



INSTITUTO UNIVERSITÁRIO EGAS MONIZ

MESTRADO INTEGRADO EM MEDICINA DENTÁRIA

O FLUXO DIGITAL NA REABILITAÇÃO ORAL

Trabalho submetido por
Juliana Ledo Mattos da Silveira
para a obtenção do grau de Mestre em Medicina Dentária

outubro de 2022



INSTITUTO UNIVERSITÁRIO EGAS MONIZ

MESTRADO INTEGRADO EM MEDICINA DENTÁRIA

O FLUXO DIGITAL NA REABILITAÇÃO ORAL

Trabalho submetido por
Juliana Ledo Mattos da Silveira
para a obtenção do grau de Mestre em Medicina Dentária

Trabalho orientado por
Prof. Doutor José Alexandre Reis

outubro de 2022

*Dedico ao meu pai, Virgílio Ledo e ao meu esposo, Bernardo Mattos, ambos médicos
dentistas e meus grandes incentivadores nesta jornada.
Dedico aos meus filhos, Julia e Miguel, pois são minha inspiração*

AGRADECIMENTOS

Ao meu orientador, Prof. Doutor José Alexandre Reis, pela sabedoria na transmissão de seus conhecimentos, essenciais para a elaboração deste trabalho.

Ao Instituto Universitário Egas Moniz, por fornecer estrutura capaz de me formar como médica dentista.

A minha dupla de clínica, Rubenita, pelo companheirismo e auxílio nas tomadas de decisões.

Aos meus pais, Virgílio e Katia, os grandes responsáveis pela minha caminhada profissional.

A minha família, Bernardo, Julia e Miguel, pelos momentos ausentes e necessários a dedicação deste trabalho.

A minha sogra, Sheyla, pelo grande incentivo para realização deste curso.

Muito obrigada!

RESUMO

O fluxo de trabalho digital já é uma realidade na Reabilitação Oral. Com a evolução tecnológica de máquinas e sistemas, os procedimentos clínicos convencionais passaram a ser executados de maneira digital. Diagnósticos e planejamentos realizados através de métodos digitais passaram a facilitar a comunicação entre médico-dentista, paciente e laboratório de Prótese Dentária. O fluxo de trabalho digital proporciona maior previsibilidade, facilidade de produção e otimização do tempo nos trabalhos desenvolvidos pelo profissional. O conforto e participação direta na aprovação dos trabalhos são vantagens que passaram a existir para o paciente.

O uso de *scanners* intra-orais, ortopantomografias digitais e tomografias computadorizadas mostram-se como ferramenta de diagnóstico, planejamento e transmissão de informações ao paciente e à equipa de técnicos.

Através da técnica do *Digital Smile Design* (DSD) foi melhorado o vínculo entre a visão inicial do caso e resultado final.

Estas mesmas ferramentas possibilitam a elaboração de guias cirúrgicas para a realização de implantes dentários, além de posteriormente a cirurgia fornecer a posição tridimensional no arco para confecção da prótese.

Finalmente, a impressão 3D das peças projetadas tornou o fabrico mais preciso, rápido e eficaz.

O objetivo deste trabalho é realizar uma revisão bibliográfica sobre as diversas ferramentas digitais como auxílio à criação de um novo *workflow* na Reabilitação Oral através da base de dados *online*: PubMed/Medline, Lilacs, Science Direct, B-on, Scielo, limitando-se a busca ao período de 2016 a 2021.

Palavras-chave: Estética dentária, *Digital planning*, *Digital smile design*, *CAD-CAM*

ABSTRACT

The digital workflow is already a reality in Oral Rehabilitation. With the technological evolution of machines and systems, conventional clinical procedures began to be performed digitally. Diagnoses and planning carried out using digital methods began to facilitate communication between dentist, patient and the dental prosthesis laboratory. The digital workflow provides greater predictability, ease of production and time optimization in the work developed by the professional. Comfort and direct participation in the approval of the works are advantages that have come to exist for the patient.

The use of intra-oral scanners, digital orthopantomography and computed tomography are shown to be a powerful tool for diagnosis, planning and transmission of information to the patient and the team of technicians.

Through the Digital Smile Design (DSD) technique, the link between the initial vision of the case and the final result was improved.

These same digital tools allow the elaboration of surgical guides for the realization of dental implants, in addition to providing the three-dimensional position of the dental implant in the arch for later fabrication of the prosthesis.

Finally, 3D printing of the designed parts made their manufacture more accurate, faster, and more efficient.

The objective of this work is to carry out a bibliographic review on the various digital tools to help create a new workflow in Oral Rehabilitation through a search in online databases: PubMed/Medline, Lilacs, Science Direct, B- on, Scielo, limiting the search to the period from 2016 to 2021.

Keywords: Dental aesthetics, Digital planning, Digital smile design, CAD-CAM.

INDICE GERAL

I. INTRODUÇÃO	11
II. DESENVOLVIMENTO.....	13
1. Convencional <i>Vs</i> Digital	13
2. Tecnologia <i>CAD-CAM</i>	15
3. <i>Scanners</i>	17
4. <i>Digital Smile Design (DSD)</i>	22
5. Tecnologias aplicadas à execução clínica na Reabilitação Oral	27
5.1. Planeamento Digital	27
5.2. Articulador Digital	29
5.3. Planeamento Cirúrgico	31
5.4. <i>PIC (Precision Implant Capture)</i>	35
6. Tecnologias aplicadas à execução laboratorial da Reabilitação Oral	37
6.1. Projetos Digitais	37
6.2. Fresagem e impressão 3D	39
III. CONCLUSÃO.....	43
IV. BIBLIOGRAFIA	45

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 - Digitalização intra-oral (Blatz, 2019)	15
Figura 2 -CAM - As fresadoras Chairside têm um tamanho reduzido e são adequadas para uma variedade de tipos e materiais de restaurações (Blatz, 2019)	16
Figura 3 - Geração de arquivo STL pelo IOS. (a) Exemplo de STL. (b) Cada triângulo composto pelos 3 pontos. (c) Esquema de reconstrução da imagem. (Richert et al., 2017)	19
Figura 4 - <i>Scanner</i> Intraoral Prime Scan (óptico) (retirado de: https://www.dentsplysirona.com/pt-br/explore/cerec/primescan.html).	20
Figura 5 - <i>Scanner</i> para laboratório da 3Shape (mecânico) (retirado de : https://www.3shape.com/pt/scanners/lab)	20
Figura 6 - Modelos de <i>scanners</i> intra-orais (Emerick, Gonçalves e Labuto, 2022).....	22
Figura 7 - Medidas aplicadas após da análise de DSD (Cochman e Calamita, 2012)....	23
Figura 8 - Medidas transferidas ao modelo de gesso (Cochman e Calamita, 2012).	24
Figura 9 - Aplicação das análises na confecção das restaurações definitivas (Cochman e Calamita, 2012).	24
Figura 10 - Digitalização do paciente com <i>scanner</i> facial 3D e integração com a CBCT e arquivos em STL das arcadas (Coachman et al., 2021).....	25
Figura 11 - Planeamento DSD com o STL das arcadas e integração às fotos do paciente (Stanley, 2018).....	26
Figura 12 - <i>Mock-up</i> impresso e prova no paciente (Coachman et al., 2019).....	27
Figura 13 - Os seis passos para um completo fluxo digital (Coachman et al., 2021). ...	29
Figura 14 - Pontos de contactos oclusais em análise analógica (A) e pontos de contactos oclusais em análise virtual, onde mostra a um alta semelhança entre as marcações (Ury,	

Fornai e Weber, 2019).....	31
Figura 15 - Cinco modelos de sistemas de cirurgias guiadas disponíveis no mercado. Nobel Clinician (A), Implant Studio (B), CoDiagnostiX (C), Siplant (D) e SMOP (E) (Kernen et al., 2020).....	34
Figura 16 - Utilização do <i>PIC</i> na captura de implantes dentários. (Imagem retirada de https://www.picdental.com/pic-system)	36
Figura 17 - Dispositivos do <i>PIC</i> em posição (Sánchez-Monescillo et al., 2016).....	36
Figura 18 - Modelos digitais visíveis no <i>software</i> Exocad para desenvolvimento do Projeto Digital na Reabilitação Oral. (imagem retirada do Intagram do Laboratório de Prótese Dentária Scan4You).....	39
Figura 19 - NextDent 3D <i>Printer</i> (imagem retirada de https://www.nextdent.com)	42

LISTA DE ABREVIATURAS

2D – Segunda dimensão

3D – Terceira dimensão

CAD - *Computer Aided Design*

CAM - *Computer Aided manufacturing*

CBCT – Tomografia computadorizada de feixe cônico

CEREC - *Ceramic economical restorations esthetic ceramics*

CRO – Oclusão de relação cêntrica

DICOM - *Digital Imaging and Communication in Medicine*

DSD - Planeamento digital do sorriso

DVO – Dimensão Vertical de Oclusão

FS - *Facial Scanners*

GIS - Cirurgia guiada de implantes

IOS – *Intraoral scanners*

Lava C.O.S - *Lava Chairside oral scanner*

MIC – Máxima intercuspidação habitual

OMD – Ordem dos Médicos Dentistas

PIC – *Precise Implant Capture*

PLY - *Polygon File Format*

PMMA – Polimetilmetacrilato

SIC – Segundo informações colhidas

STL – *Standard Triangle Language*

TAC – Tomografia Axial Computadorizada

TC – Tomografia Computadorizada

TCFC – Tomografia computadorizada de feixe cônico

I. INTRODUÇÃO

O fluxo de trabalho digital, também conhecido por *workflow* digital, representa uma nova realidade e está bastante presente em Reabilitação Oral. O avanço tecnológico de máquinas e sistemas permitiu mudanças nos procedimentos clínicos realizados de forma convencional. No passado, o fluxo tradicional na clínica caracterizava-se pela obtenção de impressões com gesso e radiografias em duas dimensões. Para a realização de qualquer restauração, a comunicação com o laboratório baseava-se nos modelos físicos e na elaboração manual do trabalho. Neste tempo não haviam planificações virtuais nem demonstrações do possível resultado final. A evolução digital na Medicina Dentária trouxe consigo maior previsibilidade, conforto para o paciente e otimização do tempo nos trabalhos desenvolvidos pelo profissional (Blatz, Conejo, 2019).

Os métodos digitais estão cada vez mais presentes na clínica diária e podem ser aplicados nas diversas áreas da Medicina Dentária. São frequentemente utilizados como ferramentas de diagnóstico, exames de imagens complementares, no planeamento do tratamento e na execução de procedimentos clínicos, ortodônticos e cirúrgicos (Vandenberghe, 2018).

O Fluxo Digital inclui o uso de imagens tridimensionais obtidas através da Tomografia Computadorizada de Feixes Cônicos e da digitalização da cavidade bucal. Além disso, inclui o uso de *softwares* para auxiliar no planeamento do tratamento, bem como impressoras 3D ou sistemas de fresagem, que através da prototipagem permitem a produção de modelos, guias cirúrgicos, restaurações e próteses provisórias ou definitivas (Tordiglione et al., 2016).

A automação na Medicina Dentária pode ser dividida em dois processos distintos, *CAD/CAM*. O termo *CAD* (*computer aided design*) designa a criação e análise por computador, enquanto *CAM* (*computer aided manufacturing*) refere-se à etapa de produção comandada pelo computador. Esta tecnologia define-se resumidamente pela obtenção de um desenho da estrutura protética no computador a partir de imagens geradas pela digitalização das arcadas ou do modelo (*CAD*), e através de máquinas automatizadas o desenho previamente obtido é projetado e produzido a partir de tecnologia subtrativa (fresadora) ou aditiva (impressão 3D). Esta segunda fase é denominada *CAM* (Zaruba M. & Mehl A., 2017).

Mesmo que a clínica dentária não funcione com *scanner*, fresadora e impressora 3D, e o único método de impressão seja o convencional, grande parte dos laboratórios são capazes de realizar a varrimento do molde enviado, transformando-o em um arquivo digital para a análise inicial do caso. Posteriormente à avaliação do profissional e aprovação do projeto, o laboratório poderá proceder com a finalização do trabalho. O fluxo digital neste caso é parcial (Blatz, 2019).

Na Medicina Dentária, a tecnologia pode ser aplicada principalmente na produção de próteses dentárias fixas e removíveis, coroas, pontes e facetas. Restaurações indiretas são planejadas e fabricadas com o auxílio do computador, diminuindo o processo manual executado pelo técnico em prótese dentária. Tornou-se possível importar fotografias extraorais, réplicas de enceramento e até mesmo características de tamanho e forma do sorriso desejado através da técnica *Digital Smile Design (DSD)*, alcançando desta maneira o resultado final esperado (do Vale Voigt et al., 2020).

Diversas especialidades beneficiam do uso de tecnologias; no entanto é fundamental perceber as limitações e indicações dos métodos convencionais e digitais para a obtenção dos melhores resultados. O profissional deve ter conhecimento das vantagens e desvantagens de cada técnica e saber optar pelo melhor sistema a ser usado em cada situação (Nikoyan & Patel, 2020).

Outra importante mudança, foi a melhoria na comunicação e interação entre médicos dentistas envolvidos no tratamento, o que acabou por aumentar a qualidade das avaliações, diagnósticos e planejamentos. A troca de informações com o laboratório de prótese foi simplificada; logo, todas as características desejadas nos trabalhos passaram a ser facilmente transmitidas aos técnicos. O paciente tornou-se coautor do seu próprio tratamento, pois passou a aprovar previamente o projeto elaborado (Muric et al 2019).

Este trabalho tem como objetivo o estudo do fluxo digital na Medicina Dentária e as diferentes tecnologias aplicadas na reabilitação oral nos dias atuais. O surgimento de novos sistemas e máquinas representa um grande impacto na nossa área, uma vez que são uma ótima alternativa às técnicas convencionais e poderão ditar o futuro da Medicina Dentária.

II. DESENVOLVIMENTO

1. Convencional Vs Digital

O desenvolvimento tecnológico ocorrido nos últimos anos, impulsionou diversas evoluções dentro da Medicina Dentária, o que modificou o modo de obter registros e realizar planejamentos em consultórios. Procedimentos convencionais mais lentos e complexos passaram a ser realizados com auxílio digital, o que trouxe maior conforto, velocidade, previsibilidade e respeito às exigências do paciente, uma vez que se tornaram primordiais resultados estéticos e funcionais superiores. O fluxo digital trouxe mudanças drásticas no modo de trabalho dos médicos dentistas e passou a exigir uma nova curva de aprendizagem de forma a serem utilizadas novas ferramentas disponíveis para facilitar a rotina clínica (Coachman, Sesma, et al., 2021; Peçanha et al., 2020).

O fluxo convencional envolve o uso de materiais de impressão, como hidrocolóides irreversíveis (alginato) e elastomeros (poliéter, silicone de adição, silicone de condensação e polissulfeto) para copiar e transferir as estruturas dentárias e tecidos moles do paciente. Apesar de possível a obtenção de impressões com excelente qualidade, estas quando mal executadas podem apresentar problemas como rasgos, presença de bolhas, distorções e inadequada visualização da transição da margem do preparo para o tecido gengival. A precisão dos métodos de obtenção dos modelos é de extrema importância para a confecção de próteses adequadas, visto que erros cometidos nesta fase poderão implicar consequências negativas ao trabalho (Schlenz et al., 2020).

O primeiro relato do uso de tecnologia digital na Medicina Dentária ocorreu na década de 1980 com o desenvolvimento do sistema CEREC *CAD/CAM* (*computer aided design/computer aided manufacturing*), possibilitando que os médicos dentistas produzissem as próprias restaurações. Esta tecnologia evoluiu ao longo dos anos e engloba técnicas baseadas na criação e produção assistida por computador. Este sistema permite a obtenção de modelos virtuais em 3D para diagnóstico, planejamento e impressões tridimensionais com alta fidelidade de cópia e riqueza de detalhes. Ainda no contexto digital são utilizados tomografias computadorizadas e *softwares* para auxiliar no planejamento do tratamento, bem como impressoras 3D ou sistemas de fresagem de cerâmicas, que através da prototipagem permitem a produção de modelos, guias

cirúrgicos, restaurações ou próteses provisórias e definitivas intraorais (Greenberg, 2015; Tallarico, 2020).

O benefício mais significativo da tecnologia digital é a capacidade de simplificar processos antes executados da forma convencional e a sua maior vantagem é a capacidade de fornecer um trabalho consistente e de alta qualidade, diminuindo custos e o tempo de tratamento. A área digital está a tentar suplantar o fluxo de trabalho convencional e em pouco tempo tenderá a ser a escolha de nossos pacientes (Fung & Brisebois, 2020).

Dois *scanners* intra-orais (CEREC Omnicam e True Definition) foram testados com o intuito de verificar a precisão perante aos métodos convencionais. A hipótese era que as impressões de moldeira aberta com ferulização das coifas de impressão seriam mais precisas do que as digitalizações da arcada completa. Foi utilizado um modelo de gesso representando uma mandíbula edêntula usando cinco análogos de implante de conexão interna (Straumann Bone Level RC, Basel, Suíça). Os três implantes medianos eram paralelos entre si, o implante da extrema esquerda tinha 10° e o da extrema direita tinha angulação distal de 15°. Uma técnica de moldeira aberta com ferulização foi usada para as moldagens convencionais de poliéster (n = 10) para o Grupo 1. As moldagens digitais (n = 10) foram feitas com dois *scanners ópticos* intraorais (CEREC Omnicam e 3M True Definition) após conectar *scanboys* de polímero ao modelo mestre para os grupos 2 e 3. O modelo mestre e os modelos convencionais de teste de impressão foram digitalizados com um *scanner* de referência de alta resolução (*scanner* Activity 880; Smart Optics, Bochum, Alemanha) para obter arquivos digitais. Os arquivos STL dos três grupos de teste de impressões digitais e convencionais foram sobrepostos com o conjunto de dados STL do molde mestre para avaliar os desvios 3D. As moldagens de implantes digitais de arcada completa usando o *scanner* True Definition e Omnicam foram significativamente mais precisas do que as moldagens convencionais com a técnica de moldeira aberta. Além disso, as impressões digitais com o *scanner* True Definition tiveram desvios 3D significativamente menores quando comparadas com a Omnicam (Amin, et al., 2016).

2. Tecnologia CAD-CAM

O sistema *CAD/CAM* foi desenvolvido pela indústria aeronáutica e automobilística e introduzido na Medicina Dentária entre o final da década de 70 e início da década de 80. A implantação desta tecnologia teve como objetivo promover automatização e padronização do processo de fabricação dos trabalhos laboratoriais, assim como reduzir o seu custo (Blatz, Conejo 2019).

O sistema de desenho assistido por computador (*CAD*) e a tecnologia de manufatura assistida por computador (*CAM*) é composto por 3 etapas principais: obtenção de um modelo virtual através da leitura com *scanner* intraoral (Figura 1) ou do modelo de gesso previamente obtido, desenvolvimento da peça protética num *software* (*CAD*) e confecção da peça desenvolvida tridimensionalmente (*CAM*) (Figura 2), por meio de tecnologia subtrativa (fresadora) ou aditiva (impressão 3D). Esse sistema é utilizado largamente na confecção de restaurações protéticas definitivas e provisórias, como auxiliar em tratamentos ortodônticos, na implantologia e nos tratamentos estéticos (Hassan et al., 2017).

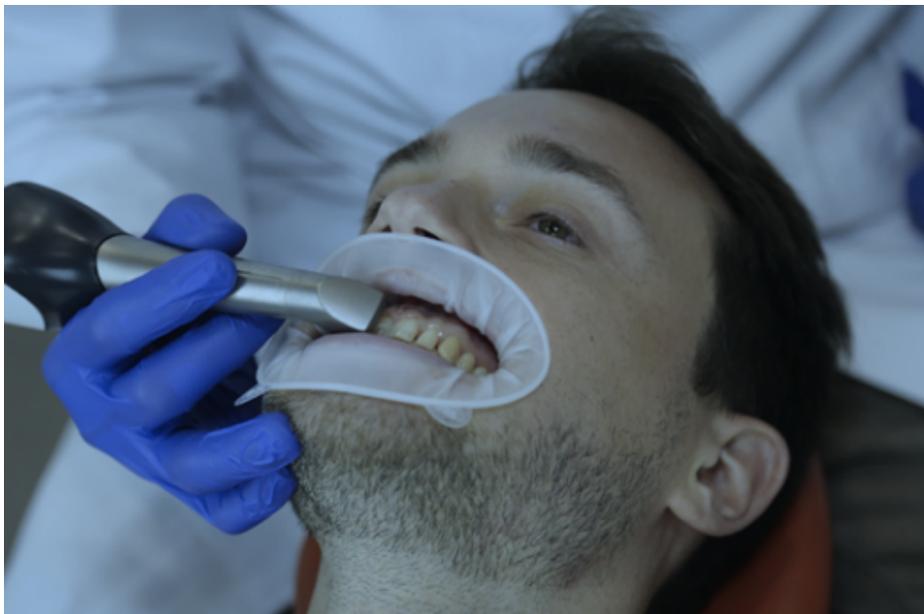


Figura 1 - Digitalização intra-oral (Blatz, 2019)



Figura 2 -CAM - As fresadoras Chairside têm um tamanho reduzido e são adequadas para uma variedade de tipos e materiais de restaurações (Blatz, 2019)

Há mais de uma maneira de trabalhar com o sistema *CAD/CAM*. O médico dentista pode fazer a leitura do paciente e enviar as imagens a um laboratório para manipulação e fabricação da peça protética ou então realizar ele próprio o projeto auxiliado por computador e manufatura na clínica. Por outro lado, o laboratório pode receber o modelo de gesso obtido a partir da impressão convencional, para então realizar a digitalização do mesmo e assim dar sequência ao projeto digital a ser aprovado pelo médico dentista (Tordiglione et al., 2016).

O sistema *CAD/CAM* fundamenta-se essencialmente no processo de manufatura, que pode ser subtrativa ou aditiva. A tecnologia subtrativa, também conhecida como fresagem ou usinagem é baseada em processos que utilizam máquinas para desgastar/fresar/cortar mecanicamente o material a fim de se obter a geometria desejada com todas as etapas controladas por um computador. Por outro lado, a tecnologia aditiva tem como principal representante a impressão tridimensional (3D) e baseia-se na fabricação de objetos 3D por meio de impressão camada a camada ou ponto a ponto, possibilitando a confecção, com exatidão, de formas geométricas complexas (Kessler et al., 2020).

A tecnologia *CAD/CAM* dentária foi desenvolvida para resolver 3 desafios. O primeiro desafio foi garantir a resistência adequada da restauração, especialmente para os

dentes posteriores. O segundo desafio foi criar restaurações com aspeto natural. O terceiro desafio foi tornar a restauração do dente mais fácil, rápida e precisa (Davidowitz & Kotick, 2011).

O uso da tecnologia *CAD/CAM* para restaurações dentárias apresenta inúmeras vantagens em relação às técnicas tradicionais. Essas vantagens incluem velocidade, facilidade de uso e qualidade. Os varrimentos digitais têm o potencial de serem mais rápidos e fáceis do que as impressões convencionais, pois são eliminados moldes, enceramentos, revestimentos, impressão e queima. As impressões de meia arcada com a versão mais recente do CEREC tomam 40 segundos e as impressões de arco completo levam 2 minutos (Blatz & Conejo, 2019; Davidowitz & Kotick, 2011).

Assim como nas impressões convencionais, ao realizar um varrimento *óptico* o médico dentista precisa obter um registo preciso do preparo. O varrimento precisa enfatizar as margens do preparo e duplicar com precisão os dentes adjacentes e antagonistas. O *scanner* digital requer o mesmo tipo de gestão de tecidos moles, retração gengival, controle de umidade e hemostasia que é tão importante para impressões convencionais (Alharbi et al., 2017; Davidowitz & Kotick, 2011).

O desenho assistido por computador (*CAD*) e a fabricação assistida por computador (*CAM*) tornaram-se uma parte cada vez mais popular da Medicina Dentária nos últimos 25 anos. *Inlays*, *onlays*, facetas, coroas, próteses parciais fixas, pilares de implantes e até reconstrução total da boca passaram a ser realizados através desta tecnologia (Blatz & Conejo, 2019).

Embora o custo inicial do equipamento e do *software* seja alto e o profissional necessite investir tempo e dinheiro na sua aprendizagem, a tecnologia *CAD-CAM* já é uma realidade na clínica diária, e cada vez mais profissionais estão a incorporá-la nos seus processos clínicos (Stanley et al., 2018).

3. *Scanners*

A primeira etapa no fluxo de trabalho digital é realização de impressões dentárias por meio de um *scanner*, método considerado excelente para precisão do trabalho final. Imagens tridimensionais são obtidas através da captura de imagens e dão origem a

modelos 3D (Michelinakis et al., 2021).

Estão disponíveis no mercado dois tipos de *scanners*: *óptico* ou mecânico. O *scanner óptico* utiliza fontes de luz branca ou feixes de laser (Figura 4). O ângulo formado entre esta fonte de luz e a unidade receptora permite calcular o conjunto de dados e gerar uma imagem 3D. Já o *scanner mecânico* (Figura 5) faz a leitura linha por linha do modelo obtido através da impressão convencional e o arquivo digital é gerado. Os dados digitais adquiridos são convertidos em um formato padrão, geralmente em linguagem de transformação padrão (STL), para que possam ser processados usando os recursos de um sistema *CAD/CAM*. O *software CAD* é utilizado para manipular as imagens obtidas a partir do digitalizador e é, nesta etapa, onde o desenho virtual da restauração é realizado (Michelinakis et al., 2020).

O formato digital mais usado é o STL aberto (*Standard Tessellation Language*) ou STL bloqueado (Figura 3). Este formato é utilizado em muitas áreas industriais e trata-se de uma sequência de triângulos onde cada um é definido por três pontos e uma superfície normal. No entanto, outros formatos de arquivo foram desenvolvidos para registrar a cor, transparência ou textura dos tecidos dentários (como Polygon File Format, arquivos PLY). Independentemente do tipo de tecnologia de imagem empregada pelo *IOS*, todas as câmaras requerem a projeção de luz que é então gravada como imagens individuais ou vídeo e compilada pelo *software* após o reconhecimento do POI (pontos de interesse). As duas primeiras coordenadas (x e y) de cada ponto são avaliadas na imagem, e a terceira coordenada (z) é então calculada dependendo das tecnologias de distância até o objeto de cada câmara (Richert et al., 2017).

Uma impressão *óptica* por um *scanner* intraoral (*IOS*) envolve a medição *óptica* da forma da superfície dos dentes ou gengivas alvo diretamente na boca do paciente. Os *IOSs* têm muitas vantagens, como reduzir a dor e o desconforto do paciente, a carga do operador e o risco de infecção, digitalização e visualização de impressão em tempo real, replicação simples e digitalização seletiva, redução de custo e desperdício de materiais e detecção de cárie dentária e rachadura. Os *IOSs* tornaram-se um dos dispositivos de tratamento mais valiosos para pacientes, dentistas, técnicos de prótese dentária e higienistas dentais. A precisão do *IOS* combina ou substitui a precisão da impressão convencional e do método indireto com modelos de trabalho. A alta reprodutibilidade, capacidade de processamento de informações, capacidade multimídia, simplicidade e

velocidade de comunicação do *IOS* podem ser aplicadas ao exame em grupo e identificação de vítimas de desastres ou pacientes com demência (Kazuhiko, 2020).

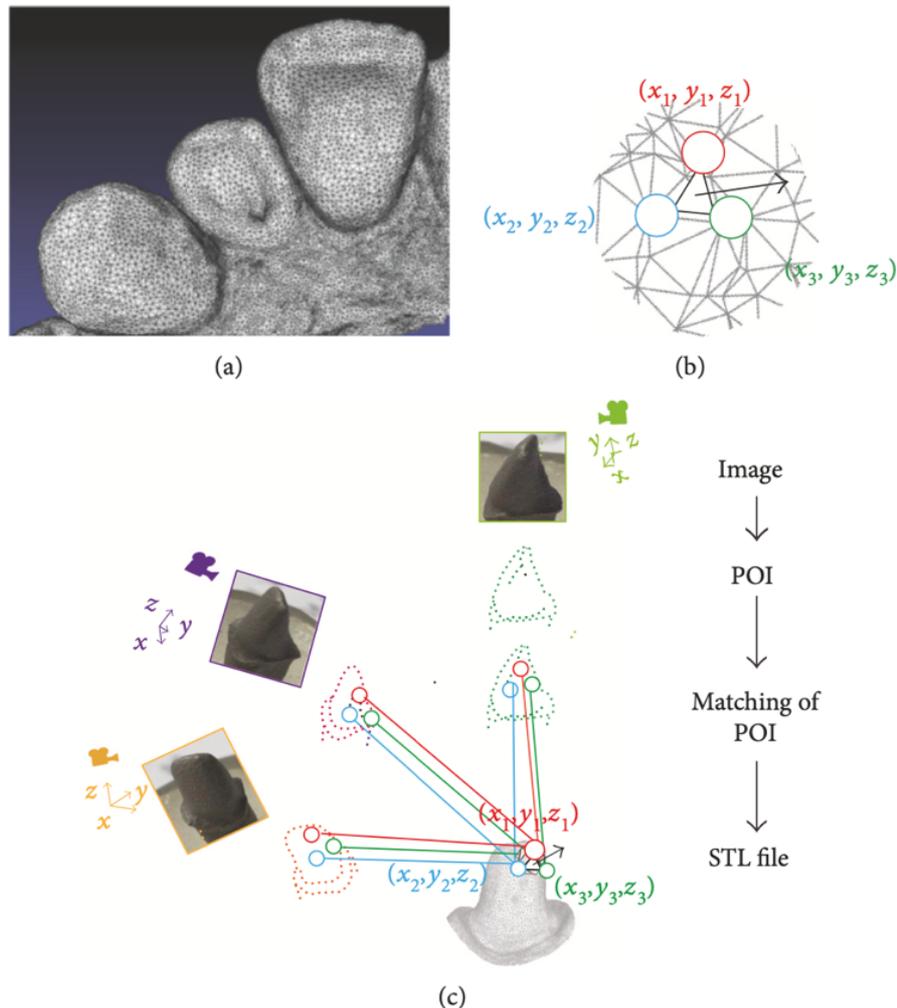


Figura 3 - Geração de arquivo STL pelo IOS. (a) Exemplo de STL. (b) Cada triângulo composto pelos 3 pontos. (c) Esquema de reconstrução da imagem. (Richert et al., 2017)

A principal vantagem dos *scanners* intraorais é permitir a obtenção das imagens digitais diretamente da boca do paciente sem a necessidade da impressão convencional prévia. As impressões óticas diminuíram o desconforto do paciente, abreviaram o tempo de tratamento, com uma rápida obtenção de modelo 3D. O registo intermaxilar é notavelmente melhor, assim como a qualidade do ponto de contacto interproximal e do ponto de contacto oclusal em comparação com restaurações de impressões convencionais. O uso dos *scanners* também possibilitou a eliminação dos erros, tais como a distorção do

material de impressão, expansão do gesso, bolhas, desvio ao anexar um modelo a um articulador e retração do molde (Kihara et al., 2020).



Figura 4 - *Scanner* Intraoral Prime Scan (óptico) (retirado de: <https://www.dentsplysirona.com/pt-br/explore/cerec/primescan.html>).



Figura 5 - *Scanner* para laboratório da 3Shape (mecânico) (retirado de : <https://www.3shape.com/pt/scanners/lab>)

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 STL. No entanto outros *scanners* possuem sistemas fechados que apenas exportam dados de saída no 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 ter acesso a digitalização (Erozan & Ozan, 2020).

Dentro das limitações no varrimento ótico feito pelos *scanners* intraorais, temos de destacar que essas técnicas não estão livres de erros. Durante o procedimento algumas situações clínicas como linhas marginais profundas ou subgingivais dos preparos, presença de saliva, limitação de abertura bucal, movimento da cabeça no momento da captura e posicionamento dos dentes na arcada podem contribuir para a imprecisão do modelo digital, devido à dificuldade da reflexão da luz. Entretanto, fatores ambientais intraorais como temperatura, humidade relativa e iluminação não influenciam na precisão dos *scanners* (Gavounelis et al., 2022).

Existem diferentes *IOS (Intraoral Scanner)* disponíveis no mercado (Figura 6). Os *scanners* intraorais geralmente têm uma área de varrimento de 1-2 dentes. Atualmente, existem várias tecnologias avançadas de varrimento nomeadamente:

- técnica de triangulação (usada por Cerec, DentsplySirona),
- amostragem ativa de frente de onda (usada por True Definition, 3 M ESPE) e t
- varrimento confocal (usada por iTero, Align Technology e Trios, 3Forma).

A tecnologia de varrimento confocal é a que captura imagens mais rápido, focando em um feixe de luz *óptico* com imagens visuais de alta resolução com maior precisão e menor distorções (Amornvit et al., 2021).



Figura 6 - Modelos de scanners intra-orais (Emerick, Gonçalves e Labuto, 2022).

Além da grande vantagem de digitalizar as arcadas e criar o envio direto ao laboratório de prótese, os *IOS* reduziram o tempo de trabalho, independente do tamanho da área de interesse, e aumentaram as expectativas dos resultados relatados pelos próprios pacientes, em comparação as impressões convencionais. Neste estudo, Siqueira e colaboradores também avaliaram os resultados protéticos desenvolvidos pelo uso do *IOS*. Através de uma revisão de literatura, foram coletadas evidências sobre os resultados durante o tratamento de pacientes desdentados parciais e totais para diferentes técnicas de dente ou implante. Com a redução do tempo de trabalho, relataram o aumento da eficiência do processo de aquisição dos dados anatômicos do paciente, que relataram uma experiência melhor ao uso do *IOS* comparado com as impressões convencionais (Siqueira et al., 2021).

4. *Digital Smile Design (DSD)*

O *Digital Smile Design (DSD)* é uma ferramenta digital multiuso de diagnóstico e planejamento do sorriso descrito pela primeira vez nos anos 2000 por Coachman e colaboradores. Para obter de forma consistente os bons resultados nas restaurações dentárias, os formatos devem ser definidos o quanto antes. Os dados de diagnóstico devem ser obtidos antes das fases subsequentes do tratamento, integrando desejos do

paciente, além das necessidades estéticas e biológicas definidas pela análise técnica do profissional.

No primeiro protocolo descrito, os *softwares* Keynote e PowerPoint eram utilizados para ajustar e manipular as imagens digitais com adição de linhas de referência, formatos dentários e medidas dos acréscimos ou decréscimos a serem realizados pelo profissional e laboratório.

Linhas de referência na face e no sorriso são traçadas para relacionar as duas imagens (foto frontal de face e foto frontal intraoral) e a partir das análises de paralelismo entre a linha bipupilar e linha de sorriso e margem gengival, inicia-se a manipulação das imagens para planejar o tamanho e formato dos dentes com base na proporção altura/largura dos incisivos centrais.

Para os elementos dentários adjacentes, a proporção áurea é aplicada (Figura 7). As medidas são determinadas e transferidas para os modelos de gesso de forma manual, para o enceramento diagnóstico (Figura 8) e posterior transferência destas marcações para a boca através de chaves de silicone que servem como guia de desgaste ou simuladores do novo sorriso com o auxílio de resinas bisacrílicas temporárias (*mock-up*). Com base nestas informações, as restaurações definitivas são confeccionadas por parte do laboratório de prótese (Figura 9) (Coachman e Calamita, 2012).



Figura 7 - Medidas aplicadas após da análise de DSD (Coachman e Calamita, 2012).



Figura 8 - Medidas transferidas ao modelo de gesso (Cochman e Calamita, 2012).



Figura 9 - Aplicação das análises na confecção das restaurações definitivas (Cochman e Calamita, 2012).

Mais tarde, em 2008, foi desenvolvido o primeiro protocolo de *design* digital do sorriso totalmente guiado pela face que mesclou fotografias faciais, extraorais e intraorais com modelos digitais 3D, de forma a avaliar parâmetros estéticos e planos de tratamentos de sorrisos 3D. Esta tecnologia faz uso de um *software* que contém bibliotecas de algoritmos de dentes naturais e sorrisos que apresentaram resultados superiores quando comparados aos meios convencionais utilizados pelos técnicos de laboratório de prótese (Figura 10) (Coachman et al., 2021).

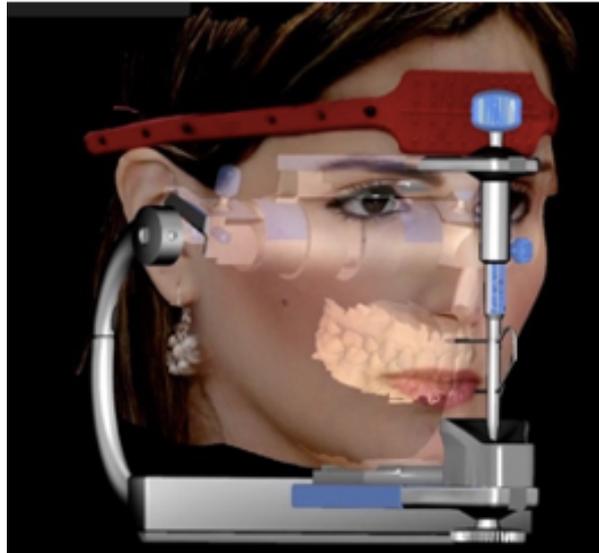


Figura 10 - Digitalização do paciente com *scanner* facial 3D e integração com a CBCT e arquivos em STL das arcadas (Coachman et al., 2021).

O sucesso do tratamento reabilitador envolve o controle de quatro dimensões: estética, função, estrutura e biologia. Em relação à estética, existem quatro pilares principais que devem ser seguidos para melhorar a previsibilidade e atender às expectativas do paciente: o plano de referência horizontal, a linha média facial, o desenho do sorriso (forma e disposição dos dentes) e a cor. Através do protocolo *DSD* tornou-se possível transferir as informações colhidas para o computador (Martins et al., 2017).

Outra vantagem do protocolo *DSD* é permitir uma comunicação efetiva entre a equipa dentária interdisciplinar, incluindo o técnico em prótese dentária. Os membros da equipa podem identificar e destacar discrepâncias na morfologia dos tecidos moles ou duros e discutir as melhores soluções disponíveis usando as imagens amplificadas. Cada profissional pode adicionar informações diretamente nos slides por escrito ou por voz, simplificando ainda mais o processo (Coachman & Calamita, 2021; Martins et al., 2017).

Com a digitalização das arcadas, é possível planejar em detalhe as restaurações definitivas. *Softwares* de projetos digitais utilizados pelos laboratórios de prótese já possuem integrados ao seu sistema o conceito do *DSD*, o que facilita o planeamento do tratamento. Fotos do paciente e arquivos STL das arcadas são integrados no mesmo projeto (Figura 11) (Stanley, 2018).



Figura 11 - Planeamento DSD com o STL das arcadas e integração às fotos do paciente (Stanley, 2018).

Portanto, o *Digital Smile Design* proporciona: diagnóstico estético, análise estética do tratamento, aproximação profissional-paciente, comunicação interdisciplinar entre os profissionais da equipa, melhora a educação do paciente e motivação, economia de tempo e materiais, e principalmente, é uma poderosa ferramenta de *marketing* que leva ao fechamento de tratamento pois proporciona maior entendimento por parte do paciente quanto ao tratamento a ser realizado, minimizando os equívocos que podem ser encontrados em opções reabilitadoras estéticas (do Vale Voigt et al., 2020).

Uma nova aplicação de *DSD* 3D para planeamento estético e simulação de sorriso, foi desenvolvida para dispositivos móveis. Nesta técnica, uma fotografia frontal facial, um arquivo STL de varrimento facial e um arquivo STL de varrimento intraoral maxilar são enviados para o aplicativo. Uma calibração dos arquivos entre si é realizada para permitir um projeto de *design* de sorriso 3D orientado para o rosto. O enceramento digital 3D é exportado para uma impressora 3D como um arquivo STL. Os moldes de resina impressos são colocados diretamente na boca com resina composta fluida para uma restauração experimental imediata sem a necessidade de moldes, guias de silicone ou resina autopolimerizável. Trata-se de uma ferramenta simples e versátil para realizar o planeamento digital na Medicina Dentária. Como não requer nenhum programa de *software* complexo, o clínico pode utilizá-lo facilmente com redução de custos e tempo, uma vez que o ensaio clínico pode ser realizado na mesma consulta de aquisição das imagens. Para os profissionais que desejam aumentar a análise do sorriso, a aplicação também pode ser usada em combinação com outras tecnologias digitais, tais como o

desenvolvimento do projeto de execução das peças protéticas definitivas em laboratório de prótese (Figura 12) (Coachman et al., 2019).



Figura 12 – *Mock-up* impresso e prova no paciente (Coachman et al., 2019).

5. Tecnologias aplicadas à execução clínica na Reabilitação Oral

5.1. Planejamento Digital

O planejamento adequado é um componente fundamental para o sucesso de qualquer tratamento médico dentário. A falta de harmonia entre os tecidos duros e moles, ausências dentárias e comprometimento estético podem causar constrangimento ao sorrir, problemas oclusais e funcionais. Alguns aspectos são fundamentais para minimizar possíveis falhas e alcançar os resultados esperados. O tamanho, formato, proporcionalidade e cor dos dentes são pontos a serem analisados. Outros fatores como desvios da linha média, inclinação maxilar e a relação entre os dentes, gengivas e lábios também devem ser levados em consideração. Alterações ou discrepâncias não observadas clinicamente podem ser diagnosticadas no *DSD* com possibilidade de planejamento de suas correções (Coachman, Blatz, et al., 2021; do Vale Voigt et al., 2020).

O planejamento digital é baseado em imagens, o que a torna um aspecto fundamental em todo o fluxo de trabalho. Ao combinar e manipular dados de imagens digitais diferentes, os médicos agora podem planejar e simular tratamentos facilmente na tela, usar modelos impressos em 3D e auxílios na transferência precisa do planejamento virtual ou até mesmo acompanhar os tratamentos ao longo do tempo (Vandenberghe, 2018).

No novo e completo fluxo digital, seis passos foram criados para o seu desenvolvimento (Figura 13):

- **Passo 1 – Digitalização do Paciente:** a tradicional e analógica documentação foi substituída pela digitalização do paciente. A obtenção dos diversos arquivos digitais oriundos de diversas fontes de captação (*IOS*, *scanner* facial, *CBTC* e articuladores virtuais) é realizada dentro de um protocolo definido de imagens.
- **Passo 2 – Dados na Nuvem:** Após a aquisição dos dados, estes podem ser arquivados de forma segura e onde todos os profissionais envolvidos no projeto podem ter acesso, de forma a discutir, mesmo à distância, as observações do planeamento.
- **Passo 3 – Simulação Virtual do Paciente:** A comunicação interdisciplinar inicia-se após o paciente ser totalmente digitalizado e os dados serem disponibilizados na *cloud* para se tornarem acessíveis. Este passo é importante por se tratar de um teste do tratamento, a ser apresentado ao paciente antes de qualquer manipulação. Muitos *softwares* no mercado assumem esta tarefa como *Invisalign* (*Align Technology*), *Cerec* (*Dentsply Sirona*), *Exocad* (*Exocad*) entre outros. Trata-se de uma fase de diagnóstico e montagem da apresentação ao paciente.
- **Passo 4 – Apresentação do Caso ao Paciente e Aceitação:** é o momento em que o paciente é envolvido no processo, de forma a fazê-lo compreender e motivá-lo a realizar o tratamento. Esta comunicação visual é a melhor forma de fazer as pessoas se conectarem na mesma idéia. Esta apresentação é o grande diferencial para que uma sequência importante de 4 passos possa ser concretizada: 1) uma jornada emocional do paciente no seu diagnóstico; 2) explicações de possíveis insucessos e dificuldades dentro do tratamento; 3) propostas de tratamento com a cronologia de execução, com imagens de simulações de tratamentos em cima do próprio caso clínico do paciente; 4) criação do valor do tratamento e a percepção por parte do paciente, de forma a facilitar a transmissão do planeamento financeiro.

- **Passos 5 e 6 – Construção de Guias de Orientação e Controlo na Qualidade da Execução:** a partir do planeamento elaborado, guias cirúrgicos, de recorte, de simulação de tratamento em boca são realizados para efetivar a fase de planeamento para a execução, de forma qualificar e monitorar cada passo sem que se perca a essência do resultado (Coachman et al, 2021).

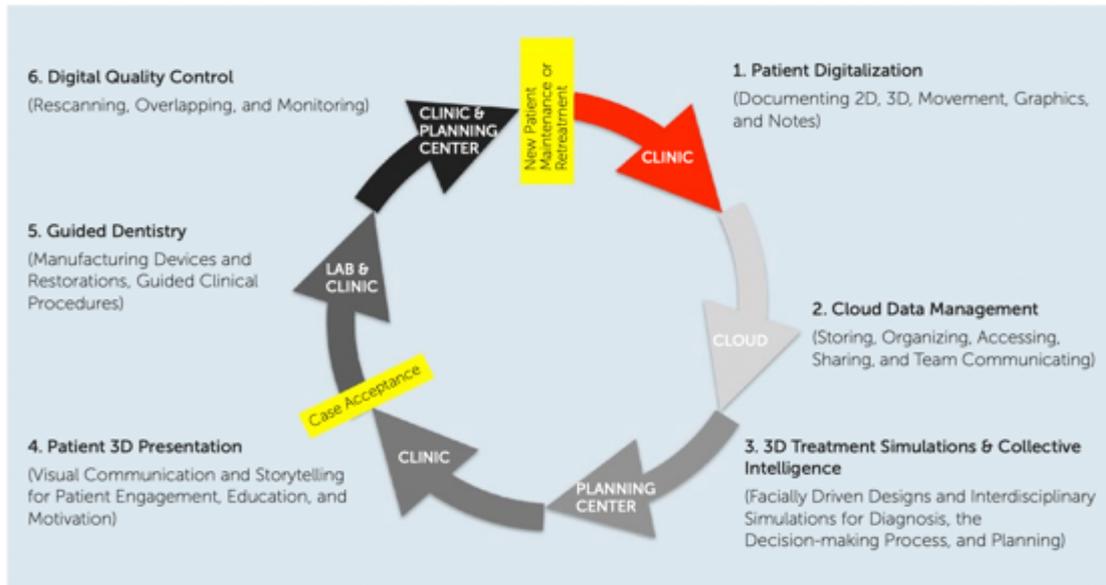


Figura 13 - Os seis passos para um completo fluxo digital (Coachman et al., 2021).

5.2. Articulador Digital

O articulador é um instrumento mecânico que simula as articulações temporomandibulares dos maxilares superior e inferior para reprodução dos movimentos mandibulares e dos registos interoclusais.. O seu uso permite que o médico dentista economize tempo clínico, aumente a eficiência do tratamento executado, sem danificar o sistema estomatognático (Park et al., 2021).

Na maioria dos casos que envolvem uma reabilitação oral existe um desalinhamento do plano oclusal em relação à articulação temporomandibular (ATM) originando desgastes e falhas do sistema estomatognático. Com a confecção de modelos de estudo e a sua montagem em articulador semi-ajustável (ASA), podem ser determinadas estratégias de tratamento (Sánchez-Monescillo et al., 2016).

A montagem precisa de um articulador é um pré-requisito para o planejamento e execução de casos complexos que requerem reabilitação oclusal. Uma abordagem digital completa também permite transferir a posição dos maxilares e a sua relação para um articulador virtual, usando digitalizações intraorais e arquivos de TCFC. (Leipidi et alii., 2019).

A maioria dos *softwares* de projeto digital atuais oferecem articuladores virtuais projetados para replicar as funções dos articuladores mecânicos de forma a obter melhores resultados clínicos. (Hsu et al., 2019; Park et al., 2021).

Os programas contemporâneos de desenho digital permitem a simulação dinâmica do movimento entre a maxila e a mandíbula. Com essas configurações digitais, as fases de planejamento e projeto das restaurações dentárias oclusais podem ser adaptadas à dentição de cada paciente antes da prova intraoral das restaurações (Hsu et al., 2019).

É possível usar uma abordagem totalmente digital para transferir a posição da dentição maxilar de um paciente para um articulador virtual com base nos dados de uma única TCFC e varrimentos intraorais. Esta técnica elimina o processo tradicional de transferência e montagem do arco facial e procedimentos laboratoriais complicados para avaliar as mudanças de posição mandibular em oclusão de relação cêntrica (CRO) e máxima intercuspidação (MIC) (Alghazzawi, 2016; Park et al., 2021).

O procedimento transfere dados relativos à posição das peças dentárias na maxila e mandíbula para um articulador virtual baseado em uma única imagem de tomografia computadorizada de feixe cônico (CBCT). Uma tomografia computadorizada do paciente é obtida no CRO, e com o *scanner* intraoral, é feito o varrimento dos modelos maxilares e mandibulares, tanto no CRO quanto em MIC. Os dados do *scanner* em CRO são registados na parte dentária da imagem CBCT usando um programa articulador virtual, e um processo de transferência e montagem do arco facial virtual é então realizado. O articulador virtual é posicionado no pólo medial dos côndilos direito e esquerdo e orbital direito. A posição mandibular é avaliada em CRO e MIC sobrepondo os dados da posição da mandíbula em CRO e MIC. Uma medição 3D quantitativa é obtida usando a função de grade. Com base neste protocolo, é possível usar uma abordagem totalmente digital para transferir a posição da dentição maxilar de um paciente para um articulador virtual com base nos dados de uma única TCFC e varrimentos intraorais (Hsu et al., 2019; Park

et al., 2021).

Fluxos digitais complexos estão sendo desenvolvidos para criar os pacientes virtuais. Métodos diretos ou indiretos estão disponíveis para transferir o paciente convencional para os articuladores virtuais. Ury, Fornai e Webwer propuseram uma investigação para analisar os métodos convencionais com a digitalização indireta dos modelos de gesso montados em articular convencional e os métodos diretos de análise através da digitalização das arcadas e articuladores virtuais (Figura 14); e verificaram um elevado número de contatos oclusais semelhantes, o que torna uma realidade o uso desta técnica digital de avaliação oclusal para a prática diária da Medicina Dentária (Ury, Fornai e Weber, 2019).

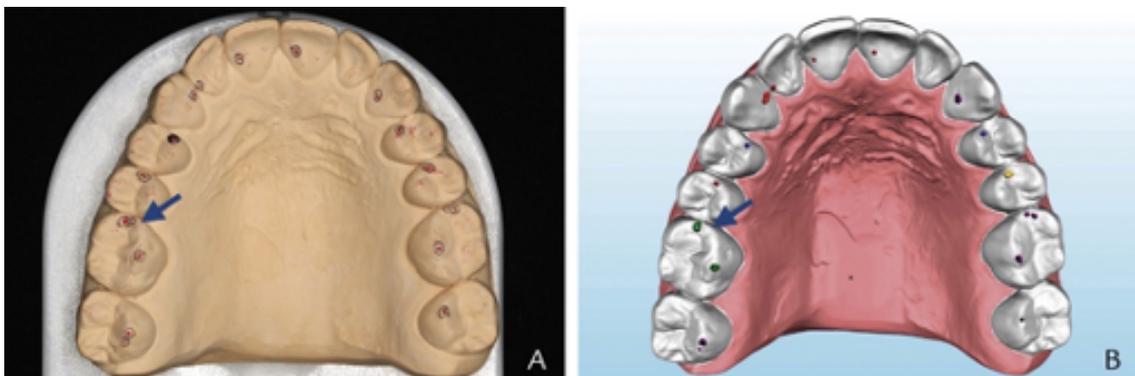


Figura 14 - Pontos de contactos oclusais em análise analógica (A) e pontos de contactos oclusais em análise virtual, onde mostra a uma alta semelhança entre as marcações (Ury, Fornai e Weber, 2019).

5.3. Planeamento Cirúrgico

A tendência atual na cirurgia de implantes é reduzir o tempo total de reabilitação assim como utilizar técnicas cirúrgicas menos invasivas. A primeira e provavelmente a mais importante etapa para o desenvolvimento desses novos procedimentos clínicos foi a introdução e a difusão da técnica de imagem tridimensional (3D) e da tecnologia computadorizada. A avaliação dos dados 3D, extraídos da tomografia computadorizada e também mais recentemente do *scanner óptico*, juntamente com os modernos softwares de planeamento de implantes, permitem simular cuidadosamente as fases cirúrgicas e protéticas. Os locais dos implantes podem ser decididos antes da cirurgia de acordo com o volume e qualidade do osso, localização das estruturas anatómicas (nervos, vasos, seios), avaliações protéticas e estéticas. Implantes e pilares podem então ser

“virtualmente” planejados, guiados pelo conhecimento da posição da restauração planejada. Também permite a predeterminação do caminho de inserção da prótese, colocação de câmaras de parafusos, espaço de componentes e escolhas de pilares pré-cirúrgicos, bem como a fabricação pré-cirúrgica de pilares individuais. Além disso, um cuidadoso posicionamento tridimensional dos implantes permite obter os melhores resultados clínicos, principalmente no que diz respeito aos aspectos estéticos (Tohme et al., 2021).

A cirurgia guiada de implantes (*GIS*) permite transferir o projeto de reabilitação diretamente para o campo cirúrgico, visa previsibilidade do tratamento, evita intercorrências e possibilita ao paciente um pós-operatório seguro (Colombo et al., 2017).

A utilidade da tecnologia digital em reabilitações implanto suportada, desde o varrimento intraoral para planejamento cirúrgico e posterior reabilitação protética, através do sistema *CAD/CAM*, tem a possibilidade de apresentar tratamentos/planeamentos com o menor tempo clínico para o cirurgião-dentista, inserindo-se dentro do planejamento cirúrgico em conjunto com a TCCB (Mendes et al., 2019).

O planejamento convencional de implantes é baseado em exames clínicos e imagens radiográficas 2D. A adoção de imagens radiográficas 3D permite um diagnóstico mais preciso das dimensões ósseas residuais, o trajeto intraósseo do nervo alveolar inferior e dentes vizinhos. Os dados de imagens 3D de pacientes são essenciais para o planejamento digital de implantes dentários, com projeto auxiliado por computador (*CAD*) e fabricação auxiliada por computador (*CAM*) de uma guia de broca ou prótese suportada por implante. Os dados anatômicos são derivados de tomografia computadorizada e digitalizações de dentes e mucosas. Vários são os sistemas de cirurgias guiadas disponibilizados pelos fabricantes para a construção de guias cirúrgicas. Kern e colaboradores analisaram 5 modelos de guias cirúrgicas e constataram que todos os sistemas exibem modelos de superfície tridimensionais ou seções transversais bidimensionais com orientação variável para planejamento de implante virtual (Figura 15). Todos os sistemas possuem interface DICOM (*Digital Imaging and Communication in Medicine*) para importação de dados radiográficos. A importação de modelos dentários virtuais em formato STL foi possível com três sistemas; um sistema só poderia ser usado com um formato de dados proprietário. Todos os sistemas exibem modelos de superfície tridimensionais ou seções transversais bidimensionais com orientação variável para

planeamento digital de implante. O projeto e a fabricação assistidos por computador (*CAD/CAM*) de guias de perfuração podem ser realizados pelo usuário com a ajuda de parâmetros padrão ou apenas pelo fornecedor do *software* e, portanto, sem a influência do clínico (Kernen et al., 2020).

Unsal, Turkyilmaz e Lakhia sugerem que, embora expectativas irreais sejam frequentemente associadas à colocação de implantes com guias cirúrgicos *CAD/CAM*, não há precisão impecável na clínica. Esta revisão demonstrou que os praticantes devem estar atentos aos desvios angulares e lineares até 5° e 2,3 mm. Portanto, médicos dentistas inexperientes devem obter formação adequada e estar familiarizados com os passos básicos dos guias cirúrgicos *CAD/CAM* para evitar complicações. Os profissionais precisam estabelecer uma zona de segurança entre os implantes e estruturas anatômicas importantes, como o nervo alveolar inferior, durante a seleção da localização e do comprimento dos implantes (Unsal, Turkyilmaz e Lakhia, 2020).

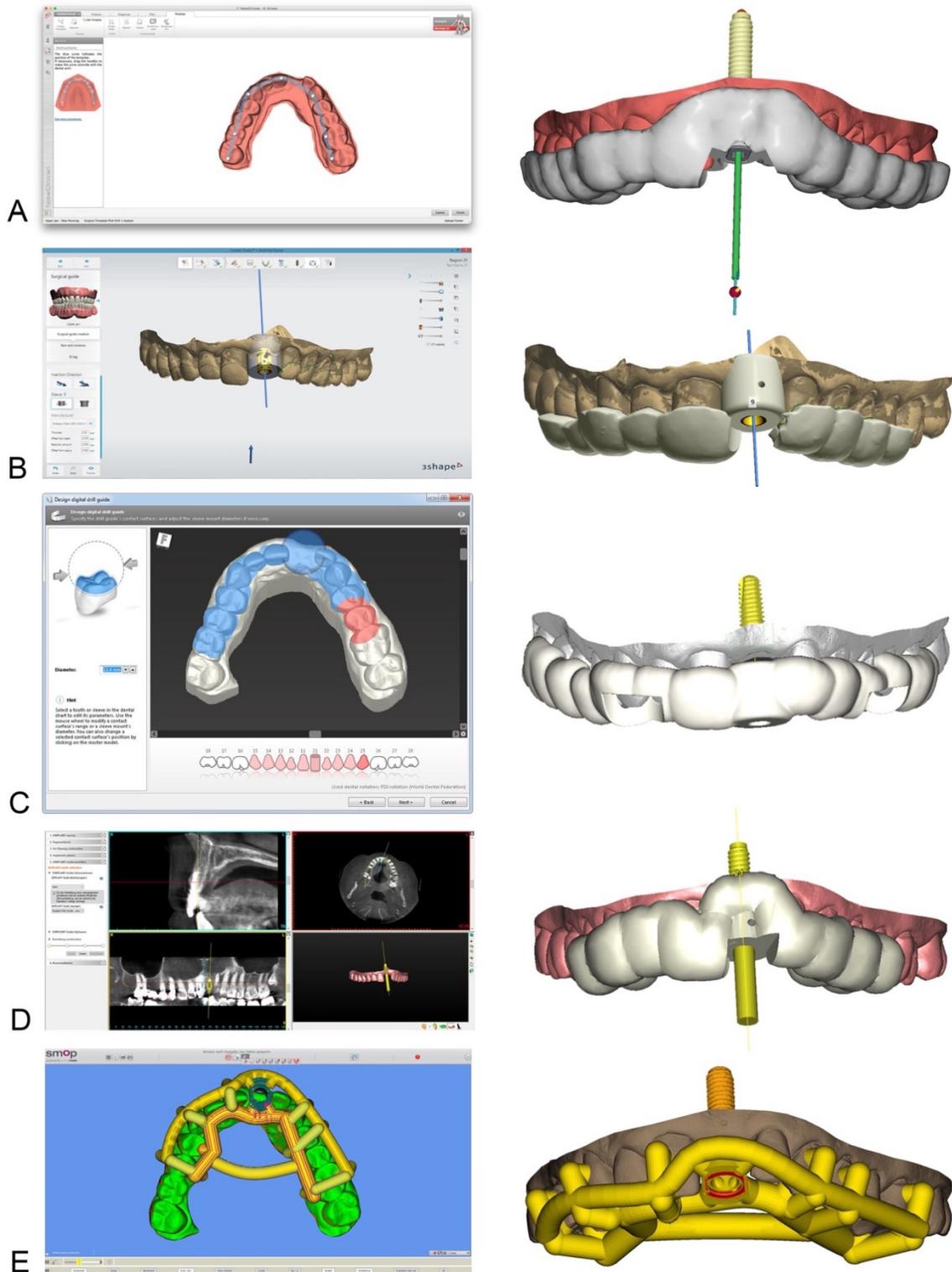


Figura 15 - Cinco modelos de sistemas de cirurgias guiadas disponíveis no mercado. Nobel Clinician (A), Implant Studio (B), CoDiagnostiX (C), Simplant (D) e SMOP (E) (Kernen et al., 2020).

5.4. *PIC (Precision Implant Capture)*

As técnicas convencionais de impressão de implantes podem introduzir distorções na estrutura que podem levar à falta de precisão das próteses. O desajuste entre a restauração e os implantes facilita a ocorrência de falhas biomecânicas e complicações das próteses devido à inadequada dissipação de tensões. As impressões digitais apresentam uma alternativa para eliminar distorções do procedimento, melhorando o encaixe entre a restauração e os implantes. Dentre os diferentes tipos de impressões digitais, a fotogrametria surgiu como uma alternativa para múltiplas impressões de implantes (Gómez-Polo et al., 2018).

Essas imagens 3D revelam o vetor de direção de um ponto a outro e sua distância exata. A característica mais importante é a precisão com que objetos sem contato são medidos. A fotogrametria tem sido utilizada para estudar a forma e a posição dos dentes e de ambas as arcadas dentárias (Cervino et al., 2019).

Embora a fotogrametria tenha sido proposta como alternativa às impressões convencionais, houve um lento progresso no campo da implantologia para a aplicação desta técnica. Recentemente, relatos de casos a utilizar a fotogrametria foram relatados com resultados promissores (Gómez-Polo et al., 2018).

Um sistema fotogramétrico recentemente introduzido para *scanner* digital de implantes poderia aumentar a conveniência do paciente ao mesmo tempo em que proporciona precisão adequada. É um método de imagem alternativo para reabilitações suportadas por implantes, incluindo próteses fixas suportadas por implantes de arco completo (Sánchez-Monescillo et al., 2016).

A *PIC Camera (PIC Dental)* é uma câmara estéreo que registra a posição dos implantes dentários (Figura 16) por meio de fotogrametria. É composto por duas câmaras de dispositivo de carga acoplada (CCD) especialmente projetadas para uso clínico que determinam a geometria 3D e as posições dos implantes através da identificação de pilares especiais aparafusados (Figura 17) em forma de bandeira com codificação individual (*PIC Abutment, PIC Dental*) (Sánchez-Monescillo et al., 2016).

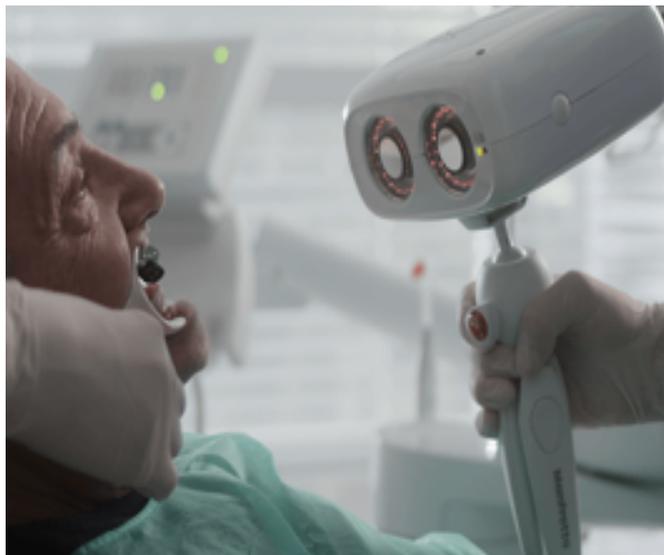


Figura 16 - Utilização do *PIC* na captura de implantes dentários. (Imagem retirada de <https://www.picdental.com/pic-system>)



Figura 17 - Dispositivos do *PIC* em posição (Sánchez-Monescillo et al., 2016).

A transferência analógica de informações para o laboratório dentário sobre a posição e angulação dos implantes com materiais de impressão elastoméricos pode resultar em erros devido à contração dos materiais, bolhas e distorções durante a impressão, preparação dos modelos e enceramento. As impressões digitais pela técnica da estereofotogrametria podem ser uma alternativa às impressões tradicionais. A satisfação do paciente e do dentista melhorou e o tempo de trabalho foi reduzido. Não foram encontradas diferenças estatisticamente significativas em termos de taxa de sucesso do implante, sobrevivência do implante, perda óssea marginal ou sobrevivência da

prótese entre os 2 grupos (Peñarrocha-Diago et al., 2017).

Com o intuito de comparar a precisão da fotogrametria, digitalização intraoral com *IOS* e técnicas de impressão convencionais para reabilitação de implantes de arco completo, foi confeccionado um modelo mestre contendo 6 análogos de implantes. Foram realizadas 10 sessões para cada tipo de aquisição. Os arquivos STL foram comparados e realizados testes estatísticos em softwares específicos. As conclusões aos resultados foram que para a reabilitação com implante de arco completo, o sistema de fotogrametria apresentou então a melhor acurácia de todas as técnicas de moldagem avaliadas, seguido pela técnica de moldagem convencional. O *scanner* intraoral apresentou a menor acurácia (Ma et al., 2021).

6. Tecnologias aplicadas à execução laboratorial da Reabilitação Oral

6.1. Projetos Digitais

A arte de planejar é um componente fundamental para o sucesso de qualquer tratamento principalmente quando há envolvimento estético. No planeamento digital, é necessário considerar alguns aspectos fundamentais do plano de tratamento para minimizar possíveis falhas e alcançar os resultados esperados. O tamanho, formato, proporcionalidade e cor dos dentes são pontos a serem analisados. Outros fatores como desvios da linha média, inclinação maxilar e a relação entre os dentes, gengivas e lábios também devem ser levados em consideração (do Vale Voigt et al., 2020).

O processo inicia-se com a digitalização do paciente, obtida pelo varrimento dos tecidos duros e moles. *Scanners* faciais e intraorais, tomografia computadorizada de feixe cónico e recursos digitais adicionais, como *design* digital de sorriso são aplicados. Todos os arquivos podem ser imediatamente armazenados em uma plataforma de nuvem odontológica e compartilhados. Os dados obtidos por aquisições de *scanner* intraoral em fluxos de trabalho digitais são transferidos para vários programas de *software* para criar um *design* digital tridimensional. *Scanners* com um sistema aberto, podem ser lidos por todos os programas de *design*. Nos sistemas fechados, os dados de saída formatados especiais obtidos da digitalização são transferidos diretamente para o *software*

correspondente do sistema associado, permitindo o projeto digital. Se os dados forem obtidos de um *scanner* com sistema fechado, uma etapa de conversão do formato proprietário para o STL deve ser feita para possibilitar que os demais programas tenham acesso e leiam esses dados. A perda de dados que pode ocorrer durante essas transferências feitas com essas etapas de conversação pode afetar a adaptação final e o sucesso da restauração definitiva (Kessler et al., 2020).

Um *software* especial é fornecido pelos fabricantes para o projeto de vários tipos de restaurações dentárias. Com softwares de diferentes fabricantes, vários *designs* podem ser implementados, como coroas anatômicas completas e FPD, *inlays*, *onlays*, facetas, *overlay* e facetas não preparadas, provisórios incluindo FPD e pânticos, enceramento diagnóstico incluindo modelos físicos, espigão e falso coto, coroas telescópicas, pilares personalizados com guias de posicionamento, implantes FPD e barras, planejamento de implantes com guias cirúrgicos, próteses parciais removíveis, ortodontia e aparelhos podem ser projetados (Alghazzawi, 2016; Erozan & Ozan, 2020).

Nesses sistemas, várias morfologias dentárias estão disponíveis nas suas próprias bibliotecas digitais internas, no entanto os sistemas *CAD/CAM* podem fornecer apenas formas básicas. Sempre há algumas alterações manuais e modificações necessárias pois cada paciente é único e cada dente tem sua própria características morfológicas que são únicas para o paciente sistema. O método alternativo é usar o banco de dados da morfologia do dente biogênico para identificar e imitar a morfologia oclusal individual de um paciente. Com o modelo digital sendo visível no monitor do computador (Figura 18), pode ser gerado em três dimensões, bem como ampliado para avaliar áreas críticas do modelo antes de transmitir o arquivo para o processo de manufatura. Além disso, a matriz recomendada do espaçador pode ser selecionada eliminando assim o uso de aplicação manual de espaçador de matriz com cores diferentes (Alghazzawi, 2016; Kessler et al., 2020)

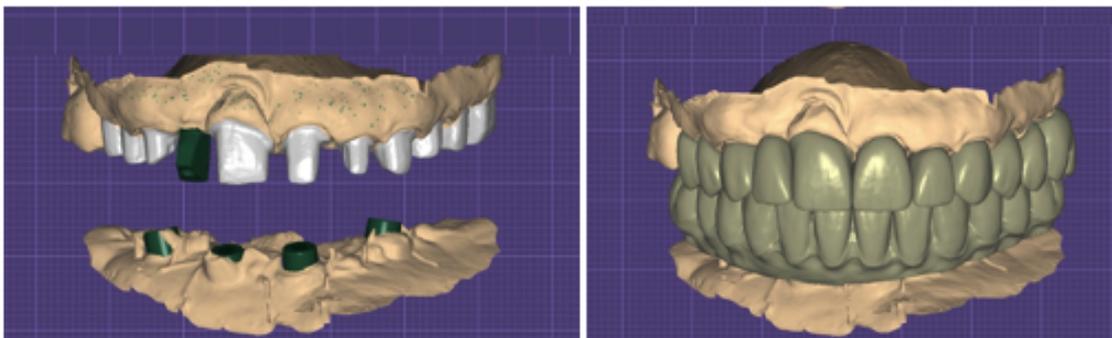


Figura 18 - Modelos digitais visíveis no *software* Exocad para desenvolvimento do Projeto Digital na Reabilitação Oral. (imagem retirada do Instagram do Laboratório de Prótese Dentária Scan4You).

6.2. Fresagem e Impressão 3D

A técnica *CAD/CAM* permite o processamento de materiais tradicionais, como ligas de cobalto-cromo, resinas compostas e acrílicas, cerâmicas feldspáticas, algumas cerâmicas de vidro reforçadas e ceras através de processos de subtração, utilizando fresadoras. Os processos de fresagem são mais rápidos e menos dispendiosos em comparação com o processamento tradicional, mantendo um excelente nível de qualidade. Um dos principais benefícios da utilização de métodos *CAD/CAM*, no entanto, é a possibilidade de trabalhar com materiais que de outra forma não poderiam ser utilizados na Medicina Dentária. Esses materiais incluem titânio, ligas de titânio e cerâmicas policristalinas, como óxido de zircônio (Tordiglione et al., 2016).

A prototipagem rápida e automatizada de materiais dentários e restaurações em três dimensões (3D) teve um impacto significativo no campo da Medicina Dentária reabilitadora nos últimos anos. O enorme progresso da tecnologia digital na última década é inegável, especialmente desde o advento dos sistemas de imagem e fresagem *CAD/CAM*, que literalmente criaram uma nova modalidade de reabilitação oral. A mais recente onda de desenvolvimento tecnológico digital na Medicina Dentária gira em torno do campo da impressão 3D (Tahayeri et al., 2018).

A impressão tridimensional (3D) é uma tecnologia em rápido desenvolvimento que ganhou ampla aceitação na Medicina Dentária. Comparada aos métodos convencionais (técnica de cera perdida) e subtrativos controlados por computador, a impressão 3D oferece vantagens de engenharia de processo. Materiais como plásticos, metais e cerâmicas podem ser fabricados através de diversas técnicas. A impressão 3D foi introduzida há mais de três décadas e hoje está a atravessar um rápido

desenvolvimento devido à expiração de muitas patentes sendo frequentemente descrita como a tecnologia-chave da próxima revolução industrial (Kessler et al., 2020; Tordiglione et al., 2016).

Até recentemente o processo *CAM* era sinónimo de processo de fabricação subtrativo, onde um objeto é criado a partir de uma peça bruta por meio de fresagem, retificação, furação, torneamento ou polimento usando ferramentas específicas. Do ponto de vista processual e ecológico, a produção subtrativa tem a desvantagem de a resolução da superfície ser limitada pelo menor raio da ferramenta. A perda de material por fresagem controlado, numérico, computadorizado, pode chegar a 90%. Além disso, a técnica subtrativa também possui uma limitação quanto ao número de objetos que pode produzir por operação de fresagem, não sendo capaz de reproduzir geometrias mais complexas. As ferramentas utilizadas na fresagem apresentam sinais de desgaste após o uso repetido, o que pode levar a rachaduras nos objetos produzidos (Tahayeri et al., 2018).

Formas alternativas de produção de arquivos *CAD* são os processos de manufatura aditiva. Todos os processos de manufatura aditiva têm em comum que, com base em dados de projeto 3D, o objeto físico é construído pela aplicação sequencial de finas camadas de material. Além do termo “processo aditivo”, os sinónimos “processo generativo”, “prototipagem rápida” e “impressão 3D” são frequentemente usados (Kessler et al., 2020).

Ao contrário dos métodos subtrativos, os processos aditivos podem economizar material e produzir geometrias mais complexas. Como resultado, este método de fabricação é uma solução adequada no campo da Medicina Dentária. Do ponto de vista da engenharia de processo, o processo aditivo tem potencial para superar as desvantagens do método de produção subtrativo (Tordiglione et al., 2016).

Vários processos aditivos são iguais ou superiores aos processos de fabricação já estabelecidos e já oferecem vantagens consideráveis. Devido à eliminação das restrições de produção, é possível produzir trabalhos em nível industrial, economicamente e com maior complexidade. Como parte integrante da Industrialização 4.0, vivemos atualmente o início da era aditiva. Atualmente, processos promissores estão a se desenvolver em paralelo; qual desses processos acabará por prevalecer ainda é desconhecido (Sánchez-Monescillo et al., 2016).

Desenvolvimentos futuros na Medicina Dentária devem visar a otimização da qualidade da superfície e aumentar a confiabilidade do processo e gradientes de propriedades dentro dos materiais a custos mais baixos e com tempos de produção mais curtos (Kessler et al., 2020).

Os avanços contemporâneos na Medicina Dentária digital começaram a afetar a fabricação de próteses dentárias removíveis. Hoje, um aumento exponencial no número de materiais disponíveis no mercado para fabricação de próteses digitais é atribuído à contínua evolução e aprimoramento das tecnologias digitais. O material mais utilizado tem sido o polímero polimetil metacrilato (PMMA). A relativa facilidade de processamento e reparo do material, biocompatibilidade e características estéticas levaram a uma maior aceitação pelos pacientes. No entanto, o PMMA tem inúmeras desvantagens, incluindo alta contração de polimerização, suscetibilidade à colonização microbiana da boca. Os estudos iniciais sobre próteses digitais mostraram desempenho clínico promissor em curto prazo, resultados positivos relacionados ao paciente e custo-efetividade razoável. A impressão 3D tem potencial para modernizar e agilizar as técnicas, materiais e fluxos de trabalho de fabricação de próteses (Anadioti et al., 2020).

A impressão tridimensional tem muitas vantagens na engenharia de processos, com aplicações na Medicina Dentária, que vão desde o campo da prótese, cirurgia oral e maxilofacial e implantologia oral para Ortodontia, Endodontia e Periodontia. Além disso, introduz vários fatores que afetam as métricas de impressão 3D, como propriedades e precisão. As tecnologias de impressão 3D têm as vantagens de alta utilização de material e a capacidade de produzir peças de forma simples; no entanto, têm as desvantagens de alto custo e pós-processamento demorado. O desenvolvimento de novos materiais e tecnologias será a tendência futura da impressão 3D, e não há como negar que a impressão 3D terá um futuro brilhante (Figura 19) (Tia et al., 2021).



Figura 19 - NextDent 3D Printer (imagem retirada de <https://www.nextdent.com>)

III. CONCLUSÃO

Novas ferramentas digitais que facilitam a aquisição de dados, comunicação em equipa, diagnóstico assistido por computador e planeamento de tratamento, bem como o projeto e fabricação de restaurações, guias e dispositivos em geral, alteraram fundamentalmente as principais etapas clínicas e laboratoriais na reabilitação dentária.

Além disso, aspectos como redução do número de sessões de atendimento, agilidade dos trabalhos protéticos confeccionados e comodidade ao paciente possibilitam ao Médico Dentista otimização de sua prática.

Nos dias atuais podemos encontrar diversos *softwares* que integram todas as etapas de diagnóstico, planeamento, projeto e fabricação digital em um sistema. Bibliotecas de algoritmos de dentes naturais e sorrisos facilitam resultados estéticos superiores a enceramentos feitos à mão ou formas geradas por computador. Projetar dentes e sorrisos com base em análises faciais e labiais dinâmicas aumenta a previsibilidade e os resultados estéticos. Os varrimentos tridimensionais da face são combinados com varrimentos intraorais, de modelo, e de tomografia computadorizada de feixe cónico em um fluxo de trabalho verdadeiramente digital. O *software* também incorpora articuladores digitais e dispositivos de rastreamento de mandíbula para incluir parâmetros funcionais no processo de planeamento e tratamento digital das reabilitações.

O que é óbvio no fluxo de trabalho digital de todas especialidades é que o planeamento digital é baseado em imagens, o que torna a imagem digital um aspecto fundamental em todo o fluxo de trabalho. Uma compreensão completa da tecnologia e da manipulação de tais imagens pode, portanto, ser crucial em todo o processo.

Apesar de algumas limitações, como por exemplo o grande investimento financeiro na aquisição de aparelhos, a curva de aprendizagem associada a utilização destes e a necessidade de constantes atualizações, o fluxo de trabalho digital já oferece resultados excelentes, mais previsíveis e reprodutíveis em comparação com as técnicas convencionais.

IV. BIBLIOGRAFIA

Ahmed, K. E. (2018). We're Going Digital: The Current State of CAD/CAM Dentistry in Prosthodontics. *Primary Dental Journal*, 7(2), 30–35. <https://doi.org/10.1177/205016841800700205>

Alghazzawi, T. F. (2016). Advancements in CAD/CAM technology: Options for practical implementation. *Journal of Prosthodontic Research*, 60(2), 72–84. <https://doi.org/10.1016/J.JPOR.2016.01.003>

Alharbi, N., Wismeijer, D., & Osman, R. (2017). Additive Manufacturing Techniques in Prosthodontics: Where Do We Currently Stand? A Critical Review. *The International Journal of Prosthodontics*, 30(5), 474–484. <https://doi.org/10.11607/ijp.5079>

Amornvit, P., Rokaya, D., Sanohkan, S. (2021). Comparison of accuracy of current ten intraoral scanners. *Hindawi, BioMed Research International*, volume 2021, 1-10. <http://doi.org/10.1155/2021/2673040>

Anadioti, E., Musharbash, L., Blatz, M., Papavasiliou, G., Kamposiora, P. (2020). 3D printed complete removable dental protheses: a narrative. *BMC Oral Health* 20 (1). <http://doi.org/10.1186/s12903-020-01328-8>

Arcuri, L., Pozzi, A., Lio, F., Rompen, E., Zechner, W., Nardi, A. (2020). Influence of implant scanbody material, position and operator on the accuracy of digital impression for complete-arch: A randomized in vitro trial. *Journal of Prosthodontic Research*, 128-136, 64 (2). <http://doi.org/10.1016/j.jpor.2019.06.001>

Blatz, M. B., Chiche, G., Bahat, O., Roblee, R., Coachman, C., & Heymann, H. O. (2019). Evolution of Aesthetic Dentistry. *Journal of Dental Research*, 98(12), 1294–1304. <https://doi.org/10.1177/0022034519875450>

Blatz, M. B., & Conejo, J. (2019). The Current State of Chairside Digital Dentistry and Materials. *Dental Clinics of North America*, 63(2), 175–197. <https://doi.org/10.1016/j.cden.2018.11.002>

Cervino, G., Fiorillo, L., Arzukanyan, A. V., Spagnuolo, G., & Cicciù, M. (2019). Dental Restorative Digital Workflow: Digital Smile Design from Aesthetic to Function.

Dentistry Journal, 7(2), 175–197. <https://doi.org/10.3390/DJ7020030>

Coachman, C., Blatz, M. B., Bohner, L., & Sesma, N. (2021). Dental software classification and dento-facial interdisciplinary planning platform. *Journal of Esthetic and Restorative Dentistry*, 33(1), 99–106. <https://doi.org/10.1111/jerd.12713>

Coachman, C., & Calamita, M. (2012). Digital Smile Design: A Tool for Treatment Planning and Communication in Esthetic Dentistry. *London: Quintessence*, (2012), 35.

Coachman, C., Sesma, N., & Blatz, M. B. (2021). The complete digital workflow in interdisciplinary dentistry. *The International Journal of Esthetic Dentistry*, 16(1), 34–49. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/33502130/>

Colombo, M., Mangano, C., Mijiritsky, E., Krebs, M., Hauschild, U., & Fortin, T. (2017). Clinical applications and effectiveness of guided implant surgery: a critical review based on randomized controlled trials. *BMC Oral Health*, 17(1). <https://doi.org/10.1186/S12903-017-0441-Y>

Davidowitz, G., & Kotick, P. G. (2011). The use of CAD/CAM in dentistry. *Dental Clinics of North America*, 55(3), 559–570. <https://doi.org/10.1016/J.CDEN.2011.02.011>

do Vale Voigt, M., Espíndola-Castro, L. F., de Melo Monteiro, G. Q., Ortigoza, L. S., dos Santos Torreão, A., & Georg, R. (2020). DSDapp use for multidisciplinary esthetic planning. *Journal of Esthetic and Restorative Dentistry*, 32(8), 738–746. <https://doi.org/10.1111/jerd.12637>

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, 1-9. <https://doi.org/10.12659/MSM.918529>

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. *Journal of Esthetic and Restorative Dentistry*, 161 – 170, 32 (2). <https://doi.org/10.1111/jerd.12563>

Fung, L., & Brisebois, P. (2020). Implementing Digital Dentistry into Your Esthetic

Dental Practice. *Dent Clin North Am*, 64(4), 645–657.
<http://doi.org/10.1016/j.cden.2020.07.003>

Gavounelis, N., Gogola, C., Halazonets, D. (2022). The effect of scanning strategy on intraoral scanner's accuracy. *Dentistry Journal*, 10 (7).
<http://doi.org/10.3390/DJ10070123>

Gómez-Polo, M., Gómez-Polo, C., Del Río, J., & Ortega, R. (2018). Stereophotogrammetric impression making for polyoxymethylene, milled immediate partial fixed dental prostheses. *J. Prosthet Dent*, 119(4), 506-511 (1).
<https://doi.org/10.1016/j.prosdent.2017.04.029>

Granata, S., Giberti, L., Vigolo, P., Stellini, E., & Di Fiore, A. (2020). Incorporating a facial scanner into the digital workflow: A dental technique. *Journal of Prosthetic Dentistry*, 123(6), 781–785. <https://doi.org/10.1016/j.prosdent.2019.05.021>

Greenberg, A. M. (2015). Digital Technologies for Dental Implant Treatment Planning and Guided Surgery. *Oral and Maxillofacial Surgery Clinics of North America*, 27(2), 319–340. <https://doi.org/10.1016/j.coms.2015.01.010>

Hassan, B., Greven, M., & Wismeijer, D. (2017). Integrating 3D facial scanning in a digital workflow to CAD/CAM design and fabricate complete dentures for immediate total mouth rehabilitation. *The Journal of Advanced Prosthodontics*, 9(5), 381–386.
<https://doi.org/10.4047/JAP.2017.9.5.381>

Hsu, M. R., Driscoll, C. F., Romberg, E., & Masri, R. (2019). Accuracy of Dynamic Virtual Articulation: Trueness and Precision. *Journal of Prosthodontics: Official Journal of the American College of Prosthodontists*, 28(4), 436–443.
<https://doi.org/10.1111/JOPR.13035>

Kernen, F., Kramer, J., Wanner, L., Wismeijer, D., Nelson, K., Flugge, T. (2020). A review of virtual planning software for guided implant surgery – Data import and visualization, drill guide design and manufacturing. *BMC Oral Health*, 20 (1).
<http://doi.org/10.1186/s12903-020-01208-1>

Kessler, A., Hickel, R., & Reymus, M. (2020). 3D printing in dentistry-state of the art.

Operative Dentistry, 45(1), 30–40. [_https://doi.org/10.2341/18-229-L](https://doi.org/10.2341/18-229-L)

Kihara, H., Hatakeyama, W., Komine, F., Takafuji, K., Takahashi, T., Yokota, J., Oriso, K., & Kondo, H. (2020). Accuracy and practicality of intraoral scanner in dentistry: A literature review. In *Journal of Prosthodontic Research*, 64(2), 109–113. Missouri: Elsevier Ltd. <https://doi.org/10.1016/j.jpor.2019.07.010>

Lepidi, L., Chen, Z., Ravida, A., Lan, T., Wang, H., Li, J. (2019). A full-digital technique to mount a maxillary arch scan on a virtual articulator. *Journal of prothodontics*, 335 – 338, 28 (3). <http://doi.org/10.1111/jopr.13023>

Ma, B., Yue, X., Sun, Y, Peng, L., Geng, W. (2021). Accuracy of photogrammetry, intraoral scanning, and conventional impression techniques for complete-arch implant rehabilitation: an in vitro. *BMC Oral Health*, 21, 1. <http://doi.org/10.1186/S12903-021-02005-0>

Mangano, F., Gandolfi, A., Luongo, G., & Logozzo, S. (2017). Intraoral scanners in dentistry: A review of the current literature. *BMC Oral Health*, 17(1), 30-36. <https://doi.org/10.1186/s12903-017-0442-x>

Martins, A. V., Albuquerque, R. C., Santos, T. R., Silveira, L. M., Silveira, R. R., Silva, G. C., & Silva, N. R. F. A. (2017). Esthetic planning with a digital tool: A clinical report. *Journal of Prosthetic Dentistry*, 118(6), 698–702. <https://doi.org/10.1016/j.prosdent.2017.02.016>

Mendes, E., Amorim, L., Lessa Â. (2019). Workflow digital na implantodontia, dom planeamento cirúrgico à reabilitação protética: Revisão de literatuta / Digital workflow in implantology, from sirurgical planning to prosthetic rehabilitation: literature review. *Revista de Psicologia*, 1145 – 1160, 13 (47). <http://doi.org/10.14295/idonline.v13i47.2110>

Michelinakis, G., Apostolakis, D., Tsagarakis, A., Kourakis, G., & Pavlakis, E. (2020). A comparison of accuracy of 3 intraoral scanners: A single-blinded in vitro study. *Journal of Prosthetic Dentistry*, 124(5), 581–588. <https://doi.org/10.1016/j.prosdent.2019.10.023>

Michelinakis, G., Apostolakis, D., Kamposiora, P., Papavasiliou, G., Ozcan, M. (2021). BMC oral Health, 21(1). <http://doi.org/10.1186/S12903-021-01398-2>

Muric, A., Gokcen Röhligh, B., Ongul, D., & Evlioglu, G. (2019). Comparing the precision of reproducibility of computer-aided occlusal design to conventional methods. *Journal of Prosthodontic Research*, 63(1), 110–114. <https://doi.org/10.1016/j.jpor.2018.10.002>

Nikoyan, L., Patel, R. (2020). Intraoral Scanner, Three-Dimensional Imaging, and Three- Dimensional Printing in the Dental. *Dental Clinics of North America*, 365 – 378, 64 (2). <http://doi.org/10.1016/j.cden.2019.12.004>

Od Úry E., Fornai, C., Weber, G. (2019). Accuracy of trnasferring analog dental casts to a virtual articulator. 019 *The Journal of Prosthetic Dentistry*, 1-9. <http://doi.org/10.1016/j.prosdent.2018.12.019>

Park, J. H., Lee, G.-H., Moon, D.-N., Kim, J.-C., Park, M., & Lee, K.-M. (2021). A digital approach to the evaluation of mandibular position by using a virtual articulator. *The Journal of Prosthetic Dentistry*, 125(6), 849–853. <http://doi.org/10.1016/j.prosdent.2020.04.002>

Peçanha, P. F., Tonin, B. S. H., & Fernandes, R. M. (2020). Harmonization of smiling: workflow - a fully digital approach. *Revista Da Associação Paulista Dos Cirurgiões Dentistas*,74(1), 23-29 .

Peñarrocha-Diago, M., Balaguer-Martí, J. C., Peñarrocha-Oltra, D., Balaguer-Martínez, J. F., Peñarrocha-Diago, M., & Agustín-Panadero, R. (2017). A combined digital and stereophotogrammetric technique for rehabilitation with immediate loading of complete-arch, implant-supported prostheses: A randomized controlled pilot clinical trial. *The Journal of Prosthetic Dentistry*, 118(5), 596–603. <https://doi.org/10.1016/J.PROSDENT.2016.12.015>

Richert, R., Goujat, A., Venet, L., Viguie, G., Viennot, S., Robinson, P., Farges, J., Fages, M., Ducret, M. (2017). Intraoral Scanner Technologies: A review to make a Successful Impression. *Journal of Healthcare Engineering*. <http://doi.org/10.1155/2017/8427595>

Sánchez-Monescillo, A., Jaime Hernanz-Martín, /, Carlos González-Serrano, /, González-Serrano, J., & Duarte, S. (2019). All-on-four rehabilitation using photogrammetric impression technique. London: *Quintessence*
<https://doi.org/10.3290/j.qi.a42098>

Sánchez-Monescillo, A., Sánchez-Turrión, A., Vellon-Domarco, E., Salinas-Goodier, C., & Prados-Frutos, J. (2016a). Photogrammetry Impression Technique: A Case History Report. *The International Journal of Prosthodontics*, 29(1), 71–73.
<https://doi.org/10.11607/ijp.4287>

Stanley, M., Paz, A. G., Miguel, I., & Coachman, C. (2018). Fully digital workflow, integrating dental scan, smile design and CAD-CAM: Case report. *BMC Oral Health*, 18(1). <https://doi.org/10.1186/s12903-018-0597-0>

Schlenz, M., Schubert, V., Schmidt, A., Wostmann, B., Ruf, S., Klaus, K. (2020). Digital versus conventional impression taking focusing on interdental areas: a clinical trial. *International Journal of Environmental Research and Public Helth*, 1-11, 17.
<http://doi.org/10.3390/ijerph17134725>

Siqueira, R., Galli., Chen, Z., Mendonça, G., Meirelles., Wang., Chan, H. (2021). Intraoral scanning reduces procedure time and improves patient comfort in fixed prosthodontics and implant dentistry: a systematic review. *Clinical Oral Investigations*, 6517-6531, 1. <http://doi.org/10.1007/s00784-021-04157->

Suese, K. (2020). Progress in digital dentistry: The practical use of intraoral scanners. In *Dental Materials Journal*, 39(1), 52–56. <https://doi.org/10.4012/dmj.2019-224>

Sun, A., Yang, Y., Gao, H., Lin, W. S., Chen, L., & Tan, J. (2021). Integrating Facial and Intraoral Scans for Digital Esthetic and Occlusal Design: A Technical Report. *Journal of Prosthodontics*, 30(8), 729–733. <https://doi.org/10.1111/jopr.13397>

Tahayeri, A., Morgan, M. C., Fugolin, A. P., Bompolaki, D., Athirasala, A., Pfeifer, C. S., Ferracane, J. L., & Bertassoni, L. E. (2018). 3D printed versus conventionally cured provisional crown and bridge dental materials. *Dental Materials*, 34(2), 192–200.
<https://doi.org/10.1016/j.dental.2017.10.003>

Tallarico, M. (2020). Computerization and digital workflow in medicine: Focus on digital dentistry. In *Materials*, 13(9), 21-34 . <https://doi.org/10.3390/ma13092172>

Tian, Y., Chen, C., Xu, X., Wang, J., Hou, X., Li, K., Shi, H., Lee, E., Jiang, H. (2021). A Review of 3 D Printing in Dentistry:Technologies, Affecting Factors, and Applications. <http://doi.org/10.1155/2021/9950131>

Tohme, H., Lawand, G., Eid, R., Ahmed, K. E., Salameh, Z., & Makzoume, J. (2021). Accuracy of implant level intraoral scanning and photogrammetry impression techniques in a complete arch with angled and parallel implants: An in vitro study. *Applied Sciences (Switzerland)*, 11(21), 1-9 <https://doi.org/10.3390/app11219859>

Tordiglione, L., De Franco, M., & Bosetti, G. (2016). The Prosthetic Workflow in the Digital Era. *International Journal of Dentistry*, 2016, 1–8. <https://doi.org/10.1155/2016/9823025>

Unsal, G., Turkyilmaz, L., Lakhia, S. (2020). Advantages and limitations of implant surgery with CAD/CAM surgical guidez: A literature review, e409 – e417, 12(4). <http://doi.org/10.4317/JCED.55871>

Vandenberghe, B. (2018). The digital patient – Imaging science in dentistry. *Journal of Dentistry*, 74, S21–S26. <https://doi.org/10.1016/j.jdent.2018.04.019>

Venezia, P., Torsello, F., Santomauro, V., Dibello, V., & Cavalcanti, R. (2019). Full digital workflow for the treatment of an edentulous patient with guided surgery, immediate loading and 3D-printed hybrid prosthesis: The BARI technique 2.0. a case report. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 16(24). <https://doi.org/10.3390/ijerph16245160>

Zaruba M., & Mehl A. (2017). Chairside systems: a current review. *International Journal of Computerized Dentistry*, 20(2), 123–149