

TECNOLOGIAS DIGITAIS EM ODONTOLOGIA ESTÉTICA: FERRAMENTAS PARA O PLANEJAMENTO E EXECUÇÃO DE TRATAMENTOS RESTAURADORES

DIGITAL TECHNOLOGIES IN AESTHETIC DENTISTRY: TOOLS FOR PLANNING AND EXECUTING RESTORATIVE TREATMENTS

^IÍsis Mayara Silva Jatobá, ^{II}Yole da Silva Batinga, ^{III}Tayana de Albuquerque Dias,

^{IV}Cleyton Cézar Souto Silva, ^VIsabel Cristina Celerino de Moraes Porto, ^{VI}Rodrigo Barros Esteves Lins

Resumo. Tecnologias digitais têm desempenhado papel fundamental na odontologia contemporânea, especialmente no planejamento e execução de tratamentos estéticos. Este estudo visa avaliar as tecnologias disponíveis e suas aplicações, vantagens, desvantagens e perspectivas futuras. Consiste em uma revisão integrativa da literatura sobre o uso de ferramentas digitais com foco em procedimentos restauradores, realizada por meio de pesquisa nas bases de dados PubMed, Lilacs e Cochrane em maio de 2024, nos idiomas inglês e português. Dos 193 artigos encontrados na pesquisa realizada, 46 estudos nos idiomas inglês e russo foram incluídos nesta revisão após análise seguindo os critérios de inclusão: texto disponível para leitura na íntegra, abordagem de ferramentas digitais, foco em estética odontológica e relação com a especialidade dentística. E critérios de exclusão como: artigos restritos às áreas de prótese, endodontia, implantodontia, ortodontia e cirurgia oral e maxilofacial. Nesses trabalhos, foram identificadas várias categorias de tecnologias utilizadas para diversos fins no planejamento e tratamento estético, como: softwares, scanners, tomógrafos, impressoras 3D, sistemas chairside, além de inteligência artificial (IA) e realidade aumentada (RA). Todas essas alternativas prometem ampliar as possibilidades de planejamento digital, promovendo maior precisão e personalização nos recursos terapêuticos. Assim, o fluxo digital de trabalho oferece redução do tempo de atendimento clínico, previsibilidade e precisão no planejamento e tratamento, mas não elimina a necessidade de julgamento clínico, experiência e domínio das ferramentas. A integração dessas ferramentas visa otimizar o fluxo de trabalho clínico, melhorar a comunicação com o paciente e potencializar os resultados estéticos e funcionais, consolidando a digitalização como um pilar do futuro da odontologia.

Palavras-chave: odontologia; dentística; tecnologia; digital; planejamento.

Abstract. Digital technologies have played an essential role in contemporary dentistry, especially in the scheduling and execution of aesthetic treatments. This study aims to evaluate the available technologies and their applications, advantages, disadvantages, and future perspectives. Integrative literature review on the use of digital tools with a focus on restorative procedures, conducted through research in the PubMed, Lilacs, and Cochrane databases in May 2024, in English and Portuguese. Of the 193 articles found in the search, 46 studies in English and Russian were included in this review after analysis according to the parameters: text available to read in full, approach to digital tools, focus on dental aesthetics and relation to the dentistry specialty. And exclusion parameters: articles restricted to the areas of prosthodontics, endodontics, implantology, orthodontics and oral and maxillofacial surgery. In these studies, several categories of technologies were identified for various purposes in aesthetic planning and treatment, such as: software, scanners, tomographs, 3D printers, chairside systems, as well as artificial intelligence (AI) and augmented reality (AR). All these alternatives promise to expand the possibilities of digital scheduling, promoting greater precision and personalization in therapeutic resources. The digital workflow offers reduced clinical time, predictability, and precision in planning and treatment but does not eliminate the need for clinical judgment, experience, and mastery of the tools. The integration of these tools aims to optimize clinical workflow, improve communication with the patient and enhance aesthetic and functional results, consolidating digitalization as a pillar of the future of dentistry.

Keywords: dentistry; operative dentistry; digital; technology; planning.

^ICirurgiã-Dentista, Graduada, Faculdade de Odontologia, Universidade Federal de Alagoas
57072-900, Maceió, Alagoas, Brasil
<https://orcid.org/0009-0006-6102-8789>.

^{II}Cirurgiã-Dentista, Graduada, Faculdade de Odontologia, Universidade Federal de Alagoas
57072-900, Maceió, Alagoas, Brasil,
<https://orcid.org/0009-0001-7288-1957>.

^{III}Cirurgiã-Dentista, Graduada, Faculdade de Odontologia, Universidade Federal de Alagoas
57072-900, Maceió, Alagoas, Brasil,
<https://orcid.org/0009-0006-1159-407X>.

^{IV}Enfermeiro, Doutor, Departamento Enfermagem Clínica, Universidade Federal da Paraíba
58050-585, João Pessoa, Paraíba, Brasil
<https://orcid.org/0000-0002-6187-0187>

^VCirurgiã-Dentista, Doutora, Faculdade de Odontologia, Universidade Federal de Alagoas
57072-900, Maceió, Alagoas, Brasil
<https://orcid.org/0000-0003-0908-7424>.

^{VI}* Cirurgião-Dentista, Doutor, Faculdade de Odontologia, Universidade Federal de Alagoas
57072-900, Maceió, Alagoas, Brasil
rodrigo.lins@foufal.ufal.br,
<https://orcid.org/0000-0002-8224-6578>.

INTRODUÇÃO

A estética do sorriso tem se destacado como fator determinante na autoestima, bem-estar e status social. Nesse contexto, as diversas especialidades da odontologia têm exercido papel fundamental ao reabilitar, promover saúde e melhorar a estética. A odontologia estética não é uma disciplina ou área especial da odontologia, mas, a abrangência de várias especialidades, desde dentística, prótese dentária, ortodontia, periodontia, até cirurgia oral e maxilofacial.¹

Dentre estas áreas, a dentística é responsável por promover tratamentos preventivos e/ou restauradores que resultem na manutenção ou restabelecimento da forma, função e estética, mantendo a integridade fisiológica do dente.²

Na prática odontológica, as técnicas tradicionais e ferramentas analógicas servem de base para o advento de ferramentas digitais. No contexto de um avanço tecnológico progressivo e com o frequente lançamento de ferramentas inovadoras no mercado, surge a importante questão: De que forma essas ferramentas podem viabilizar o planejamento e tratamento em odontologia estética?

Portanto, esta revisão integrativa tem como objetivo avaliar as tecnologias digitais mais utilizadas em tratamentos restauradores estéticos e suas aplicações, fornecendo uma melhor compreensão do cenário atual, vantagens, desvantagens e perspectivas futuras.

MATERIAL E MÉTODOS

Para o desenvolvimento desta revisão de literatura integrativa, foi realizada uma pesquisa bibliográfica de artigos disponíveis nas bases de dados Pubmed, Literatura Latino-Americana e do Caribe em Ciências da Saúde (LILACS) e Cochrane Library em maio de 2024. Utilizaram-se nos repositórios no idioma inglês os seguintes descritores: “dentistry”, “operative dentistry”, “planning”, “digital”, “treatment” e “design”. A mesma busca foi realizada em português (“odontologia” ou “dentística operatória”, “planejamento”, “digital”, “tratamento” e “design”) nas três bases de dados, delimitados entre os anos de 2004 e 2024.

Os resultados de cada repositório foram importados no formato RIS para a plataforma de análise Rayyan onde os arquivos duplicados foram automaticamente detectados e removidos. Em seguida, dois pesquisadores treinados e calibrados analisaram independentemente os títulos e resumos, a fim de conferir uma primeira triagem nos artigos encontrados.

Dentre os artigos selecionados, foi realizada a leitura na íntegra pelos pesquisadores, a fim de serem aplicados os critérios de inclusão: texto disponível para leitura na íntegra, abordagem de ferramentas digitais, foco em estética odontológica e relação com a dentística. Como critérios de exclusão estabeleceram-se: artigos que se limitavam às áreas de prótese, endodontia, implantodontia, ortodontia e cirurgia oral e maxilofacial. Nas decisões em que houve conflito de classificação, os avaliadores debateram e classificaram em consenso.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

No total, 193 estudos foram encontrados nas plataformas Pubmed, Lilacs e Cochrane Librarye foram obtidos, respectivamente, 145, 36 e 12 artigos, nos idiomas inglês e russo. Após a exclusão dos artigos duplicados, foram selecionados 177 artigos compilados para leitura do título e resumo. Desses, 62 artigos estavam de acordo com os parâmetros de inclusão e foram selecionados para revisão de texto completa.

Após análise minuciosa, 16 artigos foram removidos dos quais desses seis tinham ênfase em reabilitação oral por meio de prótese total ou parcial, quatro artigos não estavam disponíveis para leitura na íntegra, cinco abordaram apenas implantodontia e um artigo não relatou o uso de tecnologias digitais. Após leitura detalhada, foram selecionados 46 artigos publicados entre 2011 e 2024 para compor a fundamentação deste trabalho.

A partir dos artigos estudados, verifica-se que as tecnologias encontradas auxiliam o profissional de odontologia em seu cotidiano, sendo assim consideradas tecnologias em saúde. De acordo com a Organização

Mundial de Saúde³, uma tecnologia em saúde é “a aplicação de conhecimentos e habilidades organizadas na forma de dispositivos, medicamentos, vacinas, procedimentos e sistemas desenvolvidos para resolver um problema de saúde e melhorar a qualidade de vida”.

Para Merhy⁴, as tecnologias envolvidas no trabalho em saúde podem ser classificadas como: leves (tecnologias de relações, como produção de vínculo, acolhimento), leve-duras (saberes bem estruturados, como a epidemiologia, o taylorismo etc) e duras (uso de equipamentos tecnológicos). Uma tecnologia dura pode ser compreendida através do uso de alta tecnologia, como máquinas, softwares e vídeos.⁵

A princípio, a odontologia digital estava limitada à impressão e fabricação de restaurações.⁶ Atualmente, o fluxo de trabalho digital se inicia no diagnóstico e planejamento do tratamento no qual os primeiros passos incluem escaneamentos intraorais, extraorais e análises radiográficas.

O planejamento, para Vale Voigt et al.⁷, é um componente fundamental para o sucesso de qualquer tratamento médico, principalmente quando se trata de estética.

Para compreender de que forma o fluxo digital auxilia a prática do cirurgião-dentista moderno, este trabalho faz um panorama das tecnologias duras mais utilizadas: softwares, scanners, impressoras 3D, sistemas chairside, articuladores virtuais, tomografia computadorizada, inteligência artificial e realidade aumentada.

FIGURA 1: Ferramentas mais utilizadas de acordo com a quantidade de citações.



Fonte: Autores, 2024.

TECNOLOGIAS DIGITAIS

Softwares 2D

Os *softwares* 2D foram bastante relatados na literatura como opção para facilitar intervenções estéticas. Estudos reunidos por Piedra-Cascón et al.⁸ descrevem a utilização de softwares de edição e apresentação de imagens como ferramentas para o planejamento de reabilitações odontológicas.

Nesse contexto, o uso destes softwares também proporciona uma melhor comunicação entre profissional e paciente, possibilitando ao usuário pré-visualizar o resultado do procedimento proposto e exercer, junto ao cirurgião-dentista, papel ativo na escolha do seu novo sorriso.

Softwares 2D Não-Específicos

Os *softwares* não específicos, apesar de não serem propriamente desenvolvidos para a prática odontológica, fornecem uma vantagem econômica em relação aos específicos, pois, podem ser utilizados para planejar intervenções estéticas com baixo custo.⁹ Essas ferramentas proporcionam o tratamento de dados 2D (fotografia extraoral e intraoral, radiografia), possibilitando ao profissional fazer medições, desenhos, projetos e ainda apresentar as perspectivas da intervenção estética, já que o paciente pode ser envolvido no planejamento do design do seu novo sorriso.⁹

Um exemplo é o software de edição de imagens descrito por Goodlin¹⁰ Photoshop (Adobe, San Jose, Califórnia, Estados Unidos), que possui algumas funcionalidades relevantes à prática clínica: cobertura de imperfeições (manchamentos e restaurações antigas), filtros de nitidez (clareza em detalhes), alteração de altura e largura de objetos (ajustes na proporção de dentes).

Outros softwares 2D não-específicos encontrados na literatura são: Keynote (Apple Inc., Cupertino, Califórnia, Estados Unidos) e PowerPoint (Microsoft Corporation, Redmond, Washington, Estados Unidos). Apesar de contar com funcionalidades mais genéricas e limitadas, ambos podem ser utilizados na maioria dos dispositivos (computador, tablet, celular).

Entretanto, ao fornecer apenas uma abordagem 2D, torna-se necessário combinar o planejamento digital realizado nesses softwares a procedimentos convencionais como moldagem e enceramento diagnóstico.⁸

Softwares 2D Específicos

Softwares 2D específicos são desenvolvidos exclusivamente para a prática clínica do cirurgião-dentista. Estes possuem funcionalidades que permitem uma gama de possibilidades para o planejamento e execução de tratamentos.

O *DSDapp* (Digital Smile Design, DSD App LLC, Madri, Espanha), desenvolvido pelo cirurgião-dentista brasileiro Christian Coachman, foi o software 2D odontológico empregado com maior frequência no planejamento de tratamentos estéticos.

Uma aplicabilidade clínica de bastante relevância citada por Piedra-Cascón et al.⁸ é a possibilidade de realizar o enceramento diagnóstico de forma virtual, gerando uma simulação fotorrealística do resultado final do tratamento em questão. Essa vantagem aumenta os níveis de aceitação do tratamento, pois o paciente está envolvido no processo de elaboração do sorriso.⁹

O uso do *DSDapp* permite maior previsibilidade do resultado do tratamento, a análise de proporções dentofaciais, facilita a comunicação com o paciente, além de contar com uma biblioteca com “templates” de sorrisos, no qual é possível escolher dentre vários formatos dentários. No entanto, o uso do *DSDapp* exige do profissional treinamento e habilidade para garantir seu uso eficaz.⁷

Dentre outros softwares 2D, a plataforma *Smile Cloud Biometrics* (*SmileCloud*, *Dentcof*, *ADN3D Biotech srl*, Timisoara, Romênia) se mostra como uma opção viável para o planejamento de casos estéticos. Este software 2D utiliza inteligência artificial para sugestão de forma, cor e tamanho baseado nas características faciais do paciente.⁸

Para além das vantagens dos softwares supracitados, o armazenamento de dados em nuvem é uma funcionalidade que permite comunicação assíncrona e interação entre diversos profissionais no planejamento e elaboração do tratamento.¹¹ Apesar de permitirem a exportação de alguns dados em *STL* (Standard Triangulation Language, formato que pode ser importado para plataformas 3D), os softwares 2D específicos não promovem uma integração de fato com estes dispositivos. Além disso, uma outra desvantagem descrita é que a utilização destas ferramentas requer investimento financeiro significativo.⁸

Softwares 3D

A integração de diferentes tecnologias digitais tem capacidade de facilitar o desenvolvimento de um paciente virtual 3D, possibilitando traçar o sorriso em harmonia com o rosto do paciente.^{12,13} Programas que utilizam fotografias e escaneamento da arcada dental, permitem ao cirurgião-dentista projetar um sorriso virtual personalizado para cada paciente, além de avaliar simultaneamente estética e função.¹⁴

Softwares 3D não-específicos

Apesar de serem ferramentas desenvolvidas com finalidades gerais, softwares 3D não-específicos são capazes de auxiliar a prática odontológica, principalmente quando se trata de planejamento. Dentre os mais citados, pode-se destacar os softwares Blender (The Blender Foundation, Amesterdã, Holanda) e *Meshmixer* (Autodesk, San Rafael, Califórnia, Estados Unidos).

Blender é um software 3D não-específico de código aberto, ou seja, é possível adicionar diferentes ferramentas tendo como referência um código base do programa. Diante disso, são incorporados ao programa base “*plug-ins*” com funcionalidades voltadas para área odontológica, gerando uma espécie de novo software.⁸ A partir do uso do Blender For Dental, é possível importar dados 2D (fotografias, radiografias), dados 3D (obtidos por scanners e tomografia computadorizada). Para o tratamento destes dados, este software possui ferramentas de design e diagnóstico, sendo possível realizar enceramento digital e incluir o uso de um articulador virtual.⁸ Destaca-se como vantagem deste software o baixo custo necessário para sua utilização.

Outro software visto foi o *Meshmixer* (Autodesk, San Rafael, Califórnia, Estados Unidos) que pode ser utilizado para analisar e editar malhas virtuais 3D. O programa é gratuito e permite a importação de diferentes bibliotecas de arcadas dentárias, utilizadas para elaboração de modelos digitais.

Softwares 3D Específicos

Como vantagem em relação aos softwares 2D, estes programas podem ser utilizados para elaboração de um enceramento diagnóstico 3D, que por sua vez, viabiliza a produção de restaurações provisórias ou guias de silicone por manufatura aditiva (AM) e fresagem.⁸

Dentre os softwares mais utilizados, podem ser listados o *DentalCAD* (Exocad, Darmstadt, Alemanha) e *Dental Systems* (3Shape, Copenhague, Dinamarca). O software *Dental Systems* (3Shape, Copenhague, Dinamarca) foi utilizado no estudo de Revilla-Leon et al.¹⁵ para preparo de enceramento diagnóstico digital, medição de tecidos moles e duros, preparo de guia de silicone digital e design dos laminados.

Com uma interface mais intuitiva para profissionais de odontologia em comparação aos softwares de código aberto, o *DentalCAD* possui funcionalidades para diversas áreas de atuação e aplicação ilimitada para design virtual. O software fornece ainda módulos complementares que atendem necessidades específicas de diversas áreas de atuação da odontologia.¹⁵

Scanners

Os *scanners* são ferramentas que permitem o escaneamento de estruturas intraorais e extraorais (faciais), gerando dados 3D do paciente. Através destes, é possível obter arquivos STL, com a possibilidade de exportação deste arquivo para o uso em outros dispositivos, como impressoras 3D.

Scanners Intraorais

O escaneamento intraoral é um método direto de aquisição de modelos digitais. Pesquisas recentes mostram que o método de digitalização intraoral é preciso, sendo uma alternativa ao uso de modelos de gesso.¹⁶ Como desvantagem, apesar do escaneamento intraoral reduzir o desconforto dos pacientes quanto ao uso de materiais de moldagem, há certa dificuldade em alterar as direções e ângulos no momento do escaneamento devido à proximidade do scanner às estruturas orais.¹⁷

Zaruba e Mehl¹⁸ descrevem algumas vantagens relacionadas ao scanner intraoral *TRIOS 3* (3Shape, Copenhague, Dinamarca), o mais citado: além de uma ferramenta de corte, seu software consegue bloquear estruturas que não devem se alterar durante o escaneamento, seus dados em STL permitem a troca de informações entre cirurgião-dentista e laboratório.

Scanners faciais

O uso de *scanners* faciais no planejamento do tratamento permite a visualização tridimensional (3D) do rosto do paciente, contudo, a sobreposição de escaneamentos faciais com escaneamentos intraorais é ainda mais eficiente.¹⁵ O uso de estereofotogrametria é descrito como um dos mais comuns meios de obtenção de imagens 3D faciais, sendo considerado o padrão ouro.¹⁹ Apesar de suas várias vantagens como ser livre de radiação e minimamente invasivo, o sistema possui um grande aparato com múltiplas câmeras, necessita frequente calibração, e tem custo elevado. Portanto, a utilização de smartphones é descrita como uma alternativa a essa ferramenta para obtenção de imagens faciais.¹⁹

Dentre os estudos analisados, a cabine de estereofotogrametria, clOner (dOne 3D, Ribeirão Preto, São Paulo, Brasil), é equipada com 16 câmeras (8 MP; 2.8 mm cada) programadas para sincronizar e compor a imagem facial do paciente.²⁰

A ferramenta para escaneamento facial mais utilizada dentre os artigos selecionados foi o aplicativo Face Camera Pro (Bellus 3D, Campbell, Califórnia, Estados Unidos). Sua maior vantagem inclui o baixo custo e a fácil utilização, visto que seu software pode ser utilizado a partir de tablets ou smartphones. Dados referentes ao Bellus 3D demonstraram boa precisão e reproduzibilidade nos resultados, porém o software exige movimentos de cabeça do paciente, o que pode gerar imprecisões.¹⁹

Cone Beam Computed Tomography (CBCT) ou Tomografia Computorizada de Feixe Cônico

Para destacar a importância da integração do escaneamento facial, escaneamento intraoral, escaneamento de modelos, a Tomografia Computadorizada de Feixe Cônico pode contribuir para um fluxo de trabalho digital.¹ Os aparelhos CS9300 e CS9600 (Carestream, Rochester, Nova York, EUA), foram os mais relatados.

A combinação de tomografia computadorizada, *scanners* e *softwares* de última geração, é capaz de proporcionar uma representação precisa de um paciente virtual.¹

Para Culp,²¹ uma vantagem da integração desta ferramenta ao fluxo digital, é que o profissional pode pré-visualizar, testar diferentes opções de tratamento, combinar dados para desenvolver um plano de tratamento e criar soluções que incluem todos os aspectos funcionais-estéticos da reabilitação oral.

Apesar da CBCT oferecer imagens de alta qualidade, uma de suas deficiências é a incapacidade de discriminar tecidos moles, o que a torna uma ferramenta exclusiva para imagens de tecidos maxilofaciais duros.²² Embora os arquivos obtidos através de CBCT estejam no formato DICOM (Imagens Digitais e Comunicações em Medicina), é possível converter para o formato STL, permitindo a integração com softwares e impressoras 3D.²³

Impressoras 3D

As impressões 3D integradas ao fluxo digital são consideradas fundamentais para a abordagem totalmente digital do planejamento do tratamento.²⁴ Dentre algumas aplicações desta tecnologia, o uso de impressora 3D pode ser aplicado para fabricação de restaurações provisórias, impressão de guias para desgaste e preparo dentário, proporcionando uma intervenção minimamente invasiva e precisa.²⁵

Algumas particularidades da implementação de impressoras 3D na prática odontológica são descritas na literatura. As aplicações clínicas da impressão 3D incluem splints oclusais, terapia ortodôntica com alinhadores transparentes, modelos de estudo para diagnóstico e planejamento de tratamento, além de restaurações provisórias.²³

Moshman²³ salienta que a impressão 3D tem uma longa curva de aprendizagem, bem como um plano para incorporar a sua utilização na prática clínica, além do alto custo financeiro necessário. A impressora 3D de forma mais presente nos estudos coletados foi a Form 2 (FormLabs, Somerville, Massachusetts, Estados Unidos), do tipo DLP.

Sistemas Chairside

A primeira geração de CAD/CAM (scanner e software/fresadora) foi projetada para fabricar restaurações cerâmicas imediatas de inlay e onlay, porém oferecia uma limitada versão 2D das imagens escaneadas.²⁶

Segundo Zaruba e Mehl¹⁸, Chairside é um conceito para a fabricação de restaurações dentárias diretamente após o preparo dentário durante uma única consulta. A maioria dos sistemas chairside atuais tem um sistema aberto, ou seja, permite a integração com outras ferramentas. Isso se torna vantajoso visto que em alguns casos a fresadora interna do sistema chairside em questão pode não conseguir utilizar de algum outro tipo de material ou restauração específica.

Os sistemas chairside mais citados entre os trabalhos incluem o Carestream (Rochester, Nova York, Estados Unidos) e CEREC AC (Dentsply Sirona, Nova Iorque, Nova Iorque, Estados Unidos). O sistema CEREC possui software de design agregado, tornando-se intuitivo e de fácil manuseio. Entre seus recursos, destaca-se a marcação de margens, projeção virtual de enceramento digital da restauração, definição precisa dos contatos oclusais e refinamento de áreas de contato proximal.²⁶

PERSPECTIVAS FUTURAS

Inteligência Artificial (IA)

O uso de IA e *machine learning* (ML) tem um impacto crescente na profissão odontológica e complementa o desenvolvimento de tecnologias e ferramentas digitais.

Novas técnicas de IA possibilitaram uma extração minuciosa de informações dos dados coletados. Esse processo de extração de informações é normalmente referido como aprendizado de máquina (*machine learning*), parte orientada por dados da IA, cujo objetivo é permitir que as máquinas (algoritmos executados em sistemas de computador) aprendam sobre um tópico específico a partir de um determinado conjunto de dados disponível.

O software *DSDapp* utiliza algoritmos de IA, permitindo a segmentação manual e a medição dos dentes, bem como a sobreposição dos novos dentes desejados. Parte desse fluxo de trabalho pode ser automatizado por meio de técnicas de IA. O software *Bellus 3D* fornece detecção automática dos dentes do paciente e sua remoção, com a possibilidade de modificação manual, essas ações são realizadas utilizando inteligência artificial.²⁷

Uma das aplicações descritas está relacionada ao planejamento digital baseado em inteligência artificial, foi demonstrada com o software *VisagiSmile* (Rebel Dental, Sophia, Bulgária). No caso clínico descrito, além de fotografias e dados STL, os autores reuniram também as características faciais e um questionário sobre personalidade e preferências pessoais do paciente. Todas essas informações foram processadas para criar um enceramento diagnóstico 3D individualizado, a partir de um design 2D.²⁸

Tecnologia 4D

A criação de um paciente virtual 4D é descrita como uma técnica que combina imagens faciais, escaneamento intraoral, softwares de planejamento digital e animação virtual do sorriso a partir da sobreposição de escaneamentos intraorais e faciais, combinados a movimentos de mandíbula e rosto e imagens obtidas por CBCT, permitindo um tratamento realista e dinâmico.²⁰ Além das tecnologias citadas, o software de animação *Maya* (Autodesk, San Rafael, Califórnia, Estados Unidos) é utilizado para gerar um vídeo do projeto do sorriso na criação de um paciente 4D: uma representação de 3 dimensões reunidas com o paciente em movimento.²⁰

Realidade Aumentada (RA)

Realidade Aumentada é definida como uma tecnologia que sobrepõe um conteúdo virtual em imagens reais. No caso clínico que descreve, esta tecnologia foi apresentada ao paciente em uma tentativa de mostrar em tempo real a proposta de reabilitação.²⁹

O funcionamento do software *IvoSmile* (Ivoclar Vivadent, Schaan, Liechtenstein) consiste no paciente olhar para a tela do respectivo dispositivo como se fosse um espelho ampliado, que por sua vez permite uma análise 3D dinâmica e planejamento do sorriso.²⁹

Por se tratar de uma tecnologia relativamente nova, os protocolos clínicos e métodos que a utilizam ainda estão em desenvolvimento e estudos são necessários para avaliar sua precisão.²⁹

Articulador Virtual

Articuladores virtuais são ferramentas que utilizam tecnologia para simular a relação mandibular a partir de uma configuração gerada por computador. Estas ferramentas são classificadas em dois tipos: totalmente ajustável, que reproduz movimentos usando um sistema eletrônico de registro mandibular, e o matematicamente simulado, que reproduz os movimentos com base na simulação matemática de movimentos articulatórios.³⁰

Dentre as vantagens citadas por Merino³⁰, articuladores virtuais proporcionam melhor comunicação entre dentista e técnico, fornecem informação estomatognática e articulares. Como limitações tem-se os custos elevados, habilidade e conhecimento acerca de técnicas necessárias para o sistema CAD/CAM. Nos textos selecionados, os articuladores virtuais citados foram *Modjaw* (Modjaw, Villeurbanne, França) e *Virtual Artex CR* (Amann Girrbach, Alemanha).

TABELA 1: Artigos selecionados para construção da revisão.

Referência	País de Origem	Tecnologia(s) avaliada(s)
Piedra-Cascón et al. (2021)	Espanha	Softwares 2D e 3D
Carrillo-Perez et al. (2022)	Espanha	IA
Zaruba e Mehl (2017)	Suíça	Chairside Systems
Blatz et al. (2019)	Estados Unidos	CBCT, Softwares 2D e 3D; AI
Goodlin (2011)	Canadá	Software 2D
Zimmermann e Mehl (2015)	Suíça	Software 3D e Chairside System
Ahmed (2018)	Austrália	N/A
Moshman (2021)	Estados Unidos	CBCT; Software 3D; Impressora 3D
Culp (2013)	Estados Unidos	N/A
McLaren, Garber e Figueira (2013)	Estados Unidos	Software 2D
Coachman, Sesma e Blatz (2017)	Brasil	Smartphone
Revilla-Leon et al. (2018)	Estados Unidos	Software 3D; IOS; Impressora 3D
Gao et al. (2020)	China	Software 3D; CBCT; IOS e FS; Impressora 3D
Santi, Nastri e Lins (2024)	Brasil	Software 3D; IOS; Impressora 3D
Ferreira et al. (2024)	Índia	Softwares 2D e 3D
Cunha et al. (2020)	Brasil	Software 2D
Mykhaylyuk, Mykhaylyuk, Blatz (2022)	Ucrânia	IOS e Software 3D
Kochanowski, Barankiewicz, Sadowska e Dejak (2023)	Polônia	Software 3D; IOS; Impressora 3D
Apresyan, Stepanov e Vardanyan (2021)	Rússia	IA; CBCT; Software 2D
Almalki et al. (2022)	Estados Unidos	Software 3D e Chairside System
Rebba et al. (2021)	Itália	IOS; Softwares 2D e 3D
Revilla-Leon et al. (2020)	Estados Unidos	FS; IOS; Software 3D; Impressora 3D
Guichet (2020)	Estados Unidos	Software 3D e IOS
Vale Voigt et al. (2020)	Brasil	Software 3D
Martins, Albuquerque e Santos (2017)	Brasil	Software 3D e IOS
Ntovas et al. (2023)	Grécia	Software IA 3D; IOS
Jreige et al. (2020)	Brasil	FS; IOS; Software 3D; Software de Animação; Impressora 3D;
Coachman et al. (2021)	Brasil	Software 3D; CBCT; IOS; Impressora 3D
Marchand et al. (2020)	Suíça	Software RA 3D; Impressora 3D
Abdel-Azim, Zandinejad, Metz, Morton (2015)	Estados Unidos	Software 3D e IOS;
Li, Yu, Feng, Liu (2022)	China	Software 3D; IOS; Impressora 3D
Geštakovski (2021)	Croácia	IOS
Pinzan-Vercelino et al. (2017)	Brasil	Software 2D e 3D
Trushkowsky, Arias e David (2016)	Estados Unidos	Software 3D
Harsono, Simon, Stein, Kugel (2012)	Estados Unidos	IOS; Software 3D
Yassmin e Blatz (2022)	Austrália	Software 2D; CBCT; IOS; Impressora 3D
Harnois (2013)	Estados Unidos	Software 3D; CBCT; IOS; Impressora 3D
Sabbah (2022)	Estados Unidos	Software 2D; 3D; IOS;
Murugesan e Sivakumar (2020)	Índia	IOS e Software 3D
Camardella, Vilella, Van Hezel, e Breuning (2017)	Brasil	Impressora 3D
Revilla-Leon et al. (2021)	Estados Unidos	Software 3D; CBCT; IOS e FS; Impressora 3D

Revilla-Leon et al. (2022)	Estados Unidos	Software 3D; IOS; FS
Lavorgna et al. (2019)	Itália	Software 2D e 3D; IOS
Ortensi, Castro, Rapisarda e Pedullà (2020)	Itália	Impressora 3D; Software 3D
Coachman et al. (2021)	Brasil	Software 2D; CBCT; IOS; FO;
Shepperson (2023)	Nova Zelândia	Articulador Virtual; IOS e FS; CBCT; Softwares 2D e 3D

Fonte: Autores, 2024.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Com base nesta revisão integrativa da literatura, conclui-se que o uso das ferramentas digitais abordadas nos artigos selecionados reduz o tempo de atendimento clínico sem influenciar negativamente na qualidade dos serviços prestados, quando comparadas ao uso de ferramentas analógicas, apesar de não anularem a necessidade de habilidade e conhecimento específico por parte do cirurgião-dentista.

Estudos são necessários para que novas ferramentas sejam utilizadas com maior segurança e efetividade, proporcionando ao cirurgião-dentista um fluxo de trabalho assertivo, garantindo ao paciente que suas expectativas sejam atendidas dentro de um contexto de reabilitação funcional, melhoria estética e promoção de saúde.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Blatz MB, Chiche G, Bahat O, Roblee R, Coachman C, Heymann HO. Evolution of Aesthetic Dentistry. *Journal of Dental Research*. 2019 Oct 21;98(12):1294–304.
2. Conceição EN, Gonçalves AM, Masotti AS. Dentística : saúde e estética (2a. ed.). Grupo A - Artmed; 2007.
3. World Health Organization. Health technology assessment of medical devices. Geneva: World Health Organization; 2011. Available from: <https://iris.who.int/handle/10665/44564>.
4. Merhy EE. Saúde: a cartografia do trabalho vivo. 3. ed. São Paulo: Editora Hucitec; 2002. (Saúde em Debate, 145).
5. Sabino, L. M. M. de et al. Uso de tecnologia leve-dura nas práticas de enfermagem: análise de conceito. *Palavra Clave*, Chía, v. 16, n. 2, p. 230-239, jun. 2016.
6. Mykhaylyuk N, Mykhaylyuk B, Blatz MB. Digital and microscopic tools for ultimate esthetics and precision. *J Esthet Restor Dent*. 2022 Jan;34(1):252–8.
7. Vale Voigt M, Espíndola-Castro LF, Melo Monteiro GQ, Ortigoza LS, Santos Torreão A, Georg R. DSDapp use for multidisciplinary esthetic planning. *J Esthet Restor Dent*. 2020 Aug 12;32(8):738–46.
8. Piedra-Cascón W, Fountain J, Att W, Revilla-León M. 2D and 3D patient's representation of simulated restorative esthetic outcomes using different computer-aided design software programs. *J Esthet Restor Dent*. 2021 Jan;33(1):143–51.
9. Ferreira AN, Aras MA, Chitre V, Mascarenhas K, Nagarsekar A, Mysore A. Aesthetic treatment planning simplified using digital smile design: A case report. *Primary Dental Journal*. 2024 Mar 1;13(1):91–4.
10. Goodlin R. Photographic-Assisted Diagnosis and Treatment Planning. *Dental Clinics of North America*. 2011 Apr;55(2):211–27.

11. Coachman C, Bohner L, Jreige CS, Sesma N, Calamita M. Interdisciplinary guided dentistry, digital quality control, and the "copy-paste" concepts. *J Esthet Restor Dent.* 2021;33(7):982-991.
12. Revilla-León M, Raney L, Piedra-Cascón W, Barrington J, Zandinejad A, Özcan M. Digital workflow for an esthetic rehabilitation using a facial and intraoral scanner and an additive manufactured silicone index: A dental technique. *The Journal of Prosthetic Dentistry.* 2020 Apr;123(4):564–70.
13. Almalki A, Conejo J, Wünsche A, Anadioti E, Blatz MB. Digital Smile Design and Fabrication of CAD/CAM Restorations in a Complex Esthetic Case. *Compend Contin Educ Dent.* 2022;43(10):664-668.
14. Kochanowski M, Barankiewicz A, Sadowska P, Dejak B. Digital planning protocol for functional and esthetic prosthetic treatment. *PubMed.* 2023 Feb 24;26(1):61–73.
15. Revilla-León M, Besné-Torre A, Sánchez-Rubio JL, Fábrega JJ, Özcan M. Digital tools and 3D printing technologies integrated into the workflow of restorative treatment: A clinical report. *The Journal of Prosthetic Dentistry.* 2019 Jan;121(1):3–8.
16. Camardella LT, Vilella OV, van Hezel MM, Breuning KH. Accuracy of stereolithographically printed digital models compared to plaster models. *Journal of Orofacial Orthopedics / Fortschritte der Kieferorthopädie.* 2017 Mar 30;78(5):394–402.
17. Selvaraj A, S P Saravana Dinesh, Sivakumar A, T R P Arvind, Albar DH, A Alshehri, et al. Evaluation of scanning accuracy for two commercially available intraoral scanners in reproducing orthodontic bracket dimensions. *PubMed.* 2023 Sep 1;27(17):7898–906.
18. Zaruba M, Mehl A. Chairside systems: a current review. *International journal of computerized dentistry.* 2017 Jan 1;20(2):123–49.
19. D'Ettorre G, Farronato M, Candida E, Quinzi V, Grippaudo C. A comparison between stereophotogrammetry and smartphone structured light technology for three-dimensional face scanning. *The Angle Orthodontist.* 2022 Jan 11;92(3):358–63.
20. Jreige CS, Kimura RN, Segundo ARTC, Coachman C, Sesma N. Esthetic treatment planning with digital animation of the smile dynamics: A technique to create a 4-dimensional virtual patient. *The Journal of Prosthetic Dentistry.* 2021 Feb;(2):130-138.
21. Culp L. Digital dentistry: a new era of patient care. *PubMed.* 2014 Feb 28;34(10):782–3.
22. Cassiano LS, Barriviera M, Suzuki S, Giacomelli Nascimento G, Lourenço Januário A, La H, et al. Soft tissue cone beam computed tomography (ST-CBCT) for the planning of esthetic crown lengthening procedures. *The international journal of esthetic dentistry.* 2016 Jan 1;11(4):482–93.
23. Moshman AT. 3D Printing Technologies and Protocols to Enhance the Dental Workflow. *Compendium of continuing education in dentistry.* 2021 May 1;42(5).
24. Revilla-León M, Sánchez-Rubio JL, Besné-Torre A, Özcan M. A report on a diagnostic digital workflow for esthetic dental rehabilitation using additive manufacturing technologies. *Int J Esthet Dent.* 2018;13(2):184-196.
25. Gao J, Li J, Liu C, Fan L, Yu J, Yu H. A stereolithographic template for computer-assisted teeth preparation in dental esthetic ceramic veneer treatment. *Journal of Esthetic and Restorative Dentistry.* 2020 Aug 26;32(8):763–9.

26. Harsono M, Simon JF, Stein JM, Kugel G. Evolution of chairside CAD/CAM dentistry. PubMed. 2013 Mar 1;130(3):238–44.
27. Carrillo-Perez F, Pecho OE, Morales JC, Paravina RD, Della Bona A, Ghinea R, et al. Applications of artificial intelligence in dentistry: A comprehensive review. *Journal of Esthetic and Restorative Dentistry*. 2021 Nov 29;34(1):259–80.
28. Ntovas P, Pashias A, Vassilopoulos S, Gürel G, Madianos P, Papazoglou E. Esthetic rehabilitation through crown lengthening and laminate veneers. A digital workflow. PubMed. 2023 Oct 11;18(4):330–44.
29. Marchand L, Romane Touati, Fehmer V, Ducret M, Sailer I. Latest advances in augmented reality technology and its integration into the digital workflow. *International journal of computerized dentistry*. 2020 Jan 1;23(4):397–408.
30. Merino IRG. Articulador virtual Precisão dos contatos oclusais observados em modelos virtuais em comparação com modelos reais [Internet]. teses.usp.br. 2018 [cited 2024 Jul 30]. Available from: <https://teses.usp.br/teses/disponiveis/23/23150/tde-04042019-115424>.
31. Zimmermann M, Mehl A. Virtual smile design systems: a current review. *Int J Comput Dent*. 2015;18(4):303–317.
32. Ahmed KE. We're Going Digital: The Current State of CAD/CAM Dentistry in Prosthodontics. *Primary Dental Journal*. 2018 Jun;7(2):30–5.
33. McLaren EA, Garber DA, Figueira J. The Photoshop Smile Design technique (part 1): digital dental photography. PubMed. 2014 Feb 28;34(10):772, 774, 776 passim-772, 774, 776 passim.
34. Coachman C, Sesma N, Blatz MB. Complete digital workflow for facially driven restorative dentistry. *Clinical Oral Implants Research*. 2017 Oct;28:7–7.
35. Santi MR, Nastri VHT, Lins RBE. Advanced digital planning approach using a 3D-printed mock-up. A case report. *Int J Esthet Dent*. 2024;19(2):186-194.
36. Cunha L, Fernandes AF, Baechtold M, Correr G, Gonzaga C. Cara smile: Use of planning software to facilitate esthetic dental treatment in a case. *Indian Journal of Dental Research*. 2019;30(6):964.
37. Apresyan SV, Stepanov AG, Vardanyan BA. Digital protocol for comprehensive planning of dental treatment. Clinical case analysis. *Stomatologiya*. 2021;100(3):65.
38. Rebba B, Merlone R, Cantile N, Manazza F, Cattoni F. Digital smile planning technique applied to prosthetic rehabilitation of dental esthetic area: a case report. *Journal of Biological Regulators and Homeostatic Agents/Journal of Biological Regulators & Homeostatic Agents*. 2021 Jul 1; 35:1–9.
39. Guichet DL. Digital Workflows in the Management of the Esthetically Discriminating Patient. *Dent Clin North Am*. 2019;63(2):331-344.
40. Martins AV, Albuquerque RC, Santos TR, et al. Esthetic planning with a digital tool: A clinical report. *J Prosthet Dent*. 2017;118(6):698-702. doi:10.1016/j.prosdent.2017.02.016.

41. Abdel-Azim T, Zandinejad A, Metz M, Morton D. Maxillary and Mandibular Rehabilitation in the Esthetic Zone Using a Digital Impression Technique and CAD/CAM-fabricated Prostheses: A Multidisciplinary Clinical Report. *Operative Dentistry*. 2015 Jun;40(4):350–6.
42. Li Y, Yu Y, Feng Y, Liu W. Predictable digital restorative workflow for minimally invasive esthetic rehabilitation utilizing a virtual patient model with global diagnosis principle. *Journal of Esthetic and Restorative Dentistry*. 2022 Feb 25; 34(5):769-775.
43. Geštakovski D. The injectable composite resin technique: biocopy of a natural tooth - avantages of digital planning. *Int J Esthet Dent*. 2021;16(3):280-299.
44. Pinzan-Vercelino CRM, Percira CC, Lima LR, et al. Two-Year Follow-up of Multidisciplinary Treatment Using Digital Smile Design as a Planning Tool for Esthetic Restorations on Maxillary Midline Diastema. *Int J Orthod Milwaukee*. 2017;28(1):67-70.
45. Trushkowsky R, Arias DM, David S. Digital Smile Design concept delineates the final potential result of crown lengthening and porcelain veneers to correct a gummy smile. *The international journal of esthetic dentistry*. 2016 Jan 1;11(3):338–54.
46. Yassmin F, Blatz MB. The Impact of Digital Dentistry in Interdisciplinary Esthetic Treatment. *Compend Contin Educ Dent*. 2022;43(9):571-577.
47. Harnois P. A new perspective on minimally invasive veneer techniques. *PubMed*. 2013 Jul 1;32(7):120, 124–5.
48. Sabbah A. Smile Analysis: Diagnosis and Treatment Planning. *Dent Clin North Am*. 2022;66(3):307-341.
49. Murugesan A, Sivakumar A. Comparison of accuracy of mesiodistal tooth measurements made in conventional study models and digital models obtained from intraoral scan and desktop scan of study models. *J Orthod*. 2020;47(2):149-155.
50. Lavorgna L, Cervino G, Fiorillo L, Di Leo G, Troiano G, Ortensi M, et al. Reliability of a Virtual Prosthodontic Project Realized through a 2D and 3D Photographic Acquisition: An Experimental Study on the Accuracy of Different Digital Systems. *IJERPH*. 2019 Dec 16;16(24):5139.
51. Ortensi L, Castro E, Rapisarda E, Pedullà E. Accuracy of trial restorations from virtual planning: A comparison of two fabrication techniques. 2020 Mar 1;127(3):425–9.
52. Shepperson A. The Digital Aesthetic Test Drive. *Prim Dent J*. 2023;12(2):46-56.