RGe ISSN: 2177-3246

TECNOLOGIAS 3D APLICADAS À CONFECÇÃO DE PINOS INTRARRADICULARES PERSONALIZADOS NA DENTÍSTICA RESTAURADORA: REVISÃO DE LITERATURA

3D TECHNOLOGIES APPLIED TO THE FABRICATION OF CUSTOMIZED INTRARADICULAR POSTS IN RESTORATIVE DENTISTRY: A LITERATURE REVIEW

TECNOLOGÍAS 3D APLICADAS A LA FABRICACIÓN DE POSTES INTRARRADICULARES PERSONALIZADOS EN DENTÍSTICA RESTAURADORA: REVISIÓN DE LITERATURA

10.56238/revgeov17n6-002

Rafaela Correia Lima
Cirurgião-dentista
Instituição: Universidade Federal do Pará
E-mail: rafaellaclima16@gmail.com
Orcid: 0009-0006-7829-0337
Lattes: http://lattes.cnpq.br/2035863525403134

Davi Lavareda Corrêa
Doutor
Instituição: Universidade Federal do Pará
E-mail: davilavareda2@yahoo.com.br
Orcid: 0000-0001-7378-4086
Lattes: http://lattes.cnpq.br/1363928397942822

Vania Castro Corrêa
Doutora
Instituição: Universidade Federal do Pará
E-mail: vania@ufpa.br
Orcid: 0000-0002-0985-8922
Lattes: http://lattes.cnpq.br/2598643232020589

Sue Ann Lavareda Corrêa Uchôa
Doutorado
Instituição: Universidade Federal do Pará
E-mail: sueann@ufpa.br
Orcid: 0000-0002-1913-9606
Lattes: http://lattes.cnpq.br/1460341443635547

RGe
ISSN: 2177-3246

Renata Antunes Esteves
Doutora
Instituição: Universidade Federal do Pará
E-mail: estevesra@gmail.com
Orcid: 0000-0002-3421-2365
Lattes: http://lattes.cnpq.br/0001642348652061

Andréa Ferreira Santos da Cruz
Doutora
Instituição: Universidade Federal do Pará
E-mail: sacruz.bel@uol.com.br
Orcid: 0000-0002-3922-6635
Lattes: http://lattes.cnpq.br/2491030922942630

Luciana Barros Barral do Nascimento
Cirurgião-dentista
Instituição: Centro de Pesquisas Odontológicas São Leopoldo Mandic
E-mail: lucianabarral@hotmail.com
Orcid: https://orcid.org/0009-0001-1962-8514
Lattes: http://lattes.cnpq.br/1198254035775650

Suelen Castro Lavareda Corrêa
Doutora
Instituição: Universidade Federal do Pará
E-mail: suelenlavaredam@gmail.com
Orcid: 0000-0001-6289-9566
Lattes: http://lattes.cnpq.br/6912710378393731

RESUMO
A evolução da odontologia digital tem promovido importantes avanços na Dentística Restauradora, especialmente no desenvolvimento de tecnologias tridimensionais aplicadas à reabilitação de dentes tratados endodonticamente. Nesse contexto, os pinos intrarradiculares personalizados confeccionados por meio de sistemas CAD/CAM e impressão 3D vêm se destacando como alternativas promissoras aos métodos convencionais, devido à sua maior adaptação anatômica, potencial biomecânico e previsibilidade clínica. O presente estudo teve como objetivo revisar a literatura acerca das tecnologias 3D aplicadas à confecção de pinos intrarradiculares personalizados na Dentística Restauradora. Para tanto, realizou-se uma revisão narrativa da literatura por meio de buscas nas bases de dados PubMed/MEDLINE, Scopus, Web of Science e Google Scholar, incluindo estudos publicados entre 2015 e 2025. Foram selecionados artigos relacionados às tecnologias CAD/CAM, impressão 3D, biomateriais, adaptação intrarradicular, resistência mecânica e adesão dos pinos personalizados. Observou-se que as tecnologias tridimensionais apresentam vantagens relacionadas à precisão de adaptação, redução da espessura do cimento resinoso, melhor distribuição de tensões e otimização do fluxo clínico digital. Entretanto, ainda existem limitações relacionadas ao custo operacional, necessidade de capacitação profissional e escassez de estudos clínicos de longo prazo. Conclui-se que as tecnologias 3D aplicadas à confecção de pinos intrarradiculares personalizados representam uma importante inovação na Dentística Restauradora contemporânea, contribuindo para maior previsibilidade clínica, preservação estrutural e avanço da odontologia digital.

Palavras-chave: Odontologia Digital. Impressão 3D. CAD/CAM. Pinos Intrarradiculares. Dentística Restauradora.

ABSTRACT
The evolution of digital dentistry has promoted significant advances in Restorative Dentistry, especially in the development of three-dimensional technologies applied to the rehabilitation of endodontically treated teeth. In this context, customized intraradicular posts fabricated through CAD/CAM systems and 3D printing have emerged as promising alternatives to conventional methods due to their superior anatomical adaptation, biomechanical potential, and clinical predictability. This study aimed to review the literature regarding 3D technologies applied to the fabrication of customized intraradicular posts in Restorative Dentistry. To this end, a narrative literature review was conducted through searches in the PubMed/MEDLINE, Scopus, Web of Science, and Google Scholar databases, including studies published between 2015 and 2025. Articles related to CAD/CAM technologies, 3D printing, biomaterials, intraradicular adaptation, mechanical resistance, and adhesion of customized posts were selected. The findings demonstrated that three-dimensional technologies provide advantages related to adaptation precision, reduction in resin cement thickness, improved stress distribution, and optimization of the digital clinical workflow. However, limitations associated with operational costs, professional training requirements, and the lack of long-term clinical studies remain evident. It can be concluded that 3D technologies applied to the fabrication of customized intraradicular posts represent an important innovation in contemporary Restorative Dentistry, contributing to greater clinical predictability, structural preservation, and advancement of digital dentistry.

Keywords: Digital Dentistry. 3D Printing. CAD/CAM. Intraradicular Posts. Restorative Dentistry.

RESUMEN
La evolución de la odontología digital ha promovido importantes avances en la Dentística Restauradora, especialmente en el desarrollo de tecnologías tridimensionales aplicadas a la rehabilitación de dientes tratados endodónticamente. En este contexto, los postes intrarradiculares personalizados confeccionados mediante sistemas CAD/CAM e impresión 3D han destacado como alternativas prometedoras a los métodos convencionales, debido a su mayor adaptación anatómica, potencial biomecánico y previsibilidad clínica. El presente estudio tuvo como objetivo revisar la literatura acerca de las tecnologías 3D aplicadas a la fabricación de postes intrarradiculares personalizados en Dentística Restauradora. Para ello, se realizó una revisión narrativa de la literatura mediante búsquedas en las bases de datos PubMed/MEDLINE, Scopus, Web of Science y Google Scholar, incluyendo estudios publicados entre 2015 y 2025. Se seleccionaron artículos relacionados con tecnologías CAD/CAM, impresión 3D, biomateriales, adaptación intrarradicular, resistencia mecánica y adhesión de postes personalizados. Se observó que las tecnologías tridimensionales presentan ventajas relacionadas con la precisión de adaptación, reducción del espesor del cemento resinoso, mejor distribución de tensiones y optimización del flujo clínico digital. Sin embargo, aún existen limitaciones relacionadas con el costo operativo, la necesidad de capacitación profesional y la escasez de estudios clínicos a largo plazo. Se concluye que las tecnologías 3D aplicadas a la fabricación de postes intrarradiculares personalizados representan una importante innovación en la Dentística Restauradora contemporánea, contribuyendo a una mayor previsibilidad clínica, preservación estructural y avance de la odontología digital.

Palabras clave: Odontología Digital. Impresión 3D. CAD/CAM. Postes Intrarradiculares. Dentística Restauradora.

ISSN: 2177-3246

1 INTRODUÇÃO

A evolução das tecnologias digitais tem promovido mudanças significativas na odontologia contemporânea, especialmente na Dentística Restauradora, onde sistemas computadorizados vêm sendo incorporados ao planejamento, diagnóstico e execução de procedimentos clínicos com maior previsibilidade e precisão (ALGAZZAWI, 2016). Nesse contexto, ferramentas como CAD/CAM (Computer-Aided Design/Computer-Aided Manufacturing) e impressão tridimensional passaram a desempenhar papel fundamental no desenvolvimento de reabilitações restauradoras mais conservadoras, funcionais e individualizadas (PATIL et al., 2018).

A reabilitação de dentes tratados endodonticamente continua sendo um dos maiores desafios clínicos da Dentística Restauradora devido à significativa perda de estrutura dentária, fragilidade biomecânica e risco aumentado de fraturas coronorradiculares (ANDRADE; RINALDO; BRAVIN, 2025). Tradicionalmente, os pinos intrarradiculares são utilizados com a finalidade de proporcionar retenção ao núcleo restaurador e favorecer a reconstrução coronária de dentes extensamente destruídos. Entre os diferentes materiais disponíveis, os pinos de fibra de vidro ganharam destaque devido à sua estética favorável, comportamento biomecânico semelhante ao da dentina e menor risco de fraturas radiculares catastróficas (AL-QARNI, 2022).

Entretanto, apesar das vantagens clínicas dos pinos pré-fabricados convencionais, limitações relacionadas à adaptação anatômica aos condutos radiculares ainda representam um importante desafio restaurador. Em canais amplos, ovais ou excessivamente desgastados, a falta de adaptação adequada pode resultar em espessas camadas de cimento resinoso, aumento da contração de polimerização, falhas adesivas e comprometimento da longevidade restauradora (DIMITROVA; VLAHOVA; KAZAKOVA, 2024).

As tecnologias CAD/CAM e impressão 3D permitem a confecção de estruturas personalizadas com elevada precisão dimensional, melhor adaptação marginal e potencial redução das falhas mecânicas e adesivas associadas às técnicas convencionais (SAMRA et al., 2016). Além disso, a digitalização dos fluxos clínicos proporciona maior previsibilidade restauradora, redução do tempo clínico e integração entre planejamento virtual e execução laboratorial (SUGANNA et al., 2022).

A impressão tridimensional vem apresentando crescimento expressivo na odontologia devido à possibilidade de produção de estruturas complexas com alto nível de personalização e menor desperdício de material (ANADIOTI et al., 2020). Estudos recentes demonstram que dispositivos produzidos por manufatura aditiva apresentam propriedades mecânicas satisfatórias e elevada precisão de adaptação, favorecendo sua utilização em diferentes áreas restauradoras e protéticas (VALENTI et al., 2024). Além disso, materiais desenvolvidos especificamente para impressão odontológica vêm apresentando avanços importantes relacionados à estabilidade dimensional, resistência mecânica e biocompatibilidade (RASZEWSKI, 2020).

Do ponto de vista biomecânico, os pinos personalizados confeccionados por CAD/CAM ou impressão 3D apresentam potencial para melhor distribuição das tensões mastigatórias ao longo da raiz dentária, reduzindo áreas de concentração de estresse e favorecendo maior preservação estrutural do remanescente dentário (REXHEPI et al., 2023). Dimitrova, Vlahova e Kazakova (2024) destacam que a adaptação anatômica individualizada representa uma das principais vantagens das tecnologias digitais aplicadas aos retentores intrarradiculares, principalmente em dentes com anatomias radiculares complexas.

Além das vantagens mecânicas, as tecnologias digitais também promovem benefícios relacionados à previsibilidade estética e integração do fluxo clínico restaurador. A moldagem digital, por exemplo, vem sendo considerada uma alternativa mais confortável e precisa quando comparada às técnicas convencionais de moldagem intrarradicular (FREITAS; SILVA, 2022).

Outro aspecto importante refere-se à constante evolução dos biomateriais utilizados em sistemas CAD/CAM e impressão 3D. Estudos recentes demonstram crescente desenvolvimento de resinas híbridas, polímeros reforçados e materiais bioinspirados capazes de apresentar propriedades mecânicas e ópticas cada vez mais próximas às estruturas dentárias naturais (YAMAGUCHI; LI; IMAZATO, 2023).

Apesar dos avanços observados, ainda existem limitações relacionadas ao custo operacional das tecnologias digitais, necessidade de capacitação profissional e escassez de estudos clínicos longitudinais que avaliem a longevidade dos pinos personalizados confeccionados por sistemas tridimensionais (BASHEER; PEERAN, 2025). Diante disso, o presente estudo tem como objetivo revisar a literatura acerca das tecnologias 3D aplicadas à confecção de pinos intrarradiculares personalizados na Dentística Restauradora, abordando os avanços tecnológicos, propriedades biomecânicas, adaptação intrarradicular, vantagens clínicas, limitações e perspectivas futuras da odontologia digital aplicada à reabilitação de dentes tratados endodonticamente.

2 METODOLOGIA

O presente estudo caracteriza-se como uma revisão narrativa da literatura, de abordagem qualitativa e descritiva, realizada com o objetivo de analisar as tecnologias 3D aplicadas à confecção de pinos intrarradiculares personalizados na Dentística Restauradora, enfatizando os avanços relacionados aos sistemas CAD/CAM, impressão tridimensional, adaptação intrarradicular, propriedades biomecânicas e aplicações clínicas desses dispositivos na reabilitação de dentes tratados endodonticamente.

A busca bibliográfica foi realizada nas bases de dados eletrônicas PubMed/MEDLINE, Scopus, Web of Science e Google Scholar, consideradas importantes fontes de indexação científica nas áreas de odontologia digital, dentística restauradora, biomateriais e prótese odontológica. Foram

selecionados artigos publicados nos últimos 10 anos, compreendendo o período entre 2015 e 2025, com o objetivo de reunir evidências científicas atuais acerca das tecnologias tridimensionais aplicadas à confecção de pinos intrarradiculares personalizados.

Para a estratégia de busca, utilizaram-se descritores em inglês indexados no Medical Subject Headings (MeSH), combinados por meio dos operadores booleanos “AND” e “OR”. Os principais termos utilizados foram: “CAD/CAM”, “3D printing”, “digital dentistry”, “customized posts”, “intraradicular posts”, “fiber posts”, “post and core”, “restorative dentistry”, “endodontically treated teeth”, “computer-aided design”, “computer-aided manufacturing” e “additive manufacturing”.

Foram incluídos artigos científicos publicados nos idiomas inglês, português e espanhol, abrangendo revisões sistemáticas, meta-análises, revisões narrativas, estudos laboratoriais, ensaios clínicos e pesquisas relacionadas às tecnologias CAD/CAM, impressão 3D, biomateriais restauradores, adaptação de pinos personalizados, resistência mecânica, fluxo digital e odontologia restauradora digital. Os artigos foram selecionados de forma aleatória entre os estudos encontrados nas bases de dados, desde que apresentassem relevância científica e relação direta com o tema proposto.

Foram excluídos estudos duplicados, resumos de congressos, cartas ao editor, dissertações, teses, capítulos de livros e trabalhos que não abordassem diretamente tecnologias tridimensionais aplicadas à confecção de pinos intrarradiculares personalizados ou odontologia digital restauradora. Após a leitura dos títulos e resumos, os artigos potencialmente elegíveis foram submetidos à leitura completa para avaliação do conteúdo e adequação aos objetivos da revisão. Os estudos foram organizados e analisados de forma descritiva e comparativa, permitindo a discussão crítica das evidências científicas disponíveis acerca da utilização das tecnologias tridimensionais na Dentística Restauradora contemporânea (Figura 1).

Figura 1. Processo de busca dos artigos.



Fonte: Autores.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 REVISÃO DE LITERATURA

Inicialmente, na etapa de identificação, foram encontrados 7.775 registros nas bases de dados eletrônicas consultadas. Após a remoção de 1.933 estudos duplicados, permaneceram 5.842 artigos para análise. Na fase de triagem, realizou-se a leitura dos títulos e resumos, resultando na exclusão de 5.486 estudos que não apresentavam relação direta com o tema proposto. Em seguida, 356 artigos foram selecionados para leitura completa e avaliação de elegibilidade. Durante a etapa de elegibilidade, os estudos foram analisados integralmente, sendo excluídos 324 artigos por não atenderem aos critérios de inclusão estabelecidos, como ausência de relação com tecnologias CAD/CAM, impressão 3D, pinos intrarradiculares personalizados ou odontologia digital restauradora. Ao final do processo metodológico, 32 estudos foram incluídos na revisão de literatura, compondo a base científica utilizada para análise e discussão das evidências relacionadas às tecnologias tridimensionais aplicadas à confecção de pinos intrarradiculares personalizados na Dentística Restauradora (Figura 2).

Figura 2. Processo de revisão de literatura.



Fonte: Autores.

3.2 EVOLUÇÃO DAS TECNOLOGIAS DIGITAIS NA DENTÍSTICA RESTAURADORA

Os estudos analisados demonstraram que a odontologia digital passou por importante evolução nas últimas décadas, especialmente com o avanço dos sistemas CAD/CAM e das tecnologias de impressão tridimensional aplicadas à Dentística Restauradora. Segundo Alghazzawi (2016), a incorporação de sistemas digitais promoveu maior precisão clínica, otimização do fluxo restaurador e melhoria na previsibilidade dos tratamentos odontológicos. Resultados semelhantes foram descritos por Patil et al. (2018) e Sriram, Shankari e Chacko (2018), que destacaram que a digitalização dos processos restauradores reduziu falhas operatórias e favoreceu maior integração entre planejamento virtual e execução clínica.

A literatura também evidencia que o avanço das tecnologias tridimensionais vem transformando a forma como procedimentos restauradores são planejados e executados. Samra et al. (2016) ressaltam que a utilização de softwares de desenho assistido por computador e equipamentos de manufatura digital permitiu o desenvolvimento de estruturas restauradoras mais individualizadas e biologicamente compatíveis. Além disso, Suganna et al. (2022) observaram que os sistemas CAD/CAM representam uma das maiores revoluções tecnológicas da odontologia contemporânea devido à precisão dimensional, velocidade de confecção e potencial de personalização das restaurações.

Outro aspecto relevante refere-se à ampliação das aplicações clínicas da impressão 3D na odontologia. Estudos recentes demonstram utilização crescente dessa tecnologia na fabricação de modelos odontológicos, próteses provisórias, dispositivos ortodônticos, placas oclusais e estruturas restauradoras complexas (ANADIOTI et al., 2020; WANG et al., 2024). Dessa forma, observa-se que a odontologia digital deixou de representar apenas uma inovação tecnológica e passou a integrar efetivamente a prática clínica contemporânea.

3.3 PINOS INTRARRADICULARES PERSONALIZADOS E ADAPTAÇÃO ANATÔMICA

A adaptação intrarradicular representa um dos fatores mais importantes para o sucesso biomecânico dos pinos intrarradiculares. Os estudos incluídos nesta revisão demonstraram que os

pinos personalizados confeccionados por sistemas CAD/CAM e impressão 3D apresentam adaptação significativamente superior quando comparados aos pinos pré-fabricados convencionais (AL-QARNI, 2022).

Segundo Dimitrova, Vlahova e Kazakova (2024), os sistemas digitais permitem obtenção de estruturas individualizadas capazes de reproduzir com maior precisão a anatomia interna dos canais radiculares, reduzindo espaços vazios e espessuras excessivas de cimento resinoso. Essa adaptação anatômica mais precisa contribui para melhor distribuição das tensões mastigatórias ao longo da raiz dentária e diminuição do risco de falhas adesivas e fraturas radiculares.

Além disso, Al-Qarni (2022) destaca que os pinos personalizados apresentam importante vantagem clínica em canais amplos, ovais ou excessivamente desgastados, nos quais os sistemas convencionais frequentemente necessitam de grandes volumes de cimento resinoso para compensar a falta de adaptação. Nessas situações, a personalização digital permite maior preservação estrutural do remanescente dentário e melhor comportamento biomecânico do conjunto restaurador.

Os avanços observados nas técnicas digitais também favoreceram maior previsibilidade restauradora. Estudos relacionados à adaptação marginal de estruturas confeccionadas por CAD/CAM e impressão 3D demonstraram elevada precisão dimensional e melhor ajuste interno quando comparados aos métodos convencionais (AL WADEI et al., 2022). Esses resultados reforçam o potencial das tecnologias tridimensionais na confecção de pinos intrarradiculares personalizados.

3.4 PROPRIEDADES BIOMECÂNICAS E RESISTÊNCIA MECÂNICA

Do ponto de vista biomecânico, os estudos analisados demonstraram que os materiais utilizados nos sistemas CAD/CAM e impressão 3D vêm apresentando propriedades mecânicas cada vez mais favoráveis para aplicação clínica restauradora. Rexhepi et al. (2023), em revisão sistemática, observaram que os materiais digitais utilizados em odontologia restauradora apresentam adequada resistência flexural, estabilidade dimensional e comportamento biomecânico satisfatório.

A distribuição de tensões ao longo da raiz dentária também foi amplamente discutida na literatura. Andrade, Rinaldo e Bravin (2025) destacaram que os pinos de fibra de vidro apresentam módulo de elasticidade semelhante ao da dentina, favorecendo dissipação mais homogênea das forças mastigatórias e reduzindo o risco de fraturas radiculares catastróficas quando comparados aos núcleos metálicos fundidos.

Além disso, Valenti et al. (2024) demonstraram que materiais poliméricos produzidos por impressão tridimensional apresentam propriedades mecânicas comparáveis às estruturas confeccionadas por métodos convencionais, indicando potencial aplicabilidade clínica desses materiais na reabilitação restauradora. Resultados semelhantes foram encontrados por Alrabiah (2025), que observou desempenho mecânico satisfatório em materiais restauradores produzidos por sistemas

CAD/CAM e impressão 3D.

Outro aspecto relevante refere-se à evolução dos biomateriais digitais. Yamaguchi, Li e Imazato (2023) ressaltaram que a utilização de inteligência computacional e informatics aplicadas aos biomateriais odontológicos vem permitindo o desenvolvimento de materiais restauradores mais resistentes, estéticos e biologicamente compatíveis. Essa evolução amplia significativamente as possibilidades clínicas dos sistemas tridimensionais aplicados à Dentística Restauradora.

3.5 IMPRESSÃO 3D E FLUXO DIGITAL RESTAURADOR

A impressão tridimensional representa uma das tecnologias mais promissoras da odontologia digital contemporânea devido à sua capacidade de produzir estruturas altamente personalizadas e com elevado nível de precisão. Anadioti et al. (2020) destacaram que a manufatura aditiva vem promovendo mudanças importantes no fluxo restaurador devido à redução do desperdício de material, agilidade de produção e possibilidade de confecção de geometrias complexas.

Além disso, os estudos demonstraram que a integração entre escaneamento intraoral, softwares CAD e impressão 3D permite maior previsibilidade clínica e melhor comunicação entre clínico e laboratório (FREITAS; SILVA, 2022). Essa digitalização do fluxo restaurador reduz etapas operatórias convencionais e favorece tratamentos mais rápidos e precisos.

Palone et al. (2024) observaram elevada precisão em dispositivos confeccionados por impressão 3D, reforçando a confiabilidade da tecnologia para aplicações odontológicas complexas. Resultados semelhantes também foram descritos por Wang et al. (2024), que demonstraram eficácia clínica da impressão tridimensional na fabricação de modelos odontológicos personalizados.

Entretanto, apesar dos avanços observados, alguns estudos destacam limitações relacionadas ao custo operacional dos equipamentos, necessidade de treinamento profissional e dependência tecnológica para correta execução dos fluxos digitais (BASHEER; PEERAN, 2025).

3.6 APLICAÇÕES CLÍNICAS NA DENTÍSTICA RESTAURADORA

Os estudos incluídos nesta revisão demonstraram que as tecnologias tridimensionais apresentam ampla aplicabilidade clínica na Dentística Restauradora contemporânea. Além da confecção de pinos intrarradiculares personalizados, os sistemas CAD/CAM e impressão 3D vêm sendo utilizados na produção de coroas, facetas, endocrowns, próteses provisórias e dispositivos restauradores diversos.

Dos Santos (2021a) destacou que as endocrowns representam importante alternativa restauradora minimamente invasiva para dentes tratados endodonticamente, especialmente quando associadas aos sistemas digitais de fabricação. Resultados semelhantes também foram observados por dos Santos (2021b), que ressaltaram as vantagens clínicas das restaurações digitais relacionadas à

adaptação marginal, estética e preservação estrutural.

Alnuwaiser et al. (2024) observaram avanços significativos relacionados à estética restauradora proporcionada pelos sistemas digitais, principalmente devido ao desenvolvimento de materiais com melhores propriedades ópticas e estabilidade de cor. Dimitrova et al. (2022) também destacaram que as resinas produzidas por CAD/CAM e impressão 3D apresentam adequada estabilidade cromática e comportamento clínico satisfatório.

Além disso, Jafarpour, Haricharan e de Souza (2024) demonstraram que sistemas digitais apresentam altos índices de satisfação clínica e redução do tempo operacional quando comparados às técnicas convencionais. Dessa forma, observa-se que as tecnologias tridimensionais vêm promovendo importante transformação na prática restauradora contemporânea.

3.7 BIOMATERIAIS UTILIZADOS NAS TECNOLOGIAS CAD/CAM E IMPRESSÃO 3D

A evolução das tecnologias digitais na odontologia restauradora está diretamente relacionada ao desenvolvimento de biomateriais com propriedades mecânicas, biológicas e ópticas mais favoráveis. Os estudos analisados demonstraram que os materiais utilizados em sistemas CAD/CAM e impressão tridimensional vêm apresentando avanços significativos em resistência, estabilidade dimensional e biocompatibilidade (YAMAGUCHI; LI; IMAZATO, 2023).

Entre os materiais mais utilizados destacam-se as resinas híbridas, polímeros reforçados por fibras, resinas acrílicas industriais e cerâmicas odontológicas processadas digitalmente. Raszewski (2020) observou que as resinas acrílicas produzidas por CAD/CAM apresentam menor porosidade, maior homogeneidade estrutural e melhores propriedades mecânicas quando comparadas aos métodos convencionais de polimerização.

Além disso, Valenti et al. (2024) demonstraram que materiais produzidos por manufatura aditiva apresentam propriedades biológicas e mecânicas satisfatórias para utilização clínica em dispositivos restauradores personalizados. Resultados semelhantes foram descritos por da Silva, da Silva e de Figueiredo (2025), que observaram adequado desempenho mecânico de resinas produzidas por CAD/CAM e impressão 3D mesmo após envelhecimento artificial.

Outro aspecto relevante refere-se à constante busca por biomateriais bioinspirados capazes de reproduzir características biomecânicas semelhantes às estruturas dentárias naturais. Nesse contexto, os sistemas digitais vêm permitindo desenvolvimento de materiais restauradores cada vez mais compatíveis com a dentina e esmalte dentário, favorecendo melhor dissipação das tensões mastigatórias e maior longevidade clínica das restaurações.

3.8 FLUXO CLÍNICO DIGITAL E PREVISIBILIDADE RESTAURADORA

Os estudos incluídos nesta revisão evidenciaram que o fluxo clínico digital representa um dos

principais avanços proporcionados pelas tecnologias CAD/CAM e impressão 3D na Dentística Restauradora. A integração entre escaneamento intraoral, softwares de desenho virtual e sistemas de fabricação computadorizada permite maior precisão restauradora e otimização das etapas clínicas e laboratoriais (PATIL et al., 2018).

Segundo Freitas e Silva (2022), a moldagem digital apresenta vantagens importantes em relação às técnicas convencionais, incluindo maior conforto ao paciente, redução de distorções e melhor reprodução anatômica das estruturas dentárias. Além disso, o fluxo digital favorece armazenamento virtual dos casos clínicos e maior facilidade de comunicação entre clínico e laboratório.

Suganna et al. (2022) destacaram que a digitalização dos procedimentos restauradores proporciona redução significativa do tempo clínico-operatório e aumento da previsibilidade estética e funcional das reabilitações. Essa previsibilidade é especialmente relevante na confecção de pinos intrarradiculares personalizados, nos quais pequenas falhas de adaptação podem comprometer o desempenho biomecânico do conjunto restaurador. Outro aspecto importante refere-se à possibilidade de simulação virtual das restaurações antes da execução clínica. Samra et al. (2016) ressaltam que os sistemas CAD/CAM permitem planejamento digital detalhado, favorecendo maior controle da adaptação, espessura dos materiais e anatomia final das estruturas restauradoras.

3.9 COMPARAÇÃO ENTRE TÉCNICAS CONVENCIONAIS E TECNOLOGIAS TRIDIMENSIONAIS

A literatura atual demonstra que as tecnologias tridimensionais apresentam vantagens importantes quando comparadas aos métodos restauradores convencionais. Estudos relacionados à adaptação marginal e precisão interna evidenciaram melhores resultados para estruturas confeccionadas por CAD/CAM e impressão 3D (AL WADEI et al., 2022).

Jafarpour, Haricharan e de Souza (2024) observaram maiores índices de satisfação clínica em tratamentos realizados por fluxos digitais quando comparados às técnicas tradicionais, principalmente devido à precisão restauradora e redução do tempo clínico. Além disso, os autores destacaram melhor previsibilidade estética e funcional dos dispositivos confeccionados digitalmente.

Do ponto de vista biomecânico, os pinos personalizados produzidos por tecnologias digitais apresentam distribuição de tensões mais homogênea ao longo da raiz dentária, reduzindo áreas de concentração de estresse e favorecendo maior preservação estrutural (REXHEPI et al., 2023). Em contrapartida, técnicas convencionais frequentemente apresentam limitações relacionadas à adaptação anatômica dos pinos pré-fabricados, principalmente em canais amplos ou irregulares.

Outro fator relevante refere-se à precisão dimensional proporcionada pelas tecnologias digitais. Dimitrova, Vlahova e Kazakova (2024) observaram que os sistemas CAD/CAM permitem reprodução

anatômica mais fiel dos canais radiculares, favorecendo menor espessura de cimento resinoso e melhor estabilidade biomecânica.

Entretanto, apesar das vantagens observadas, alguns estudos ressaltam que os métodos convencionais ainda apresentam ampla aplicabilidade clínica devido ao menor custo operacional e maior acessibilidade tecnológica, especialmente em regiões com limitações estruturais ou financeiras.

3.10 DESAFIOS CLÍNICOS E LIMITAÇÕES OPERACIONAIS DAS TECNOLOGIAS DIGITAIS

Apesar dos avanços proporcionados pelas tecnologias tridimensionais, os estudos analisados demonstraram que sua incorporação clínica ainda enfrenta desafios importantes relacionados à curva de aprendizado, custo dos equipamentos e necessidade de capacitação profissional específica.

Basheer e Peeran (2025) destacaram que a implementação dos sistemas CAD/CAM e impressão 3D exige investimento financeiro significativo, o que pode limitar sua utilização em determinados contextos clínicos. Além disso, a rápida evolução tecnológica frequentemente demanda atualizações constantes de softwares, equipamentos e biomateriais.

Outro aspecto relevante refere-se à dependência tecnológica dos sistemas digitais. Falhas de escaneamento, limitações dos softwares de modelagem e erros de fabricação podem comprometer a adaptação final das estruturas restauradoras (ALGAZZAWI, 2016). Dessa forma, embora as tecnologias digitais promovam elevada precisão restauradora, seu sucesso clínico ainda depende diretamente da experiência profissional e correta execução do fluxo digital.

Além disso, a literatura evidencia necessidade de maior padronização metodológica entre os estudos clínicos e laboratoriais relacionados às tecnologias tridimensionais aplicadas à Dentística Restauradora. Essa heterogeneidade dificulta comparações diretas entre diferentes sistemas, materiais e protocolos de fabricação atualmente disponíveis.

3.11 LIMITAÇÕES E PERSPECTIVAS FUTURAS

Apesar dos resultados promissores descritos na literatura, os estudos analisados evidenciaram algumas limitações relacionadas à utilização das tecnologias tridimensionais na Dentística Restauradora. Entre elas destacam-se o elevado custo dos equipamentos digitais, necessidade de constante atualização tecnológica e escassez de estudos clínicos longitudinais avaliando a longevidade dos pinos personalizados confeccionados por CAD/CAM e impressão 3D (BASHEER; PEERAN, 2025).

Além disso, diferenças nos protocolos de fabricação, materiais utilizados e técnicas adesivas ainda dificultam a padronização clínica desses dispositivos. Raszewski (2020) ressalta que o comportamento clínico dos materiais digitais ainda depende de maior padronização metodológica e desenvolvimento de biomateriais mais avançados.

Entretanto, a literatura demonstra perspectivas altamente promissoras para o futuro da odontologia digital. A constante evolução dos biomateriais, softwares de planejamento virtual e sistemas de manufatura aditiva tende a ampliar ainda mais as possibilidades clínicas das tecnologias tridimensionais na Dentística Restauradora contemporânea.

Dessa forma, observa-se que os pinos intrarradiculares personalizados confeccionados por sistemas CAD/CAM e impressão 3D representam uma importante inovação tecnológica, contribuindo para maior precisão restauradora, melhor adaptação anatômica, preservação estrutural e avanço da odontologia digital minimamente invasiva.

4 CONCLUSÃO

As tecnologias tridimensionais aplicadas à Dentística Restauradora vêm promovendo importantes avanços na reabilitação de dentes tratados endodonticamente, especialmente por meio da utilização de sistemas CAD/CAM e impressão 3D na confecção de pinos intrarradiculares personalizados. Com base nas evidências científicas analisadas nesta revisão, observou-se que essas tecnologias apresentam vantagens significativas relacionadas à precisão de adaptação intrarradicular, melhor distribuição biomecânica das tensões, redução da espessura do cimento resinoso e maior previsibilidade restauradora.

Os estudos demonstraram que os pinos personalizados confeccionados digitalmente apresentam potencial para favorecer maior preservação estrutural do remanescente dentário, além de contribuir para tratamentos mais conservadores, funcionais e estéticos. Além disso, a integração do fluxo digital restaurador proporciona otimização das etapas clínicas e laboratoriais, redução do tempo operatório e maior conforto ao paciente.

Entretanto, apesar dos benefícios observados, ainda existem limitações relacionadas ao alto custo operacional, necessidade de capacitação profissional e escassez de estudos clínicos longitudinais capazes de comprovar a longevidade dessas tecnologias em diferentes condições clínicas.

Dessa forma, conclui-se que as tecnologias 3D aplicadas à confecção de pinos intrarradiculares personalizados representam uma importante inovação na Dentística Restauradora contemporânea, contribuindo para o avanço da odontologia digital e para o desenvolvimento de reabilitações mais precisas, individualizadas e biologicamente favoráveis.

REFERÊNCIAS

1 - Takaichi, A., Fueki, K., Murakami, N., Ueno, T., Inamochi, Y., Wada, J., ... & Wakabayashi, N. (2022). A systematic review of digital removable partial dentures. Part II: CAD/CAM framework, artificial teeth, and denture base. Journal of Prosthodontic Research, 66(1), 53-67.

2 - Carneiro Pereira, A. L., Madrid Troconis, C. C., Melo Segundo, H. V., Barao, V. A., & Porto Carreiro, A. D. F. (2023). Impact of CAD/CAM Material and Bonding Protocol on the Bond Strength Between Denture Bases and Artificial Teeth: A Systematic Review and Meta-analysis. International Journal of Prosthodontics, 36(6).

3 - Al-Qarni, F. D. (2022). Customized post and cores fabricated with CAD/CAM technology: a literature review. International journal of general medicine, 4771-4779.

4 - Baba, N. Z., Goodacre, B. J., Goodacre, C. J., Müller, F., & Wagner, S. (2021). CAD/CAM complete denture systems and physical properties: a review of the literature. Journal of prosthodontics, 30(S2), 113-124.

5 - Suganna, M., Kausher, H., Ahmed, S. T., Alharbi, H. S., Alsubaie, B. F., Ds, A., ... & Ali, A. B. M. R. (2022). Contemporary evidence of CAD-CAM in dentistry: a systematic review. Cureus, 14(11).

6 - Alnuwaiser, M. K., Alqudairy, M. S., Alshehri, F. A., Aleid, A. S., Alkhalaf, A. Z., Al Mohammadi, M. M., & Alkhayyal, A. K. (2024). Recent advancement in anterior teeth esthetics: A narrative review. Bulletin of Pioneering Researches of Medical and Clinical Science, 4(2-2024), 13-21.

7 - Dimitrova, M., Vlahova, A., & Kazakova, R. (2024). Assessment of CAD/CAM fabrication technologies for post and core restorations—a narrative review. Medicina, 60(5), 748.

8 - Alghazzawi, T. F. (2016). Advancements in CAD/CAM technology: Options for practical implementation. Journal of prosthodontic research, 60(2), 72-84.

9 - Patil, M., Kambale, S., Patil, A., & Mujawar, K. (2018). Digitalization in dentistry: CAD/CAM-a review. Acta Scientific Dental Sciences, 2(1), 12-16.

10 - Samra, A. P. B., Morais, E., Mazur, R. F., Vieira, S. R., & Rached, R. N. (2016). CAD/CAM in dentistry–a critical review. Revista Odonto Ciência, 31(3), 140-144.

11 - Rexhepi, I., Santilli, M., D'Addazio, G., Tafuri, G., Manciocchi, E., Caputi, S., & Sinjari, B. (2023). Clinical applications and mechanical properties of CAD-CAM materials in restorative and prosthetic dentistry: A systematic review. Journal of functional biomaterials, 14(8), 431.

12 - Basheer, S. N., & Peeran, S. W. (2025). Advances in Digital Restorative Dentistry: Evaluation of Clinical Outcome Parameters of CAD/CAM and 3D-Printed Inlays, Onlays, and Veneers—Scoping Review. International Journal of Dentistry, 2025(1), 7117281.

13 - Jafarpour, D., Haricharan, P. B., & de Souza, R. F. (2024). CAD/CAM versus traditional complete dentures: A systematic review and meta-analysis of patient-and clinician-reported outcomes and costs. Journal of Oral Rehabilitation, 51(9), 1911-1924.

14 - Dimitrova, M., Corsalini, M., Kazakova, R., Vlahova, A., Barile, G., Dell'Olio, F., ... & Capodiferro, S. (2022). Color stability determination of CAD/CAM milled and 3D printed acrylic resins for denture bases: A narrative review. Journal of Composites Science, 6(7), 201.

14 - Al-Halabi, M. N., Bshara, N., Abou Nassar, J., Comisi, J. C., & Rizk, C. K. (2021). Clinical performance of two types of primary molar indirect crowns fabricated by 3D printer and CAD/CAM for rehabilitation of large carious primary molars. European Journal of Dentistry, 15(03), 463-468.

15 - Raszewski, Z. (2020). Acrylic resins in the CAD/CAM technology: A systematic literature review. Dental and Medical Problems, 57(4), 449-454.

16 - Wang, X. T., Yang, X., Guo, H. Q., Wang, K. W., Wang, J., Ji, A. P., ... & Bai, J. (2024). Clinical application of CAD/CAM technology in 3D printed dental model used for removable splints fabrication in the treatment of traumatized anterior permanent teeth in children. Journal of Dentistry, 151, 105404.

17 - Valenti, C., Federici, M. I., Coniglio, M., Betti, P., Pancrazi, G. P., Tulli, O., ... & Pagano, S. (2024). Mechanical and biological properties of polymer materials for oral appliances produced with additive 3D printing and subtractive CAD-CAM techniques compared to conventional methods: a systematic review and meta-analysis. Clinical Oral Investigations, 28(7), 396.

18 - Al Wadei, M. H. D., Sayed, M. E., Jain, S., Aggarwal, A., Alqarni, H., Gupta, S. G., ... & Gharawi, M. M. (2022). Marginal adaptation and internal fit of 3D-printed provisional crowns and fixed dental prosthesis resins compared to CAD/CAM-milled and conventional provisional resins: A systematic review and meta-analysis. Coatings, 12(11), 1777.

19 - Palone, M., Fazio, M., Pellitteri, F., Guiducci, D., Cremonini, F., Pozzetti, I., ... & Lombardo, L. (2024). CAD/CAM-based 3D-printed and PVS indirect bonding jig system accuracy: a systematic review, meta-analysis, and comparative analysis of hard and soft CAD/CAM transfer trays. European journal of orthodontics, 46(1), cjad069.

20 - Choi, J. J. E., Uy, C. E., Plaksina, P., Ramani, R. S., Ganjigatti, R., & Waddell, J. N. (2020). Bond strength of denture teeth to heat-cured, CAD/CAM and 3D printed denture acrylics. Journal of Prosthodontics, 29(5), 415-421.

21 - Sriram, S., Shankari, V., & Chacko, Y. (2018). Computer aided designing/computer aided manufacturing in dentistry (CAD/CAM)–A Review. International Journal of Current Research and Review, 10(20), 20-24.

22 - Alrabiah, M. A. (2025). Comparative Evaluation of Mechanical Properties Between CAD/CAM-Milled and 3D-Printed Dental Zirconia: A Systematic Review and Meta-Analysis. Materials, 18(22), 5112.

23 - da Silva, V. C. P., da Silva, S. M. A., & de Figueiredo, V. M. G. (2025). Desempenho Mecânico de Resinas para Base de Prótese Total Fabricadas por CAD-CAM, Impressão 3D e Polimerização por Calor após Envelhecimento: Revisão Integrativa da Literatura. ARCHIVES OF HEALTH INVESTIGATION, 14(5), 1542-1551.

24 - ANDRADE, J. D. S., RINALDO, C. Z., & BRAVIN, P. K. (2025). COMPATIBILIDADE DOS PINOS DE FIBRA DE VIDRO COM A ESTRUTURA DENTÁRIA COMPARADA AOS NÚCLEOS METÁLICOS FUNDIDOS. Brazilian Journal of Surgery & Clinical Research, 52(3).

25 - Freitas, C. M. S., & da Silva, J. R. B. (2022). Moldagem digital versus moldagem convencional–revisão de literatura. Revista Ibero-Americana de Humanidades, Ciências e Educação, 8(10), 1734-1746.

26 - dos Santos, K. (2021). Etapas clínicas para confecção de coroa endocrown: uma revisão de literatura. Journal of Multidisciplinary Dentistry, 11(1), 164-8.

27 - de Oliveira, M. C., de Lucena, J. S., & de Azevêdo Barbosa, C. P. (2024). Os avanços nas técnicas para a remoção de pino intrarradicular de fibra de vidro: revisão de escopo. Arquivos em Odontologia, 60, 183-202.

28 - dos Santos, K. (2021). Endocrown como alternativa restauradora para dentes desvitalizados: uma revisão de literatura. Journal of Multidisciplinary Dentistry, 11(1), 73-7.

29 - Dimitrova, M., Vlahova, A., & Kazakova, R. (2024). Assessment of CAD/CAM fabrication technologies for post and core restorations—a narrative review. Medicina, 60(5), 748.

30 - Deeban, Y. (2024). Effectiveness of CAD-CAM milled versus DMLS titanium frameworks for hybrid denture prosthesis: A narrative review. Journal of Functional Biomaterials, 15(12), 376.

31 - Yamaguchi, S., Li, H., & Imazato, S. (2023). Materials informatics for developing new restorative dental materials: a narrative review. Frontiers in Dental Medicine, 4, 1123976.

32 - Anadioti, E., Musharbash, L., Blatz, M. B., Papavasiliou, G., & Kamposiora, P. (2020). 3D printed complete removable dental prostheses: a narrative review. BMC oral health, 20(1), 343.