenciaram mais que a estrutura superficial. Algumas superfícies 3D resistiram até 10x mais à expulsão do que o controle polido.
Brito et al. (2022)	Relatar o planejamento cirúrgico de fraturas mandibulares usando biomodelos impressos em 3D.	Caso clínico de fraturas mandibulares bilaterais tratadas com auxílio de prototipagem 3D.	Uso de biomodelos contribuiu para redução do tempo cirúrgico, anestesia e custos hospitalares. Proporcionou maior precisão na adaptação de placas de fixação.

<i>Rutkūnas et al.</i> (2022)	A avaliar a precisão dos implantes fabricados aditivamente, sendo eles metal, cerâmica ou polímeros.	Revisão sistemática com 16 estudos in vitro, com próteses parafusadas e cimentadas.	AM (manufatura aditiva) é mais precisa que fundição, similar à usinagem, com margens de 23–200 µm, clinicamente aceitáveis.
<i>Gómez-Polo et al.</i> (2023)	Avaliar a acurácia, tempo de escaneamento e satisfação do paciente com sistemas de estereofotogrametria (PG).	Revisão sistemática com 14 estudos (3 clínicos, 6 laboratoriais, 5 relatos de caso), usando sistemas PIC e iCam4D.	PG mostrou trueness entre 10–77 µm e precisão de 2–203 µm. Tempo de escaneamento menor e maior satisfação do paciente em relação a métodos convencionais.

Rutkūnas et al. (2023)	Avaliar a propagação do desvio desde a aquisição de dados com um scanner intraoral até a fabricação de modelos dentados de arco completo.	Um modelo mandibular de referência com esferas de precisão foi escaneado para gerar o conjunto de dados padrão. Esse modelo também foi digitalizado com scanner intraoral em dois modos distintos. As varreduras de um dos modos serviram como referência secundária e permitiram a produção de modelos por manufatura aditiva. No grupo controle, foram feitas moldagens convencionais com material de impressão e vazadas em gesso tipo IV. Todos os modelos, tanto impressos quanto em gesso, foram novamente digitalizados com scanner de laboratório para avaliação comparativa.	IOS apresentou maior fidelidade 3D e precisão angular; impressões digitais e modelos 3D igualaram ou superaram o convencional, destacando PRO4K65 UV + Elos; fluxo digital pode ser comparável em casos limitados.
------------------------	---	---	--

<i>Revilla y Leó et al. (2019)</i>	Analisar tecnologias de manufatura aditiva de polímeros em odontologia e suas aplicações: guias cirúrgicos, moldeiras personalizadas, moldes de implantes e restaurações provisórias.	Diferentes revisões sistemáticas foram realizadas, avaliando a precisão dos procedimentos de colocação estática de implantes.	Taxa anual de falha: 3,36% (0–8,45%) ≥12 meses; precisão de ponto de entrada: média 0,74 mm, máx. 4,5 mm; ápice: média 0,85 mm, máx. 7,1 mm.
<i>Neto et al. (2024)</i>	Encontrar uma resposta para a pergunta: "Qual a influência da direção de moldagem de implantes de titânio produzidos por manufatura aditiva em suas propriedades físicas e mecânicas?"	Foram incluídos estudos in vitro sobre a influência da direção de impressão em implantes de titânio obtidos por fabricação seletiva. Ao todo, 16 artigos foram selecionados.	A direção de impressão influencia implantes de titânio; ângulos 0°, 45° e 90° melhoram rigidez, resistência e ductilidade; processo, tamanho de partículas e orientação de grãos também afetam propriedades.

<i>Nagarajan et al. (2018)</i>	Fornecer uma visão geral do estado da arte das técnicas de bioimpressão atualmente disponíveis e das formulações de biotintas em desenvolvimento.	Fornecer uma visão geral do estado da arte das técnicas de bioimpressão atualmente disponíveis e das formulações de biotintas em desenvolvimento.	Redução de etapas de fabricação, entrega mais rápida, melhor experiência tátil para cirurgiões, planejamento facilitado e menores complicações pós-operatórias.
<i>Davidopoulou et al. (2024)</i>	Fornecer novos insights sobre o desenvolvimento de implantes impressos em 3D para promover a colocação de implantes dentários.	A amostra analisada neste artigo consistiu nos dados extraídos de três estudos clínicos com seres humanos: um ensaio clínico randomizado, um estudo prospectivo e um estudo de caso.	Implantes 3D favoreceram boa cicatrização óssea em 8 meses: 34,9 % osso novo, 26,3 % biomaterial e 38,8 % espaços de medula.
<i>Pradíes et al. (2023)</i>	Identificar as evidências disponíveis no uso de Tecnologia de impressão 3D em implantodontia.	1.737 estudos revisados; dois revisores selecionaram trabalhos sobre MA em implantodontia (tecnologia, materiais, impressões e pós-processamento).	132 estudos completos atendendo aos critérios: 13 sobre implantes dentários personalizados, 22 sobre fluxo de guias cirúrgicas e 30 sobre próteses suportadas por implantes.

Huang et al. (2022)	Apresentar o fluxo de trabalho da tecnologia de manufatura aditiva e principais aplicações e avanços recentes da pesquisa em manufatura aditiva na odontologia.	Reconstrução maxilofacial com guias cirúrgicos impressos, implantes mandibulares personalizados e implantes dentários com guias cirúrgicos.	Reduz tempo de tratamento, aumenta conforto e satisfação, oferece conveniência com tratamentos personalizados e melhora a eficiência clínica.
Yu et al. (2020)	Desenvolver uma superfície micro/ nanoestruturada em implantes de Ti-6Al-4V impressos em 3D para melhorar a resposta celular.	Placas de Ti-6Al-4V tratadas por diferentes métodos (polidas, com ataque ácido, e com tratamento hidrotérmico).	Superfície com microvales e nanofios melhorou a hidrofilia (ângulo de contato 4,5°) e favoreceu a adesão e proliferação de osteoblastos MC3T3s.
Li et al. (2022)	Revisar os avanços e limitações na produção de implantes ósseos com impressão 3D.	Revisão de literatura com foco em materiais, técnicas e estruturas.	Impressão 3D melhora personalização, biocompatibilidade e estrutura dos implantes, mas apresenta desafios em resistência mecânica e escolha de materiais.

<i>Tardelli et al. (2022)</i>	Avaliar a influência da rugosidade de implantes produzidos por manufatura aditiva na adesão e proliferação osteoblástica	8 estudos selecionados em revisão sistemática conforme PRISMA.	Implantes ideais: rugosidade Ra 3–5 µm; estruturas porosas melhoram adesão e proliferação celular; rugosidade avaliada junto à composição química e topografia.
<i>Suh et al. (2023)</i>	Comparar implantes 3D impressos com implantes convencionais em modelo animal.	Implantes colocados em cães, avaliados em 2, 6 e 12 semanas	Implantes 3D: maior BIC e melhores parâmetros ósseos às 2, 6 e 12 semanas; sem diferença significativa aos 6 e 12 semanas.
<i>Patel et al. (2023)</i>	Comparar a taxa de sobrevivência entre implantes colocados imediatamente e com protocolo tardio.	Revisão sistemática com 10 estudos de ensaios clínicos randomizados (RCTs e não RCTs), totalizando 700 implantes.	Sobrevivência similar: 97,4 % (imediato) e 97,5 % (tardio); implantação imediata não compromete sucesso, com leve aumento de falhas.

<i>Elani et al. (2018)</i>	Analisar o uso de implantes dentários nos EUA (1999–2016) e prever tendências até 2026	Dados de pesquisas NHANES (adultos edêntulos).	7	Prevalência cresceu de 0,7% para 5,7%. Projeção para 2026 é de até 23%. O uso de implantes é maior em indivíduos com maior escolaridade e plano de saúde privado.
<i>Lee et al. (2025)</i>	Avaliar crescimento ósseo em implantes AM de Ti-6Al-4V com pó de vidro bioativo versus apenas titânio, verificando se o vidro bioativo melhora a resposta óssea.	24 coelhos New Zealand White receberam cilindros porosos de Ti-6Al-4V com ou sem vidro bioativo; observação de 4 a 12 semanas.		Implantes com vidro bioativo tiveram maior BIC e crescimento ósseo nos poros em comparação com os implantes somente de titânio, indicando que BG favorece integração óssea e acelera osteogênese.
<i>Arzani et al. (2025)</i>	Comparar atividade metabólica e adesão microbiana em bases de próteses totais: impressão 3D (MA) versus fresagem (MS).	12 estudos incluídos (PubMed, Scopus, Web of Science, Embase, Cochrane até dez/2024); risco de viés avaliado com QUIN para estudos in vitro.		Próteses 3D tiveram maior atividade metabólica e adesão microbiana que fresadas (p=0,026); rugosidade não previu atividade microbiana.

Ogawa et al. (2025)	Avaliar o efeito de diferentes estratégias de cimentação na retenção de coroas de zircônia impressas em 3D em dentes humanos extraídos.	Foram utilizados 40 pré-molares humanos extraídos, nos quais foram confeccionadas coroas monolíticas de zircônia impressa em 3D	Coroas com cimento resinoso autoadesivo tiveram maior retenção; pré-tratamento com jateamento + primer cerâmico foi mais eficaz.
------------------------	---	---	--

Fonte: elaborada pelos autores

4 DISCUSSÃO

A tecnologia de impressão 3D tem promovido mudanças significativas na área de odontologia, especialmente no que diz respeito à fabricação de implantes dentários. A personalização, a precisão e a eficiência dessa técnica têm demonstrado vantagens notáveis quando comparadas aos métodos tradicionais. Este estudo buscou avaliar as melhorias proporcionadas pela impressão 3D em três aspectos principais: tempo cirúrgico, custos operacionais e precisão no encaixe dos implantes. As evidências analisadas indicam que, de fato, a impressão 3D pode transformar a forma como os implantes dentários são produzidos e utilizados.

Um dos maiores avanços trazidos pela impressão 3D é a redução no tempo necessário para realizar as cirurgias de implantação dentária. Um dos maiores avanços trazidos pela impressão 3D é a redução no tempo necessário para realizar as cirurgias de implantação dentária. Nos métodos convencionais, os implantes são produzidos em tamanhos e formatos padronizados, o que exige que a área receptora no osso seja preparada e adaptada para receber

o implante. Já com a impressão 3D, é possível fabricar implantes personalizados, desenhados especificamente para a anatomia óssea de cada paciente. Essa compatibilidade prévia reduz o tempo operatório e aumenta a previsibilidade do procedimento.

Heimbrook *et al.* (2022) destacam que a personalização dos implantes por impressão 3D não só acelera o procedimento, mas também diminui o risco de complicações. O planejamento da cirurgia é mais eficaz, pois os biomodelos 3D, que são gerados antes da operação, permitem que o cirurgião visualize e se prepare para cada etapa de maneira mais precisa. Além disso, a manipulação dos tecidos durante a cirurgia é reduzida, diminuindo o tempo de exposição e o trauma ao paciente.

A utilização desses modelos 3D também permite que a cirurgia seja realizada de forma mais rápida e com menor invasividade, o que é corroborado por Brito *et al.* (2016). Essa abordagem mais eficiente não só reduz o tempo da cirurgia, mas também acelera o processo de recuperação pós-operatória, uma vez que os tecidos são menos danificados durante o procedimento.

Embora a impressão 3D requeira um investimento inicial considerável em equipamentos e materiais, os benefícios a longo prazo fazem dessa tecnologia uma alternativa mais econômica. Os implantes personalizados eliminam a necessidade de realizar ajustes durante a cirurgia, o que, em métodos convencionais, pode levar a custos adicionais, como a fabricação de novos implantes ou consultas extras. A capacidade de produzir implantes sob demanda, de acordo com as especificações anatômicas de cada paciente, resulta em uma significativa economia de materiais, já que não há desperdício de recursos (Pradíes *et al.*, 2023).

Yu *et al.* (2020) afirmam que, apesar dos custos iniciais mais altos, a impressão 3D pode reduzir o tempo gasto em cada operação, o que diminui os custos com pessoal e infraestrutura hospitalar. Além disso, a menor necessidade de revisões pós-operatórias e de correções durante a cirurgia contribui para a redução dos gastos operacionais. Portanto, a longo prazo, a impressão 3D pode se mostrar uma solução mais econômica, especialmente em clínicas ou hospitais com grande volume de procedimentos.

A produção sob demanda e personalizada também evita os custos associados ao armazenamento de diversos modelos de implantes, o que representa uma economia adicional. Além disso, a precisão na fabricação dos implantes contribui para menos falhas ou necessidade de refazê-los, o que também reduz os custos de substituição ou correções.

A precisão no encaixe do implante é outro aspecto onde a impressão 3D se destaca. A tecnologia permite a criação de implantes que se ajustam com precisão às características anatômicas de cada paciente. Isso resulta em uma melhor fixação e estabilidade do implante, o

que é essencial para a integração bem-sucedida com o osso e para o sucesso do tratamento a longo prazo. De acordo com Heimbrook *et al.* (2022), a personalização oferecida pela impressão 3D também melhora a interface entre o implante e o osso, criando uma topografia ideal para promover o crescimento ósseo, um fator fundamental para a osseointegração eficaz.

Além disso, a impressão 3D permite a criação de formas mais complexas e porosas que favorecem a interação com o osso, uma vantagem importante em relação aos implantes tradicionais, que frequentemente não oferecem esse nível de adaptação (Pradíes *et al.*, 2023). A osseointegração é um dos principais fatores para o sucesso do implante, e qualquer falha nesse processo pode resultar em complicações graves, como a falha do implante ou necessidade de remoção e reposição.

Pradíes *et al.* (2023) observam que os implantes 3D, devido à sua alta precisão, oferecem maior confiança em relação à estabilidade do implante e reduzem o risco de complicações, como infecções ou falhas na fixação. O uso de implantes perfeitamente adaptados à anatomia do paciente também pode resultar em uma recuperação mais rápida e em menos revisões, o que representa uma grande melhoria em comparação com os métodos tradicionais de fabricação.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A utilização da impressão 3D representa uma grande inovação no campo dos implantes dentários. Ao permitir a produção de implantes personalizados que se ajustam com precisão à anatomia de cada paciente, essa tecnologia contribui significativamente para a redução do tempo cirúrgico e melhora a precisão do procedimento. Além disso, ela se destaca na diminuição dos custos operacionais, principalmente pela necessidade reduzida de ajustes durante a cirurgia e pela eliminação da necessidade de estocar diferentes modelos de implantes, já que são produzidos sob medida para cada caso.

Embora seja necessário um investimento inicial mais alto para a implementação dessa tecnologia, os benefícios a longo prazo, como a diminuição de complicações e a otimização do tempo de tratamento, tornam a impressão 3D uma alternativa cada vez mais viável para clínicas e hospitais. No entanto, ainda são necessários mais estudos para avaliar completamente seus efeitos a longo prazo e comparar os custos com os métodos tradicionais. De maneira geral, a impressão 3D tem o potencial de revolucionar o campo da odontologia, proporcionando tratamentos mais rápidos, eficientes e acessíveis para os pacientes.

REFERÊNCIAS REFERÊNCIAS

BRITO, N. M. S. O. et al. Additive Manufacturing for Surgical Planning of Mandibular Fracture. **Acta Stomatologica Croatica**, v. 50, n. 4, p. 348– 353, 15 dez. 2016.

CALAZANS, V.; DOS, C.; LIMA, M. Influence of building direction on physical and mechanical properties of titanium implants: a systematic review. **Heliyon**, v. 10, n. 9, p. e30108–e30108, 1 maio 2024.

ELANI et al., 2018 ELANI, Hawazin W. et al. Trends in Dental Implant Use in the U.S., 1999–2016, and Projections to 2026. **Journal of Dental Research**, v. 97, n. 13, p. 1424–1430, 2018. DOI: 10.1177/0022034518792567.

GÓMEZ-POLO, M. et al. Accuracy, scanning time, and patient satisfaction of stereophotogrammetry systems for acquiring 3D dental implant positions: A systematic review. **Journal of Prosthodontics**, v. 32, n. S2, p. 208–224, 8 set. 2023.

HEIMBROOK, A.; KELLY, C.; GALL, K. Effects of 3D printed surface topography and normal force on implant expulsion. **Journal of the Mechanical Behavior of Biomedical Materials**, v. 130, p. 105208, jun. 2022.

HUANG, G. et al. Main Applications and Recent Research Progresses of Additive Manufacturing in Dentistry. **BioMed Research International**, v. 2022, p. 1–26, 24 fev. 2022.

LEE, C. et al. In Vivo Study of Bone Growth Around Additively Manufactured Implants With Ti-6Al-4V and Bioactive Glass Powder Composites. **Journal of Orthopaedic Research**, 27 jul. 2025.

LI et al., 2022 LI, Zhaolong; WANG, Qinghai; LIU, Guangdong. A Review of 3D Printed Bone Implants. **Micromachines**, v. 13, n. 4, p. 528, 2022. DOI: 10.3390/mi13040528.

LIUDAS AUŠKALNIS et al. Error propagation from intraoral scanning to additive manufacturing of complete-arch dentate models: An in vitro study. **Journal of dentistry**, v. 121, p. 104136–104136, 1 jun. 2022.

NAGARAJAN, N. et al. Enabling personalized implant and controllable biosystem development through 3D printing. **Biotechnology Advances**, v. 36, n. 2, p. 521– 533, 1 mar. 2018.

OGAWA, T. et al. The 3D theory of osseointegration: material, topography, and time as interdependent determinants of bone–implant integration. **International Journal of Implant Dentistry**, v. 11, n. 1, 2 ago. 2025.

PATEL et al., 2023 PATEL, Rishi et al. Differences in Dental Implant Survival between Immediate vs. Delayed Placement: A Systematic Review and Meta-Analysis. **Dentistry Journal**, v. 11, n. 9, art. 218, 2023. DOI: 10.3390/dj11090218.

PRADÍES, G. et al. Current applications of 3D printing in dental implantology: A scoping review mapping the evidence. **Clinical Oral Implants Research**, 6 nov. 2023.

REIS et al., 2022 REIS, Andrea Cândido dos et al. Influência da rugosidade de implantes dentários obtidos por manufatura aditiva na adesão e proliferação osteoblástica: uma revisão sistemática. **Heliyon**, v. 8, e12505, 2022. DOI: 10.1016/j.heliyon.2022.e12505.

REVILLA-LEÓN, M.; SADEGHPOUR, M.; ÖZCAN, M. An update on applications of 3D printing technologies used for processing polymers used in implant dentistry. **Odontology**, 1 jul. 2019.

RUTKŪNAS, V. et al. Effect of 3D printer, implant analog and angulation on the accuracy of analog position in implant casts. **Journal of dentistry**, v. 148, p. 105135, set. 2024.

RUTKŪNAS, V. et al. Accuracy of Fixed Implant-Supported Dental Prostheses Additively Manufactured by Metal, Ceramic, or Polymer: A Systematic Review. **Journal of Prosthodontics**, v. 31, n. S1, p. 70–87, mar. 2022.

SOTIRIA DAVIDOPOULOU et al. Multidimensional 3D-Printed Scaffolds for Ridge Preservation and Dental Implant Placement: A Systematic Review. **Applied Sciences**, v. 14, n. 2, p. 892–892, 20 jan. 2024.

SUH et al., 2023 SUH, Hyemee et al. Comparative evaluation of 3D-printed and conventional implants in vivo: a quantitative microcomputed tomographic and histomorphometric analysis. **Scientific Reports**, v. 13, art. 21041, 2023. DOI: 10.1038/s41598-023-48315-x.

YU et al., 2020 YU, Mingzhi et al. 3D Printed Ti–6Al–4V Implant with a Micro/Nanostructured Surface and Its Cellular Responses. **ACS Omega**, v. 5, n. 49, p. 31738–31743, 2020. DOI: 10.1021/acsomega.0c04373.