

## Fluxo de trabalho digital e tecnologias CAD/CAM: impactos operacionais e econômicos na Odontologia

### Digital workflow and CAD/CAM technologies: operational and economic impacts in Dentistry

### Flujo de trabajo digital y tecnologías CAD/CAM: impactos operativos y económicos en Odontología

André Luís de Oliveira 

Abigail de Carli Oliveira 

#### Endereço para correspondência:

André Luís de Oliveira  
Rua Tenente Camargo 1385  
85605-090 - Francisco Beltrão - Paraná - Brasil  
E-mail: andre.oliveira20@hotmail.com

**RECEBIDO:** 29.12.2024

**MODIFICADO:** 17.01.2025

**ACEITO:** 24.02.2025

#### RESUMO

Este artigo explora os impactos econômicos, operacionais e clínicos da implementação das tecnologias CAD/CAM e fluxos de trabalho digitais na Odontologia. A revisão de literatura evidencia como essas inovações transformam a relação entre dentistas e pacientes, proporcionando maior precisão, eficiência e personalização nos tratamentos. Entre os principais benefícios estão a redução de etapas manuais, a produção de próteses e dispositivos dentários personalizados e a otimização de recursos. Destacam-se também a integração de tecnologias como scanners intraorais, impressão 3D e registros eletrônicos de saúde, que potencializam a qualidade e a experiência do atendimento. No entanto, a adoção dessas tecnologias enfrenta desafios significativos, como os custos iniciais de implementação, a necessidade de treinamento especializado e a dependência de produção centralizada, que pode impactar a eficiência temporal. A análise sugere que a integração de laboratórios de prótese aos consultórios odontológicos e o uso de modelos híbridos podem mitigar essas limitações, promovendo maior agilidade e satisfação dos pacientes. Conclui-se que o sucesso da transição digital na Odontologia depende de um equilíbrio estratégico entre inovação tecnológica e manutenção de um atendimento humanizado, garantindo resultados de alta qualidade que atendam às demandas clínicas, estéticas e econômicas.

**PALAVRAS-CHAVE:** Desenho assistido por computador. Odontologia. Fluxo de trabalho.

**ABSTRACT**

This article explores the economic, operational, and clinical impacts of implementing CAD/CAM technologies and digital workflows in Dentistry. The literature review highlights how these innovations transform the relationship between dentists and patients, offering greater precision, efficiency, and personalization in treatments. Key benefits include the reduction of manual steps, the production of customized dental prostheses and devices, and resource optimization. The integration of technologies such as intraoral scanners, 3D printing, and electronic health records enhances service quality and patient experience. However, the adoption of these technologies faces significant challenges, such as initial implementation costs, the need for specialized training, and reliance on centralized production, which can impact time efficiency. The analysis suggests that integrating prosthetic laboratories into dental offices and employing hybrid models can mitigate these limitations, promoting greater agility and patient satisfaction. The study concludes that the successful digital transition in Dentistry depends on a strategic balance between technological innovation and maintaining personalized care, ensuring high-quality outcomes that meet clinical, aesthetic, and economic demands.

**KEYWORDS:** Computer-aided design. Dentistry. Workflow.

**RESUMEN**

Este artículo explora los impactos económicos, operativos y clínicos de la implementación de tecnologías CAD/CAM y flujos de trabajo digitales en Odontología. La revisión de la literatura destaca cómo estas innovaciones transforman la relación entre odontólogos y pacientes, aportando mayor precisión, eficiencia y personalización en los tratamientos. Entre los principales beneficios se encuentran la reducción de pasos manuales, la producción de prótesis y dispositivos dentales personalizados y la optimización de recursos. También destaca la integración de tecnologías como escáneres intraorales, impresión 3D y registros médicos electrónicos, que mejoran la calidad y experiencia de la atención. Sin embargo, la adopción de estas tecnologías enfrenta desafíos importantes, como costos de implementación iniciales, la necesidad de capacitación especializada y la dependencia de la producción centralizada, que pueden afectar la eficiencia del tiempo. El análisis sugiere que la integración de los laboratorios protésicos en los consultorios dentales y el uso de modelos híbridos pueden mitigar estas limitaciones, promoviendo una mayor agilidad y satisfacción del paciente. Se concluye que el éxito de la transición digital en Odontología depende de un equilibrio estratégico entre la innovación tecnológica y mantener una atención humanizada, asegurando resultados de alta calidad que satisfagan las demandas clínicas, estéticas y económicas.

**PALABRAS CLAVE:** Diseño asistido por computadora. Odontología. Flujo de trabajo.

## INTRODUÇÃO

O presente estudo objetiva explorar as implicações econômicas, operacionais e clínicas da implementação de fluxos de trabalho digitais em consultórios odontológicos, enfatizando tecnologias CAD/CAM. Diante disso, escolhemos como metodologia de desenvolvimento deste trabalho a revisão da literatura, apresentada a seguir, que explora a evolução e a integração das tecnologias digitais no contexto dos laboratórios de prótese adjuntos aos consultórios odontológicos, analisando as implicações financeiras e operacionais dessa transformação.

A introdução das tecnologias CAD/CAM na Odontologia transforma a relação entre profissional e paciente. A possibilidade de visualizar o resultado do tratamento antes de sua execução permite uma comunicação mais eficaz e transparente, aumentando a confiança do paciente. Além disso, a personalização dos tratamentos, proporcionada pelas tecnologias CAD/CAM, contribui para uma maior satisfação do paciente. No entanto, é fundamental que o profissional de Odontologia utilize essas ferramentas como um complemento ao seu conhecimento e experiência, mantendo um relacionamento humano e personalizado com o paciente. A tecnologia deve ser vista como uma ferramenta a serviço do paciente, e não como um substituto para o atendimento individualizado.

A eficiência e a eficácia das tecnologias CAD/CAM em comparação com as técnicas convencionais na fabricação de reconstruções suportadas por implantes. A pesquisa sistemática realizada pelos autores revela que essas tecnologias digitais não apenas reduzem etapas manuais demoradas, mas também oferecem benefícios significativos, como a produção precisa de peças em cerâmica e a possibilidade de planejamentos digitais detalhados. No entanto, a necessidade de uma instalação de produção centralizada pode impactar a eficiência de tempo, especialmente no cumprimento dos prazos de entrega dos modelos<sup>1</sup>.

A complexidade do fluxo de trabalho odontológico, que é afetado por variáveis como as condições do paciente e a disponibilidade de tecnologias. Essa análise é fundamental para entender como as inovações digitais podem ser implementadas eficazmente em ambientes clínicos, considerando as demandas estéticas e econômicas dos pacientes<sup>2</sup>.

Ao investigar a viabilidade financeira da integração entre práticas médicas e odontológicas,

reconhecendo a Odontologia como uma parte essencial da Medicina, os autores sugerem que essa integração não apenas melhora a saúde do paciente, mas também reduz ineficiências na entrega de cuidados, destacando a importância de uma abordagem holística que inclua referências bidirecionais e o compartilhamento de informações entre essas áreas interdependentes da prática médica<sup>3</sup>.

Mais recentemente, a transformação digital na Odontologia, ressaltando como a adoção de tecnologias como impressão 3D e scanners intraorais revoluciona o atendimento odontológico. Os autores afirmam que essas inovações não apenas melhoram a precisão e a eficiência dos tratamentos, mas também aumentam a satisfação dos pacientes. A capacidade de fabricar restaurações dentárias personalizadas em um único atendimento, com o uso de registros eletrônicos de saúde, tem contribuído para a otimização do tempo e dos recursos na prática odontológica<sup>4</sup>.

Essa sequência de estudos evidencia a crescente importância das tecnologias digitais na Odontologia e, especificamente, em laboratórios de prótese adjuntos, revelando um modelo de negócio que pode potencializar a eficiência operacional e a qualidade do atendimento ao paciente.

As tecnologias CAD/CAM desempenham um papel fundamental e absolutamente crucial na indústria moderna, ao possibilitarem a automação eficaz de diversas etapas importantes do processo produtivo, tornando-o consideravelmente mais eficiente em muitas dimensões. O CAD, que significa "desenho assistido por computador", possibilita a criação de modelos tridimensionais detalhados e extremamente precisos, oferecendo, assim, aos designers e engenheiros a capacidade de visualizar seus projetos de maneira clara, abrangente e com um nível de detalhe que antes seria impensável de se alcançar. Por outro lado, o CAM, que se refere à "fabricação assistida por computador", é responsável por traduzir esses complexos modelos tridimensionais concebidos em instruções específicas e precisas que guiam as máquinas de fabricação durante o processo produtivo, facilitando uma execução mais fluida e eficaz. Com os constantes e significativos avanços tecnológicos que têm ocorrido neste campo, esses sistemas se tornaram absolutamente essenciais para a otimização dos projetos, permitindo uma significativa redução de erros, desperdícios e retrabalhos que poderiam comprometer severamente a qualidade dos produtos. Isso resulta em produtos de qualidade

superior e muito mais competitivos no atual mercado global, atendendo de forma eficiente às crescentes demandas e exigências tanto dos consumidores quanto do setor industrial em geral, garantindo assim que as empresas possam se manter relevantes e bem-sucedidas em um ambiente de negócios que se torna, a cada dia, mais desafiador e dinâmico. Essas inovações tecnológicas não apenas impulsionam a eficiência operacional, mas também abrem novas avenidas para a criatividade e a inovação no design e na produção industrial<sup>5-7</sup>.

## REVISÃO DE LITERATURA

### História e Evolução das Tecnologias CAD/CAM

As tecnologias CAD/CAM tiveram seu início na década de 1950, com o desenvolvimento de sistemas de projeto assistido por computador e posteriormente a integração com sistemas de manufatura assistidos por computador. Ao longo dos anos, houve avanços significativos, como a introdução da modelagem 3D na década de 1970 e a utilização de algoritmos avançados para a melhoria da precisão e eficiência do processo. Além disso, a evolução das tecnologias CAD/CAM foi impulsionada pela integração de sistemas informatizados nas linhas de produção e pela incorporação de novos materiais e técnicas de usinagem, ampliando as possibilidades de aplicação em diversos setores industriais<sup>8-9</sup>.

O artigo intitulado "Is the use of digital technologies for the fabrication of implant-supported reconstructions more efficient and/or more effective than conventional techniques: a systematic review", escrito por Sven Mühlemann e outros<sup>1</sup>, apresenta uma análise crítica sobre a eficiência e eficácia das tecnologias digitais em comparação com as técnicas convencionais na fabricação de reconstruções suportadas por implantes. A evolução da tecnologia CAD/CAM é destacada como um marco na Odontologia

restauradora, permitindo o processamento de materiais cerâmicos e introduzindo o conceito de "chairside", que possibilita a entrega de reconstruções cerâmicas indiretas em uma única visita.

A revisão sistemática aborda a questão central da eficiência, considerando o tempo e os custos envolvidos nos processos de impressão de implantes, fabricação de modelos analógicos digitais e abutments personalizados. Os autores definem perguntas PICO que orientam a pesquisa: a população alvo são pacientes que recebem abutments e reconstruções suportadas por implantes, a intervenção refere-se ao uso de tecnologias digitais, a comparação é feita com técnicas convencionais e os resultados avaliam tanto a eficiência quanto a eficácia<sup>10-11</sup>.

Um ponto crítico apresentado no artigo é a necessidade de uma instalação de produção centralizada para a confecção de modelos digitais, incluindo guias cirúrgicos, placas miorelaxantes, alinhadores invisíveis, guias para desgaste e guias para facetas em resina, o que pode aumentar o tempo de espera até a entrega das reconstruções e dispositivos, impactando negativamente a eficiência temporal. Isso sugere que, apesar das vantagens oferecidas pelas tecnologias digitais, a implementação de um laboratório de prótese adjunto ao consultório odontológico deve levar em consideração a logística e a capacidade de atender à demanda de forma ágil.

Os resultados da revisão indicam que, embora as tecnologias digitais possam oferecer benefícios significativos em termos de precisão e personalização, a eficiência em termos de tempo pode ser comprometida se o fluxo de trabalho não for otimizado. Portanto, o modelo de negócio que integra um laboratório de prótese ao consultório odontológico deve considerar esses fatores, buscando uma sinergia entre a tecnologia digital e a produção local, para minimizar os tempos de espera e maximizar a satisfação do paciente.

O trabalho intitulado "Dental health care technologies: factors affecting technology adoption and latest information technology solutions", de Joni Pirskanen (2018), oferece uma análise abrangente sobre a adoção de tecnologias CAD/CAM no contexto da saúde dental. A estrutura do artigo é dividida em três partes principais: a criação do modelo, que detalha a captura de imagens digitais e sua conversão em representações tridimensionais; o design assistido por computador (CAD), que abrange o planejamento preciso e personalizado das próteses ou restaurações, utilizando softwares avançados; e

a manufatura assistida por computador (CAM), que explora o uso de equipamentos automatizados, como fresadoras e impressoras 3D, para a produção eficiente e de alta qualidade. Essa organização permite uma compreensão clara e aprofundada dos processos envolvidos na implementação dessas tecnologias no consultório odontológico, destacando sua importância na modernização dos tratamentos e na melhoria dos resultados clínicos<sup>2</sup>.

Em uma revisão extensa da literatura, adotando critérios rigorosos para a seleção das fontes, como a relevância das métricas de artigo disponibilizadas pelo Scopus e o número de citações. Essa abordagem metodológica é fundamental para garantir a qualidade e a atualidade das informações discutidas, especialmente em um campo em rápida evolução como a Odontologia. A ênfase na atualidade das publicações é particularmente relevante, dado que o avanço tecnológico na área odontológica exige que os profissionais estejam atualizados com as últimas soluções e inovações<sup>2</sup>.

Embora as tecnologias CAD/CAM tenham revolucionado a Odontologia, ainda existem algumas limitações a serem superadas. A alta precisão exigida em alguns procedimentos, como a Implantodontia, pode ser desafiadora, especialmente em casos com anatomia complexa. Além disso, a necessidade de digitalizar toda a cavidade oral pode ser um obstáculo em casos de pacientes com dificuldades de colaboração, como crianças ou indivíduos com necessidades especiais. Outro ponto a ser considerado é o custo elevado dos equipamentos e softwares, o que pode limitar o acesso de muitos profissionais a essas tecnologias. A qualificação da equipe também é fundamental para o sucesso da implementação, exigindo investimentos em treinamento e capacitação contínua<sup>2</sup>.

Além disso, a discussão sobre os fatores que influenciam a adoção de tecnologias no ambiente clínico é um ponto forte do trabalho, onde a literatura revisada inclui artigos que tratam da saúde geral e, mais especificamente, da saúde dental, o que enriquece a análise ao fornecer um contexto mais amplo sobre como as tecnologias são percebidas e utilizadas na prática. Isso indica que a implementação de um laboratório de prótese adjunto ao consultório odontológico não deve ser vista apenas como uma adição de equipamentos, mas como uma mudança significativa na maneira como os serviços odontológicos são prestados<sup>2</sup>.

O artigo "Dental practice integration into primary

care: a microsimulation of financial implications for practices", escrito por Sung Eun Choi e outros (2020), apresenta uma análise abrangente da viabilidade financeira da integração entre práticas odontológicas e cuidados primários. Os autores argumentam que essa integração é não apenas financeiramente sustentável, mas também uma oportunidade estratégica para otimizar os recursos das clínicas e melhorar os resultados gerais de saúde. A pesquisa destaca que, ao combinar cuidados odontológicos e médicos, é possível reduzir custos operacionais redundantes, como infraestrutura e pessoal, além de maximizar o uso de equipamentos e tecnologias compartilhados<sup>3</sup>.

Além disso, o estudo enfatiza o impacto positivo na logística do atendimento, com a redução do tempo total de tratamento devido à coordenação integrada das equipes e ao compartilhamento eficiente de informações entre as áreas. Essa abordagem é particularmente vantajosa para pacientes com condições crônicas, que frequentemente necessitam de cuidados simultâneos. Dessa forma, a integração não apenas melhora a experiência do paciente ao oferecer um tratamento mais ágil e coeso, mas também potencializa a eficiência econômica das práticas envolvidas, reforçando a relevância de uma visão holística e integrada na promoção da saúde<sup>3</sup>.

A ideia central do artigo gira em torno da observação de que um número maior de adultos visita médicos em comparação com dentistas anualmente. Essa dinâmica sugere que a integração entre os dois setores pode ser uma estratégia eficaz para melhorar a saúde geral dos pacientes. Os autores destacam que a oferta de benefícios odontológicos aprimorados para pacientes com condições crônicas pode ser um incentivo adicional para essa integração, promovendo um cuidado mais abrangente e centrado no paciente<sup>3</sup>.

Uma das contribuições mais relevantes do artigo é a proposta de um modelo de referência bidirecional e o compartilhamento de informações dos pacientes entre as práticas médicas e odontológicas, reconhecendo a Odontologia como parte integrante da Medicina. Essa abordagem não só pode melhorar a eficiência na entrega de cuidados, mas também ajudar a reduzir as lacunas existentes entre essas áreas, promovendo uma visão unificada da saúde. A integração proposta poderia, portanto, facilitar um atendimento mais coeso e holístico, onde as necessidades de saúde bucal e geral dos pacientes são tratadas de forma integrada e complementar<sup>3</sup>.

No entanto, é importante considerar os desafios

que a implementação desse modelo pode enfrentar. A integração efetiva requer não apenas uma mudança na prática clínica, mas também uma adaptação nas estruturas organizacionais e nas políticas de saúde. Além disso, a questão da confidencialidade e do compartilhamento de dados entre diferentes especialidades médicas e odontológicas pode apresentar barreiras que precisam ser cuidadosamente geridas<sup>3</sup>.

O artigo intitulado "The digital era heralds a paradigm shift in dentistry: a cross-sectional study" de Mahesh Suganna e outros (2024), explora as transformações significativas que a tecnologia digital trouxe para a Odontologia. A transição de práticas convencionais para digitais não apenas revolucionou o atendimento odontológico, mas também proporcionou uma era caracterizada por maior precisão, eficiência e satisfação do paciente<sup>4</sup>.

Uma das inovações mais notáveis mencionadas no artigo é a implementação de sistemas de design e fabricação assistida por computador (CAD/CAM). Essa tecnologia permite a criação e fabricação de restaurações dentárias personalizadas, como coroas e pontes, em uma única consulta, o que reduz significativamente o tempo de tratamento e melhora a experiência do paciente. Além disso, a utilização de scanners intraorais e radiografia digital aprimora as capacidades diagnósticas, permitindo um planejamento de tratamento mais preciso e a execução de procedimentos complexos<sup>4</sup>.

A impressão 3D é outro avanço destacado, que não só possibilita a produção de modelos e aparelhos dentários personalizados, mas também contribui para a redução de custos e aumento da eficiência na prática odontológica. A capacidade de criar guias cirúrgicas e partes protéticas com alta precisão representa um marco na prótese dentária, facilitando a personalização e à adequação aos requisitos específicos de cada paciente<sup>4</sup>.

O artigo também aborda a importância dos registros eletrônicos de saúde (EHRs), que simplificam a gestão e o compartilhamento de informações dos pacientes entre os profissionais de saúde. Essa integração tecnológica não apenas melhora a comunicação, mas também eleva a qualidade geral do atendimento ao paciente<sup>4</sup>.

Entretanto, o autor aponta que a adoção dessas tecnologias digitais não é uniforme entre os profissionais de Odontologia. Fatores como resistência à mudança, custos iniciais de implementação e a

curva de aprendizado associada podem dificultar a integração completa desses avanços nas práticas diárias. Essa crítica é fundamental para entender os desafios que ainda existem na implementação de um laboratório de prótese adjunto ao consultório odontológico, onde a eficiência e a personalização são cruciais<sup>4</sup>.

Dentre os principais marcos na evolução das tecnologias CAD/CAM, destacam-se a criação do sistema SKETCHPAD em 1963, considerado o precursor do CAD moderno, e o lançamento do sistema CATIA em 1977, que revolucionou a modelagem e análise de superfícies complexas. Além disso, a introdução de máquinas CNC na década de 1970 possibilitou a programação direta a partir de modelos CAD, otimizando os processos de fabricação. Outro avanço significativo foi a integração de funcionalidades CAM nos sistemas CAD, permitindo a geração automática de trajetórias de ferramentas e a otimização da usinagem industrial.

### **Princípios de Funcionamento do CAD/CAM**

Os princípios de funcionamento do CAD/CAM envolvem a integração de sistemas computacionais para o projeto e fabricação de peças e produtos. Essa integração permite que a modelagem 2D e 3D seja realizada de forma precisa e eficiente, possibilitando a visualização e simulação de projetos antes da produção. Além disso, o CAD/CAM oferece ferramentas para a automação de processos de fabricação, otimizando o fluxo de trabalho e reduzindo possíveis erros na produção.

A modelagem 2D e 3D no contexto do CAD/CAM permite a criação de representações virtuais de peças e produtos, possibilitando a visualização detalhada e a análise de diferentes perspectivas. Com a modelagem 2D, é possível criar desenhos e esboços bidimensionais que servem como base para a criação de modelos 3D mais complexos. Já a modelagem 3D oferece a capacidade de criar representações tridimensionais realistas, com informações detalhadas sobre forma, tamanho e acabamento das peças, proporcionando uma visualização mais fiel do produto.

### **Aplicações e Setores de Atuação do CAD/CAM**

As aplicações do CAD/CAM na indústria automotiva são vastas e abrangem desde o design e desenvolvimento de novos veículos até a fabricação

de componentes automotivos. Com o uso do CAD, os engenheiros podem criar modelos detalhados em 3D de carros, peças e sistemas, enquanto o CAM permite a produção eficiente desses componentes, com usinagem CNC, corte a laser, impressão 3D e outras tecnologias avançadas. Além disso, a simulação de processos e testes de resistência também são áreas de atuação do CAD/CAM na indústria automotiva, contribuindo para a inovação e qualidade dos veículos produzidos.

### **CAD/CAM na Odontologia**

O CAD/CAM na Odontologia tem introduzido avanços significativos à maneira como os profissionais da área projetam e fabricam não apenas próteses dentárias, restaurações e implantes, mas também dispositivos como guias cirúrgicos, placas mio-relaxantes, alinhadores invisíveis, guias para desgaste e guias para facetas em resina, de forma muito mais eficiente e eficaz. A tecnologia moderna permite a criação de modelos tridimensionais (3D) altamente precisos e detalhados a partir de digitalizações intraorais minuciosas ou moldagens tradicionais, tornando o processo de design mais ágil, produtivo e eficaz. Além disso, as restaurações e os dispositivos podem ser fresados com uma variedade de materiais de ponta, como cerâmica de alta qualidade, zircônia resistente ou resina durável, garantindo não apenas alta qualidade na estética, mas também precisão nos resultados que atendem às exigências dos pacientes. Com o uso do CAD/CAM, os dentistas têm agora a possibilidade de oferecer tratamentos mais rápidos, precisos e confortáveis, reduzindo significativamente o tempo de espera e aumentando a satisfação dos pacientes com os serviços prestados. Essa transformação na Odontologia representa o início de uma nova era, em que a tecnologia e a saúde bucal caminham lado a lado, promovendo uma experiência de atendimento inovadora e eficaz para profissionais e pacientes.

A implementação do CAD/CAM oferece inúmeras vantagens, como a redução significativa de custos e tempo de produção. Com a utilização dessas tecnologias inovadoras, as empresas podem realizar processos de design e fabricação de maneira muito mais eficiente e ágil, resultando em uma diminuição dos gastos com materiais e mão de obra, além de uma aceleração do ciclo de produção. Os benefícios incluem não apenas a melhoria da qualidade dos produtos, mas

também a possibilidade de personalização em massa. No entanto, existem desafios importantes a serem enfrentados, como a necessidade de investimentos iniciais em software adequado e no treinamento de funcionários qualificados, assim como a adaptação dos processos produtivos para que consigam incorporar essas novas tecnologias de forma eficaz e produtiva. Portanto, é crucial que as empresas planejem cuidadosamente essa transição para maximizar os benefícios e minimizar os impactos negativos.

A implementação das tecnologias CAD/CAM envolve um investimento inicial significativo em equipamentos, software e treinamento da equipe. No entanto, os benefícios a longo prazo podem compensar esses custos. A redução do tempo de tratamento, a maior precisão dos resultados e a possibilidade de oferecer tratamentos mais complexos podem aumentar a receita do consultório. Além disso, a satisfação do paciente e a fidelização de clientes são fatores importantes a serem considerados. Ao realizar uma análise de custo-benefício, é fundamental considerar todos os fatores envolvidos, tanto os tangíveis quanto os intangíveis.

### **Introdução ao Fluxo de Trabalho Digital**

O fluxo de trabalho digital refere-se à utilização de tecnologias e ferramentas digitais para otimizar processos, comunicação e armazenamento de informações em um ambiente de trabalho. Isso inclui a digitalização de documentos, a automação de tarefas e a integração de sistemas. Com a crescente importância da transformação digital, as empresas estão cada vez mais adotando o fluxo de trabalho digital para aumentar a eficiência e produtividade.

O fluxo de trabalho digital é fundamental para a eficiência e competitividade das organizações, uma vez que permite a redução de erros, o acesso rápido às informações e a colaboração remota. Além disso, a digitalização de documentos e projetos facilita a preservação e o compartilhamento de conhecimento, contribuindo para a sustentabilidade e a inovação. A importância do fluxo de trabalho digital está diretamente relacionada à capacidade das empresas de se adaptarem ao cenário digital atual e se manterem relevantes no mercado.

### **Componentes e Ferramentas do Fluxo de Trabalho Digital**

Os componentes do fluxo de trabalho digital incluem softwares de CAD/CAM, sistemas de gerenciamento de dados e ferramentas de colaboração online. Essas ferramentas permitem a criação, edição e compartilhamento de documentos e projetos de forma rápida e eficiente, promovendo a integração e a automação de processos. Além disso, a utilização de dispositivos de armazenamento em nuvem e a conectividade online contribuem para a mobilidade e acessibilidade dos dados em diferentes etapas do fluxo de trabalho.

A digitalização de documentos e projetos é crucial para o fluxo de trabalho digital, permitindo a conversão de informações analógicas em formatos digitais. Isso possibilita a fácil manipulação, armazenamento e compartilhamento de dados, contribuindo para a redução do uso de papel e a organização eficiente das informações. Além disso, a digitalização viabiliza a integração de documentos e projetos em plataformas de software, facilitando a colaboração e a tomada de decisões ágeis e assertivas.

### **Integração de Sistemas e Interoperabilidade no Fluxo de Trabalho Digital**

A integração de sistemas e a interoperabilidade são aspectos essenciais no fluxo de trabalho digital, garantindo a conexão e comunicação eficientes entre diferentes softwares e ferramentas. Isso permite que os dados sejam compartilhados e acessados de forma consistente em todo o processo de design e produção, proporcionando maior agilidade e redução de erros. A interoperabilidade também possibilita a integração de tecnologias CAD/CAM com outros sistemas, como sistemas de gestão empresarial, ampliando as funcionalidades e otimizando a gestão de informações.

Os padrões e formatos de arquivos desempenham um papel fundamental na interoperabilidade, estabelecendo diretrizes para a troca de dados entre diferentes softwares e plataformas. Formatos de arquivos como DICOM, STEP, IGES, DCM, PLY e STL são amplamente utilizados na indústria CAD/CAM, permitindo a transferência de modelos 3D e informações associadas. Além disso, o uso de padrões como ISO 10303 (STEP) e ISO 32000 (PDF) promove a consistência e confiabilidade na troca de informações, facilitando a integração de sistemas e a colaboração entre profissionais de diferentes áreas.

### **Benefícios e Desafios da Adoção do Fluxo de Trabalho Digital**

A adoção do fluxo de trabalho digital traz benefícios significativos, como o aumento da eficiência e produtividade. Com a utilização de ferramentas digitais, os processos se tornam mais ágeis e integrados, permitindo uma execução mais rápida das tarefas. Além disso, a automatização de algumas etapas contribui para a redução de erros e a padronização dos procedimentos, o que reflete diretamente na melhoria da eficiência operacional. No entanto, os desafios também devem ser considerados, como a necessidade de capacitação da equipe para lidar com as novas tecnologias e a garantia da segurança das informações digitais. A transição para o fluxo de trabalho digital requer planejamento e investimento em infraestrutura e treinamento, mas os benefícios a longo prazo compensam os desafios enfrentados.

O aumento da eficiência e produtividade é uma das principais vantagens da adoção do fluxo de trabalho digital. Com a eliminação de processos manuais e a integração de sistemas, as atividades são realizadas de forma mais rápida e eficaz. A digitalização de documentos e projetos, aliada à possibilidade de compartilhamento instantâneo de informações, agiliza as tomadas de decisão e a execução das tarefas. Além disso, a automatização de determinadas etapas contribui para a redução de erros e retrabalhos, impactando positivamente na produtividade da equipe. No entanto, é importante considerar os desafios associados, como a necessidade de adaptação dos colaboradores e a garantia da segurança das informações digitais, para garantir que os benefícios esperados sejam plenamente alcançados.

### **Tendências Futuras em Tecnologias CAD/CAM e Fluxo de Trabalho Digital**

As tendências futuras em tecnologias CAD/CAM e fluxo de trabalho digital apontam de forma clara e precisa para uma maior integração e automação de processos em diversas indústrias, transformando significativamente e de maneira profunda a forma como as indústrias operam, realizam suas atividades e entregam produtos e serviços ao mercado.

A utilização crescente de sistemas CAD/CAM em nuvem está se tornando cada vez mais comum no cenário atual do setor, permitindo que profissionais de diferentes áreas e especializações consigam

acessar, compartilhar e colaborar em informações cruciais em tempo real e de maneira integrada. Este desenvolvimento não apenas facilita a comunicação, mas também melhora a eficiência geral dos projetos. Além disso, a implementação de soluções de realidade aumentada traz novas e instigantes perspectivas para a visualização e o design dos projetos, possibilitando que as equipes trabalhem de maneira mais eficaz, criativa e inovadora, quebrando barreiras tradicionais do design e da fabricação.

As perspectivas futuras para as tecnologias CAD/CAM na Odontologia são promissoras. A integração da inteligência artificial e do machine learning pode levar ao desenvolvimento de sistemas capazes de tomar decisões mais autônomas, otimizando os processos e personalizando ainda mais os tratamentos. A bioimpressão 3D, por sua vez, abre novas possibilidades para a engenharia de tecidos e a regeneração de estruturas dentárias. Além disso, a miniaturização dos equipamentos e a redução dos custos podem tornar as tecnologias CAD/CAM mais acessíveis a um público maior. No entanto, é fundamental que o desenvolvimento dessas tecnologias seja acompanhado por discussões éticas e sociais, garantindo que os benefícios sejam acessíveis a todos e que os riscos sejam minimizados.

Além disso, a adoção de ferramentas que aprimoram tanto a colaboração quanto a comunicação entre as equipes envolvidas é outra tendência significativa e importante que merece destaque, pois a eficiência nos processos industriais depende diretamente da sinergia e da cooperação entre os membros do grupo, resultando em resultados mais rápidos e de qualidade. Outro aspecto relevante e de grande importância é a busca incessante por maior sustentabilidade nas práticas de manufatura; as empresas estão cada vez mais atentas e conscientes tanto à necessidade de adotar processos que realmente minimizem o impacto ambiental quanto à promoção da preservação dos recursos naturais, alinhando suas operações a princípios sustentáveis. Finalmente, a inclusão de práticas de manufatura aditiva, como a impressão 3D, também se destaca como uma tendência fundamental e inovadora para moldar o futuro das tecnologias CAD/CAM e do fluxo de trabalho digital, promovendo uma abordagem mais versátil, criativa e eficiente para a produção e o desenvolvimento de novos produtos e soluções que podem atender de forma mais eficaz às demandas contemporâneas dos consumidores e do mercado<sup>12-14</sup>.

A inteligência artificial e o machine learning têm o potencial de revolucionar as tecnologias CAD/CAM e o fluxo de trabalho digital. Com a utilização de algoritmos avançados, as ferramentas de CAD/CAM poderão otimizar automaticamente o processo de design e produção, identificar padrões e anomalias, prever possíveis problemas e até mesmo tomar decisões de forma autônoma. Além disso, a integração de sistemas de inteligência artificial pode contribuir para a melhoria da eficiência e da precisão, reduzindo erros e custos em todo o fluxo de trabalho digital.

## DISCUSSÃO

Os avanços nas tecnologias CAD/CAM e nos fluxos de trabalho digitais têm transformado a prática odontológica, oferecendo benefícios como maior precisão, eficiência e personalização no atendimento ao paciente. A literatura analisada destaca que essas inovações não apenas reduzem etapas manuais, mas também possibilitam a produção de próteses e restaurações com altos níveis de qualidade estética e funcional.

Entretanto, alguns desafios importantes precisam ser enfrentados para uma integração eficaz dessas tecnologias. Estudos apontam que a necessidade de produção centralizada pode comprometer a eficiência temporal, especialmente em consultórios que dependem de prazos curtos para a entrega de dispositivos<sup>1</sup>. Essa questão destaca a relevância de um modelo híbrido, no qual laboratórios de prótese integrados aos consultórios poderiam mitigar esse impacto, aumentando a capacidade de resposta às demandas.

Outro ponto crítico abordado na literatura é o custo elevado associado à aquisição e manutenção de equipamentos CAD/CAM, bem como ao treinamento necessário para capacitar a equipe. Esses investimentos iniciais podem ser um obstáculo, particularmente para pequenos consultórios, que frequentemente enfrentam restrições orçamentárias. Contudo, autores sugerem que os ganhos em eficiência e a possibilidade de oferecer tratamentos personalizados em um único atendimento podem compensar esses custos no longo prazo<sup>4</sup>.

Além disso, a interoperabilidade entre sistemas digitais e a utilização de materiais avançados, como zircônia e cerâmica de alta qualidade, são elementos essenciais para o sucesso na implementação. Esses fatores são especialmente relevantes em um cenário onde a satisfação do paciente está diretamente associada à entrega de resultados esteticamente agradáveis e funcionalmente adequados.

Por fim, a transição para fluxos de trabalho digitais exige uma mudança cultural no setor odontológico. É necessário equilibrar a adoção de novas tecnologias com a manutenção de um atendimento humanizado e personalizado. Assim, o uso de tecnologias como CAD/CAM deve ser entendido como um complemento ao conhecimento clínico, e não como um substituto à expertise do profissional.

Dessa forma, embora os desafios sejam significativos, os benefícios das tecnologias digitais na Odontologia moderna são inegáveis. Com planejamento estratégico e investimentos adequados, é possível superar as barreiras, promovendo um cuidado odontológico mais eficiente, preciso e centrado nas necessidades dos pacientes.

## CONCLUSÃO

A integração das tecnologias CAD/CAM e dos fluxos de trabalho digitais representa um avanço significativo para a Odontologia moderna, com impacto direto na precisão, eficiência e personalização dos tratamentos. A análise da literatura evidencia benefícios claros, como a redução de etapas manuais, a agilidade na entrega de próteses personalizadas e a maior satisfação do paciente, especialmente em contextos em que a demanda por resultados estéticos e funcionais é elevada.

Entretanto, a adoção dessas tecnologias também apresenta desafios que não podem ser ignorados. Questões como os altos custos iniciais de implementação, a necessidade de treinamento especializado e a adaptação de processos internos requerem um planejamento estratégico detalhado.

Estudos indicam que a centralização da produção pode afetar a eficiência temporal, destacando a importância de modelos de negócios que integrem laboratórios de prótese diretamente aos consultórios odontológicos.

A transição para um fluxo de trabalho digital exige não apenas investimentos em infraestrutura, mas também um esforço em criar um ecossistema colaborativo entre profissionais e fornecedores. Além disso, a interoperabilidade entre sistemas, o uso de materiais avançados e a personalização em massa despontam como fatores críticos para a consolidação dessas tecnologias no mercado odontológico.

Portanto, a implementação do CAD/CAM deve ser vista como parte de uma estratégia abrangente para a inovação no setor odontológico, alinhada às expectativas dos pacientes e às demandas de um mercado cada vez mais competitivo. O sucesso dessa transição dependerá da capacidade dos profissionais de balancear os custos e os benefícios, promovendo uma Odontologia que não apenas atenda, mas exceda os padrões de qualidade e eficiência esperados na era digital.

## REFERÊNCIAS

1. Mühlemann S, Kraus RD, Hämmerle CHF, Thoma DS. Is the use of digital technologies for the fabrication of implant-supported reconstructions more efficient and/or more effective than conventional techniques: a systematic review. *Clin Oral Implants Res.* 2018;29(Suppl. 18):184-95.
2. Pirskanen J. Dental health care technologies: Factors affecting technology adoption and latest information technology solutions [monograph]. Espoo: Information and Service Management, Aalto University School of Business; 2018.
3. Choi SE, Simon L, Barrow JR, Palmer N, Basu S, Phillips RS. Dental practice integration into primary care: a microsimulation of financial implications for practices. *Int J Environ Res Public Health.* 2020;17(6).
4. Suganna M, Nayakar RP, Alshaya AA, Khalil RO, Alkhunaizi ST, Kayello KT, et al. The digital era heralds a paradigm shift in dentistry: a cross-sectional study. *Cureus.* 2024;16(1):e53300.
5. Souza CGR. Fluxo digital: uma realidade na odontologia [monograph]. Salvador: Escola Bahiana de Medicina e Saúde Pública; 2020.

6. Batista ALM. Protocolo de cirurgia guiada por tomografia computadorizada de feixe cônico na Faculdade de Odontologia da UFMG [thesis]. Belo Horizonte: Universidade Federal de Minas Gerais; 2024.
7. Domingues UR. A era digital no planeamento estético do sorriso: revisão de literatura. Porto: Faculdade de Medicina Dentária, Universidade do Porto; 2024.
8. Rocha DCS, Souza TF. O uso da impressão 3D para confecção de coroas: revisão de literatura [monograph]. Ituiutaba: Facmais; 2024.
9. Moura ESVZ. Ensino do sistema CAD-CAM em cursos de graduação em odontologia de uma capital brasileira: estudo transversal [thesis]. Belo Horizonte: Faculdade de Odontologia, Universidade Federal de Minas Gerais; 2023.
10. Belhaj S. Novas abordagens no diagnóstico e tratamento da peri-implantite. Porto: Faculdade de Medicina Dentária, Universidade do Porto; 2019.
11. Ferreira MJS Filho, Alves DP, Câmara IFR, Souza QHS, Brasil SPA, Aguiar JL, et al. Reabilitação oral com prótese parcial removível dupla: revisão de literatura. Braz J Develop. 2021;7(2):16934-47.
12. Rosa MAC. Aplicação de tecnologias digitais em diversas áreas da cirurgia e traumatologia buco-maxilo-facial [monograph]. Belo Horizonte: Faculdade de Odontologia, Universidade Federal de Minas Gerais; 2024.
13. Rodrigues MP. Ensino digital na reabilitação oral protética na Ibéria [thesis]. Viseu: Faculdade de Medicina Dentária, Universidade Católica Portuguesa; 2024.
14. Trindade JCT, Fernandes MS. Facetas laminadas em cerâmica e confecção por fluxo analógico e digital: uma revisão de literatura [monograph]. Uberaba: Universidade de Uberaba; 2021.