

Fluxo digital no planejamento e execução de reabilitações orais estéticas: Uma revisão de literatura

Digital workflow in the planning and execution of aesthetic oral rehabilitation: A literature review

Flujo digital en la planificación y ejecución de la rehabilitación oral estética: Una revisión de la literatura

Recebido: 16/05/2021 | Revisado: 23/05/2021 | Aceito: 24/05/2021 | Publicado: 09/06/2021

Rafaela Henriques Moreira

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8388-7414>
Universidade Federal de Juiz de Fora, Brasil
E-mail: rafaela_moreira_18@hotmail.com

Maria Paula Novaes Camargo Manna

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9315-1507>
Universidade Federal de Juiz de Fora, Brasil
E-mail: mariapaulaodontologia@gmail.com

Yuri de Lima Medeiros

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4013-7752>
Universidade Federal de Juiz de Fora, Brasil
E-mail: yuri.medeiros@odontologia.ufjf.br

Luan Viana Faria

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2336-9946>
Universidade Federal de Juiz de Fora, Brasil
E-mail: luanvafaria13@hotmail.com

Vitória de Assis Manso Neves

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8810-9670>
Universidade Federal de Juiz de Fora, Brasil
E-mail: vitoriaassisneves@hotmail.com

Mariany Gonçalves Pucetti

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0251-9765>
Universidade Federal de Juiz de Fora, Brasil
E-mail: mariany_jf@hotmail.com

Ana Flávia de Oliveira Assis

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8184-1770>
Universidade Federal de Juiz de Fora, Brasil
E-mail: anaflaviaassis9@gmail.com

Lúcia Andrea Contin Moreira

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6772-050X>
Universidade Federal de Juiz de Fora, Brasil
E-mail: luciaandrea.contin@gmail.com

Rafael Barroso Pazinato

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3015-3377>
Universidade Federal de Juiz de Fora, Brasil
E-mail: pazinatto@yahoo.com

Resumo

A odontologia digital permite que tratamentos reabilitadores sejam realizados de forma virtual. O cirurgião-dentista deve escolher a forma de trabalho, ao inserir ou não o fluxo digital na rotina odontológica, buscando o tratamento mais adequado ao seu paciente. O objetivo deste trabalho foi revisar a literatura sobre o fluxo digital no planejamento e execução das reabilitações orais estéticas. A busca dos artigos foi realizada nas bases de dados LILACS, Pubmed, Scopus e Google Scholar, com as palavras-chave “Odontologia digital”, “CAD/CAM” e “Estética dentária”. Foram considerados elegíveis estudos em inglês, português ou espanhol, publicados entre 01/2010 a 04/2021. Os avanços no fluxo de trabalho digital possibilitam o tratamento de maneira relativamente rápida e mais conveniente para o cirurgião-dentista, além de oferecerem maior conforto ao paciente. A tecnologia oferece inúmeras possibilidades aos trabalhos protéticos, com propriedades semelhantes ou superiores aos procedimentos convencionais. Embora seja de custo elevado e demande treinamento para utilização do sistema, os equipamentos se tornaram menos custosos e mais versáteis, facilitando o trabalho do profissional. Assim, com todo o processamento em consultório, do escaneamento à fresagem/impressão 3D, tornou-se possível realizar todo o procedimento restaurador em única sessão. Dessa forma, é

interessante inserir a odontologia digital ao consultório odontológico, visto que esta fornece resultados superiores à odontologia analógica.

Palavras-chave: CAD/CAM; Tecnologia odontológica; Estética dentária; Odontologia; Software.

Abstract

Digital dentistry allows rehabilitation treatments to be carried out virtually. The dentist must choose the way of working, when inserting or not the digital workflow in the dental routine, seeking the most appropriate treatment for his patient. The aim of this study was to review the literature on the workdigital flow in the planning and execution of aesthetic oral rehabilitation. The search for the articles was carried out in the LILACS, Pubmed, Scopus and Google Scholar databases, using the keywords “Digital dentistry” “CAD/CAM” and “Esthetic”. English, Portuguese or Spanish studies, published between 01/2010 and 04/2021, were considered eligible. Advances in digital workflow enable treatment relatively quickly and more conveniently for the dentists, in addition to offering greater comfort to the patient. The technology offers numerous possibilities for prosthetic work, with properties similar to or superior to conventional procedures. Although it is expensive and requires training to use the system, the equipment has become less costly and more versatile, facilitating the work of the professional. Thus, with all in-office processing, from scanning to milling or 3D printing, it became possible to perform the entire restorative procedure in a single session. Thus, it is interesting to insert digital dentistry into the dental office, as it provides superior results to analogical dentistry.

Keywords: CAD/CAM; Dental technology; Dental esthetics; Dentistry; Software.

Resumen

La odontología digital permite realizar tratamientos de rehabilitación de forma virtual. El cirujano dentista debe elegir la forma de trabajar, al insertar o no el flujo digital en la rutina dental, buscando el tratamiento más adecuado para su paciente. El objetivo de este trabajo fue revisar la literatura sobre el flujo digital en la planificación y ejecución de la rehabilitación oral estética. La búsqueda de los artículos se realizó en las bases de datos LILACS, Pubmed, Scopus y Google Scholar, utilizando las palabras-clave “Odontología digital” “CAD/CAM” y “Estética dental”. Se consideraron elegibles los estudios en inglés, portugués o español, publicados entre el 01/2010 y el 04/2021. Los avances en el flujo de trabajo digital permiten que el tratamiento sea relativamente rápido y más conveniente para el cirujano dental, además de ofrecer una mayor comodidad al paciente. La tecnología ofrece numerosas posibilidades para el trabajo protésico, con propiedades similares o superiores a los procedimientos convencionales. Aunque es caro y requiere formación para utilizar el sistema, el equipo se ha vuelto menos costoso y más versátil, facilitando el trabajo del profesional. Por lo tanto, con todo el procesamiento en la oficina, desde el escaneo hasta el fresado/impresión 3D, fue posible realizar todo el procedimiento de restauración en una sola sesión. Por lo tanto, es interesante insertar la odontología digital en el consultorio dental, ya que brinda resultados superiores a la odontología analógica.

Palabras clave: CAD/CAM; Tecnología odontológica; Estética dental; Odontología; Programas informáticos.

1. Introdução

A modernidade afeta a prática clínica cotidiana fazendo com que cirurgiões-dentistas tradicionais mudem a sua forma de trabalhar. A odontologia digital está cada vez mais presente nos consultórios odontológicos e laboratórios de prótese dentária. Consequentemente, grande parte dos tratamentos reabilitadores podem ser planejados e executados de maneira digital (Cardoso, Alberfaro, Ribeiro, Assis, & Reis, 2018; Sotto-Maior *et al.*, 2018). Mesmo que a clínica odontológica esteja totalmente livre de *scanners* e impressoras digitais, e o único método de impressão seja convencional, a maioria dos laboratórios podem realizar a varredura do molde, convertendo-o em digital para análise inicial (Esquivel, Villarroel, Tran, Kee, & Bruggers, 2020; Nikoyan & Patel, 2020; Wismeijer, Mans, Van Genuchten, & Reijers, 2014).

A moldagem possibilita a cópia dos elementos dentários, tecidos moles e duros e demanda técnica do cirurgião-dentista. Com o crescimento dos sistemas de moldagem digitais, houve a substituição da moldagem convencional para algumas indicações clínicas em reabilitação oral. Os métodos digitais atualmente disponíveis para o planejamento em odontologia possuem diversas vantagens, com tecnologias favoráveis ao profissional e paciente (Esquivel *et al.*, 2020; Nikoyan & Patel, 2020; Sulaiman, 2020). Além disso, os procedimentos realizados pelo cirurgião-dentista se tornaram mais eficazes, com maior precisão, agilidade e praticidade, utilizando maiores recursos em relação à qualidade, durabilidade e propriedades estéticas dos

materiais (Espíndola-Castro, Ortigoza, & Monteiro, 2019; Libonati, Di Taranto, Gallusi, Montemurro, & Campanella, 2020; Nikoyan & Patel, 2020).

Várias especialidades odontológicas se beneficiam com o uso da tecnologia CAD/CAM (Bósio., Santo, & Jacob, 2017). É importante entender as limitações e indicações dos métodos analógicos e digitais para obtenção das melhores reabilitações, independentemente da técnica utilizada (Esquivel *et al.*, 2020; Park, Piedra-Cascón, Zandinejad, & Revilla-León, 2020). O profissional, em meio a tantas mudanças, deve ter ciência de quando se inserir no mercado digital (Sotto-Maior *et al.*, 2018), sendo capaz de identificar em quais indicações clínicas a odontologia digital se sobrepõe à odontologia tradicional e qual sistema de trabalho escolher, levando em consideração suas vantagens e desvantagens. Para isso, é importante conhecer o fluxo digital na odontologia estética (Nikoyan & Patel, 2020).

Assim, torna-se oportuno uma revisão da literatura, com a finalidade de obter o panorama atual da odontologia digital, sua estrutura, funcionamento e como ela pode agregar no consultório odontológico, trazendo seus benefícios comparados à odontologia analógica, fornecendo ao profissional um guia a se considerar durante a escolha da sua forma de trabalhar, buscando realizar o melhor tratamento para o seu paciente. O objetivo deste trabalho foi revisar a literatura sobre o fluxo digital no planejamento e execução das reabilitações orais estéticas.

2. Metodologia

Trata-se de uma revisão narrativa da literatura, com pesquisa de natureza qualitativa, com suporte metodológico de Estrela (2018) e Ludke & Andre (2013). A busca dos artigos foi realizada nas bases de dados LILACS, Pubmed, Scopus e Google Scholar, com as palavras-chave “Odontologia digital” “CAD/CAM” e “Estética dentária”. Foram considerados elegíveis estudos em inglês, português ou espanhol, publicados entre 01/2010 a 04/2021 e relacionados ao fluxo digital empregado para reabilitações orais estéticas, de acordo com os títulos e resumos dos artigos. Foram excluídos artigos na qual o resumo apresentava acesso restrito, resumo com acesso disponível e artigo restrito, além de comentários, editoriais, cartas, diretrizes das sociedades médicas e artigos que não apresentaram relação com o tema do manuscrito. As referências bibliográficas dos artigos incluídos também foram consultadas, em busca de outros estudos que possam contemplar os objetivos dessa revisão de literatura.

3. Resultados

A primeira tecnologia *Computer Aided Design/Computer Aided Manufacturing* (CAD/CAM) que, de acordo com a tradução, significa “projeto assistido por computador e fabricação auxiliada por computador”, foi desenvolvida na década de 1950 (Ahlholm, Sipilä, Vallittu, Jakonen, & Kotiranta, 2018; Berrendero, Salido, Valverde, Ferreira, & Pradíes, 2016; Blatz & Conejo, 2019). Em 1985, na Faculdade de Odontologia da Universidade de Zurique, realizou-se o primeiro tratamento na odontologia utilizando o sistema digital CEREC (Blatz & Conejo, 2019). O fluxo desses sistemas se baseia em três componentes fundamentais: o escaneamento, que pode ser intraoral ou laboratorial (CAD), o *software* de design da restauração protética (CAD) e o processamento da peça final da estrutura protética (CAM) (Ahlholm *et al.*, 2018; Park *et al.*, 2020; Sulaiman, 2020).

3.1 Escaneamento

As moldagens convencionais podem apresentar limitações, como a baixa reprodutibilidade das margens dos preparos, baixa qualidade de impressões, baixa estabilidade dimensional, rasgamento de algumas áreas do molde, bolhas, pequenos defeitos nos modelos de gesso e indistinção das margens dos preparos com tecidos moles, após o vazamento (Espíndola-Castro

et al., 2019; Nikoyan & Patel, 2020). Dessa forma, com o escaneamento estas intercorrências podem ser minimizadas, tornando-se uma alternativa de capturar impressões dentárias, que além de diminuir as etapas laboratoriais como confecção de modelos de gesso e troquelização de forma manual, economizam tempo para confecção da peça e permitem um fluxo de trabalho mais eficiente no cenário clínico odontológico (Chiu, Chen, Hayashi, & Sadr, 2020; Espíndola-Castro *et al.*, 2019; Sotto-Maior *et al.*, 2018; Sulaiman, 2020; Wismeijer *et al.*, 2014).

Atualmente, a moldagem digital pode acontecer de forma direta ou indireta. Quando deseja-se moldar de forma direta, é necessária a utilização do *scanner* intraoral (Cardoso *et al.*, 2018), diferentemente do método de digitalização de modelos de gesso obtidos a partir de impressões tradicionais (Libonati *et al.*, 2020). O escaneamento direto intraoral torna possível a realização de restaurações com um ajuste de alta precisão de maneira muito mais rápida do que a digitalização em laboratório das impressões tradicionais (Chochlidakis *et al.* 2016; Libonati *et al.*, 2020). Deste modo, por oferecer diversas vantagens, vem gradativamente sendo introduzida no contexto odontológico (Cardoso *et al.*, 2018; Chochlidakis *et al.* 2016; Park *et al.*, 2020). No passado, os *scanners* intraorais eram conectados a carrinhos móveis como uma unidade completa com o computador e o monitor. As versões mais recentes dos *scanners* possuem conexão direta ou sem fio a um computador laptop, sendo que empresas que produzem os equipamentos oferecem a opção de incorporar o *scanner* na cadeira odontológica (Blatz & Conejo, 2019).

Uma vez que o escaneamento intraoral é o primeiro passo e, portanto, fundamental no fluxo de trabalho digital, a precisão dos *scanners* intraorais deve ser avaliada criticamente (Amornvit, Sanohkan, & Peampring, 2020; Chiu *et al.*, 2020). Entender as limitações e indicações das tecnologias é crucial para a aplicação bem-sucedida do fluxo de trabalho digital (Park *et al.*, 2020). Bósio *et al.* (2017) consideraram que diante dos diferentes dispositivos disponíveis para impressão digital, é primordial que o profissional esteja atento aos componentes que cada produto oferece. Alguns fatores deverão ser criteriosamente analisados pelo cirurgião-dentista durante a escolha do sistema digital. Dentre eles, podemos citar o tempo de impressão, tamanho da cabeça do *scanner*, ponteiros descartáveis ou autoclaváveis, tipos de arquivos gerados e segurança de manutenção, necessidade de agente de contraste e custo-benefício.

Os erros no preparo dental e na digitalização podem ser detectados e corrigidos imediatamente no local de interesse, diferentemente da impressão convencional, em que os erros são detectados após a obtenção do modelo, sendo necessário repetir toda a técnica de moldagem (Blatz & Conejo, 2019; Gjolvold, Chrcanovic, Korduner, Collin-Bagewitz, & Kisch, 2016; Koulivand, Ghodsi, Siadat, & Alikhasi, 2020). Assim, além dos parâmetros técnicos dos *scanners*, o ambiente oral também possui capacidade de influenciar na precisão da digitalização. Podemos citar, dentre outros, a presença de saliva e sangue, movimento de tecidos moles, espaço limitado que a cavidade oral permite para manobrar a câmera (Chiu *et al.*, 2020), temperatura, iluminação (Amornvit *et al.*, 2020; Berrendero *et al.*, 2016; García-Martínez, Monllor, Solaberrieta, Ferreira, & Pradiés, 2020), regiões interproximais com pequena distância entre os dentes adjacentes, inclinação do plano oclusal, anatomia do arco dental na região do molar (Chiu *et al.*, 2020) e morfologia da superfície dentária (Abduo & Elseyoufi, 2018; Chiu *et al.*, 2020; García-Martínez *et al.*, 2020).

Além disso, os *scanners* intraorais encontram dificuldade em detectar margens gengivais profundas nos dentes preparados, para registrar com perfeição a linha de término do preparo (Amornvit *et al.*, 2020; Erozan & Ozan, 2020; Koulivand *et al.*, 2020; Nikoyan & Patel, 2020). Neste sentido, Koulivand *et al.* (2020), estabeleceu a extensão subgengival máxima da linha do término do preparo como sendo a metade da profundidade do sulco gengival (1,5mm), assim como Berrendero *et al.* (2016), em que os preparos com mais de 1mm subgengival foram critérios de exclusão durante a seleção dos pacientes. Essas barreiras encontradas pelos *scanners* se encontram em mudanças com os *softwares* de design de restaurações mais novos, que apresentam muitos recursos de detecção da linha do término do preparo para o enceramento digital (Blatz & Conejo, 2019).

A superfície rugosa fornece um escaneamento sensível, sendo que área brilhante pode causar reflexão durante os procedimentos de escaneamento (Erozan & Ozan, 2020) impedindo o *software* de triangular pontos de interesse específicos entre si (Nikoyan & Patel, 2020). Porém, Abduo e Elseyoufi (2018) e Amornvit *et al.* (2020) consideraram que superfícies lisas e regulares são mais fáceis de serem copiadas do que superfícies irregulares que causam alterações na digitalização. Os *scanners* intraorais atuais não precisam do pó antirreflexo que antes era necessário e têm a capacidade de digitalizar cores e determinar os tons dos dentes (Blatz & Conejo, 2019).

A satisfação do paciente é um fator importante que pode influenciar na escolha da técnica de impressão. Sivaramakrishnan, Alsobaiei, & Sridharan (2020) realizaram um estudo de metanálise e concluíram que a maioria dos pacientes preferiu o uso de *scanners* em comparação à técnica de moldagem convencional, devido à fatores específicos, como reflexo de vômito, náusea, dificuldade respiratória, sensação de desconforto, tempo ao lado da cadeira, percepção de ansiedade e percepção do tempo.

Em relação ao método indireto de escaneamento, o escaneamento laboratorial consiste na cópia do modelo em gesso com *scanner* fora do meio bucal (Cardoso *et al.*, 2018). Embora seja inferior ao método escaneamento direto, possui maior fidelidade das estruturas a serem trabalhadas quando comparado ao método analógico (Sotto-Maior *et al.*, 2018). Sendo assim, essa opção pode ser adotada por cirurgiões-dentistas que preferem a técnica de impressão convencional ou não possuem condições para investir em um *scanner* intraoral (García-Martínez *et al.*, 2020).

3.2 *Software* de design da restauração protética

Após o escaneamento e a obtenção de imagens tridimensionais das estruturas da cavidade bucal, essas imagens são reproduzidas no computador (Cardoso *et al.*, 2018; Erozan & Ozan, 2020; Espíndola-Castro *et al.*, 2019), gerando um modelo virtual por um *software* (Ahlholm *et al.*, 2018; Erozan & Ozan, 2020; Gjelvold *et al.*, 2016; Nikoyan & Patel, 2020), permitindo ao clínico revisar, avaliar, diagnosticar, preparar e projetar uma restauração que cumpra o plano de tratamento pretendido, de acordo com as estruturas da face de cada paciente, otimizando os resultados estéticos (Blatz & Conejo, 2019; Bósio *et al.*, 2017; Nikoyan & Patel, 2020; Park *et al.*, 2020; Sulaiman, 2020).

A partir do enceramento digital, é possível realizar simulações junto ao paciente através da visualização na tela do computador (Bósio *et al.*, 2017). Por meio de ferramentas de medição, transformação e digitalização automática de cores para seleção estética (Chiu *et al.*, 2020; Park *et al.*, 2020), através de uma variedade de *softwares* disponíveis (Blatz & Conejo, 2019; Nikoyan & Patel, 2020), é possível evitar possíveis complicações com antecedência. Nestes sistemas, múltiplas morfologias dentais e restaurações prontas estão disponíveis em suas próprias bibliotecas digitais internas. No entanto, também possibilitam criar uma imagem de um elemento dentário existente, podendo ser aplicada com base nas necessidades e desejos estéticos de cada paciente (Blatz & Conejo, 2019; Park *et al.*, 2020).

Os dados obtidos por aquisições de *scanner* intraoral podem ser transferidos para vários programas de *software*. Alguns dos *scanners* possuem sistemas abertos que exportam dados de saída no formato Standard Tessellation Language (STL), enquanto outros possuem sistemas fechados que apenas exportam dados de saída em formato do sistema da marca utilizada. Assim, os *scanners* com sistema aberto podem ser lidos por todos os programas de design. Nos sistemas fechados, os dados de saída obtidos na digitalização são transferidos diretamente para o *software* correspondente do sistema associado. Se os dados forem obtidos de *scanner* com sistema fechado, uma etapa de conversão do formato proprietário para o formato STL deve ser feita para que os outros *softwares* possam acessar a digitalização. Caso haja perda de dados, durante essas transferências, há prejuízo na adaptação final e no sucesso da restauração definitiva (Baheti *et al.*, 2015; Geng, 2011). Ao avaliar a precisão da correlação entre *scanners* intraorais e programas de *software*, Erozan & Ozan (2020) verificaram que o

uso de *scanners* de sistema aberto, com saída de dados STL diretos, foram mais precisos. Enquanto que, para os sistemas fechados, durante conversão do formato do proprietário para o formato STL foi observada perda de dados.

3.3 Processamento da peça final da estrutura protética (CAM)

Os primeiros sistemas digitais permitiam somente a fabricação de *inlays*, *onlays* e coroas unitárias. Atualmente, com a grande evolução da tecnologia, é possível fabricar também facetas, coroas de implantes, próteses parciais fixas, removíveis e até próteses totais (Ahlholm *et al.*, 2018; Blatz & Conejo, 2019). A precisão da fabricação de peças protéticas com as atuais tecnologias são tão ou até mais precisas que as técnicas de impressão convencionais, pelo menos para restaurações unitárias, de curta extensão (Blatz & Conejo, 2019; Chochlidakis *et al.* 2016). Já em próteses extensas e totais, a fabricação convencional ainda apresenta maior precisão para ser utilizada (Ahlholm *et al.*, 2018). O processamento consiste na obtenção da peça protética em si, que pode ser feita de duas formas: subtrativo (fresagem) e aditivo (impressão 3D) (Sotto-Maior *et al.*, 2018; Sulaiman, 2020).

As fresadoras tornaram-se menores, mais precisas e mais versáteis para uma grande variedade de materiais (Blatz & Conejo, 2019). A fresagem pode ser feita no próprio consultório, denominada *chairside*, com única etapa de confecção e cimentação da peça, ou fresagem laboratorial, em que as peças são confeccionadas no laboratório (Blatz & Conejo, 2019; Nikoyan & Patel, 2020; Sulaiman, 2020). Já a fresagem *outsourcing* é realizada nos centros de produção afiliados às empresas fornecedoras do sistema CAD/CAM para aqueles profissionais que não possuem os equipamentos (Blatz & Conejo, 2019; Sotto-Maior *et al.*, 2018; Sulaiman, 2020).

As opções de materiais para fresagem estão aumentando constantemente (Blatz & Conejo, 2019; Duqum, Brenes, Mendonca, Carneiro, & Cooper, 2019; Esquivel *et al.*, 2020). No entanto, é importante que os profissionais conheçam os materiais disponíveis quanto às suas propriedades, durabilidade e características (Sulaiman, 2020), uma vez que a seleção adequada dos mesmos com base na indicação, bem como nas necessidades estéticas e funcionais específicas é essencial para longevidade clínica (Blatz & Conejo, 2019).

O ajuste marginal das peças fabricadas pela tecnologia CAD/CAM, também foi avaliado e observou-se superioridade na adaptação marginal com a técnica digital em comparação com a técnica convencional (Abdullah, Tsitrou, & Pollington, 2016; Chochlidakis *et al.* 2016; Koulivand *et al.*, 2020). No entanto, no estudo de Berrendero *et al.* (2016), coroas em cerâmica à base de zircônia fabricadas usando impressões convencionais e digitais, foram comparáveis entre si quanto aos ajustes marginais e internos.

Contudo, esse método subtrativo acarreta em alto desperdício de material e desgaste das brocas de fresamento, especialmente para materiais duros como cerâmica, além de consumir muito tempo. Nesse sentido, destaca-se o método aditivo, com a impressão 3D (Marcel, Reinhard, & Andreas, 2020). Existem muitas tecnologias de impressão diferentes, como a estereolitografia, processamento digital de luz, jato de fotopolímero, jato de material, jato de aglutinante, sinterização seletiva a laser, fusão seletiva a laser e fabricação de filamento fundido (Kessler, Hickel, & Reymus, 2020).

A tecnologia da estereolitografia é utilizada para imprimir coroas e próteses, visando analisar, projetar e formular planos de tratamento correspondentes aos elementos estéticos (Zhang, Chen, Zhao, Liu, Luo, Dong, & Yu, 2018). No geral, podem ser impressos diversos materiais, como as resinas e ceras para fundição, bem como alguns materiais de silicone. Dentre as desvantagens da tecnologia 3D, podemos citar o alto custo de equipamento, materiais, manutenção e reparo, além da necessidade de limpeza (Dawood, Marti, Sauret-Jackson, & Darwood, 2015).

4. Discussão

Inicialmente, todo o processo laboratorial envolvendo trabalhos protéticos eram demorados e puramente físicos (Sotto-Maior *et al.*, 2018), sendo que várias etapas laboratoriais eram necessárias, aumentando os riscos de distorções nos processos de moldagem e vazamento do modelo de gesso (Espíndola-Castro *et al.*, 2019; Nikoyan & Patel, 2020). A odontologia digital foi desenvolvida para aumentar a precisão do fluxo de trabalho e acelerar o processo de produção (Libonati *et al.*, 2020). Logo, avanços no fluxo de trabalho digital possibilitam tratamentos com maior precisão, alta qualidade estética, previsibilidade e eficácia (Blatz & Conejo, 2019; Cardoso *et al.*, 2018; Cristian & José, 2019; Espíndola-Castro *et al.*, 2019; Esquivel *et al.*, 2020; Nikoyan & Patel, 2020; Sotto-Maior *et al.*, 2018).

A abordagem digital simplifica os procedimentos clínicos, permitindo melhor comunicação com o técnico, com outros clínicos e com os pacientes (Cardoso *et al.*, 2018; Cristian & José, 2019; Nikoyan & Patel, 2020; Zavanelli *et al.*, 2019). O dentista em seu consultório, pode enviar um arquivo digital em um servidor através da nuvem, em tempo real, com segurança, para rápida comunicação com o laboratório, permitindo que o técnico possa fazer todos os trabalhos restauradores com o design diretamente no computador, com base no arquivo digital recebido (Amornvit *et al.*, 2020). Os equipamentos, cada vez menores, mais modernos e compactos, ajudam a otimizar o espaço dentro do ambiente de trabalho, além de permitirem aos profissionais comunicação remota utilizando sua estrutura digital à distância (Sotto-Maior *et al.*, 2018).

Existem também as opções de design de sorriso e tecnologia de digitalização de rosto com integração de referências faciais para a elaboração de um enceramento otimizando resultados estéticos dos procedimentos restauradores planejados (Blatz & Conejo, 2019; Park *et al.*, 2020; Zavanelli *et al.*, 2019). Os *scanners* faciais e intraorais, bem como as tecnologias de fabricação 3D, podem ser integrados para planejar virtualmente os procedimentos restauradores. A combinação de digitalização facial e varreduras intraorais permitem o enceramento com diagnóstico facial, enquanto as tecnologias de fabricação CAD/CAM transferem o produto exato com a cópia fidedigna do enceramento diagnóstico para a boca do paciente (Cheng *et al.*, 2020; Koulivand *et al.*, 2020; Park *et al.*, 2020), com menor intervenção e possibilidade de erros (Cheng *et al.*, 2020; Chiu *et al.*, 2020; Sulaiman, 2020), visto que no método convencional os procedimentos de acabamento envolvem modificações manuais pelo profissional, que podem alterar a replicação exata do enceramento diagnóstico (Park *et al.*, 2020).

Com toda a estrutura em consultório, do *scanner* à fresadora, como os sistemas CEREC e Planmeca, que disponibilizam equipamentos com esta modalidade (Blatz & Conejo, 2019), é possível realizar todo procedimento restaurador em única sessão, permitindo que a restauração seja produzida e entregue no mesmo dia sem a necessidade de fase laboratorial e do protético (Esquivel *et al.*, 2020; Sulaiman, 2020), eliminando a necessidade de confecção de provisórios (Blatz & Conejo, 2019; Davidovich, Dagon, Tamari, Etinger, & Mijiritsky, 2020). Entretanto, por outro lado, Esquivel *et al.* (2020) mostraram casos clínicos em que as abordagens analógicas e digitais na produção dos provisórios permitiram o melhor planejamento, avaliação da estética, fonética, ajustes, cicatrização de tecidos gengivais e acompanhamento antes da restauração definitiva ser cimentada.

Os avanços no fluxo de trabalho digital possibilitam o tratamento previsível de maneira relativamente rápida, mais conveniente para o dentista e com um ambiente de menor estresse (Nikoyan & Patel, 2020). A odontologia digital consome menos tempo na rotina clínica e laboratorial, demanda um menor tempo do profissional e sua equipe (Blatz & Conejo, 2019; Bósio *et al.*, 2017; Cheng *et al.*, 2020; Cristian & José, 2019; Esquivel *et al.*, 2020; Gjolvold *et al.*, 2016; Koulivand *et al.*, 2020; Nikoyan & Patel, 2020; Sotto-Maior *et al.*, 2018). Somente no estudo de Wismeijer *et al.* (2014) a impressão digital foi relatada como mais demorada para execução do trabalho, tendo uma preferência estatisticamente significativa para impressão analógica. Além disso, em geral, as impressões digitais são mais confortáveis para o paciente, não provocam náusea, são rápidas, eficientes e práticas, além de diminuir o número de consultas. Conseqüentemente, os pacientes preferem a

digitalização (Ahlholm et al., 2018; Berrendero *et al.*, 2016; Blatz & Conejo, 2019; Cardoso *et al.*, 2018; Cristian & José, 2019; Gjelvold *et al.*, 2016; Nikoyan & Patel, 2020; Sotto-Maior *et al.*, 2018).

Wismeijer *et al.* (2014), em uma pesquisa clínica, observaram uma preferência pela impressão digital, principalmente por causa da percepção do sabor dos materiais de moldagem convencionais, do tamanho da moldeira e das atividades preparatórias envolvidas. Esses achados corroboram com o ensaio clínico controlado de Delize, Bouhy, Lambert, & Lamy (2019), em que nenhuma diferença foi encontrada para o parâmetro dor e duração do tratamento, todavia, conforto, ansiedade, sabor e náusea foram significativamente melhores com o fluxo digital. Em contexto odontopediátrico, Davidovich *et al.* (2020) concluíram que a impressão convencional em crianças se torna difícil, devido à necessidade de cooperação. Logo, o *scanner* intraoral facilita a tomada de impressões com facilidade, rapidez e precisão.

Apesar de suas vantagens, a aplicação da tecnologia CAD/CAM ainda não foi totalmente adotada pela comunidade odontológica, e os principais motivos citados para isso estão relacionados ao alto custo inicial e de manutenção dos equipamentos associados, assistência técnica, instalação, materiais de consumo e *softwares* necessários para comunicação entre *scanners* e impressoras (Berrendero *et al.*, 2016; Blatz & Conejo, 2019; Bósio *et al.*, 2017; Cheng *et al.*, 2020; Chochlidakis *et al.* 2016; Nikoyan & Patel, 2020). Alguns autores discordam e afirmam que a incorporação de *scanners* faciais e outros dispositivos de trabalho digital fornecem um procedimento mais econômico em comparação aos protocolos convencionais com maior custo-benefício (Blatz & Conejo, 2019; Bósio *et al.*, 2017; Park *et al.*, 2020; Sotto-Maior *et al.*, 2018).

Ao optar por utilizar a odontologia digital, é importante verificar a necessidade de terceirizá-la ou incorporá-la ao consultório odontológico. O estabelecimento de um fluxo de trabalho totalmente digital requer a utilização de todos os componentes, sem terceirização, com despesas e treinamentos iniciais mais significativos (Nikoyan & Patel, 2020). O dentista pode, também, ter em seu consultório somente o *scanner* para varredura, o *software* necessário para planejar e projetar os componentes e encaminhar os dados para o laboratório realizar o processo final de fabricação (Blatz & Conejo, 2019; Nikoyan & Patel, 2020), sendo uma opção para aqueles que não possuem condições de adquirir todos os equipamentos. Apesar da tecnologia a serviço da odontologia ainda possuir custo elevado, o que inviabiliza a aquisição de equipamentos por alguns profissionais, esta vem diminuindo seus valores de mercado. Assim, como perspectivas futuras, espera-se que todo cirurgião-dentista implemente um fluxo de trabalho digital em seu consultório, clínica ou laboratório, tornando a odontologia digital mais acessível (Sotto-Maior *et al.*, 2018).

Além do curso, outra desvantagem associada à tecnologia CAD/CAM é a curva de aprendizado envolvida para se ajustar à nova tecnologia (Berrendero *et al.*, 2016; Chochlidakis *et al.* 2016; Nikoyan & Patel, 2020). Profissionais com maior tempo de mercado se deparam com a necessidade de alterar procedimentos aos quais já estão familiarizados, mantendo preferência pela técnica tradicional (Blatz & Conejo, 2019; Cheng *et al.*, 2020). Além disso, para um cirurgião-dentista iniciante na técnica, o fluxo de trabalho digital pode ser mais demorado do que os procedimentos convencionais. No entanto, essa limitação é passageira, uma vez que, após superar a curva de aprendizado, o tempo necessário para realizar a aquisição de dados e os projetos virtuais podem ser semelhantes ou inferiores ao tempo necessário para procedimentos convencionais (Park *et al.*, 2020).

Gjelvold *et al.* (2016) e Park *et al.* (2020) mostraram um nível de dificuldade para o dentista significativamente mais baixo para a técnica de impressão digital do que para a técnica convencional, assim como no caso de Cheng *et al.* (2020), no qual os dentistas menos experientes produziram coroas provisórias com mesma qualidade que aquelas feitas pelos mais experientes, utilizando menor tempo clínico com o fluxo de trabalho digital. Segundo García-Martínez *et al.* (2020), para os profissionais que preferem a impressão convencional, os materiais elastoméricos escaneáveis podem ajudar na obtenção de melhores moldes digitais sem a necessidade de realizar o vazamento com o gesso convencional. Os elastômeros escaneáveis

diferem dos materiais de impressão convencionais em suas propriedades, cor e brilho da superfície do material, com objetivo de melhorar a digitalização e copiar com maior precisão em regiões subgingivais, por exemplo.

A tecnologia digital na odontologia está cada vez maior e necessita de mais estudos para comprovar sua eficácia durante a aplicação clínica (Ahlholm *et al.*, 2018), no entanto vários são os estudos encontrados na literatura que comprovam suas qualidades, como rapidez e praticidade da técnica, resistência, estética, longevidade, conforto e satisfação dos pacientes (Davidovich *et al.*, 2020; De Angelis *et al.*, 2020; Espíndola-Castro *et al.*, 2019; Libonati *et al.*, 2020). Quanto às mudanças na odontologia com a tecnologia CAD/CAM, os dentistas reabilitadores precisam entender os métodos analógico e digital para obter as melhores restaurações, independentemente da técnica de escolha (Esquivel *et al.*, 2020). Porém, sabe-se que as novas tecnologias serão frequentemente apresentadas e os profissionais do mercado odontológico precisarão se atualizar frequentemente testando sua aplicabilidade na prática clínica (Bósio *et al.*, 2017; Cheng *et al.*, 2020; Chochlidakis *et al.* 2016).

5. Considerações Finais

De acordo com este trabalho, podemos concluir que a tecnologia digital vem, progressivamente, sendo introduzida na odontologia, oferecendo diversas vantagens no planejamento e nos tratamentos, como qualidade estética, previsibilidade e praticidade. Os avanços no fluxo de trabalho digital possibilitam o tratamento de maneira relativamente rápida e mais conveniente para o cirurgião-dentista, além de oferecerem maior conforto ao paciente, sem a necessidade de submetê-los a procedimentos desagradáveis, como a moldagem.

A tecnologia oferece inúmeras possibilidades em produção de trabalhos protéticos, com propriedades e qualidades semelhantes aos convencionais e com uma grande variedade de materiais. Os equipamentos se tornaram mais versáteis, facilitando o trabalho do profissional. Assim, com toda a estrutura em consultório, do *scanner* à fresadora/impressão 3D, tornou-se possível realizar todo o procedimento restaurador em única sessão, permitindo que a restauração seja produzida e cimentada na mesma consulta.

Em relação às limitações, destaca-se o custo do equipamento e a necessidade de treinamento rigoroso para utilização do sistema. Contudo, esses custos vêm diminuindo e a flexibilidade permite que os sistemas atuais sejam desmembrados, possibilitando ter em consultório somente o *scanner*, por exemplo, tornando-a mais acessível. Dessa forma, considerando as vantagens da odontologia digital, torna-se interessante agregá-la ao consultório odontológico, pois fornece uma infinidade de recursos se comparada à odontologia analógica, merecendo investimentos em conhecimento, tempo e análise financeira.

Além disso, com base em nossa revisão, sugerimos que futuros estudos comparem as diferentes tecnologias de impressão 3D, a fim de determinar a tecnologia ideal para as diferentes finalidades odontológicas. É importante também que as pesquisas avancem no sentido de diminuir custos, tornando a tecnologia mais acessível. Por fim, sugere-se que a tecnologia seja inserida nas instituições de ensino, para que os futuros cirurgiões-dentistas conheçam e aprendam sobre a tecnologia desde a graduação, solucionando o possível problema da curva de aprendizado envolvida para se ajustar à nova tecnologia.

Referências

- Abdullah, A. O., Tsitrou, E. A., & Pollington, S. (2016). Comparative in vitro evaluation of CAD/CAM vs conventional provisional crowns. *Journal of applied oral science*, 24(3), 258–263.
- Abduo, J., & Elseyoufi, M. (2018). Accuracy of Intraoral Scanners: A Systematic Review of Influencing Factors. *The European Journal of Prosthodontics and Restorative Dentistry*, 26(3), 101–121.
- Ahlholm, P., Sipilä, K., Vallittu, P., Jakonen, M., & Kotiranta, U. (2018). Digital Versus Conventional Impressions in Fixed Prosthodontics: A Review. *Journal of Prosthodontics*, 27(1), 35–41.
- Amornvit, P., Sanohkan, S., & Peampring, C. (2020). Studying the Optical 3D Accuracy of Intraoral Scans: An In Vitro Study. *Journal of Healthcare Engineering*, 2020, 5739312.

- Baheti, M. J., Soni, U. N., Gharat, N. V., Mahagaonkar, P., Khokhani, R., & Dash, S. (2015). Intra-oral scanners: A new eye in dentistry. *Austin Journal of Orthopedics & Rheumatology*, 2(3), 1023.
- Berrendero, S., Salido, M. P., Valverde, A., Ferreira, A., & Pradies, G. (2016). Influence of conventional and digital intraoral impressions on the fit of CAD/CAM-fabricated all-ceramic crowns. *Clinical Oral Investigations*, 20(9), 2403–2410.
- Blatz, M. B., & Conejo, J. (2019). The Current State of Chairside Digital Dentistry and Materials. *Dental Clinics of North America*, 63(2), 175–197.
- Bósió, J. A., Santo, M. D., & Jacob, H. B. (2017). Odontologia digital contemporânea – scanners intraorais digitais. *Ortho Science: Orthodontic Science and Practice*, 10(39), 355-362.
- Cardoso, F. L., Alberfaro, K. P. A., Ribeiro, S., Assis, V. K. S., & Reis, L. O. R. (2018). Moldagem digital em odontologia: perspectivas frente à convencional: uma revisão de literatura. *Anais do Seminário Científico do UNIFACIG*, 4(4), 1-6.
- Cheng, C. W., Ye, S. Y., Chien, C. H., Chen, C. J., Papaspyridakos, P., & Ko, C. C. (2021). Randomized clinical trial of a conventional and a digital workflow for the fabrication of interim crowns: An evaluation of treatment efficiency, fit, and the effect of clinician experience. *The Journal of Prosthetic Dentistry*, 125(1), 73–81.
- Chiu, A., Chen, Y. W., Hayashi, J., & Sadr, A. (2020). Accuracy of CAD/CAM Digital Impressions with Different Intraoral Scanner Parameters. *Sensors (Basel, Switzerland)*, 20(4), 1157.
- Chochlidakis, K. M., Papaspyridakos, P., Geminiani, A., Chen, C. J., Feng, I. J., & Ercoli, C. (2016). Digital versus conventional impressions for fixed prosthodontics: A systematic review and meta-analysis. *The Journal of Prosthetic Dentistry*, 116(2), 184–190.e12.
- Cristian, C., & José. P. A. A. (2019). Chairside digital workflow in restorative dentistry. *Biomedical Journal of Scientific & Technical Research*, 13(4), 10111-10113.
- Davidovich, E., Dagon, S., Tamari, I., Etinger, M., & Mijiritsky, E. (2020). An Innovative Treatment Approach Using Digital Workflow and CAD-CAM Part 2: The Restoration of Molar Incisor Hypomineralization in Children. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 17(5), 1499.
- Davidovich, E., Shay, B., Nuni, E., & Mijiritsky, E. (2020). An Innovative Treatment Approach Using Digital Workflow and CAD-CAM Part 1: The Restoration of Endodontically Treated Molars in Children. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 17(4), 1364.
- Dawood, A., Marti Marti, B., Sauret-Jackson, V., & Darwood, A. (2015). 3D printing in dentistry. *British Dental Journal*, 219(11), 521–529.
- De Angelis, P., Passarelli, P. C., Gasparini, G., Boniello, R., D'Amato, G., & De Angelis, S. (2020). Monolithic CAD-CAM lithium disilicate versus monolithic CAD-CAM zirconia for single implant-supported posterior crowns using a digital workflow: A 3-year cross-sectional retrospective study. *The Journal of Prosthetic Dentistry*, 123(2), 252–256.
- Delize, V., Bouhy, A., Lambert, F., & Lamy, M. (2019). Intrasubject comparison of digital vs. conventional workflow for screw-retained single-implant crowns: Prosthodontic and patient-centered outcomes. *Clinical Oral Implants Research*, 30(9), 892–902.
- Duqum, I. S., Brenes, C., Mendonca, G., Carneiro, T., & Cooper, L. F. (2019). Marginal Fit Evaluation of CAD/CAM All Ceramic Crowns Obtained by Two Digital Workflows: An In Vitro Study Using Micro-CT Technology. *Journal of Prosthodontics*, 28(9), 1037–1043.
- Erozan, Ç., & Ozan, O. (2020). Evaluation of the Precision of Different Intraoral Scanner-Computer Aided Design (CAD) Software Combinations in Digital Dentistry. *Medical Science Monitor: International Medical Journal of Experimental and Clinical Research*, 26, e918529.
- Espíndola-Castro, L. F., Ortigoza, L. S., & Monteiro, G. Q. M. (2019). Escaneamento digital e prototipagem 3D para confecção de laminados cerâmicos: relato de caso clínico. *Revista Ciência Plural*, 5(1), 113-123.
- Esquivel, J., Villarroel, M., Tran, D., Kee, E., & Bruggers, K. (2020). The utilization of snap-on provisionals for dental veneers: From an analog to a digital approach. *Journal of Esthetic and Restorative Dentistry*, 32(2), 161–170.
- Estrela, C. (2018). Metodologia Científica: Ciência, Ensino, Pesquisa. Editora Artes Médicas.
- García-Martínez, I., Monllor, D. C., Solaberrieta, E., Ferreira, A., & Pradies, G. (2021). Accuracy of digitization obtained from scannable and non-scannable elastomeric impression materials. *The Journal of Prosthetic Dentistry*, 125(2), 300–306.
- Geng, J. (2011). Structured-light 3D surface imaging: A tutorial. *Advances in Optics and Photonics*, 3(2), 128-160.
- Gjelvold, B., Chrcanovic, B. R., Korduner, E. K., Collin-Bagewitz, I., & Kisch, J. (2016). Intraoral Digital Impression Technique Compared to Conventional Impression Technique. A Randomized Clinical Trial. *Journal of Prosthodontics*, 25(4), 282–287.
- Kessler, A., Hickel, R., & Reymus, M. (2020). 3D Printing in Dentistry-State of the Art. *Operative dentistry*, 45(1), 30–40.
- Koulivand, S., Ghodsi, S., Siadat, H., & Alikhasi, M. (2020). A clinical comparison of digital and conventional impression techniques regarding finish line locations and impression time. *Journal of Esthetic and Restorative*, 32(2), 236–243.
- Libonati, A., Di Taranto, V., Gallusi, G., Montemurro, E., & Campanella, V. (2020). CAD/CAM Customized Glass Fiber Post and Core With Digital Intraoral Impression: A Case Report. *Clinical, Cosmetic and Investigational Dentistry*, 12, 17–24.
- Ludke, M. & Andre, M. E. D. A. (2013). Pesquisas em educação: uma abordagem qualitativa. São Paulo: E.P.U.

Marcel, R., Reinhard, H., & Andreas, K. (2020). Accuracy of CAD/CAM-fabricated bite splints: milling vs 3D printing. *Clinical Oral Investigations*, 24(12), 4607-4615.

Nikoyan, L., & Patel, R. (2020). Intraoral Scanner, Three-Dimensional Imaging, and Three-Dimensional Printing in the Dental Office. *Dental Clinics of North America*, 64(2), 365-378.

Park, S. H., Piedra-Cascón, W., Zandinejad, A., & Revilla-León, M. (2020). Digitally Created 3-Piece Additive Manufactured Index for Direct Esthetic Treatment. *Journal of Prosthodontics*, 29(5), 436-442.

Sivaramakrishnan, G., Alsobaiei, M., & Sridharan, K. (2020). Patient preference and operating time for digital versus conventional impressions: a network meta-analysis. *Australian Dental Journal*, 65(1), 58-69.

Sotto-Maior, B. S., Filgueiras, A., Gonçalves Pinto, D., Ferrarez, L. L., de Oliveira, M. F., & Freitas, T. A. de C. (2019). Aplicabilidade clínica dos avanços da tecnologia CAD-CAM em Odontologia. *HU Revista*, 44(1), 29-34.

Sulaiman T. A. (2020). Materials in digital dentistry-A review. *Journal of Esthetic and Restorative Dentistry*, 32(2), 171-181.

Wismeijer, D., Mans, R., van Genuchten, M., & Reijers, H. A. (2014). Patients' preferences when comparing analogue implant impressions using a polyether impression material versus digital impressions (Intraoral Scan) of dental implants. *Clinical Oral Implants Research*, 25(10), 1113-1118.

Zavanelli, A. C., Alexandre, R. S., Bordignon, L. S., Silva, A. O., Santos Neto, O. M., & Mazaro, J. V. Q. (2019). Reconstrução estética anterior baseada no planejamento digital do sorriso. *Revista Odontológica de Araçatuba*, 40(2), 9-14.

Zhang, Q. Q., Chen, X., Zhao, Y. W., Liu, C. X., Luo, T., Dong, B., Yu, H. Y. (2018). Application of 3D printing in aesthetic oral rehabilitation. *Hua Xi Kou Qiang Yi Xue Za Zhi*, 36(6), 656-661.