

INSTITUTO UNIVERSITÁRIO EGAS MONIZ

MESTRADO INTEGRADO EM MEDICINA DENTÁRIA

REABILITAÇÃO ORAL NA ERA DIGITAL

Trabalho submetido por
Sarah El Meaoui
para a obtenção do grau de Mestre em Medicina Dentária

julho de 2023

INSTITUTO UNIVERSITÁRIO EGAS MONIZ

MESTRADO INTEGRADO EM MEDICINA DENTÁRIA

REABILITAÇÃO ORAL NA ERA DIGITAL

Trabalho submetido por
Sarah El Meaoui
para a obtenção do grau de Mestre em Medicina Dentária

Trabalho orientado por
Profª Doutora Alexandra Pinto Rodrigues

e coorientado por
Profª Doutora Inês Carpinteiro

julho de 2023

Dedicatória

Dedico este trabalho a minha família, por todo o apoio,
confiança e amor que me deram sempre durante todos esses anos.

Obrigada por tudo.

Agradecimentos

À minha orientadora, a Prof^a Doutora Alexandra Pinto Rodrigues, por aceitar fazer parte deste projeto, por toda a ajuda, paciência, bondade e pelo acompanhamento prestados durante os últimos meses.

À minha coorientadora, a Prof^a Doutora Inês Carpinteiro, pela sua contribuição neste trabalho, pela disponibilidade e sugestões relevantes.

Ao Professor João Rua, por despertar interesse neste trabalho.

À Egas Moniz e ao seu corpo docente, por todo o ensino, os conhecimentos e as oportunidades incríveis que foram transmitidos.

Ao Doutor Thibaut Bussemey, pela ajuda e conselhos preciosos que me deu. Obrigada pelo tempo e apoio que deu neste trabalho e pela dedicação e generosidade incondicionais. Um exemplo a seguir.

Aos meus pais e irmãos, por sempre acreditarem em mim, por toda a dedicação, os valores, carinho e apoio incondicional durante todos esses anos. Mãe, obrigada por todo o amor e confiança que me deu. Pai, obrigada por estar sempre presente. Não tenho palavras suficientes para expressar a minha gratidão. Sem vocês, nada seria possível.

Aos meus colegas e amigos pela grande amizade, pela ajuda e cumplicidade ao longo de todo o percurso académico.

A todos e todas os meus mais sinceros agradecimentos.

Resumo

Atualmente, a tecnologia digital influencia o mundo moderno da Medicina Dentária, incluindo a prática do Médico Dentista, ao possibilitar o tratamento automatizado da informação com recurso a técnicas informáticas, convertendo assim os métodos convencionais em métodos digitais.

Esta contribuição e a virtualização dos dados revolucionaram a gestão dos tratamentos dentários, por vezes repetitivos, tornando-os mais rápidos e menos dispendiosos. De facto, tornou possível substituir impressões convencionais com alginato ou elastómeros de silicone por impressões óticas com recurso a um *scanner* intraoral. Assim, graças a este dispositivo, é viável transformar uma informação analógica e real numa informação virtual e digital.

A ascensão da tecnologia transformou progressivamente e digitalmente a nossa prática clínica. Enquanto, as imagens digitais bidimensionais (2D) em tempo real são, neste momento, a norma nas intervenções clínicas, as imagens tridimensionais estão a desenvolver-se rapidamente. Isto, tem influência na análise virtual das estruturas dentárias tais como a forma e a cor das arcadas e dos dentes tornando possível assim alcançar uma alta qualidade de resolução e precisão sobre os nossos futuros atos clínicos.

No que diz respeito aos exames complementares, a fotografia, os programas digitais e a imagiologia melhoraram consideravelmente a transmissão dos dados do paciente entre profissionais, permitindo assim fazer um diagnóstico mais completo e adequado para cada caso.

Por outro lado, com o crescimento da procura dos pacientes, a dentisteria estética está a tornar-se cada vez mais importante e está em constante evolução. Hoje em dia, o « sorriso digital » é elaborado com os conceitos do Digital Smile Design (DSD), permitindo fazer uma previsão do sorriso. De facto, reforça a previsibilidade e a precisão dos atos clínicos, tal como permite, do ponto de vista estético, estabelecer um planeamento mais específico. Além disso, a tecnologia recente « CAD-CAM », é usada para melhorar e acelerar o fabrico de peças dentárias de restauração indireta, facilitando a produtividade, eficiência e conforto dos cuidados na cadeira.

Palavras-chave: Tecnologia digital, CAD/CAM, intra-oral *scanner*, sorriso digital.

Abstract

Nowadays, digital technology influences the modern world of dentistry, including the Dentist's practice, by enabling the automated processing of information using computerized techniques, thus converting conventional methods into digital methods. This contribution and the virtualization of data have revolutionized the management of sometimes repetitive dental treatments, making them faster and less expensive. In fact, it has made possible to replace conventional impressions with alginate or silicone elastomers by optical impressions using an intraoral scanner. Thus, thanks to this device, it is feasible to transform analog and real information into virtual and digital information.

The rise of technology has progressively and digitally transformed our clinical practice. While real-time two-dimensional (2D) digital images are now the norm in clinical interventions, three-dimensional images are developing rapidly. This has an influence on the virtual analysis of dental structures such as the shape and color of the arches and teeth, making possible to achieve high quality resolution and accuracy on our future clinical acts. As far as complementary exams are concerned, photography, digital programs, and imaging have considerably improved the transmission of patient data between professionals, thus allowing a more complete and adequate diagnosis to be made for each case.

On the other hand, as patient demand grows, esthetic dentistry is becoming more and more important and is constantly evolving. Today, the *digital smile* is created with the concepts of Digital Smile Design (DSD), allowing the prediction of a smile. In fact, it reinforces the predictability and precision of clinical acts, as well as allowing, from an esthetic point of view, a more specific planning. Besides, the recent CAD/CAM technology is used to improve and speed up the manufacture of dental pieces for indirect restoration thus, facilitating the productivity, efficiency and comfort of chairside care.

Keywords: digital technology, CAD/CAM, intra-oral scanner, digital smile.

Índice Geral

Índice de Figuras	7
Índice de Tabelas	9
Lista de Siglas e Abreviaturas	10
I. Introdução	13
II. Desenvolvimento	15
1. As novas tecnologias digitais nos meios de diagnóstico.....	15
1.1. Nos elementos dentários.....	15
1.1.1. A fotografia digital.....	15
1.1.1.1 Protocolo.....	15
1.1.1.2. Material	16
1.1.2. A digitalização das impressões e dos modelos de estudo.....	20
1.1.3. A impressão digital	22
1.1.3.1. Generalidades.....	22
1.1.3.2. Material	22
1.1.3.3. A classificação	24
1.1.3.4. Os grandes sistemas de IOS.....	25
1.2. Na imagiologia.....	33
1.2.1. Os elementos radiográficos em 2D	35
1.2.2. Os elementos radiográficos em 3D	38
1.2.3. A inteligência artificial	40
1.3. Nos elementos informáticos	41
1.3.1. Os hardwares e softwares	41
1.3.1.1. Os hardwares	41
1.3.1.2. Os softwares	43
1.3.2. Os CAD/CAM	44
1.3.3. A impressão em 3D	49
1.3.4. A tele-dentisteria.....	53
2. A terapêutica com as novas tecnologias.....	54
2.1. Nos meios terapêuticos e a avaliação multidisciplinar	54
2.1.1. A contribuição da imagiologia combinada com a IA	54
2.1.2. A contribuição dos CAD/CAM.....	57
2.1.2.1. A impressão digital	57
2.1.2.2. O planeamento com os softwares	64
2.1.2.3. A conceção dos materiais	66
2.2. Acompanhamento e comunicação com o paciente.....	72
2.2.1. Gestão e imagem do consultório.....	72

2.2.2. Educação do paciente	72
2.2.3. Vantagens e Desvantagens	73
III. Conclusão	75
IV. Bibliografia	77
Anexos	

Índice de Figuras

Figura 1. Câmara fotográfica Canon EOS 77D (Adaptado de https://www.canon.fr)	17
Figura 2. Macro IS USM Canon RF 100mm F2.8L (Adaptado de https://www.canon.fr/lenses/canon-rf-100mm-f2-8l-macro-is-usm/).....	18
Figura 3. Canon Macro Ring Lite MR-14EX II (Adaptado de www.canon.fr)	18
Figura 4. Smile Lite MDP (Adaptado de www.styleitaliano.org)	19
Figura 5. <i>Scanner</i> digital extraoral Trios® F8 (Adaptado de www.3shape.com)	21
Figura 6. <i>Scanner</i> digital intraoral Trios® 4 (Adaptado de www.3shape.com)	21
Figura 7. <i>Scanner</i> intraoral com ecrã anexado (Adaptado de www.3shape.com)	23
Figura 8. <i>Scanner</i> intraoral portátil (Adaptado de www.axsysdental.com)	23
Figura 9. Sistema CEREC® AC com o <i>scanner</i> e teclado (Adaptado de www.dentsplysirona.com)	27
Figura 10. Sistema LAVA™ C.O.S e o <i>scanner</i> intraoral (Adaptado de multimedia 3M brochure, 2008)	28
Figura 11. Sistema iTero® com o <i>scanner</i> e ecrã anexado (Adaptado com permissão de Logozzo et al., 2014)	29
Figura 12. Sistema E4D com o <i>scanner</i> e unidade de fresagem (Adaptado com permissão de Logozzo et al., 2014)	31
Figura 13. Sistema Trios em versão Cart (Adaptado de www.3shape.com)	32

Figura 14. <i>Scanner</i> PSPIX 2 ACTEON (Adaptado de www.acteongroup.com)	35
Figura 15. Planmeca Promax® 3D Plus (Adaptado de www.planmeca.com)	39
Figura 16. Etapas de fabrico da peça protética através de 3 técnicas CAD/CAM diferentes (Adaptado de Fages et al., 2011)	47
Figura 17. Imagem da classificação das técnicas de AM segundo o tipo de materiais com base utilizada (Adaptado com permissão de Kafle et al., 2021)	50
Figura 18. Câmara Soprolife Acteon (Adaptado de www.acteongroup.com)	55
Figura 19. Imagens obtidas com a câmara Soprolife (Adaptado de www.acteongroup.com)	55
Figura 20. Imagem do <i>software</i> Allisone (Adaptado da Clínica Nobel Académie)	56
Figura 21. Imagem do Planeamento digital 2D e 3D através do <i>software</i> Exocad (Adaptado com permissão de Ortensi et al., 2021)	66
Figura 22. Imagem dos diferentes tipos de blocos de cerâmicas maquinados com mandris diferentes (Adaptado com permissão de Lambert et al., 2017)	70
Figura 23. Imagem dos diferentes tipos de blocos de resina maquinados com mandris diferentes (Adaptado com permissão de Lambert et al., 2017)	71

Índice de Tabelas

Tabela 1 - Critérios de prescrição de radiografias segundo a idade do paciente e o grau de desenvolvimento dentário (Adaptado de ADA, 2012)	34
--	----

Lista de Siglas e Abreviaturas

ADA- Associação Dentária Americana

ADF- Associação Dentária Francesa

ALARA- *As Low As Reasonably Achievable*

AM- *Additive Manufacturing*

APS- Sensor de Pixéis Ativos

ASTM- *American Society for Testing and Material*

CAD/CAM- *Computed Assisted Design / Computed Assisted Manufacturing*

CBCT- *Cone Beam Computed Tomography*

CCD- *Charge-Couple Device*

CMOS- Semicondutor Metal-Óxido Complementar

Cr-Co- Cromo Cobalto

DICOM- *Digital Imaging and Communication in Medicine*

DLP- *Digital Light Processing*

DMI- Dentisteria Minimamente Invasiva

DSD- *Digital Smile Design*

DSLR- *Digital Single Lens Reflex*

EOS- Extra Oral Scanner

FDA- *Food & Drug Administration*

FDI- Federação Dentária Internacional

FDM- Modelação por Deposição Fundida

HO- *High Opacity*

HT- *High Translucency*

IA- Inteligência Artificial

ICDAS- *International Caries Detection and Assessment System*

IOS- Intra Oral Scanner

ISO- *International Organization for Standardization*

LASER- *Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation*

LED- *Light Emission Diode*

LT- *Low Translucency*

MD- Médico Dentista

MIC- Maxima Intercuspidação

MO- *Medium Opacity*

NURBS- *Non-Uniform Rational B-Splines*
PEEK- *Polyether Ether Ketone*
PMS- *Practice Management System*
PMMA- *Polymethyl Methacrylate*
PPF- Prótese Parcial Fixa
PPR- Prótese Parcial Removível
PSP- *Photostimulable Phosphor Plates*
PVS- Polivinil Siloxano
3DP- *3D Printing*
RVG- *Radio Visio Graphy*
SFR *Screen Film Radiography*
SLA- *Stereolithography*
SLS- Sinterização Seletiva por Laser
STL- Linguagem Padrão de Tesselação
TAC- Tomografia Computadorizada
TCO- Tomografia de Coerência Ótica
TI- Tecnologia Informática
Y-TZP- Zircónia tetragonal policristalina estabilizada por ítrio

I. Introdução

Nos últimos anos, o termo *digital* tornou-se cada vez mais comum em Medicina Dentária. Esta palavra, representando os diferentes aspetos de um processo de tratamento dentário realizado através de tecnologias digitais, está atualmente a revolucionar e mudar o fluxo de trabalho e, conseqüentemente, os procedimentos operacionais (Mangano et al., 2016).

Com a ajuda de dados informáticos, que progrediram com a industrialização de processadores e computadores, o desenvolvimento da digitalização está constantemente a mudar a imagem da clínica dentária, especialmente com a administração digital (Schleyer & Spallek, 2001). Mas não só isso, o papel dos profissionais de saúde também mudou significativamente. Os novos sistemas digitais estabeleceram-se rapidamente e continuam a oferecer novas soluções e novas abordagens de tratamento em todas as áreas da Medicina Dentária (Rekow, 2020).

A utilização de *softwares* informáticos perfeitamente adaptados significa poupança de tempo, maior conforto e novas possibilidades de gestão. No entanto, ser capaz de se manter informado com novos produtos ou *softwares* no mercado requer atualização por parte do Médico Dentista, destacando-se a importância de verificar se a próxima aquisição está de acordo com os seus valores e necessidades profissionais (Van Der Zande et al., 2018).

O desenvolvimento simultâneo de redes sociais, capacidades informáticas e de armazenamento levou à criação de tecnologias mais centradas nas necessidades do utilizador individual e, por conseguinte, de novas características que incorporaram a tecnologia em todos os aspetos das nossas vidas. A chegada dos CAD/CAM nos anos 90 revolucionou particularmente o mundo da Reabilitação Oral, pois permitiu aos profissionais criarem restaurações dentárias, reduzindo significativamente os passos que os métodos convencionais de fabrico exigem, permitindo assim uma mudança dos métodos analógicos para os digitais (Turkyilmaz et al., 2022).

Com o advento das tecnologias digitais, tais como o *scanner* intraoral, o *Cone Beam* (CBCT), os *softwares* de planeamento, as impressoras 3D ou ainda a modelação 4D com oclusão dinâmica, a comunicação entre laboratórios e consultórios dentários está

a tornar-se cada vez mais rápida e quase instantânea. A combinação de IOS com CAD/CAM torna possível realizar as fases de preparação, impressão e restauração do tratamento numa única visita (Mangano et al., 2016; Turkyilmaz et al., 2022).

Além disso, através da comunicação digital, e mais particularmente, da tele-dentisteria, é possível fazer diagnósticos à distância através de computadores ou *smartphones*. Este fenómeno foi predominantemente presente durante a pandemia de Covid-19 e permitiu aos profissionais de saúde manter a ligação com os seus pacientes e tranquilizá-los (DaSilva et al., 2022).

De acordo com a Federação Dentária Internacional (FDI), a Medicina Oral está a evoluir e a tornar-se mais complexa devido a um maior acesso à informação por parte dos pacientes e a um maior interesse pela estética. O seu lugar é cada vez mais importante e é, hoje em dia, uma grande preocupação em todas as áreas da Medicina Dentária. Após 30 anos da chegada dos CAD/CAM, o surgimento da inteligência artificial, uma técnica que tem sido recentemente utilizada para fornecer algoritmos para a tomada de decisões clínicas, é a nova revolução tecnológica que irá mudar a forma como todas as áreas do esforço humano funcionam, incluindo a Medicina Dentária (Lee et al., 2022).

Neste sentido, esta revolução digital levanta as seguintes questões:

- O fluxo da tecnologia digital teve algum impacto no diagnóstico e tratamento dentário, ou na organização na Medicina Dentária?
- Estas mudanças estão a influenciar a Medicina Dentária para uma prática totalmente digital?
- Haverá algum impacto na relação com os pacientes?

O objetivo desta revisão narrativa é responder a estas diferentes questões. Em primeiro lugar, estudar as várias contribuições digitais como meios de diagnóstico e, em segundo lugar, a terapia com a contribuição destas novas tecnologias.

Neste sentido, esta pesquisa bibliográfica baseou-se numa base de dados da Pubmed, Scielo, B-on, Google Scholar, Cochrane e também de livros e revistas atuais do arquivo da biblioteca da IUEM nos 20 últimos anos. Como critérios de pesquisa, foram considerados a língua de publicação em inglês, português e francês.

II. Desenvolvimento

1. As novas tecnologias digitais nos meios de diagnóstico

1.1. Nos elementos dentários

1.1.1. A fotografia digital

Embora a fotografia seja amplamente utilizada na indústria digital, está cada vez mais estabelecida no campo da Medicina Dentária. De facto, para realizar um plano de tratamento e complementar os dados do paciente, é essencial, hoje em dia, recorrer a uma série de fotografias. Existem diferentes protocolos no mercado, sendo o mais completo inclui um total de 24 fotografias, 12 antes do tratamento e 12 depois do tratamento.

1.1.1.1 Protocolo

- Fotografias sem afastadores:

- Retrato natural - vista de frente
- Sorriso natural - vista de frente
- Sorriso natural - vista lateral direita
- Sorriso natural - vista lateral esquerda

- Fotografias com afastadores:

- Arcadas ligeiramente afastadas (vista frontal, vista lateral direita e vista lateral esquerda)
- Bloco incisivo canino maxilar - vista frontal
- Bloco incisivo canino maxilar - vista lateral direita
- Bloco incisivo canino maxilar - vista lateral esquerda

- Fotografias com afastadores e espelho:

- Arcada maxilar - vista oclusal
- Arcada mandibular - vista oclusal

Uma imagem é composta por um conjunto de pontos chamados pixéis que estão contidos numa tabela bidimensional. Quanto maior for o número de pixéis, maior será a resolução da imagem. Por outras palavras, quanto maior for a resolução, mais nítida e mais precisa será a qualidade da imagem.

Todas as imagens devem ser corretamente expostas e deve remover-se qualquer fator que possa comprometer a qualidade, e a avaliação clínica vista dos examinadores. Na fotografia dentária, os erros comuns são a sobre ou subexposição, uma inclinação e angulação errada, o desfoco, uma ampliação excessiva ou insuficiente, ou ainda um enquadramento e retração inadequados.

Para se obterem bons resultados, requer-se um ângulo e uma posição adequados em relação ao sujeito, bem como um fundo uniforme e sem distração, enquadramento, exposição e foco adequados. Os graus de ampliação corretos são 1:1, 1:2 e 1:10.

Por outro lado, o uso dos afastadores, de contrastes pretos em silicone (de tipo *Flexipalette Styleitaliano*) e de um espelho também são fatores importantes e é fortemente aconselhado o trabalho a quatro mãos.

1.1.1.2. Material

Há atualmente vários tipos de câmaras no mercado mundial, sendo os aparelhos compactos, Reflex analógicos de filme (*Single Lens Reflex* ou SLR) e digitais (*Digital Single Lens Reflex* ou DSLR) os mais usados. A única diferença entre os dois últimos é a digitalização da marca porque de facto, tornou possível a substituição do filme real por um sensor digital.



Figura 1. Canon EOS 77D (Adaptado de <https://www.canon.fr/cameras/eos-77d/>)

As câmaras SLR continuam a ser o padrão para uso profissional na Medicina Dentária e serão as mais utilizadas devido à sua flexibilidade e pela qualidade das fotografias obtidas.

Estas máquinas são únicas na medida em que capturam o movimento mais rapidamente, proporcionando ao mesmo tempo um controle completo e criativo sobre o resultado (Hinet et al., 2012).

Para realizar fotografias extraorais e intraorais de qualidade superior, é necessário ter acessórios básicos tais como uma câmara DSLR, *Canon EOS 77D* (Figura 1), uma lente *Canon Macro 100mm* (Figura 2) e um flash anelar (Figura 3), por exemplo. Existem dois tipos de flash, o anelar que é convencional, mais versátil e fácil de manusear e o *twin flash*, que permite fazer fotografias mais dinâmicas e criativas. Além disso, é importante priorizar sensibilidade de ISO baixas (100, 200 e 400) porque melhoram a qualidade de imagem (Ahmad, 2009; Hinet et al., 2012).

Por outro lado, a associação dessas câmaras com um computador permite utilizar as fotografias e partilhá-las com o paciente, bem como com outros Médicos Dentistas ou com o técnico de prótese dentária (Ahmad, 2009; Hinet et al., 2012).



Figura 2. Canon RF 100mm F2.8L Macro IS USM
(Adaptado de <https://www.canon.fr/lenses/canon-rf-100mm-f2-8l-macro-is-usm/>)



Figura 3. Canon Macro Ring Lite MR-14EX II
(Adaptado de www.canon.fr)

É mais fácil tirar fotografias com os nossos telemóveis e também pode ser uma alternativa para quem não tem o material adequado. De facto, a fotografia digital pode ser um verdadeiro travão para os Médicos Dentistas, devido ao investimento relativamente elevado, à complexidade da utilização das câmaras DSLR e aos protocolos anexos. É por este motivo que o Doutor Louis Hardan teve a brilhante ideia de criar o conceito revolucionário com o *Smile Lite* e *Styleitaliano*. O lançamento do *Smile Lite Mobile Dental Photography* (Figura 4) teve lugar em 2017 (Hardan & Moussa, 2020).

Esta ferramenta pode ser comparada a um pequeno estúdio fotográfico tendo como objetivo obter imagens de qualidade semelhante às das câmaras DSLR. Com os seus numerosos acessórios, incluindo *LEDS*, pode ser utilizado como flash duplo, anel de luz ou ambos em simultâneo. Além disso, o seu filtro polarizador realça as características internas do dente, permitindo ao MD escolher a cor da resina composta. Este produto acessível a todos, pode ser utilizado tanto por estudantes como por dentistas, funciona com todos os modelos de *smartphones*, tornando a aprendizagem e a comunicação mais fáceis e rápidas (Hardan & Moussa, 2020).



Figura 4. *Smile Lite Mobile Dental Photography*
(Adaptado de <https://products.styleitaliano.org/smileline/smilelite-mdp/>)

Embora, estes dispositivos permitam a captura de imagens de qualidade satisfatória e moderada e uma melhor fluidez na partilha dos ficheiros, as câmaras, continuam a ser o objeto de referência ou o *gold standard*.

Desta forma, esta ferramenta permite valorizar o trabalho do MD e também seguir o tratamento completo do paciente. Apesar de levantar preocupações sobre a sua utilização e o seu interesse, o equipamento necessário e o protocolo são acessíveis e universais a todos. Por outro lado, esta, é multifuncional, e um excelente meio de diagnóstico, otimizando a forma de comunicar com o paciente e entre profissionais. De facto, tornou possível a melhoria dos cuidados multidisciplinares do paciente.

1.1.2. A digitalização das impressões e dos modelos de estudo

O princípio básico da digitalização baseia-se, portanto, num objeto colocado num campo de luz que provoca uma distorção da luz. Segundo François Duret, para uma impressão ótica, a informação deriva da perturbação da luz na superfície do dente. É esta superfície dentária que provoca a perturbação da radiação, e é a análise subsequente desta radiação que permite a sua modelação digital (Duret, 1973).

O objetivo é então descodificar e medir a perturbação que o objeto impõe a um espaço conhecido e estável, o que conduzirá à medição da forma do objeto. Neste sentido, a impressão ótica é considerada como o registo de uma perturbação, ou a medição de uma deformação.

Para conduzir a um modelo dentário virtual, os *scanners* digitais são classificados de acordo com o tipo de digitalização: a digitalização extraoral e intraoral. A primeira é conseguida através de *scanners* digitais extraorais (figura 5) de uma impressão convencional no consultório ou do modelo de gesso a partir dessa impressão. Essa técnica é automatizada e indireta, permitindo o controlo do posicionamento, da distância, velocidade e acessibilidade das áreas a registar. A última, é uma técnica direta e mais rápida, que requer sistemas de *scanners* digitais intraorais (figura 6) adaptados à cavidade oral, dando origem a um modelo de trabalho indispensável para a conceção e fabrico (CAD/CAM) das restaurações dentárias (Ting-shu & Jian, 2015).

O processo de digitalização com *scanners* intraorais consiste em percorrer suavemente todas as superfícies dentárias e estruturas adjacentes num único movimento. Isto, gera informações sucessivas que criam um modelo digital tridimensional. Durante a digitalização, a câmara deve ser mantida perto da superfície do dente, a cerca de 1 centímetro, e recomenda-se a digitalização dos dentes adjacentes e dos contactos oclusais. Os IOS normalmente projetam o procedimento em tempo real nos monitores, e uma vez que a digitalização é feita, o modelo resultante pode ser visto e analisado de qualquer ângulo no ecrã (Logozzo et al., 2014; Landwerlin & Fages, 2014; Ting-shu & Jian, 2015).



Figura 5. Scanner digital extraoral Trios® F8 (Adaptado de www.3shape.com)

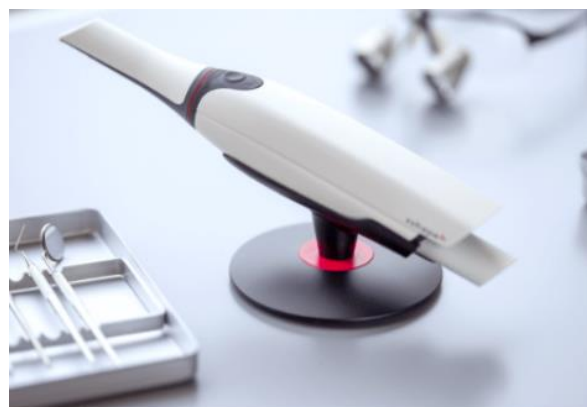


Figura 6. Scanner digital intraoral Trios® 4 (Adaptado de www.3shape.com)

1.1.3. A impressão digital

1.1.3.1. Generalidades

A impressão digital, que está no centro da revolução digital, está a ganhar crescente popularidade e a tornar-se uma alternativa às impressões convencionais (Abduo & Elseyoufi, 2018). Acima de tudo, a impressão dentária é definida como um processo que cria uma cópia exata da forma dos dentes e dos tecidos orais. Utilizadas em próteses totais, removíveis ou ainda em ortodontia, elas representam o principal meio de comunicação entre a clínica e o laboratório dentário (Cicciù et al., 2020).

A primeira impressão foi concebida na década de 70 pelo Professor e Doutor francês François Duret, pioneiro da CAD/CAM. É, atualmente, considerado como o pai da odontologia digital moderna. Enquanto aluno do 3º ano na Faculdade de Odontologia da Universidade Claude Bernard, em Lyon (França), decidiu fazer a sua tese sobre este projeto intitulado *Empreinte Optique* (impressão ótica) (Logozzo et al., 2014; Pelissier et al., 2016).

1.1.3.2. Material

O *scanner* digital é um dispositivo de medição ótica sem contacto, equipado com um sensor de fotografia digital que é colocado em frente das faces dentárias para obter uma impressão dentária numérica (Soenen et al., 2015). É aproximadamente do tamanho de um contra ângulo, ligeiramente maior e não invasivo. Este dispositivo útil evita qualquer desconforto ao paciente, ao mesmo tempo permite ter uma visão geral da saúde oral e otimiza assim o tempo na cadeira (Abduo & Elseyoufi, 2018).

No mercado, existem várias gamas diferentes de dispositivos, com ou sem fios, com ou sem ecrã anexado (figura 7) ou ainda ligados a um computador (figura 8). Alguns deles têm também uma iluminação *LED*, o que pode melhorar a qualidade e a resolução da imagem.



Figura 7. Scanner Intraoral com ecrã anexado portátil (Adaptado de www.3shape.com)

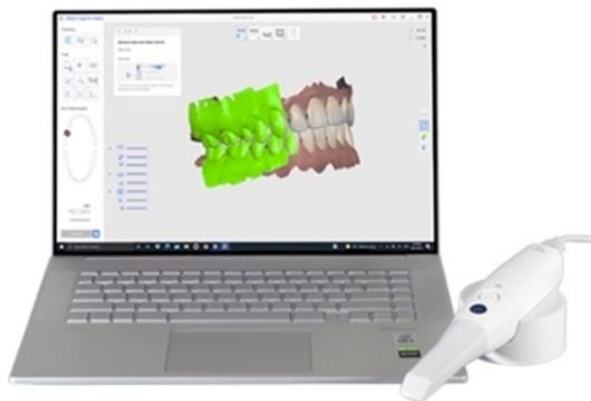


Figura 8. Scanner Intraoral portátil
(Adaptado de <https://www.axsysdental.com/NOC/medit-i700-intraoral-scanner>)

A visualização da impressão é feita em direto no ecrã ou computador, permitindo ao profissional retificar as áreas em falta ou com falhas. De facto, graças à pré-visualização em 3D, é permitida a obtenção de uma imagem ampliada e mais precisa. Em caso de necessidade, a retificação é quase instantânea e consoante o caso, pode ser preciso repetir algumas áreas para melhorar a qualidade da impressão (Ting-shu & Jian, 2015).

Para além de ser ergonómica, fornece também uma impressão desmaterializada que permite obter dados exatos e inalteráveis do paciente. Segundo Soenen et al., (2015) esta etapa, dependendo da experiência do Médico, do caso do paciente e do sistema de impressão usado, pode demorar em média de 2 a 5 minutos (Soenen et al., 2015).

Em 2017, um estudo sobre as características de 17 IOS de marcas diferentes, foi feito no *International Dental Show* e o tempo necessário para fazer a impressão da arcada completa era de 1 a 10 minutos, com a maioria de 1 a 3 minutos (Hsuan, 2017).

A impressão digital decorre em três etapas. O primeiro passo é a toma da impressão da arcada que se pretende reabilitar, depois o seu antagonista e finalmente as duas arcadas em máxima intercuspidação (MIC) de vista vestibular (Soenen et al., 2015).

1.1.3.3. A classificação

É importante notar que os sistemas de *scanners* digitais são todos equipados com:

- um emissor, um feixe de luz projetado sobre um objeto.
- um recetor, um sensor fotossensível que analisará a deformação da luz sobre o objeto.
- o computador equipado com um *software* analisando a imagem distorcida recebida e deduzindo as coordenadas 3D dos pontos de superfície.

As câmaras podem ser classificadas de acordo com a fonte luminosa *LED* ou *LASER*, e com o método de registo, incluindo uma ou várias imagens instantâneas *point & click* ou um vídeo em movimento em 3D ou *full motion* (Landwerlin & Fages, 2014).

Segundo a fonte luminosa *LED* ou *LASER*, encontra-se:

- a tecnologia com a projeção de vários pontos *LASER* chamada a “técnica da microscopia confocal” usada nos sistemas iTero[®], E4D[®] ou Planscan[®].
- a tecnologia com a técnica da “triangulação ativa” com a emissão de luz azul usada no sistema CEREC[®] Bluecam.
- a tecnologia baseada no princípio do *active wavefront sampling* com a projeção de luz usada no sistema Lava[™] C.O.S.
- a tecnologia baseada em *ultrafast optical sectioning technology* com a projeção de um feixe laser usada no sistema Trios[®] (Landwerlin & Fages, 2014; Abduo & Elseyoufi, 2018).

Segundo o método de registo, encontra-se:

- uma série de fotografias instantâneas para obter uma imagem completa *point & click* para os sistemas E4D[®], CEREC[®] BlueCam ou Itero[®].
- um fluxo de vídeo *full motion* em 3D disponível nos sistemas LAVA[™] C.O.S., Trios ou CEREC[®] Omnicam. A digitalização é contínua, resultando num filme da arcada dentária. O fluxo de vídeo pode ser interrompido e retomado em qualquer altura para obter a imagem 3D da área desejada (Logozzo et al., 2014; Landwerlin & Fages, 2014; Abduo & Elseyoufi, 2018).

Alguns IOS possuem a opção para obter um padrão de cor, mais ou menos realista. Esta aquisição fornece uma impressão 3D semelhante ao tecido dentário facilitando a leitura de alguns elementos, nomeadamente os limites das preparações complexas justagengivais.

Para obter a imagem desejada, várias diferentes técnicas de medição podem ser escolhidas. Por conseguinte, há uma diferença entre os métodos de medição tridimensional e a cor.

1.1.3.4. Os grandes sistemas de IOS

Ao longo dos últimos 15 anos, os fabricantes foram cada vez mais criativos na melhoria da utilização e desempenho dos sistemas de impressão digital na cadeira ou *chairside*. A impressão numérica foi introduzida pela empresa francesa Henson, seguida pela Siemens, e foi clinicamente implementada no início dos anos 2000 com a quarta geração da CEREC[®] da Sirona e outros sistemas como Lava[™] C.O.S., iTero[®], E4D[®], Trios[®] (Duret et al., 2010).

O sistema CEREC®

Acrónimo para *Chairside Economical Restoration of Esthetic Ceramics*, foi o primeiro sistema mais amplamente comercializado e utilizado no mundo.

Após várias evoluções da CEREC AC (figura 9), a Sirona™ introduziu uma nova unidade de tomada de impressões e fez progressos técnicos tanto para a câmara como para o *software* associado. O CEREC® AC é baseado numa unidade autónoma móvel com o ecrã, teclado e rato para navegar no ecrã, com o *scanner* IOS e o *software* CAD. O CEREC® AC Bluecam e o CEREC® AC Omnicam são os dois *scanners* disponíveis no mercado atualmente, com diferentes características.

Comercializado no mercado em 2012, o mais predominante é o CEREC® de quarta geração, conhecido como CEREC® AC Omnicam (Logozzo et al., 2014; Ting-shu & Jian, 2015).

Estes sistemas podem combinar duas técnicas de fonte luminosa baseando-se nos princípios básicos da microscopia confocal e da triangulação ativa.

A Bluecam, antes da digitalização, requer a aplicação de pó (CEREC® *Optispray*) na superfície da preparação dentária, para melhorar a leitura (Abduo & Elseyoufi, 2018).

Ao contrário da Bluecam, a Omnicam utiliza um estilo de imagem contínua ou *full motion* conhecido como "aquisição de dados consecutiva" para gerar um modelo 3D da impressão dentária. Isto, significa que a Omnicam captura múltiplas imagens em sucessão rápida, que são depois combinadas para criar um modelo 3D altamente detalhado e preciso da anatomia dentária (Logozzo et al., 2014; Ting-shu & Jian, 2015).

Mais recentemente, em fevereiro de 2019, a empresa comercializou a quinta geração CEREC® com o Primescan AC e o *software* CEREC® 5. A chegada deste conceito permitiu uma atualização significativa para as capacidades já impressionantes deste sistema. Com a inserção da inteligência artificial (IA), o *software* tem a capacidade de reconhecer qualquer superfície ou restaurações dentárias com alta precisão, automatizando nomeadamente os eixos dos modelos e as margens das preparações. Em comparação com o Omnicam, o Primescan tem a cabeça do *scanner* ligeiramente maior, botões e teclado tácteis que facilitam consideravelmente a desinfeção e esterilização e uma captura de dados ainda mais rápida (Skramstad, 2019).



Figura 9. Sistema CEREC® Primescan AC com o scanner e teclado
(Adaptado de www.dentsplysirona.com)

O sistema Lava™ C.O.S

Lançado pela empresa americana 3M ESPE em 2008, o sistema LAVA™ (figura 10) é a evolução da câmara C.O.S para *Chairside Oral Scanner*. Este sistema possui o método de captura de dados 3D baseada no princípio *active wavefront sampling* com projeção de luz estruturada. Este método de digitalização foi nomeado tecnologia *3D-in-Motion* pela 3M ESPE. A última versão chamada Lava™ True Definition baseia-se no mesmo princípio com um desenho simplificado, incluindo menos lentes (Logozzo et al., 2014). Tal como o sistema CEREC® Bluecam, para digitalizar a superfície com eficácia e localizar os pontos de referência, é imperativo aplicar pó apenas quando estiver limpa e seca (Ting-shu & Jian, 2015).

Por outro lado, o Médico Dentista tem a capacidade de rodar e ampliar a vista apresentada no ecrã, e pode também mudar entre uma imagem 3D e uma 2D. No caso de falhas que afetem dados importantes, o MD pode facilmente realizar um registo direcionado dessa área específica e confiar no *software* para corrigi-lo (Logozzo et al., 2014). Uma vez recolhidos os dados, pode enviar-se o ficheiro digital ao laboratório a fim de cortar a zona da preparação dentária e marcar a margem. Por último, a 3M ESPE

recebe o ficheiro digital e utiliza-o para gerar um modelo de estereolitografia (SLA) (Logozzo et al., 2014; Ting-shu & Jian, 2015).

O sistema Lava™ dispõe de um IOS, um *scanner* extra-oral, *software* CAD dedicado ao Lava™ C.O.S *Lab* e unidades de fresagem. Mas graças a acordos entre as diferentes empresas, os *scanners* dentários como o Dental Wings (aberto), 3Shape (aberto) e Lava™ podem receber os ficheiros de impressão do *scanner* Lava™ C.O.S tornando-o num sistema semi-aberto (Ting-shu & Jian, 2015).



Figura 10. Sistema LAVA™ C.O.S e *scanner* IOS (Adaptado de <https://multimedia.3m.com/mws/media/5338790/lava-cos-patient-brochure.pdf>)

O sistema iTero®

O sistema iTero® (figura 11), desenvolvido pela empresa americana Cadent em 2007 e recentemente adquirido pela AlignTechnnology™, captura todos os tecidos da cavidade oral sem uso de pó e em *full motion*, originando uma imagem a cores. A câmara, baseada no princípio da microscopia confocal, emite um laser vermelho, como fonte de luz, e a luz refletida pelas estruturas é captada pelo *scanner*, e convertida numa informação digital (Logozzo et al., 2014; Ting-shu and Jian, 2015).

Tendo uma cabeça superior à encontrada nos outros sistemas, incluindo uma paleta de cores na própria unidade de aquisição de imagem, foi o primeiro sistema de impressão intraoral sem pó (*powder-free*) no mercado. Atualmente, a utilização de um

revestimento em pó tem tendência a desaparecer e abre caminho a uma gama ampla de sistemas de IOS *powder-free*. Semelhante aos sistemas mencionados anteriormente, o procedimento da impressão é enviado e tratado pelas instalações de *Cadent* e ao laboratório com o *software wireless*. Originalmente destinada à prática geral, esta câmara deixou a sua marca no campo da ortodontia graças à produção de alinhadores tais como o sistema Invisalign® (Logozzo et al., 2014; Ting-shu and Jian, 2015).

O iTero® é um sistema aberto, podendo ser utilizado para o fabrico de coroas, próteses parciais fixas, facetas, alinhadores e retentores (Logozzo et al., 2014; Ting-shu and Jian, 2015).



Figura 11. Sistema iTero® com o IOS e ecrã anexado
(Adaptado com permissão de Logozzo et al., 2014)

O sistema E4D®

O sistema E4D® (figura 12) foi desenvolvido por uma empresa americana D4D Technologies LLC (Texas). É um sistema CAD/CAM completo e aberto que inclui o IOS, uma unidade CAD/CAM e uma unidade de fresagem (Logozzo et al., 2014). O IOS, chamado *Intraoral Digitazer*, funciona com a tomografia de coerência ótica (TCO) ou sensor confocal com uma fonte *LASER* (Logozzo et al., 2014).

Esta câmara não requer o uso de pó, mas a aplicação de um agente de contraste (E4D *opaquer medium*) para melhorar a captura das estruturas dentárias. Este dispositivo é capaz após a leitura pelo *software*, de detetar automaticamente a linha de terminação da preparação dentária, possibilitando, também, a sua correção. De seguida, é usada uma ferramenta de desenho designada Autogenesis™ no computador, com o objetivo de sugerir uma restauração, a partir da sua biblioteca anatómica dentária (Logozzo et al., 2014; Ting-shu and Jian, 2015).

O E4D® permite fazer um registo intraoral, mas também o registo num modelo ou a partir de uma impressão convencional. Desde 2011, a evolução da câmara tornou possível a impressão em *full motion*. Semelhante aos sistemas CEREC® AC Bluecam e Omnicam, o sistema E4D® pode ser usado como um sistema *in-office* ou *chairside*, possibilitando a confecção de estruturas protéticas só numa consulta (Logozzo et al., 2014; Ting-shu and Jian, 2015).



Figura 12. Sistema E4D com o *scanner* e unidade de fresagem
(Adaptado com permissão de Logozzo et al., 2014)

O sistema TRIOS®

O lançamento da câmara Trios® (figura 13) foi anunciado pela marca dinamarquesa 3Shape em 2010, e foi desenvolvido ao longo dos anos. Este sistema oferece vários tipos de câmaras Trios®, que foram comercializadas desde 2011. O sistema é composto por uma câmara intraoral e um *software* dedicado funcionando segundo os princípios da microscopia confocal, e o *ultrafast optical sectioning*, com um tempo de *scanning* rápido. Bem como os outros sistemas CEREC® AC Omnicam, iTero® ou E4D®, Trios® é *powder-free* (Logozzo et al., 2014; Ting-shu and Jian, 2015).

É apresentado como os sistemas concorrentes num suporte, montado numa roda tipo Cart, ou simplesmente com uma câmara a ser ligada a um computador por meio de uma ligação USB equipada com o *software* apropriado. Para esta configuração é necessário assegurar que o computador é suficientemente potente para suportar o *software* e vê-lo a funcionar sem problemas. A câmara tira cerca de 3000 imagens 2D por segundo, depois as imagens são correlacionadas umas com as outras pelo CAD para formar o modelo virtual 3D, resultando em até 1000 imagens 3D com geometrias fiáveis (Logozzo et al., 2014; Ting-shu & Jian, 2015).

A câmara Trios® está, portanto, disponível em três modelos *standard* ou a cores: *Trios Cart* (carrinho móvel) (figura 13), *Trios POD* (suporte ligado a um computador) e *Trios Chair Integration* (integrado na cadeira). 3Shape oferece uma plataforma *3Shape Communicate* para comunicação em tempo real com o técnico dentário e um *cloud* onde são criados registos virtuais de pacientes com informações de casos clínicos e podem ser acedidos em qualquer altura através de uma aplicação IOS para *smartphones* ou tablets (3Shape, n.d.).



Figura 13. Trios Cart Scanner (3shape) (Adaptado de www.3shape.com)

Outros sistemas

- **Planmeca**

Recentemente, surgiram outros sistemas de *scanners* tal como o Emerald[®] S (última versão do Esmerald[®] 2017) pela empresa finlandesa Planmeca em 2021. O IOS é dotado de 3 cabeças diferentes incluindo uma específica chamada *Cariosity*, que ajuda o MD na deteção de lesões de cárie e de cores, graças a transiluminação (luz infravermelha). É um sistema que combina todo o fluxo de trabalho restaurador desde a digitalização intraoral até à conceção e fabrico da restauração com Planmeca *PlanCAD Easy*, permitindo aos consultórios dentários produzir restaurações dentárias para os seus pacientes numa única consulta. Todavia, este sistema está disponível só em versão POD, ligado num PC com cabo USB (Casas, 2019; Esmerald Brochure, n.d.).

- **Medit**

Presente há muito tempo no mercado dos *scanners* de laboratório, Medit i500 foi criada pela sociedade coreana. Desde o seu lançamento em 2019, conheceu um sucesso explosivo nos consultórios dentários, dando lugar à chegada da última versão sem fio, o i700 *wireless* em 2022 (Medit i700 Brochure, 2021).

O *software* Medit tem várias funcionalidades, o que o torna útil, no entanto, pode ser confuso para os utilizadores inexperientes. Recentemente, foram integradas aplicações semelhantes às encontradas no 3Shape, como o *SmileDesign*, simulações ortodônticas, controlo de movimentos dentários, criação de modelos e dentes provisórios. Por outro lado, o acesso às atualizações e aos laboratórios é gratuito e o armazenamento no *cloud* é muito simples e eficiente. Contudo, o tempo de pós-processamento após a digitalização é um pouco longo (Casas, 2019; Medit i700 Brochure, 2021).

1.2. Na imagiologia

As radiografias dentárias são meios complementares de diagnóstico imprescindíveis para o exame clínico, quer seja intraoral ou extraoral, em duas ou três dimensões. De facto, uma vez que melhoram o diagnóstico do Médico, ajudam a determinar presença de lesões de cárie, abscessos, quistos ou tumores, o nível ósseo e grau de doença periodontal, disfunção na ATM ou ainda o desenvolvimento e a localização exata dos dentes (Bonnet & Bellaiche, 2017).

Segundo a Associação Dentária Americana (ADA, 2012), a prescrição de radiografias é recomendável de acordo com alguns critérios, podendo não ser aplicável a todos os pacientes. Por exemplo, a ortopantomografia não deve ser realizada sistematicamente para cada novo paciente. No entanto, é indicada em caso de sinais da doença durante o exame clínico. Contudo, o Médico Dentista deve respeitar o princípio do ALARA (*As Low As Reasonably Achievable*) baseando-se numa baixa dose de radiação (tabela 1) (ADA, 2012).

Tabela 1. Critérios de prescrição de radiografias segundo a idade do paciente e o grau de desenvolvimento dentário.

Tipo de avaliação	IDADE DO PACIENTE E FASE DE DESENVOLVIMENTO DENTÁRIO				
	Criança com dentição decídua (antes da erupção do primeiro dente permanente)	Criança com dentição temporária (após a erupção do primeiro dente permanente)	Adolescente com dentição permanente (antes da erupção dos terceiros molares)	Adulto, dentado ou parcialmente edêntulo	Adulto, edêntulo
Novo paciente em avaliação para doenças orais	Exame radiográfico individualizado que consiste em vistas periapicais/oclusais selecionadas e/ou bitewings posteriores se as superfícies proximais não puderem ser visualizadas ou sondadas. Os pacientes sem evidência de doença e com contactos proximais abertos podem não necessitar de um exame radiográfico nesta altura.	Exame radiográfico individualizado que consiste em bitewings posteriores com exame panorâmico ou bitewings posteriores e imagens periapicais selecionadas.	Exame radiográfico individualizado que consiste em bitewings posteriores com exame panorâmico ou bitewings posteriores e imagens periapicais selecionadas. Um exame radiográfico intraoral da boca completa é preferível quando o paciente tem evidência clínica de doença oral generalizada ou um historial de tratamento dentário extenso.	Exame radiográfico individualizado, com base nos sinais e sintomas clínicos.	
Paciente com cárie clínica ou com risco aumentado de cárie	Bitewings posterior a intervalos de 6-12 meses se as superfícies proximais não puderem ser examinadas visualmente ou com uma sonda	Bitewings posterior a intervalos de 6-18 meses		Não aplicável	
Paciente sem cáries clínicas e sem risco aumentado de cáries	Bitewings posterior a intervalos de 12-24 meses se as superfícies proximais não puderem ser examinadas visualmente ou com uma sonda	Bitewings posterior a intervalos de 18-36 meses	Bitewings posterior a intervalos de 24-36 meses	Não aplicável	

(Adaptado de ADA, 2012).

1.2.1. Os elementos radiográficos em 2D

As radiografias bidimensionais incluem as radiografias intraorais (bite-wings, periapicais) e extraorais (ortopantomografia, telerradiografia). Os Médicos Dentistas tendem a usar com mais frequência as radiografias intraorais porque fornecem resultados mais fiáveis. Sendo mais rápidas e fáceis de usar, elas permitem determinar, de imediato, o estado dos dentes e dos tecidos circundantes (Bonnet & Bellaiche, 2017).

Existem duas técnicas de radiografias intraorais 2D digitais, cada uma com as suas vantagens e desvantagens, a primeira usa películas de fósforo e a outra, mais recente, usando um sensor digital. A radiografia convencional, o *Screen Film Radiography* (SFR), funciona a partir de películas de fósforo que são desenvolvidas utilizando uma técnica semelhante às fotografias de câmaras. O seu processo de revelação das imagens requer muito tempo e estas, não eram automaticamente digitalizadas antigamente e necessitaram de produtos de revelação, fixadores, pinças, negatoscópios e salas equipadas de materiais adequados. Elas foram desenvolvidas em salas escuras, mas atualmente, as placas de fósforo são fotoestimuláveis (*photostimulable phosphor plates*). De facto, em vez de serem obtidas num filme, elas são impressas numa placa reutilizável que é revestida com uma camada de fósforo que absorve os raios X e depois são desenvolvidas digitalmente através de *scanners* (figura 14) (Jayachandran, 2017; Noorsaaed et al., 2021).



Figura 14. Scanner PSPIX 2 ACTEON (Adaptado de www.acteongroup.com)

A radiografia convencional foi a ferramenta exclusiva utilizada pelos Médicos Dentistas durante décadas. Contudo, a chegada da radiografia digital está a prevalecer no consultório, dando resultados comparáveis à radiografia clássica e várias vantagens tais como a qualidade, o tempo do procedimento ou ainda o preço.

A radiografia digital foi introduzida na meia década de 1980, nomeadamente em 1987 com a primeira radiografia digital RVG para *Radio Visio Graphy* lançada pelo Doutor Francis Mouyen. O desenvolvimento do equipamento de RVG foi possível graças à criação de um sensor de imagem chamado CCD para *Charge-Couple Device* elaborada pelo físico e engenheiro, Paul Suni. Em vez de um filme, a radiografia digital computadorizada utiliza um sensor especial de estado sólido para recolher imagens de alta resolução, e depois armazena e apresenta-as como imagens melhoradas no ecrã do computador (Jayachandran, 2017).

Os sensores de imagem digitais são responsáveis pela captura da imagem e funcionam da mesma forma que os filmes das câmaras fotográficas analógicas. Entre os diferentes sistemas digitais, eles enquadram-se em 3 categorias: indirectos, directos e semi-directos.

Há, portanto, 2 sistemas principais:

- as radiografias de fósforo ou PSPs: semelhantes à convencional, digitalizadas antes da visualização através de um *scanner* e depois são convertidas numa imagem numérica para o diagnóstico (Noorsaaed et al., 2021; Şeker et al., 2021).
- as radiografias digitais também chamadas *solid-state sensors*: incluem o CCD (Dispositivo de Carga Acoplada) e o CMOS (Semicondutor Metal-Óxido Complementar), fazendo parte da categoria dos sensores directos. Estes, tendem a ser mais volumosos do que os primeiros, mas não precisam de uma exposição adicional antes da informação recolhida pelos sensores e ser convertida numa imagem digital (Noorsaaed et al., 2021; Şeker et al., 2021).

O CCD tem a sua superfície ativa que é constituída por uma matriz de elementos fotossensíveis (fotodíodos) que convertem a energia luminosa acumulada em energia elétrica. Os sensores CCD são bem conhecidos pela sua melhor sensibilidade à luz, nomeadamente graças a uma maior superfície fotossensível, e a uma menor taxa de ruído, o que os torna mais atrativos no mercado. Contudo o custo é mais elevado devido ao seu consumo de eletricidade, que é 100 vezes superior ao CMOS (Jayachandran, 2017; Noorsaaed et al., 2021; Polatoğlu & Özkesen, 2022).

Enquanto presente na maioria das tecnologias recentes, por exemplo nos telemóveis, DSLRs ou webcams, o CMOS é o mais popular e é, por vezes, também chamado “APS” (sensor de pixéis ativos). Além disso, constituído por matrizes maiores e com um maior número de pixéis, é muito mais barato do que um CCD, devido à sua forma de fabrico. O princípio consiste em associar fotões ativos ao detetor fotossensível que são depositados em cada pixel, um a um, para um amplificador de leitura (Noorsaaed et al., 2021; Polatoğlu & Özkesen, 2022). Embora o CCD tenha tido um enorme sucesso, o CMOS é agora uma ferramenta importante devido à sua leitura rápida, baixo consumo de energia e sistema mais pequeno. Porém, este tipo de sensor apresenta uma menor sensibilidade dos pixéis e um ruído mais elevado (Jayachandran, 2017; Noorsaaed et al., 2021; Polatoğlu & Özkesen, 2022).

As radiografias digitais estão num crescimento constante de popularidade, estão atualmente a competir com a radiografia convencional (SFR) em todas as aplicações radiográficas (Jayachandran, 2017). Uma vez que o princípio é idêntico em ambas, apenas o material é diferente. Na película digital PSP, é um filme que deve ser digitalizado e armazenado, e no segundo caso, é uma imagem armazenada diretamente num computador.

Para decidir entre elas, convém apenas comparar os aspetos positivos e negativos. Ambos são reutilizáveis, com uma proteção transparente de usagem única, que facilita a fase da higienização, eliminando assim a etapa de esterilização. Em termos de armazenamento, ambos têm uma facilidade de aplicação de tratamento, otimização da imagem e facilidade de transmissão. Além disso, o aspeto do sensor do RVG tem uma caixa pequena, mais grossa e rígida ligada a um cabo flexível. A sua rigidez pode ser um obstáculo à colocação adequada no palato, especialmente se o palato for ogival porque é suscetível de magoar o paciente no pavimento da boca. Ao contrário, a PSP é mais fina e flexível, podendo, no entanto, provocar uma deformação da imagem, mais fácil de manusear e colocar, graças aos vários tamanhos (pediátrica e adulto), e é muito mais confortável para o paciente.

No que diz respeito à leitura das radiografias, o RVG permite a leitura instantânea das suas imagens, enquanto o *scanner* de placas exige que o MD se desloca até à máquina. Este detalhe é crucial porque permite otimizar o tempo na cadeira e isto não é desprezível para um MD que esteja a trabalhar sozinho, sem assistente. Por último, em termos de orçamento é muito mais barato e económico uma aquisição de um RVG do que as

películas porque a quantidade destas últimas tem de ser regularmente renovada e deve também incluir a compra do *scanner*, podendo, portanto, ser muito dispendioso.

No entanto, independentemente do sistema de imagem intraoral utilizado, a característica bidimensional (2D) das imagens tem limitações tal como a informação que pode ser fornecida, e o seu valor depende da angulação do feixe, sobreposição de estruturas anatómicas e fatores relacionados com o paciente. Por conseguinte, as técnicas periapicais intraorais podem não fornecer informação suficiente em certos casos, tais como fratura da raiz, reabsorção e deteção de lesões de cárie.

1.2.2. Os elementos radiográficos em 3D

Hoje em dia, existe uma vasta gama de técnicas de imagem disponíveis para os profissionais de Medicina Dentária incluindo técnicas de imagem convencionais bidimensionais simples, tais como as radiografias periapicais e ortopantomografias, até técnicas de imagem tridimensionais complexas e altamente precisas como a tomografia computadorizada (TAC) ou ainda a tomografia de feixe cônico (CBCT) (figura 15). Estes métodos avançados de imagem permitem aos profissionais visualizar e diagnosticar as condições dentárias com um maior nível de exatidão e precisão, conduzindo, em última análise, a melhores resultados para os pacientes (Hussain et al., 2017).

Nos anos 90, investigadores japoneses e italianos trabalharam na conceção da primeira CBCT permitindo avaliar os tecidos mineralizados tais como os dentes, o osso e evidenciar as lesões associadas (fraturas, infeções, quistos) (Nasseh & Al-Rawi, 2018).



Figura 15. Planmeca ProMax[®] 3D Plus (Adaptado de www.planmeca.com)

O CBCT é uma alternativa não invasiva muito avançada produzindo imagens 3D de alta resolução, com mais rapidez e facilidade, de baixo custo e dosagem de radiação, em comparação à Tomografia Computorizada (FDA, 2020).

A sua vasta gama de aplicações torna-o desde já uma ferramenta imprescindível, podendo estender-se do planeamento pré-operatório de cirurgia periodontal, cirurgia de implantes, endodontia, ortodontia ou ainda em Medicina Dentária Forense (Hussain et al., 2017). O princípio é simples e rápido, pois permite uma aquisição de informação num único scan, incluindo uma rotação de 180°-360° à volta da cabeça do paciente, utilizando um feixe de raios X em forma cónica e um detetor de área (Şeker et al., 2021). Esta fase, onde o paciente está de pé e imóvel, com as mãos colocadas nos suportes da máquina, trincando uma peça de plástico, dura cerca de 10 a 20 segundos.

Se até ao final dos anos 80 as técnicas radiográficas convencionais foram consideradas como o *standard*, a radiografia em 3D como o CBCT tende cada vez mais a ser o exame de eleição nos meios de diagnóstico complementar (Hussein et al., 2017). No entanto, não é um exame sistemático, sabendo que a sua dosagem de radiação é inferior aos exames com a TAC, continua a ser superior as convencionais. Além disso, a Associação Dentária Americana (ADA) e a FDA recomendam que os profissionais de saúde realizem exames radiológicos dentários, incluindo o CBCT, apenas quando necessário para o diagnóstico ou tratamento de doenças com objetivo de minimizar o risco de exposição, especialmente em idades jovens (FDA, 2020). Embora forneça imagens de alta resolução, tal como qualquer tipo de radiografia, apresenta artefactos, especialmente na presença de objetos metálicos tais como piercings, coroas metálicas, amálgamas ou espigões.

Relativamente ao custo financeiro, o material é mais significativo e mais caro do que para as radiografias bidimensionais, porém, custa mais barato do que uma TAC. Portanto, é importante considerar o tipo de radiologia de acordo com as necessidades do MD porque é de facto uma alternativa ao *scanner* e nunca irá substituir as imagens 2D. O CBCT elimina a maioria das desvantagens da radiografia periapical fornecendo assim, informação mais detalhada de acesso tridimensional para o diagnóstico dentomaxilofacial e planeamento do tratamento.

1.2.3. A inteligência artificial

A inteligência artificial (IA) é uma ciência definida como a capacidade de uma máquina realizar tarefas que os humanos normalmente fazem usando a sua própria inteligência. De facto, refere-se a imitar as capacidades cognitivas humanas para resolver problemas e este termo está, em geral, associado à robótica. O termo IA foi originalmente introduzido em 1955 pelo pai da inteligência artificial, John McCarthy (Khanagar et al., 2021).

Quando se refere a IA, existem vários termos:

- a IA, definida anteriormente
- a aprendizagem pelas máquinas ou *machine learning*, uma das mais recentes inovações, que consiste em facilitar a aprendizagem de máquinas a partir de dados para que estas possam resolver problemas sem contribuição humana.
- as redes neurais ou *neural networks* que representam um conjunto de algoritmos que calculam os sinais através de neurónios artificiais permitindo assim de funcionar como o cérebro humano.
- o *deep learning* baseando-se numa construção de uma rede neural que identifique automaticamente padrões para melhorar a deteção de características (Khanagar et al., 2021).

Se atualmente, a IA está no centro das novas tecnologias, ela invade a nossa vida quotidiana. Está presente em redor de nós, a partir dos motores de pesquisa, nos telemóveis com o reconhecimento vocal Siri, com o planeador de rotas ou ainda nos carros equipados com a condução autónoma. Em Medicina Dentária, está presente por exemplo, na imagiologia, nos *softwares* ou ainda em dentisteria na deteção das lesões de cárie ou ainda para revelar o índice de placa dentária.

Atingindo todas as áreas, a tecnologia digital está a tornar-se cada vez mais importante nas instalações de cuidados de saúde e a quantidade de dados digitais está constantemente a crescer e a diversificar-se.

1.3. Nos elementos informáticos

1.3.1. Os hardwares e softwares

1.3.1.1. Os hardwares

É o termo inglês para designar a parte material ou física manipulável de um aparelho tais como computadores, telemóveis, carros, máquinas fotográficas, impressoras 3D, *scanners* intraorais. Na área dentária, o *hardware* é composto pela unidade dentária e os dispositivos associados. Entre estes, encontramos o material informático, composto por computadores e outras tecnologias para veicular a informação. O computador inclui assim uma parte externa e uma parte interna. A parte externa é constituída por cabos, ecrã,

rato, teclado e a unidade central (ou microprocessador) e o principal composto da parte interna é o disco rígido. Este conjunto forma uma unidade complexa que é capaz, em primeiro lugar, de informatizar e armazenar dados para poder explorá-los posteriormente através de um ecrã e diferentes *softwares*. Contudo, segundo Schleyer (2004), os computadores encontram-se numa categoria diferente, tanto *hardware* como *software* (Schleyer, 2004).

Nos últimos 15 a 20 anos, o desenvolvimento da tecnologia informática mudou drasticamente em muitas áreas, incluindo na área dentária. Embora os cuidados dentários tenham sido prestados de forma analógica e convencional durante décadas, a tecnologia informática (TI) representa atualmente, o coração da prática dentária (Schleyer, 2012). Em 2004, num estudo verificou-se que 25% dos MDs nos Estados Unidos usavam computadores (Schleyer, 2004). Neste momento, a integração das TI é ubíqua, fazendo parte integrante da maioria das clínicas dentárias. Esta integração, refere-se a um conjunto de sistemas informáticos e *softwares* com objetivo de formar um sistema único e potente.

Todavia, antes de falar de integração informática, a potência e o desempenho do *hardware*, ou por outras palavras a unidade central e o ecrã anexado, devem ser considerados em primeiro lugar. De facto, deve ser assegurado que o *hardware* adquirido pode suportar todos os ficheiros e programas associados. As suas capacidades degradam-se com o tempo e, conseqüentemente, causam atrasos podendo restringir a utilização de imagens através dos *softwares*, ou mesmo falhas no sistema.

A coexistência da TI com o resto do equipamento dentário foi incómoda por muitos anos porque na verdade, a TI foi desconhecida dos engenheiros do domínio dentário (Schleyer, 2004). No entanto, esta circunstância tende a evoluir gradualmente. As medidas tomadas pelas empresas tais como Henry Schein ou Patterson Dental, permitiram a aquisição de equipamentos tecnológicos dentários pelos fabricantes especializados nesta área, facilitando deste modo, a integração através de plataforma de negócio (Schleyer, 2004).

O *hardware* é o principal intermediário, o pilar, entre todas as tecnologias de uma clínica. De facto, permite que todos os elementos estejam interligados, encaixados entre eles, para formar uma única entidade, a fim de contribuir para uma melhor gestão da clínica dentária.

1.3.1.2. Os softwares

O termo *software* é o termo inglês, representando a parte desmaterializada de um *hardware*, para definir um conjunto de instruções, regras e procedimentos de um programa informático. Existe uma grande panóplia de programas informáticos dentários. Estes, podem ser utilizados para gerir as consultas, registar, prescrever, analisar e editar as imagens digitais, mas também para armazenar informação sobre cada paciente, para manter um histórico de consultas, ou ainda gerir a contabilidade da clínica (Saini, 2016).

O *software* permite ao computador executar tarefas numéricas específicas, contribuindo assim para o seu bom funcionamento. Isto implica que devem formar uma única entidade de forma a alcançar uma boa integração (Schleyer, 2004). De facto, envolve frequentemente interligar os sistemas e aplicações existentes, integrando novo *software* ou *hardware*, e assegurar que todos os elementos trabalhem em conjunto sem descontinuidades.

Relativamente à integração da TI, encontramos 4 níveis, segundo Schleyer (2004):

1. A integração de *hardware-hardware* que consiste numa combinação de dois dispositivos ou máquinas que foram usados separadamente anteriormente.
2. A integração de *hardware-software*, baseando-se na comunicação da cadeira com o dispositivo dentário e um programa. Por exemplo, o uso de um IOS e o seu *software* permitindo a visualização de imagem digital.
3. A integração de *softwares*, que como o seu nome sugere, corresponde à combinação de um, dois ou múltiplos *softwares* ligados a partir de uma principal fonte: o sistema de gestão de prática ou *Practice Management System*.

No uso de uma fonte, sendo a ideal, a informação é mantida num único sistema de informação clínica utilizando uma única base de dados. Na segunda opção, sendo a mais comum à integração de *software* entre PMS e aplicações de imagem, as imagens são geridas através de uma única aplicação de imagem, abrangendo assim todos os dispositivos de imagem num único. No último caso, cada *software* está ligado ao PMS, com a sua própria plataforma de *software* chamada *bridge*. Esta, tem duas principais funções: permitir ao utilizador iniciar ou mudar para a aplicação de imagem a partir do

PMS e permitir que a aplicação de imagem visualize o mesmo registo do paciente que o PMS.

4. A integração de informação orientada por tarefas, que é mais rara na indústria informática dentária. Este nível abrange a utilização da informação através de funções numa aplicação para realizar uma tarefa específica. Ele representa um grande desafio para os engenheiros, devido ao tamanho limitado, à resolução dos ecrãs dos computadores, às limitações cognitivas do utilizador, considerações ergonómicas e obstáculos à conceção de interações eficazes.

Por conseguinte, a integração de TI pode ser utilizada para melhorar a eficiência, reduzir custos, e melhorar a precisão e fiabilidade dos dados. É um passo crítico para as empresas que procuram modernizar a sua infraestrutura informática e melhorar a sua capacidade de gerir e analisar dados em grande escala (Schleyer, 2004).

Os avanços mais significativos atuais relacionam-se com *softwares* de desenho assistido por computador capaz de integrar e combinar dados de fontes múltiplas, como imagens fotográficas ou dados radiológicos, ou dados dinâmicos, como a integração de dados oclusais, permitindo propostas terapêuticas cada vez mais personalizadas.

1.3.2. Os CAD/CAM

O acrónimo “CAD/CAM” para Desenho e Fabrico Assistido por Computador, representa todos os elementos utilizados na cadeia digital, desde a recolha de impressões digitais até a conceção e fabrico da prótese. Desde o trabalho do Professor François Duret em 1981 e o desenvolvimento e comercialização do primeiro sistema CAD/CAM em 1985, o mercado de CAD/CAM dentário continuou a evoluir devido à crescente prevalência das tecnologias digitais (Duret et al., 2010; Landwerlin & Fages, 2014).

Na década de 1980, a introdução do primeiro IOS ocorreu graças à colaboração entre um dentista suíço chamado Werner Mörmann e um engenheiro electrotécnico italiano chamado Marco Brandestini. Juntos, estabeleceram as bases do sistema CEREC[®], que foi desenvolvido pela empresa alemã *Sirona Dental Systems* e lançado em 1987 como o primeiro sistema CAD/CAM disponível para restaurações dentárias em Medicina Dentária Restauradora (Logozzo et al., 2014).

A primeira coroa maquinada pelo sistema CAD/CAM, 4 horas após a impressão digital, foi feita em 1985 no Congresso da Associação Dentária Francesa (ADF).

A produção de uma peça protética por CAD/CAM requer três etapas principais: (Unger, 2010)

- A impressão numérica com o IOS, permitindo a recolha de dados.
- Desenho assistido por computador (CAD), que permite a elaboração digital da futura prótese.
- Fabrico assistido por computador (CAM), que corresponde à fase de fabrico das peças produzindo a parte protética a partir dos dados digitais.

No mercado atual, encontramos 3 tipos de métodos de CAD-CAM: direto, semidirecto e indireto (Soenen et al., 2014).

- **CAD/CAM direto**

O CAD/CAM direto ou *chairside* permite ao Médico Dentista realizar uma reconstrução protética no consultório numa única sessão (Fages et al., 2011). As três fases principais do CAD/CAM são, portanto, realizadas pelo MD que deve ter à sua disposição toda a cadeia digital (impressão digital intraoral, CAD e CAM). Atualmente, o CAD/CAM direto permite produzir restaurações minimamente invasivas (*inlays, onlays e overlays*), coroas simples, pontes (até 4 elementos), pilares e guias cirúrgicas diretamente no consultório ou *in office* (figura 16) (Unger, 2010; Pelissier, 2011; Alharbi et al., 2013).

- **CAD/CAM semidirecto**

No CAD/CAM semidirecto, apenas a impressão digital é tomada no consultório pelo MD. Posteriormente, esta, é então enviada diretamente para o laboratório através das plataformas *online* para a conceção e fabrico da peça protética pelo protésico. Esta técnica é indicada na produção de casos complexos, que são, por vezes, difíceis ou muito extensos para serem produzidos através da técnica direta. A sua grande vantagem é a remoção da etapa do envio do modelo físico com o técnico de prótese dentária. Os dados são instantaneamente enviados na plataforma CAD, reduzindo consideravelmente o tempo dos procedimentos (figura 16) (Soenen et al., 2014).

- **CAD/CAM indireta**

Nesta abordagem, o MD faz uma impressão convencional com um material de impressão (alginato ou elastómeros) que vai ser depois enviada ao laboratório no objetivo de digitalizar a impressão com um *scanner* extraoral (EOS). A realização da reconstrução protética é feita no mínimo, em 2 consultas (figura 16) (Fages et al., 2011).

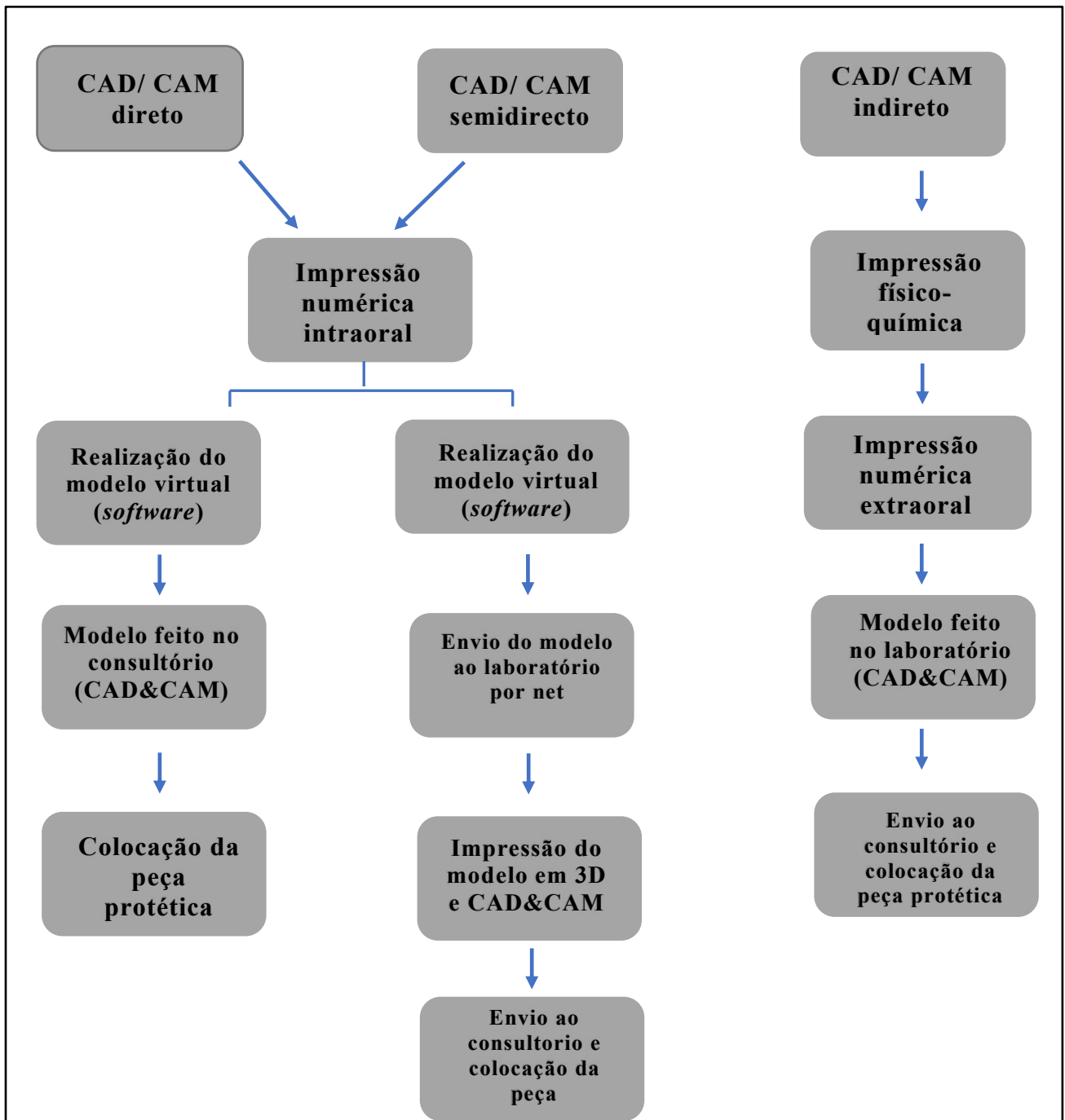


Figura 16: Etapas de fabrico da peça protética através de 3 técnicas CAD/CAM diferentes (Adaptado de Fages et al., 2011).

- **O fluxo numérico**

O fluxo numérico ou por outras palavras a transferência de dados, corresponde à troca de informações e dados através de ferramentas digitais entre o profissional e o protésico, ou o laboratório, ou a fresadora. Para fazer o modelo de trabalho, o envio do ficheiro é o último passo antes do desenho da peça.

O envio dos dados digitalizados e a receção dos ficheiros pelo *software* (CAD) através da Internet depende do formato do ficheiro, que por sua vez depende do sistema CAD/CAM utilizado. Atualmente, quase todos os sistemas CAD são capazes de produzir um ficheiro STL. Na verdade, o formato universal dos ficheiros a serem trocados desta forma é o formato STL para "Linguagem Padrão de Tesselação". Este formato já é utilizado em muitos campos industriais e descreve uma sucessão de superfícies trianguladas definidas cada uma, por uma série de 3 pontos e uma superfície normal (Richert et al., 2017; Bueno et al., 2022).

Outros formatos de ficheiros foram desenvolvidos para registar outros parâmetros tais como a cor, transparência ou textura dos tecidos dentários (tais como *Polygon File Format*, PLYfiles) (Richert et al., 2017).

No que diz respeito à compatibilidade dos ficheiros, os sistemas digitais (*software e hardware*) devem ter a capacidade de trocar os dados sem alteração. Isto implica então, uma boa integração *hardware-software* e uma escolha atenciosa dos sistemas a fim de obter uma cadeia CAD/CAM completa e poderosa. Existem, portanto, os sistemas CAD/CAM abertos e fechados. Os sistemas abertos usando o formato STL, permitem ao MD enviar os ficheiros ao protésico que poderá posteriormente usá-lo com qualquer tipo de máquina. É permitindo sair da cadeia numérica após cada etapa e exportar os ficheiros. Em contraste, os ficheiros fechados não o permitem, porque todos os componentes da cadeia são determinados pelo fabricante. Uma vez que tem o seu próprio formato, nenhuns dados podem sair da cadeia numérica, ou por outras palavras, nenhuma exportação de dados é possível para os outros *softwares*.

Relativamente à fase de fabrico (CAM), existem 2 tipos: localizada e deslocalizada. Quando a clínica está equipada com um centro de maquinação, o modelo é concebido e depois maquinado diretamente, não requerendo assim, nenhum laboratório externo. Neste caso, falamos de um sistema de fabrico localizado, tal como o sistema

CEREC®. Em contraste, com o CAM/CAM indireto, o fabrico é deslocalizado e os dados são transferidos através da Internet para um laboratório (Unger, 2010).

1.3.3. A impressão em 3D

A impressão em 3D ou fabrico aditivo (AM) corresponde a um conjunto de procedimentos usados para fabricar, camada por camada, adicionando material (metal ou plástico), um objeto físico a partir de um objeto digital em 3D (Huang et al., 2022; Jain et al., 2022). Essa técnica é, historicamente, derivada dos procedimentos chamados 'prototipagem rápida' e foi recentemente substituída pela *American Society for Testing and Material* (ASTM) e a *International Organization for Standardization* (ISO). De facto, o objetivo foi coordenar a criação de normas relacionadas a materiais, procedimentos, equipamentos e propriedades de peças acabadas e apoiar normas específicas para os setores aeroespacial, dispositivos médicos, automóvel, entre outros.

Em contraste, a outra técnica convencional que é a técnica subtrativa (também chamada fresagem), utiliza blocos de resina pré-polimerizados, fresados para fornecer a forma desejada pela remoção de material (Jain et al., 2022). Contudo, a técnica subtrativa resulta em mais desperdício de materiais, e menos reprodução de detalhes limitada pelo tamanho disponível de ferramentas e pela complexidade geométrica dos produtos (Lai et al., 2022). Neste sentido, hoje em dia, a AM representa uma grande alternativa para os próximos anos. De facto, devido ao aumento do interesse demonstrado pelos diferentes setores industriais e os fabricantes, desenvolveram-se atualmente muitas tecnologias de AM.

Segundo a ASTM, existem 7 técnicas diferentes, sendo a FDM, SLA e SLS as mais usadas (Figura 17). Essas técnicas são classificadas segundo a base de material usado (Huang et al., 2022).

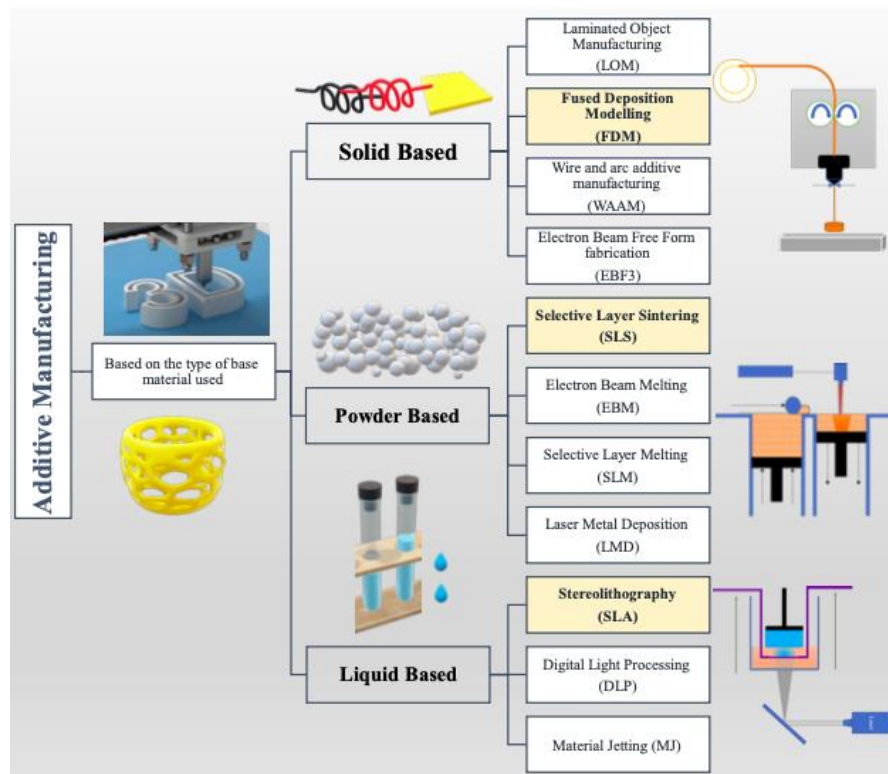


Figura 17. Classificação das técnicas de AM segundo o tipo de materiais com base utilizada (Adaptado com permissão de Kafle et al., 2021).

- A **estereolitografia** (ou SLA) foi inventada pelo americano Chuck Hull em 1984. Este procedimento usa um polímero de resina fotopolimerizável por irradiação ultravioleta ou luz visível. Através da fotopolimerização iniciada pela absorção de luz, a solidificação do polímero líquido é permitida. Graças às características de tempo de fabrico rápido, alta precisão e desempenho estável, faz dela uma técnica amplamente utilizada, facilitando a aplicação de casos com arquiteturas complexas, por exemplo. É usada em restauração de dentes com defeitos, como base de prótese total, coroas de resina, guia de implantes e modelo de canal radicular do dente. Porém, como qualquer técnica tem limitações. De facto, a fragilidade dos produtos fabricados promove a quebra desses últimos, necessitando assim uma estrutura de suporte e um armazenamento rigoroso (Kafle et al., 2021; Huang et al., 2022).

- **A sinterização seletiva por laser** (ou SLS) tem por objetivo produzir objetos a partir de materiais em pó utilizando um ou mais *lasers* para fundir seletivamente as partículas na superfície, camada sobre camada, numa câmara fechada. Relativamente à fundição dos pós, podem ser fundidos com diferentes mecanismos de ligação de partículas, nomeadamente a sinterização em estado sólido, ligação induzida quimicamente, sinterização em fase líquida (fusão parcial), e fusão total (Kafle et al., 2021). Esta técnica é também amplamente usada nomeadamente pelas boas propriedades mecânicas, boa precisão e elevada taxa de utilização do material. No entanto, os produtos são facilmente rugosos e é um inconveniente importante que pode afetar a qualidade do produto (Huang et al., 2022).
- **A modelação por deposição fundida** (ou FDM) é a mais utilizada e simples das impressoras 3D no mercado. A maioria dos implantes são feitos através desta técnica. Esta, consiste numa libertação de termoplásticos líquidos, como o policarbonato ou o pó metálico eutéctico, que são solidificados instantaneamente. Através do mecanismo de transmissão, os filamentos de material são aquecidos no bocal de fusão a quente, depois expulsados e solidificados através do bocal e, por fim, criados camada a camada. Sem equipamento de sinterização a laser dispendioso, a velocidade de moldagem é rápida, a precisão é bastante elevada e o custo é barato. Em comparação com as próteses orais convencionais, este procedimento reduz consideravelmente o custo dos cuidados, acelera a cicatrização e reforça a prótese (Huang et al., 2022).

A escolha dos materiais é feita segundo a técnica selecionada. Realmente, são classificadas em 4 grandes famílias de materiais: os metais, as cerâmicas, os polímeros e os hidrogéis. Os polímeros, comuns nas técnicas FDM e SLS, incluem 2 categorias: os amorfos e os meios cristalinos. A diferença principal entre estes dois últimos, é a temperatura de transição do vidro. Por outro lado, a SLA usa principalmente cerâmicas e polímeros de resina de tipos poliéter (PEEK), policarbonato ou poliéster (Huang et al., 2022).

Comparando uma impressora 3D com uma outra, a precisão é frequentemente fundamental para obter um produto ou um mecanismo operacional. De facto, os parâmetros de impressão são comuns aos três procedimentos, incluindo nomeadamente a qualidade do ficheiro STL, a orientação do componente ou ainda as condições ambientais. Por exemplo, a viscosidade e os parâmetros térmicos são cruciais para o seu sucesso (Kafle et al., 2021).

Resumindo as etapas, o princípio da impressão é baseado em objetos a serem produzidos e depois, "cortados" em camadas sucessivas pelo *software* CAD para que a impressora possa reproduzir essas camadas. O ecrã do computador, composto por pixéis, mostrará as várias camadas sucessivas. Quanto mais finas forem, melhor será a precisão e, portanto, a resolução. Atualmente, as melhores impressoras (SLA) produzem camadas à volta de 10 µm de espessura contra 20 µm (SLS) e 40 µm (FDM) (Kafle et al., 2021).

Recentemente, em 2013, foi introduzida a chegada da impressão 3D dos materiais inteligentes, também chamada de impressão 4D. Uma vez que a tecnologia de impressão 3D produz objetos estáticos a partir de dados digitais, a impressão 4D permite modificar os parâmetros físico-químicos tais como a memória de forma, a rigidez ou densidade, dando assim objetos dinâmicos. As estruturas mudam de forma tendo em conta qualquer estímulo ambiental externo que funciona como catalisador (por exemplo, entrada de calor, humidade, radiação UV, campo magnético...). Estruturas com configurações complexas e altamente sofisticadas podem ser reproduzidas por mimetismo em várias áreas, tais como a robótica e a área biomédica (Kafle et al., 2021). Portanto, é verdade que, em geral, os processos aditivos são mais fáceis de implementar, simplificando o processo de fabrico com a eliminação das etapas de processamento e desenvolvimento de ferramentas, tornando conseqüentemente, possível a produção de peças que não podem ser produzidas com processos convencionais.

1.3.4. A tele-dentisteria

Nos últimos anos, a tecnologia digital avançou significativamente no sector médico. No entanto, o sector dentário foi durante muito tempo posto de lado, o que já não é o caso (Binhas, 2021). De facto, a tecnologia digital está em expansão e tornou-se parte da vida dos Médicos Dentistas. Em 2023, é comum ver os profissionais a utilizar a tecnologia digital no trabalho quotidiano, incluindo as novas tecnologias mencionadas anteriormente.

A crise sanitária do Covid-19 deixou a sua marca no sector médico, acelerando assim o desenvolvimento da teleconsulta de uma forma abrangente (Dickenson et al., 2022). Isto, permitiu que os profissionais utilizassem novas ferramentas de comunicação (como *smartphones*, redes sociais, videoconferências) e que os pacientes tivessem acesso a cuidados à distância e, assim, pudessem comunicar com eles. Este fenómeno teve um impacto particularmente drástico ao nível dos cuidados e da abordagem terapêutica (Binhas, 2021; DaSilva et al., 2022).

Segundo a ADA, o termo “tele-dentisteria” descreve a utilização de tecnologias e procedimentos de tele-saúde na Medicina Dentária e a tele-saúde é um termo empregado para designar um conjunto de ferramentas e estratégias para melhorar a prestação de cuidados (ADA, 2020).

As consultas são feitas virtualmente, em direto através de plataformas por videotransmissão. As vantagens decorrentes para o MD são numerosas e incluem uma redução significativa do tempo necessário para receber e instalar o paciente, as dispensas de equipamento limpo e esterilizado e desinfeção da cadeira. A poupança de tempo permite, ademais, à assistente dentária realizar simultaneamente tarefas diferentes tal como a administração (Binhas, 2021). Por outro lado, a capacidade de efetuar exames de acompanhamento à distância ou de responder a questões dentárias simples sem que o paciente tenha de se deslocar fisicamente ao consultório dentário é uma outra forma de tele-dentisteria que o paciente pode beneficiar (Joda & Zitzmann, 2022). Apesar de não substituir as consultas presenciais, a sua aplicação permite fazer uma seleção entre os cuidados. Pois, restringe a necessidade de cuidados de urgência, apenas em caso necessário, oferecendo desta forma, uma solução rápida e eficaz (Binhas, 2021).

Através da tele-dentistria, foi permitido reduzir de forma exaustiva as desigualdades sociais, dando acesso aos mais desfavorecidos. Oferece a possibilidade de os cuidados serem prestados por uma variedade de profissionais de saúde em áreas desfavorecidas, podendo ser significativamente informados por especialistas à distância (Rekow, 2020).

No futuro, está previsto que estas práticas de tele-dentisteria se tornem mais significativas e que surjam novas abordagens que afetem todas as especialidades dentárias (Joda & Zitzmann, 2022). Por conseguinte, a transformação digital ou, mais precisamente, a mudança facilitada pela tecnologia melhora o desempenho e minimiza o erro humano, o que melhora os resultados para os doentes e reduz os custos (Dickenson et al., 2022).

2. A terapêutica com as novas tecnologias

2.1. Nos meios terapêuticos e a avaliação multidisciplinar

2.1.1. A contribuição da imagiologia combinada com a IA

As contribuições destas tecnologias numéricas permitiram estabelecer diagnósticos mais rápidos e fiáveis das lesões de cárie em dentisteria. As radiografias digitais são, sem dúvida, fundamentais em termos de comunicação com o paciente. Pois, é mais fácil explicar um plano de tratamento a seguir ou mostrar a presença de lesões de cárie no dente em questão. É verdade e óbvio que existe uma falta de treinamento da maioria das pessoas para analisar radiografias, porque é realmente o nosso papel, mas a maioria das vezes, não é fácil integrar todas as informações de carácter técnico. Neste sentido, representa uma alternativa para os pacientes, tornando assim as explicações do profissional mais dinâmicas e serão capazes de reconhecer e ter a noção da severidade dos problemas dentários deles. Para além das radiografias, podem também ser utilizadas câmaras intraorais clássicas dos sistemas já referidos acima (Trios, Esmerald, Medit, Cerec...) equipados com uma função específica para realçar as lesões de cárie. Uma outra alternativa é o uso de um dispositivo de imagiologia exclusivamente para esta função, como por exemplo a câmara *Soprolife* da marca Acteon. É um sistema revolucionário de imagiologia beneficiando da autofluorescência da dentina e de um sensor CCD. O

objetivo é, portanto, ajudar no diagnóstico e tratamento de lesões de carie precoces não detetáveis ao olho humano ou por radiografia. Fornece também informações sobre a qualidade dos tecidos (sãos ou infetados) para que o profissional possa respeitar os limites da dentisteria minimamente invasiva (DMI) (Tassery et al., 2013). Este sistema é composto por três modos de funcionamento: o modo *daylight*, dotado de uma luz branca fornecendo uma imagem de alta resolução, o modo “ajuda ao diagnóstico”, detetando o desenvolvimento de lesões de cárie oclusais e proximais com um sinal de fluorescência vermelho ou verde ao nível da dentina e por fim, o modo “ajuda ao tratamento”, permitindo realizar tratamentos com a DMI.

Vários estudos, incluído aquele de Tassery et al., (2013) demonstraram que o SoproLife® apresenta elevada fiabilidade, melhor identificação das lesões de cárie oclusais, valores mais elevados de sensibilidade e menor taxa de sobre diagnóstico *in vitro* e *in vivo*, quando comparado com outros métodos, como por exemplo, o *International Caries Detection and Assessment System* (ICDAS) (Tassery et al., 2013; Zeitouny et al., 2020).



Figura 18. Câmara SoproLife® Acteon. (Adaptado de www.acteongroup.com)



Figura 19. Imagens obtidas com a câmara SoproLife® por fluorescência (Adaptado de www.acteongroup.com)

Como já foi mencionado anteriormente, a ascensão da IA contribui para nos ajudar numa vasta gama de tarefas, tais como a avaliação de riscos utilizando uma variedade de dados, a comparação e interpretação de imagens de diagnóstico e o reconhecimento de voz para recolha de informações. Em 2021, surgiu um *software* francês *Allisone*, baseado no *deep learning*. Ele foi desenvolvido e concebido por dentistas para dentistas, segundo o seu fundador, Lionel Elbaz. O princípio consiste em interpretar as radiografias de forma precisa e rápida, facilitar a comunicação com o paciente e aumentar a adesão com o plano de tratamento, reduzindo, portanto, o tempo de conceção deste último.

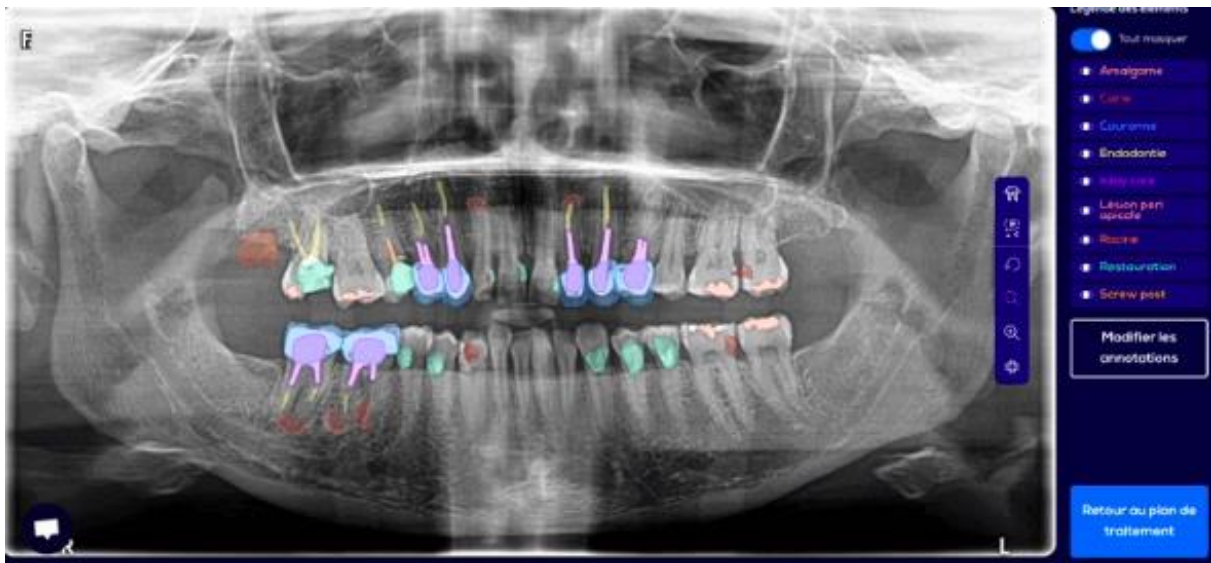


Figura 20. Imagem de um plano de tratamento elaborado e anotado pelo *software* Allisone (Adaptado de Clínica Nobel Académie)

Segundo a página oficial, o *software* Allisone revela as lesões de cárie e periodontais, as restaurações dentárias, os tratamentos endodônticos (...) e oferece uma previsão das reabilitações orais em diferentes códigos de cores. O uso de elementos visuais é uma forma mais divertida e simplificada para comunicar com o paciente, com o objetivo de perceber e facilitar o relatório da consulta e o percurso dos cuidados. Adicionalmente, o programa disponibiliza-nos um plano de tratamento completo, podendo naturalmente ser alterado ou anotado. Todavia, segundo o caso e o exame clínico, a escolha de reabilitar só alguns dentes ou realizar tratamentos específicos, é da responsabilidade do MD. Esta ferramenta, é um meio de diagnóstico permitindo, aumentar o desempenho do MD e ajudá-lo no diagnóstico. Nunca irá substituí-lo. Por último, este plano, pode ser enviado por e-mail ao paciente e diretamente através de

plataformas às Companhias de Seguros de Saúde. Uma vez que permite englobar todos os tratamentos para obter um orçamento potencial.

O desenvolvimento de modelos automatizados baseados na IA estão a suscitar cada vez mais interesse, e é possível que possam ajudar os MD na tomada de decisões e melhorar a precisão da deteção e do diagnóstico precoce de lesões de cárie, tendo em conta as dificuldades e os constrangimentos que os dentistas têm ao identificar estas últimas, durante o exame clínico (Khanagar et al., 2022). Segundo De Angelis et al., (2022) hoje em dia, estas ferramentas fornecem um grande apoio em Medicina Dentária, tendo em conta a inexistência de um nível de qualidade *standard*, ou por outras palavras, este facto pode ser explicado pela subjetividade inerente ao diagnóstico de lesões de cárie. Ao utilizar esta categoria de *softwares*, a planificação será única para cada paciente. Contudo, nos seus estudos, concluíram que embora os resultados sejam promissores, ainda existem erros no reconhecimento das restaurações dentárias. Por isso, com uma curva de aprendizagem adequada, o uso destes, deve ser ponderado e sujeito ao bom senso (De Angelis et al., 2022).

2.1.2. A contribuição dos CAD/CAM

2.1.2.1. A impressão digital

O advento da dentisteria contemporânea e das novas técnicas adesivas tornaram possível uma abordagem mais conservadora nos tratamentos restauradores e estéticos. Atualmente, é através dessas técnicas e do conceito do biomimetismo que conseguimos mimetizar os aspetos naturais dos dentes, preservando assim os tecidos circundantes. Estas técnicas permitiram uma evolução em relação aos preparos convencionais, orientando-nos para princípios menos invasivos e otimizados (Jalladaud, 2020; Longuet, 2020).

Durante muitos anos, a maioria das restaurações realizadas no consultório, foram feitas utilizando técnicas diretas (resinas compostas, amálgamas e cimentos de ionómero de vidro). Em contraste, as técnicas indiretas unitárias (*inlay*, *onlay*, *overlay* e facetas) foram pouco usadas devido a preocupações com a rapidez, interações com o protésico e às dificuldades encontradas nas etapas dos tratamentos. Geralmente, essas peças podem

ser fabricadas em cerâmicas ou em resina composta. Relativamente à escolha do tipo de restauração, é dependente da perda dos tecidos dentários e deve ter em conta vários critérios, nomeadamente a longevidade da restauração, a biocompatibilidade, o mimetismo dos tecidos dentários e a reprodução mecânica e funcional do dente (Ferraris, 2017; Jalladaud, 2020).

A introdução dos CAD/CAM revolucionou o fluxo do trabalho possibilitando a numerização dos procedimentos. De facto, contribuíram para o desenvolvimento e à melhoria dos tratamentos terapêuticos atuais, abrindo simultaneamente possibilidades para novas alternativas (Rekow, 2020). Através da impressão digital e a impressão 3D, os CAD/CAM oferecem uma ampla gama de materiais restauradores, podendo ser usados, doravante, com procedimentos clínicos e laboratoriais diversificados (Ferraris, 2017). O sucesso dos sistemas modernos deve-se à sua flexibilidade e versatilidade destes, tanto para os pacientes como para os profissionais (Mangano et al., 2016; Hwang et al., 2019). Entre os vários dispositivos dos CAD/CAM, temos a impressão digital que, segundo François Duret (1973), é uma etapa fundamental, uma vez que é a única forma de quebrar a cadeia de imprecisões. De facto, oferece muitas vantagens em relação à impressão convencional, tais como a sua simplicidade e facilidade de utilização, a rapidez e o conforto assegurado ao paciente. Hoje em dia, esta, faz parte das técnicas mais valorizadas e apreciadas pelos pacientes e está a substituir progressivamente a técnica clássica oferecendo resultados comparáveis (Yuzbasioglu et al., 2014; Mangano et al., 2016; Turkyilmaz et al., 2022).

Embora a impressão convencional fosse o padrão nos últimos anos, devido ao baixo custo, à facilidade de manipulação ou ainda ao tempo de conservação, têm muitas desvantagens tanto para o MD como para o paciente em relação à impressão digital (Soenen et al., 2015). Estas, incluem a instabilidade dimensional, as bolhas, as contaminações cruzadas entre o consultório e o laboratório ou ainda um alto desconforto para o paciente. Sem esquecer que o manuseamento dos materiais de impressão exige um controlo perfeito durante a mistura e a tomada desta. Isto, implica igualmente que a experiência do profissional esteja à altura para evitar repetições. Por outro lado, este passo, pode ser muito complicado para os pacientes que não toleram a textura e ficam facilmente nauseados (Soenen et al., 2015; Abduo et al., 2018). Para Mangano et al., (2016) é por esta razão, mas também devido à sua complexidade, que esta técnica tenderá a desaparecer nos próximos anos (Mangano et al., 2016).

A impressão numérica, por outro lado, otimiza o tempo clínico e laboratorial, entre outros, eliminando alguns passos, tais como a escolha da moldeira, a desinfecção da impressão, o vazamento e o corte do gesso ou ainda a digitalização do modelo com o *scanner* extraoral (EOS) pelo técnico (Ting-shu & Jian, 2014; Soenen et al., 2015). Ainda por cima, o procedimento clínico é facilitado através da captura dum modelo virtual do paciente que vai ser, posteriormente, transmitido ao laboratório em formato STL, permitindo reduzir consideravelmente os erros realizados com a técnica convencional (Ting-shu & Jian, 2014; Mangano et al., 2020). De facto, graças às suas numerosas aplicações em dentisteria, reabilitação oral fixa e removível, implantologia, cirurgia e ortodontia, é possível fabricar restaurações de alta precisão. A precisão e a exatidão são dois fatores a considerar quando se fala numa impressão numérica. A primeira define-se como a proximidade de concordância e desvios entre os resultados dos ensaios. A segunda determina a proximidade entre a média de uma sequência de medições e a realidade. Segundo a Organização Internacional de Normalização (ISO), o termo inglês *accuracy* é a combinação da precisão e exatidão e corresponde, portanto, a concordância entre um valor quantitativo medido e o valor quantitativo real do objeto (ISO 5725-1:1994, 1994). Neste sentido, quanto maiores forem a precisão e exatidão, maior será a *accuracy* da impressão. Ainda um outro critério muito importante que reflete a estabilidade e a autenticidade da impressão, é a repetibilidade, permitindo, portanto, atingir uma qualidade satisfatória (Ting-shu & Jian, 2014; Mangano et al., 2017).

Vários estudos foram realizados para avaliar esses fatores nos modelos numéricos com um IOS e realmente, há numerosos fatores que influenciam a qualidade da impressão. Asar et al., (2022) relatam que os diferentes métodos de digitalização, condições de luz ambiente, a utilização de diferentes sistemas IOS e formatos de ficheiros, podem afetar a precisão das impressões digitais. Para avaliar a resolução dos formatos de ficheiros, foram usados nos seus estudos, 20 modelos mandibulares com os primeiros pré-molares e molares esquerdos escolhidos como dentes pilares e fabricados exatamente com características semelhantes em termos de desenho da margem, conicidade e redução. Os resultados mostraram que as resoluções de dados tiveram um impacto significativo na qualidade dos dados dos ficheiros STL, sendo que os formatos de alta resolução apresentaram um valor médio de qualidade da malha ou *mesh* mais elevado e os formatos de baixa resolução, um valor médio de qualidade da malha mais baixo. Por conseguinte, para fornecer impressões mais precisas ao laboratório dos dentes preparados e,

consequentemente, melhores resultados de tratamento, os Médicos devem abster-se de comprimir os ficheiros e, em vez disso, escolher formatos de alta resolução (Asar et al., 2022).

Por outro lado, o sucesso das próteses parciais fixas (PPF), por exemplo em cerâmica, é dependente do ajuste interno e marginal e constituem critérios de alta importância no prognóstico destas últimas (Ting-Shu & Jian, 2014). Alguns autores concordam que há resultados notavelmente superiores com a técnica digital comparado com os silicões de adição, como o polivinil siloxano (PVS). Lee et al., (2020) mostraram que de acordo com o tipo de *scanner* usado, houve um impacto significativo no ajuste marginal e interno das coroas cerâmicas. Estes tipos de coroas fabricadas através de um IOS apresentam resultados superiores e uma maior satisfação pelos clínicos do que o método tradicional com o PVS (Lee et al., 2020).

Segundo Turkyilmaz et al., (2022) os protocolos dos preparos devem ser tidos em consideração de acordo com o material escolhido. De facto, os limites dos preparos devem ser respeitados e os ângulos arredondados e suaves para dar uma boa adaptação e resistência a restauração. Este princípio é importante porque os IOSs são, particularmente, vulneráveis e sensíveis aos ângulos vivos e espaços inadequados (também chamados de *gaps*), criando, portanto, discrepâncias não desprezíveis na confeção e fabrico da coroa definitiva. Sabendo que o limite aceitável de *gaps* marginais não deve ultrapassar 120 μm para o sucesso das restaurações parciais fixas. Deste modo, a repetibilidade da impressão permite ao MD, verificar a preparação e fazer retoques/ajustes nas zonas irregulares das superfícies dentárias através do monitor do IOS. Esta etapa é frequentemente negligenciada pelos *softwares* e pressupõe que os profissionais devem ser atentos e meticulosos aos ínfimos detalhes para aumentar e melhorar a qualidade dos ajustes marginais e internos das restaurações (Abduo & Elseyoufi, 2018; Turkyilmaz et al., 2022).

Na revisão sistemática de Abduo & Elseyoufi (2018), foi concluído que comparado com as impressões convencionais, os sistemas IOS podem ser usados com segurança. Embora existam algumas limitações, tais como a inexatidão devido à técnica de impressão, o material e o sistema usados, a técnica digital apresenta-se como uma alternativa promissora para fim de diagnóstico e digitalização de preparos unitários. Outras limitações foram mencionadas nesta revisão, tais como a familiaridade do

operador com o sistema, a curva de aprendizagem associada à utilização destes sistemas, o *design* ergonómico das câmaras portáteis e a calibração do IOS (Abduo & Elseyoufi, 2018). Além disso, o IOS enfrenta desafios adicionais porque alguns dos estudos são clínicos, enquanto outros são laboratoriais e isto, influencia a avaliação da exatidão. Portanto, como a maioria dos estudos *in vitro* são feitos sobre modelos de gesso, o principal limite é que não podem reproduzir as características biológicas orais do paciente (saliva, sangue, humidade, tecidos moles...) (Yuzbasioglu et al., 2014; Mangano et al., 2017).

No que diz respeito às próteses parciais removíveis, o limite assenta na qualidade da impressão numérica, especificamente devido ao reconhecimento da dualidade tecidual dente/mucosa (Soenen et al., 2014). Existem poucos estudos que avaliem a precisão dos IOSs e a maioria das vezes são orientados para pacientes com classe III e IV de Kennedy com pequenas zonas edêntulas. Na revisão sistemática de Fueki et al., (2022), as impressões digitais mostraram resultados comparáveis aos convencionais. No entanto, o IOS não permite registar as estruturas com áreas edêntulas múltiplas e/ou extensas com mais de cinco dentes perdidos, como por exemplo nas classes I e II de Kennedy. Este facto pode ser explicado pela incapacidade de registar áreas fibromucosas e moles circundantes, tais como os freios e o palato mole, que necessitam um registo dinâmico. Com a técnica convencional, os tecidos são mecanicamente deprimidos pelos materiais de impressão, o que não é conseguido através do IOS (Fueki et al., 2022). Suzuki et al., (2022) concluíram, nos seus estudos, que a precisão da técnica numérica sobre os pacientes de classe I de Kennedy, é satisfatória e comparável à técnica convencional. Contudo, embora foram encontradas vantagens para os pacientes com abertura bucal limitada, redução do tempo de cadeira, dos custos de tratamento, e para o conforto do paciente, ainda existem limites e são necessários realizar mais estudos laboratoriais e clínicos sobre a eficácia, durabilidade e precisão destes sistemas (Fueki et al., 2022; Suzuki et al., 2022).

Para as próteses totais removíveis, por suas vezes, ainda não é possível fazer as impressões definitivas recorrendo aos IOSs. Como foi mencionado anteriormente, o registo digital é dificilmente atingido nas zonas edêntulas, nomeadamente nos rebordos funcionais e nos pontos de referência anatómicos. Todavia, as impressões preliminares das cristas são viáveis, somente, é necessário seguir protocolos de digitalização

específicos para registrar essas áreas sem pontos de referência anatômicos. Para facilitar a impressão, existem duas técnicas semelhantes que consistem numa colocação de marcadores com resina composta ou a utilização de marcadores dérmicos. A partir desta impressão preliminar, o fabrico de uma moldeira individual pode então ser realizada para efetuar uma impressão convencional definitiva. Esta última será posteriormente digitalizada através de um EOS e uma sobreposição sobre a impressão preliminar será permitida, através dum *software* (Soenen et al., 2014; Wulfman et al., 2020). Nos estudos de Fang et al., (2018), uma técnica ligeiramente diferente foi escolhida, usando uma resina composta fluida (*Charmfil Flow*; Dentkist Inc) e cola para fixar os marcadores de resina. Esta técnica parece fornecer melhores resultados em termos de fixação, porque realmente, evita que os marcadores de alumina, por exemplo, não fiquem fixos e mexam ao tocar com a língua. Apesar de existirem algumas técnicas, a falta de estudos sobre a digitalização das zonas edêntulas ainda está presente. Mesmo com as técnicas mencionadas acima, a conclusão é semelhante às PPR. Portanto, nos futuros estudos é necessário confirmar que a *accuracy* dos IOSs é clinicamente aceitável (Fang et al., 2018; Wulfman et al., 2020).

Em implantologia, independentemente das técnicas utilizadas, quer analógica ou numérica, as aplicações e os objetivos são semelhantes. O objetivo dum impressão do implante é de transmitir a precisão, exatidão e a posição do implante. Esta função é viável através do análogo digital ou *scan body* que é uma ferramenta usada como um transfer digital para identificar a posição exata do implante e a sua relação com a forma da arcada para confirmar a sua posição em 3D. Também permite fazer impressões após a colocação do parafuso de cicatrização, das coroas provisórias ou definitivas ou ainda avaliar o perfil de emergência e a cicatrização dos tecidos (Rabiey & Chamieh, 2022). Graças à impressão numérica, a quantidade dos materiais e as etapas são reduzidas de maneira significativa e conseqüentemente, os erros (Duminil, 2018; Rabiey & Chamieh, 2022). A sequência dum colocação de implantes pode diferir dum protocolo para o outro, mas geralmente, é a seguinte: depois da colocação do pilar do implante ou *abutment*, da tampa de cobertura e 2 a 6 meses de cicatrização, o parafuso de cicatrização é colocado e uma impressão da hemiarcada é feita. Posteriormente o *scanbody* é aparafusado sobre esta peça e por último, uma impressão, da arcada antagonista e do registo intermaxilar em MIC pode ser realizada. A criação do modelo digital é enviada ao laboratório de forma a sobrepor as impressões juntas e assim, desenhar a coroa definitiva no CAD (Duminil,

2018). A técnica de colocação imediata também é uma opção, no entanto, a escolha da técnica (direta ou indireta), depende da preferência do profissional, mas também do caso. Por exemplo a colocação da peça de cicatrização pode ser feita num ou dois passos (Lee & Gallucci, 2013; Rabiey & Chamieh, 2022).

Nos estudos de Mangano et al., (2020) compararam a exatidão duma impressão da arcada desdentada total maxilar (modelo de gesso) com 6 implantes análogos (*scanbodies*), usando 12 IOSs e 2 técnicas diferentes. A primeira técnica *mesh/mesh* consiste em medir a exatidão dos dados dos ficheiros em formato STL. A segunda técnica *nurbs/nurbs* (*Non-Uniform Rational B-Splines*) é uma ferramenta para modelar formas geométricas complexas no *software* CAD. Quanto maior for a exatidão da impressão da peça, maior será o número de pontos medidos sobre a sua superfície (Mangano et al., 2020). Portanto, foi concluído que os diferentes IOSs mostraram diferenças estatisticamente significativas na exatidão. Apesar de algumas limitações, este estudo pode oferecer pormenores cruciais sobre o erro inerente a vários IOSs e, conseqüentemente, recomendações úteis para a escolha da melhor máquina para a impressão da arcada total. Por conseguinte, são necessários mais estudos para compreender o impacto de cada fator na determinação do erro final da impressão digital (Mangano et al., 2020). Revell et al., (2022) avaliaram também a exatidão das impressões de implantes duma arcada maxilar cadavérica edêntula total com 5 *scanners* diferentes. A precisão da sobreposição de uma arcada completa, incluindo a mucosa palatina, foi melhorada pela utilização de IOSs, mas teve pouco impacto na exatidão da plataforma do implante quando os tecidos moles foram removidos. Além disso, a marca da câmara pode influenciar os resultados, porque na verdade há alguns sistemas que fornecem mais precisão do que outros. Por exemplo, neste mesmo estudo, os IOSs Primescan, TRIOS 3 e 4 mostraram uma melhor exatidão da plataforma comparando ao Medit i500 (Revell et al., 2022). Segundo Papaspyridakos et al., (2022) a experiência do MD pode ser uma das causas principais criando, às vezes, desvios, mas clinicamente dentro do limiar aceitável. No entanto, apesar de contribuir com numerosas vantagens em implantologia, é necessário realizar mais estudos (Papaspyridakos et al., 2022). De facto, os limites são semelhantes na maioria dos estudos mencionados anteriormente, o que leva, portanto, à consideração e à realização de novos estudos sobre os fatores que influenciam realmente, a exatidão das impressões.

2.1.2.2. O planeamento com os softwares

Através da panóplia de *softwares* disponíveis no mercado, existem várias categorias de programas incluindo os *softwares* de conceção (CAD), fabrico (CAM), imagiologia e também de gestão numérica dos pacientes. Segundo Coachman et al., (2021) são classificados, de acordo com a cronologia do fluxo de trabalho numérico, em duas categorias: os *pre & post cases softwares* (Coachman et al., 2021). A execução do tratamento dentário é sempre feita a partir da aprovação do paciente, partilhando, portanto, o fluxo de trabalho numa primeira fase prévia de planeamento e numa segunda posterior de execução. As características principais requeridas para o *pre-software* são um planeamento de tratamento guiado pelo rosto e uma integração interdisciplinar. O ponto de partida do tratamento assenta na elaboração do projeto do sorriso ideal, por isso, o programa deve permitir efetuar todas as simulações interdisciplinares só numa ferramenta para perceber a melhor combinação de procedimentos para cada paciente. Atualmente, nenhum programa inclui todas as ferramentas e funcionalidades necessárias, mas o *Dento-facial Interdisciplinary Planning Platform*, é quase comparável e próximo do programa ideal e interliga um centro de planeamento através de *software chairside* e/ou *in lab* (Coachman, 2021).

Os objetivos principais que o *pre-software* deve alcançar são: a aquisição dos dados; melhorar a identificação dos problemas e diagnósticos do paciente; simular, comparar as opções e promover um *brainstorming* das soluções em equipa; melhorar a tomada de decisão e avaliação dos riscos e, por último, apresentar e explicar as opções de tratamento ao paciente. Uma vez os tratamentos planeados e aceites pelo paciente, os ficheiros podem ser exportados pelos *pre-software* e importados nos diferentes *post-cases softwares*. O programa *post-software* é especializado em cada área, tendo por objetivo principal planear com precisão um procedimento disciplinar específico, incluindo a importação dos ficheiros do *software* anterior; sobrepor e fundir com precisão os ficheiros do *software* anterior com os ficheiros de trabalho para realizar tarefas disciplinares; desenhar os dispositivos necessários para realizar procedimentos específicos e finalmente, ligar-se a sistemas de fabrico como fresadoras e máquinas de impressão 3D (Coachman et al., 2021).

Entre os diferentes programas de concepção do sorriso, existem o *Digital Smile Design* (DSD) e o *SmileCloud*. O DSD, ferramenta digital inventada pelo doutor Christian Coachman, torna possível fazer uma pré-visualização virtual do futuro sorriso baseando-se num protocolo de fotografias e vídeos estáticos e dinâmicos. Um outro exemplo de ferramentas *pre-software*, o *SmileCloud*[®], desenvolvida por Florin Cofar, permite também realizar planeamentos e simulações virtuais estéticas. As fotografias são armazenadas no *cloud* e a comunicação com os diferentes intervenientes no tratamento do paciente é facilitada (Mangano et al., 2016; Coachman et al., 2021; Gaillard, 2022).

Em protodontia, os *softwares* de concepção (CAD) disponíveis são numerosos, tais como por exemplo, Exocad (AlignTechnology, USA), Lucy (Anatoscope, France), Geomagic Control X64 (3D Systems, Canada), Sirona Lab[™], Lava Lab[™], Sensable[™], Zirkonzhan[™] (Soenen et al., 2014). Em alta ascensão, os programas podem ser dotados de articuladores virtuais para registar os movimentos dinâmicos 4D do paciente, acessível através do Modjaw (Modjaw, France), Dentograf (Prosystom, Russia) ou ainda JMA (Zebris Medical, Germany). Graças a estas tecnologias, a prótese dentária será feita à medida e de acordo com as características fisiológicas do paciente, reduzindo, portanto, os erros com os articuladores convencionais (Koralakunte & Aljanakh, 2014). Para além disso, durante as fases de modelação do projeto virtual o *wax up* e *mock up* estão disponíveis nas funcionalidades dos *softwares*. Estes conceitos muito recentes podem substituir as técnicas convencionais, uma vez que, permitem reduzir os desperdícios e os erros de ajuste e colocação na prova de cera (Finelle, 2017). Por outro lado, os programas CAM são úteis para o fabrico das opções terapêuticas, tais como alinhadores (invisalign[™]), guias cirúrgicas (cirurgia guiada), coroas, implantes e mais (Tian et al., 2021).

Em implantologia, o planeamento virtual é conseguido através de programas que convertem os ficheiros radiológicos em numéricos. Estes últimos tornam possível a visualização 3D dos tecidos ósseos e das estruturas anatómicas ou ainda a posição do implante. Na atualidade, há diversos programas capazes de converter os dados DICOM com ficheiros STL: Galileos implant[®], Romexis[®] (Planmeca), Nobel clinician[®] (Nobelbiocare), Implant studio[®] (3Shape), Simplant[®] Pro (Dentsply), coDiagnostiX[™] (DentalWings) (Flügge et al., 2022).

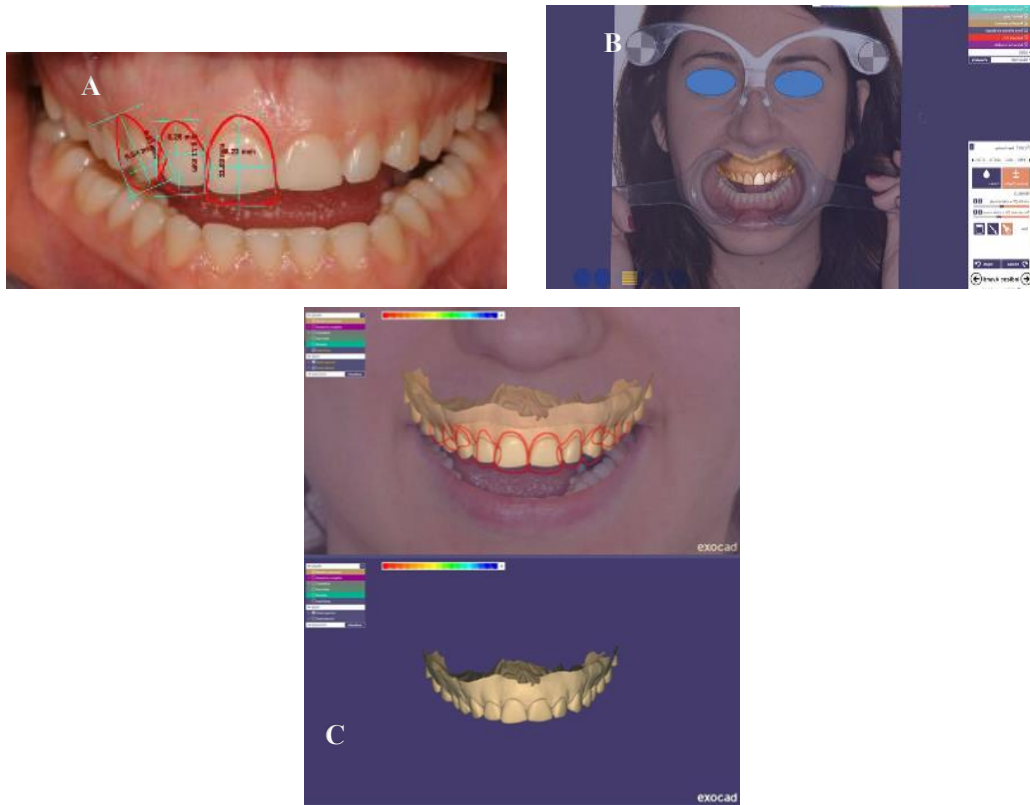


Figura 21. Planeamento digital 2D e 3D através do *software* Exocad. A) Medidas lineares na fase do planeamento 2D. B) Alinhamento dos contornos. C) Passagem do planeamento 2D em 3D através da fase do *matching* (sobreposição) com ficheiros em formato STL (Adaptado com permissão de Ortensi et al., 2021).

Por conseguinte, o planeamento e a coordenação dos procedimentos através dessas ferramentas fornecem resultados clinicamente satisfatórios e facilitam de maneira significativa a comunicação entre os vários elementos da equipa interdisciplinar (Coachman, 2021; Ortensi et al., 2021).

2.1.2.3. A conceção dos materiais

Relativamente, à conceção dos materiais dentários, último elemento da cadeia numérica, esta conheceu progressos notáveis. Os primeiros materiais dentários foram inicialmente maquinados com os CAD/CAM através da técnica subtrativa e continuam a ser produzidos maioritariamente por esta, no entanto, como qualquer técnica apresenta algumas desvantagens. A chegada da técnica aditiva (AM) permite fabricar uma variedade de restaurações protéticas promissoras (coroas unitárias, próteses parciais fixas

etc..) em dentes naturais e implantes, bem como materiais para cirurgia guiada em implantologia (guias cirúrgicas) e ainda materiais em ortodontia (alinhadores e goteiras) (Pelissier, 2010; Soenen et al., 2014; Mangano et al., 2017). Uma das primeiras empresas a usar a impressão 3D para criar modelos a partir dos quais os alinhadores ortodônticos poderiam ser feitos foi a Invisalign™ (Rekow, 2020). As vantagens diversificadas, por exemplo a produtividade rápida, a fiabilidade, flexibilidade de *design*, precisão e a redução dos custos, tornam a impressão 3D incontornável (Rekow, 2020).

Entre os vários materiais para fabrico com os CAD/CAM, encontramos os metais, as cerâmicas e resinas:

- Os **metais** os mais usados em prótese parcial fixa são o titânio e o cromo cobalto (Cr-Co). As características do titânio, tais como a sua biocompatibilidade, alta resistência a corrosão, e ductilidade fazem dele um material poderoso comparado com a cerâmica. Não é tóxico e tem uma resistência mecânica e um módulo de elasticidade muito baixo, o que o torna compatível com as estruturas ósseas (Pelissier, 2010). O Cr-Co também é biocompatível e possui propriedades mecânicas vantajosas para o fabrico de próteses parciais removíveis, como por exemplo o esqueleto (ganchos, selas intercalares, conetores, etc.). Contudo, não é estético e ainda não é indicado para a fabrico de pilares de implantes ou pontes, ao contrário do titânio, que é recomendável (Lambert et al., 2017). Com a técnica subtrativa e blocos industriais, as propriedades mecânicas dos metais são superiores, nomeadamente a retenção, boa adaptação e ajuste dos tecidos (Wulfman, 2020). Na revisão sistemática de Akl & Stendahl, (2022) compararam a exatidão e o ajuste das estruturas em Cr-Co com as técnicas aditiva e subtrativa e concluíram que estas técnicas fornecem resultados dentro do intervalo clinicamente aceitável. Relativamente ao titânio, embora seja facilmente fabricado, ainda são necessários estudos clínicos adicionais sobre estruturas fabricadas de forma aditiva para determinar o ajuste, função e impacto no suporte dos dentes pilares (Akl & Stendahl, 2022).
- **As cerâmicas**, conhecidas pelos seus aspetos estéticos, são classificadas por 3 grandes categorias, segundo a composição de vidro (fase vítrea) e de cristais (fase cristalina). Entre as cerâmicas predominantemente vítreas incluem-se as feldspáticas, as vitrocerâmicas e as cerâmicas infiltradas com vidro (dissilicato de lítio, reforçadas

com leucite, silicato de lítio reforçadas com zircónia). As cerâmicas cristalinas incluem só as policristalinas (alumina & zircónia) (Lambert et al., 2017).

- As feldspáticas:

Os componentes que constituem as cerâmicas feldspáticas são o pó de óxido, cimento e pigmentos coloridos que são sinterizados numa matriz de vidro. Estes, apresentam-se sob a forma de blocos e são biocompatíveis, reforçados com alumínio ou leucite. Embora as cerâmicas feldspáticas possuam boas qualidades estéticas, foram sugeridos, atualmente, blocos com várias camadas, para replicar a estratificação natural do dente, por exemplo como o bloco Vita Mark[®] II. Em contrapartida, as propriedades mecânicas são fracas e com este tipo de cerâmica é aconselhado usar a técnica de colagem. Além disso, é possível criar *inlays*, *onlays*, *facet*as ou coroas unitárias e podem ser fabricadas com os CAD/CAM direta, semidirecta ou indirecta (Pelissier, 2010; Lambert et al., 2017).

- As vitrocerâmicas:

Os principais componentes das cerâmicas são a sílica, o alumínio e vários óxidos e corantes. Existem duas famílias principais: uma em que predomina a fase leucite (IPS empres CAD[®], Ivoclar Vivadent) e outra em que predomina a fase dissilicato de lítio (IPS e.max CAD[®], Ivoclar[®]). Esta última família tem a vantagem de ser mais flexível e resistente. Os blocos cerâmicos de dissilicato de lítio têm propriedades mecânicas mais elevadas do que as cerâmicas feldspáticas, mas possuem características óticas semelhantes. Elas são disponíveis em quatro níveis de transparência: alta transparência (HT), baixa transparência (LT), média opacidade (MO) e alta opacidade (HO) (Pelissier, 2010; Cordelette, 2015). Os materiais conhecidos como vitrocerâmicas são constituídos por uma estrutura microcristalina dispersa numa fase vítrea. As cerâmicas inicialmente transparentes reforçadas com dissilicato de lítio (Emax[®]), que abrangem atualmente uma gama muito ampla de opacidade (Pelissier, 2010).

- As cerâmicas infiltradas com vidro: a construção de coroas de ceramo-cerâmica é possível graças à cerâmica infiltrada disponível em blocos com superfícies porosas. Estas, possuem uma melhor resistência à flexão, boas propriedades óticas, vários níveis de translucidez e cores. Encontramos nesta família a cerâmica In Ceram Spinell[®], que tem

um grau de translucidez muito elevado e produz resultados estéticos de qualidade ótima nos dentes anteriores. Uma outra cerâmica chamada In Ceram Alumina[®], é mais opaca e tem excelentes propriedades mecânicas, podendo ser utilizada em setores anterior e posterior. Por último, existe a cerâmica In Ceram Zircónia[®], mais recente e composta por dióxido de zircónia e silicato de alumina, que não deve ser confundida com a zircónia, pois é a mais durável mecanicamente, e opaca. As cerâmicas com alta taxa de vidro possuem propriedades óticas capazes de mimetizar os aspetos naturais do esmalte e da dentina, o que lhes confere aspetos estéticos superiores comparando com as outras cerâmicas. Para além disso, estas, podem ser utilizadas para o fabrico de restaurações monolíticas, tais como *facetras*, *inlays*, *onlays*, *endocrowns*, coroas anteriores e posteriores. Contudo, as pontes de pequena extensão na parte anterior só podem ser produzidas com dissilicato de lítio (Pelissier, 2010; Lambert et al., 2017).

- As policristalinas:

A chegada dos CAD/CAM permitiu disponibilizar recentemente dois tipos de cerâmicas com boas propriedades mecânicas, a zircónia e a alumina. A alumina semi-translúcida possui propriedades mecânicas excepcionais. As suas indicações dizem respeito a pequenas pontes e coroas unitárias (nos sectores anterior e posterior). Devido à sua transparência, a marca Procera[®] recomenda a alumina para elementos unitários anteriores em dentes vivos. Uma outra desvantagem é a sua fragilidade que impede ser usado no fabrico de pontes (Pelissier, 2010). A zircónia Y-TZP (zircónia tetragonal policristalina estabilizada por ítrio), usada em Medicina Dentária, por sua vez, é um material flexível e alotrópico, por outras palavras, dependendo das mudanças de temperatura, vai assumir diferentes tipos de formas atómicas (cúbica, tetragonal, monoclinica), permitindo, portanto, aumentar a sua resistência e evitar a propagação de fissuras (Pelissier, 2010; Lambert, 2017). Segundo Lambert et al., (2017) é o material com as propriedades mecânicas mais elevadas registadas de qualquer material dentário. Em implantologia, os blocos de zircónia pré-sinterizados são facilmente fabricados, e o programa de *design* considera com eficiência a contração da sinterização (Wulfman et al., 2020). No entanto, os métodos convencionais não permitem cimentar a zircónia devido à sua microestrutura. Além disso, foi recentemente usada no *chairside* através da técnica subtrativa na confecção de coroas, pontes e pilares de implantes. Contudo, as suas aplicações são limitadas às

coroas e pontes com um máximo 3 unidades e apresenta uma estética limitada devido a sua baixa transparência e alto risco de fratura (Lambert et al, 2017).



Figura 22. Diferentes tipos de blocos de cerâmicas maquinados com mandris diferentes (Adaptado com permissão de Lambert et al., 2017)

- As **resinas** são compostas por 3 categorias, incluído o polimetil metacrilato (PMMA), a resina composta e as nanocerâmicas. O PMMA, material termoplástico e translúcido, é constituído por polímeros de óxido metálico metacrilato sem adição de outros materiais. A falta de carga inorgânica confere-lhe uma menor resistência mecânica e por esta razão, são recomendados para a realização de restaurações provisórias por um período de 6 meses a um ano. Dependendo do fabricante, o PMMA é adequado para a realização de quaisquer próteses provisórias (facetas, *inlay/onlay*, coroa, ponte) (Lambert et al., 2017).

Relativamente à resina composta, existem o bloco *Lava Ultimate* (3M ESPE) o *Enamic* (Vita) e o *Cerasmart* (GC). Eles fazem parte da categoria de resinas compostas híbridas, combinando as propriedades da cerâmica e dos polímeros. Podem ser indicados para pontes e coroas unitárias posteriores, *inlays/onlays*. Por último, as nanocerâmicas possuem carga inorgânica que podem ser compostas por cerâmicas convencionais, zircónia ou a combinação das duas. Estas, têm indicações semelhantes às resinas compostas (Marniquet & Chabouis 2016; Cordelette, 2015; Lambert, 2017).



Figura 23. Diferentes tipos de blocos de resina maquinados com mandris diferentes (Adaptado com permissão de Lambert et al., 2017)

Todos os tipos de restaurações mencionados acima são fabricados pela técnica subtrativa com os CAD/CAM (Lambert et al., 2017). Segundo Lambert et al., (2017), até agora, nenhum destes materiais possuem as características mecânicas ótimas para aplicações universais e concluíram que pesquisas adicionais e melhorias são necessárias. No que diz respeito aos materiais maquinados pela técnica aditiva (AM), além de redução do desperdício, permitem alcançar uma melhor precisão, pois são mais realistas (Pillai et al., 2021). De facto, as técnicas com estereolitografia (SLA) ou processamento digital de luz (DLP) parecem fornecer uma precisão e espessura satisfatórias (Wulfman, 2020). Contudo, na revisão sistemática de Tian et al., (2021) foram relatados alguns fatores, tais como os parâmetros de procedimento, a composição dos materiais, a fase pós-procedimento (polimento e acabamento) e o envelhecimento, que afetam o desempenho destes materiais (Tian et al., 2021). Da técnica CAD/CAM estar disponível para vários materiais em várias áreas e fornecer vantagens diversificadas, nem todos os materiais possuem as características ótimas tais como obtidas através da técnica convencional. A técnica ideal seria uma combinação das duas. Com esta combinação, a quantidade de produção, a diversidade de materiais disponíveis, a rapidez de fabrico e a ausência de desperdício são aumentadas de maneira significativa. No entanto, ainda não é acessível e as inovações ainda estão em fase de desenvolvimento (Lambert et al., 2017; Tian et al., 2021).

2.2. Acompanhamento e comunicação com o paciente

2.2.1. Gestão e imagem do consultório

O tratamento dos pacientes começa com a imagem do consultório. O primeiro passo assenta no conforto físico e visual do paciente, nomeadamente através da escolha de um bom mobiliário, original e confortável, de salas com cores suaves e de uma boa iluminação. Tudo, desde a sala de espera até à cadeira, deve ser cuidadosamente pensado e estrategicamente escolhido. A sala de espera, o primeiro lugar, a primeira impressão do paciente, tem de ser moderna, convival e interativa. A aquisição de equipamentos dentários de última geração oferece grandes vantagens em termos de conforto e de eficácia, transmitindo ao mesmo tempo a imagem de um dentista moderno, familiarizado com as técnicas mais avançadas e capaz de se adaptar à evolução dos tempos (Blang, 2010). Ao adquirir ferramentas digitais, pode desenvolver as suas atividades de *marketing* e promover a imagem de marca do seu consultório. Um consultório moderno e conectado, com uma página Web e redes sociais, é sempre mais tranquilizador e atractivo para os pacientes. O seu julgamento baseia-se muitas vezes na primeira impressão que têm na primeira consulta. Por conseguinte, é fundamental saber seduzir e impressionar os pacientes, oferecendo-lhes um acolhimento que reflete uma imagem positiva, a fim de estabelecer esta relação de confiança. No entanto, estas tecnologias requerem um investimento relativamente considerável, pelo que é importante que os MDs façam uma escolha esclarecida, avaliando as suas necessidades. Por conseguinte, a aquisição destas ferramentas deve ser compatível com as necessidades dos pacientes, do profissional e da imagem de marca do consultório (Blang, 2010; Lefildentaire, 2013).

2.2.2. Educação do paciente

Segundo o estudo *Digital Dentistry Difference* do Carestream Dental (2020), 95% dos pacientes consideram que recebem melhores cuidados quando o MD utiliza soluções tecnológicas avançadas e 2 em cada 3 pacientes desejam saber pormenores sobre estas últimas na prática (Carestream Dental, 2020). De facto, apresentar e explicar as opções terapêuticas ao paciente, fazendo com que este último participe na tomada de decisão com uma ferramenta de comunicação visual 3D, por exemplo com um *pre-software*, permite

ganhar a sua confiança e melhorar a percepção dos cuidados (Coachman et al., 2021). Estas ferramentas contribuem para a educação e a prevenção de saúde oral, nomeadamente através da IA, dos *softwares* e das tecnologias em rede, sensibilizando o paciente de forma realista e tranquilizando-o quanto aos futuros cuidados que o espera. Graças a esta visão clara do estado da sua boca numa interface digital familiar (o ecrã), a compreensão dos pacientes e o ensino no consultório são, portanto, facilitados e eles ficam tranquilizados, informados de uma forma completa, adequada e divertida. Ecrãs LCD, revistas pedagógicas, pósteres, entre outros, podem ser utilizados para transmitir esta imagem positiva. Existem também aplicações ou objetos conetados, como os tablets, para otimizar a higiene oral e transmitir informações preventivas. As atitudes do profissional em relação ao paciente também são de grande importância, pois determinam a escolha para futuras consultas. A linguagem verbal (expressões, brincadeiras) e a linguagem não verbal (sorrisos, gestos, proximidade) têm uma influência considerável na forma como o doente é percebido, e o doente deve ser considerado como uma pessoa e não como um "caso" (Blang, 2010 ; Carestream Dental, 2020; DaSilva et al., 2022).

2.2.3. Vantagens e Desvantagens

As vantagens destas tecnologias são numerosas, incluindo a poupança de tempo e uma eficiência considerável nos tratamentos. O conforto do paciente e do profissional é assegurado por um equipamento mais ergonómico. O risco de erros é significativamente reduzido, com resultados ainda mais fiáveis. O armazenamento de informações é mais económico porque tudo é arquivado digitalmente, pelo que não há necessidade de uma sala de armazenamento. A etapa da desinfecção das impressões é facilitada, graças aos IOSs. Eles dispõem de pontas reutilizáveis, ou não, mas também podem ser utilizadas em autoclaves. Além disso, há uma poupança nos materiais que não são necessários para as impressões digitais. Por fim, a comunicação entre profissionais e pacientes é facilitada. No entanto, existem também desvantagens, como o custo financeiro. O investimento em equipamento dentário continua a ser um obstáculo para muitos profissionais, que parecem relutantes em termos de rentabilidade. Por outro lado, a curva de aprendizagem é um outro ponto negativo, uma vez que algumas tecnologias requerem treinos adicionais (Soenen et al., 2014). Por último, o desgaste e as falhas destas ferramentas podem representar um grande limite (Schleyer, 2004).

III. Conclusão

Os avanços da tecnologia digital tiveram um grande impacto na nossa prática e nas nossas abordagens terapêuticas. As utilizações das tecnologias numéricas permitem-nos efetuar análises estéticas e protéticas muito pormenorizadas, o que as tornam um valioso instrumento de diagnóstico complementar. Com a crescente procura do sorriso perfeito, as exigências dos cuidados estéticos e as expectativas dos pacientes fazem-se sentir cada vez mais nos consultórios dentários. Os *softwares* de planeamento permitem responder aos critérios dos pacientes, proporcionando um plano de tratamento individualizado e específico. Embora ainda hoje persistam algumas limitações, é indiscutível que a sua chegada permitiu contornar e quebrar a cadeia da imprecisão, nomeadamente com os CAD/CAM. A sua versatilidade e eficácia oferecem atualmente, resultados de qualidade comparáveis ou mesmo superiores aos materiais produzidos com técnicas convencionais. A sua integração é relativamente recente e suscita o interesse e o entusiasmo de muitos profissionais, graças ao potencial e fiabilidade destas últimas. No entanto, devido ao custo e a falta de estudos, acabam, por vezes, por não ser utilizadas por muitos clínicos. Tendo em conta os avanços muito promissores, isto é suficiente para os encorajar a fazer a transição para o digital. O desenvolvimento destas ferramentas continua a evoluir, oferecendo a cada geração, dispositivos cada vez mais precisos e de elevado desempenho, tornando a gestão dos casos mais fácil, mais rápida e melhor. Para além disso, mudaram consideravelmente a relação com o paciente, melhorando, portanto, a confiança e as expectativas relativamente aos cuidados.

Hoje em dia, é impossível realizar procedimentos totalmente digitais, uma vez que as técnicas convencionais continuam a ser indispensáveis para determinados procedimentos e continuarão a sê-lo durante algum tempo. De facto, as fases de modelação numérica através do CAD podem ser morosas para as pessoas que não estão familiarizadas com este *software*, pelo que é sempre necessário um operador humano com as competências necessárias para modelar corretamente. A combinação do digital com a tecnologia convencional parece ser a opção mais judiciosa em termos de produção, eficiência e diagnóstico. A Medicina Dentária moderna está a tender cada vez mais para a Medicina Dentária virtual e conectada. Com o advento da realidade aumentada, da IA e da robótica, os procedimentos terapêuticos poderão, num futuro próximo, ser efetuados de uma forma diferente, com dispositivos e materiais ainda mais eficazes.

IV. Bibliografia

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.

https://doi.org/10.1922/EJPRD_01752Abduo21

ACTEON. (n.d.). Available on www.acteongroup.com

Ahmad, I. Digital dental photography. Part 2: purposes and uses. *Br Dent J* 206, 459–464 (2009). <https://doi.org/10.1038/sj.bdj.2009.366>

Akl, M.A.; Stendahl, C.G. Removable Partial Denture Frameworks in the Age of Digital Dentistry: A Review of the Literature. *Prosthesis* (2022), 4, 184-201 <https://doi.org/10.3390/prosthesis4020019>

Alharbi, A., Rocca, G. T., Dietschi, D., & Krejci, I. (2014). Semidirect Composite Onlay Review of Clinical Procedures. *Journal of Esthetic and Restorative Dentistry*, 26,(2) 97-106. <https://doi.org/10.1111/jerd.12067>

Allisone. (n.d.). Available on www.allisone.ai

American Dental Association. ADA. (2012). The selection of patients for dental radiographic examinations.

<https://www.fda.gov/radiation-emitting-products/medical-x-ray-imaging/selection-patients-dental-radiographic-examinations#top>

American Dental Association. (2020). ADA Policy on Teledentistry. Disponível no sítio

<https://www.ada.org/about/governance/current-policies/ada-policy-on-teledentistry>

Asar, N. V., Yun, S., Schwartz, S., & Turkyilmaz, I. (2022). Analysis of the relationship between the surface topography of prepared tooth surfaces and data quality of digital impressions from an intraoral scanner. *Journal of Dental Sciences*, 17(1), 545–550. <https://doi.org/10.1016/j.jds.2021.07.013>

Binhas, E. (2021). La télé-dentisterie: quand le digital s’installe de façon durable dans vos cabinets - LEFILDENTAIRE Magazine Dentaire.

<https://www.lefildentaire.com/articles/tele-dentisterie-digital-sinstalle-de-facon-durable-vos-cabinets/>

Blanc G. (2010). L’image de marque du cabinet. Le fil dentaire n°50, 20-30.

<https://lefildentaire.com/images/stories/articles3/special-n50-image-de-marque-du-cabinet/special-n50-image-de-marque-du-cabinet.pdf>

Bonnet, E. & Bellaiche, N. (2017). Imagerie 2D ou 3D?

<https://www.lefildentaire.com/articles/pratique/ergonomie-materiel/imagerie-2d-ou-3d/>

Bueno, J. M., Gouveia, C., Mundim, M. B. V., Franco, A., Junqueira, J. L. C., & Nascimento, M. D. C. C. (2022). Effect of decompression and online transmission on the dimensional changes of .stl files generated by intra-oral scanning. *PLOS ONE*, 17(9), e0272989. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0272989>

Canon. (n.d.). Available online on www.canon.fr

Casas, T. (2019). Banc d’essais 2019 7 scanners intra-oraux. LEFILDENTAIRE Magazine Dentaire.

<https://www.lefildentaire.com/articles/clinique/implantologie/banc-d-essais-2019-7-scanners-intra-oraux/>

Cicciù, M., Fiorillo, L., D’Amico, C., Gambino, D., Amantia, E. M., Laino, L., Crimi, S., Campagna, P., Bianchi, A., Herford, A. S., & Cervino, G. (2020b). 3D Digital Impression Systems Compared with Traditional Techniques in Dentistry: A Recent Data Systematic Review. *Materials*, 13(8), 1982.

<https://doi.org/10.3390/ma13081982>

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>

Cordelette, M. (2016). Les matériaux usinables en CFAO. <https://www.lefildentaire.com/articles/analyse/materiel/les-materiaux-usinables-en-cfao/>

DaSilva, A. F., Robinson, M. A., Shi, W., & McCauley, L. K. (2022). The Forefront of Dentistry—Promising Tech-Innovations and New Treatments. *JDR Clinical and Translational Research*, 7(1_suppl), 16S-24S. <https://doi.org/10.1177/23800844221116850>

De Angelis, F., Pranno, N., Franchina, A., Di Carlo, S., Brauner, E., Ferri, A., . . . Stefanelli, L. V. (2022). Artificial Intelligence: A New Diagnostic Software in Dentistry: A Preliminary Performance Diagnostic Study. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 19(3), 1728. <https://doi.org/10.3390/ijerph19031728>

Dental, C. (2020). Carestream Dental Introduces Digital Dentistry Difference Education Campaign. *GlobeNewswire News Room*. <https://www.globenewswire.com>

Dentsply Sirona. (n.d.). Available online on www.dentsplysirona.com

Dickenson, A., Tebbutt, J., & Abdulhussein, H. (2022). An overview of digital readiness in dentistry - are we ready? *British Dental Journal*, 233(2), 87–88. <https://doi.org/10.1038/s41415-022-4449-6>

Duminil, G. (2018). L’empreinte optique en implantologie. *L’information Dentaire*. (12). https://test.iphysio.dental/wp-content/uploads/2018/12/Publication_Empreinte_Optique_1218.pdf

Duret, F. Empreinte Optique. (1973). Disponível no sítio www.francoisduret.com

Duret, F., Palissier, B., Fages, M., (2010). Stratégie prothétique septembre octobre. vol 10, n° 4.

<http://www.francoisduret.com/wp-content/uploads/2022/01/284.2010.SP-Duret-2.pdf>

Esmerald S Brochure. (n.d.). Available online on

<https://universadent.com/wp-content/uploads/2019/05/Planmeca-Emerald-S-Brochure.pdf>

Fages, M., Valcarcel, J., Gibert, P., Margerit, J. La CFAO, le praticien et l'enseignement à l'UFR de Montpellier. *Le Fil Dentaire*. (2011). (63), 28-31.

<https://www.lefildentaire.com/articles/analyse/experience/la-cfao-le-praticien-et-lenseignement-a-lufr-de-montpellier/>

Fang, J. H., An, X., Jeong, S. M., & Choi, B. H. (2018). Digital intraoral scanning technique for edentulous jaws. *The Journal of prosthetic dentistry*, 119(5), 733–735.

<https://doi.org/10.1016/j.prosdent.2017.05.008>

Federal Dental Association. FDA. (2020). Dental Cone-beam Computed Tomography. Disponível no sítio

<https://www.fda.gov/radiation-emitting-products/medical-x-ray-imaging/dental-cone-beam-computed-tomography>

Ferraris F. Posterior indirect adhesive restorations (PIAR): preparation designs and adhesthetics clinical protocol. *Int J Esthet Dent*. (2017);12(4):482-502.

Finelle, G. (2017). Le Digital Smile Design dans la prise en charge pluridisciplinaire et orthodontique. *Revue D'orthopédie Dento-faciale*.

<https://doi.org/10.1051/odf/2017017>

Flügge, T., Kramer, J., Nelson, K., Nahles, S., & Kernen, F. (2022). Digital implantology-a review of virtual planning software for guided implant surgery. Part II: Prosthetic set-up and virtual implant planning. *BMC oral health*, 22(1), 23.

<https://doi.org/10.1186/s12903-022-02057-w>

Fueki, K., Inamochi, Y., Wada, J., Arai, Y., Takaichi, A., Murakami, N., Ueno, T., & Wakabayashi, N. (2022). A systematic review of digital removable partial dentures. Part I: Clinical evidence, digital impression, and maxillomandibular relationship record. *Journal of prosthodontic research*, 66(1), 40–52.

https://doi.org/10.2186/jpr.JPR_D_20_00116

Gaillard, C. (2022). Le digital Smile Design® (DSD) et le SMILECLOUD® - *Le Fil Dentaire* magazine dentaire.

[https://www.lefildentaire.com/articles/le-digital-smile-design-dsd-et-le-smilecloud/#:~:text=Le%20digital%20Smile%20design%C2%AE%20\(dSd\)%20est%20un%20outil%20et,%C3%A9t%C3%A9%20d%C3%A9velopp%C3%A9%20par%20Christian%20Coachman](https://www.lefildentaire.com/articles/le-digital-smile-design-dsd-et-le-smilecloud/#:~:text=Le%20digital%20Smile%20design%C2%AE%20(dSd)%20est%20un%20outil%20et,%C3%A9t%C3%A9%20d%C3%A9velopp%C3%A9%20par%20Christian%20Coachman)

Hardan, L., & Moussa, C. (2020). Mobile dental photography: a simple technique for documentation and communication. *Quintessence International*, 51(6), 510–518. <https://doi.org/10.3290/j.qi.a44365>

Hinet, M., Harichane, Y., Grossetti, F., Guez, B. (2012, January 31). *La photographie dentaire au quotidien - L'Information Dentaire*. L'Information Dentaire.

<https://www.information-dentaire.fr/formations/la-photographie-dentaire-au-quotidien/>

Hsuan. (2017). *Review of Intraoral Scanners at IDS 2017 - CEREC Digest*. CEREC Digest. <https://www.cerecdigest.net/2017/04/14/ids-2017-intraoral-scanners-review-revised/>

Huang, G., Wu, L., Hu, J., Zhou, X., He, F., Wan, L., & Pan, S. (2022). Main Applications and Recent Research Progresses of Additive Manufacturing in Dentistry. *BioMed Research International*, 2022, 1–26.

<https://doi.org/10.1155/2022/5530188>

Hussain, M. M., Chaudhary, M. A., Ahmed, A. H., & Abullais, S. S. (2017). Latest Trends in Imaging Techniques for Dental Implant: A Literature Review. *International Journal of Radiology & Radiation Therapy*, 3(5).

<https://doi.org/10.15406/ijrrt.2017.03.00076>

Hwang, H. S., Lee, S. Y., Park, E. C., & Yoon, H. (2019). Assessment of the trueness and tissue surface adaptation of CAD-CAM maxillary denture bases manufactured using digital light processing. *Journal of Prosthetic Dentistry*, 121(1), 110–117.

<https://doi.org/10.1016/j.prosdent.2018.02.018>

ISO 5725-1:1994. (1994). Accuracy (trueness and precision) of measurement methods and results. Part 1: General principles and definitions.

<https://www.iso.org/obp/ui/#iso:std:iso:5725:-1:ed-1:v1:en>

Jain, S., Sayed, M. S., Shetty, M. S., Alqahtani, S., Wadei, M. H. D. A., Gupta, S., Othman, A. a. A., Alshehri, A. H., Alqarni, H., Mobarki, A., Motlaq, K., Bakmani, H., Zain, A. A., Hakami, A., & Sheayria, M. F. (2022). Physical and Mechanical Properties of 3D-Printed Provisional Crowns and Fixed Dental Prosthesis Resins Compared to CAD/CAM Milled and Conventional Provisional Resins: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Polymers*, 14(13), 2691.

<https://doi.org/10.3390/polym14132691>

Jalladaud, M. (2020). Biomimétisme: la dent naturelle, une source d'inspiration - L'Information Dentaire.

<https://www.information-dentaire.fr/formations/biomimétisme-la-dent-naturelle-une-source-dinspiration/>

Jayachandran, S. (2017). Digital imaging in dentistry: A review. *Contemporary Clinical Dentistry*, 8(2), 193. https://doi.org/10.4103/ccd.ccd_535_17

Joda, T., & Zitzmann, N. U. (2022). Personalized workflows in reconstructive dentistry—current possibilities and future opportunities. *Clinical Oral Investigations*, 26(6), 4283–4290. <https://doi.org/10.1007/s00784-022-04475-0>

Kafle, A., Luis, E., Silwal, R., Pan, H. M., Shrestha, P. L., & Bastola, A. K. (2021). 3D/4D Printing of Polymers: Fused Deposition Modelling (FDM), Selective Laser Sintering (SLS), and Stereolithography (SLA). *Polymers*, 13(18), 3101.

<https://doi.org/10.3390/polym13183101>

Khanagar, S., Al-Ehaideb, A., Maganur, P. C., Vishwanathaiah, S., Patil, S., Baeshen, H. A., Sarode, S. C., & Bhandi, S. (2021). Developments, application, and performance of artificial intelligence in dentistry – A systematic review. *Journal of Dental Sciences*, 16(1), 508–522. <https://doi.org/10.1016/j.jds.2020.06.019>

Khanagar, S.B.; Alfouzan, K.; Awawdeh, M.; Alkadi, L.; Albalawi, F.; Alfadley, A. Application and Performance of Artificial Intelligence Technology in Detection, Diagnosis and Prediction of Dental Caries (DC)—A Systematic Review. *Diagnostics* (2022).12,1083. <https://doi.org/10.3390/diagnostics12051083>

Koralakunte, P. R., & Aljanakh, M. (2014). The role of virtual articulator in prosthetic and restorative dentistry. *Journal of clinical and diagnostic research : JCDR*, 8(7), ZE25–ZE28. <https://doi.org/10.7860/JCDR/2014/8929.4648>

Lai, Y., Yang, C., Levon, J. A., Chu, T. L., Morton, D., & Lin, W. (2022). The effects of additive manufacturing technologies and finish line designs on the trueness and dimensional stability of 3D-printed dies. *Journal of Prosthodontics*.

<https://doi.org/10.1111/jopr.13588>

Lambert, H., Durand, J., Jacquot, B., & Fages, M. (2017). Dental biomaterials for chairside CAD/CAM: State of the art. *The Journal of Advanced Prosthodontics*, 9(6), 486. <https://doi.org/10.4047/jap.2017.9.6.486>

Landwerlin, M. F. O. (2014). *L’empreinte optique : silence on tourne ! - L’Information Dentaire*. *L’Information Dentaire*. 14(2), 115-128.

<http://www.francoisduret.com/wpcontent/uploads/2022/01/724.2014.landwerlin.pdf>

Lava C.O.S. (2008). Available on

<https://multimedia.3m.com/mws/media/5338790/lava-cos-patient-brochure.pdf>

Lee, S.J.; Chung, D.; Asano, A.; Sasaki, D.; Maeno, M.; Ishida, Y.; Kobayashi, T.; Kuwajima, Y.; Da Silva, J.D.; Nagai, S. Diagnosis of Tooth Prognosis Using Artificial Intelligence. *Diagnostics* (2022), 12, 1422. <https://doi.org/10.3390/diagnostics12061422>

Lee SJ, Gallucci GO. (2013). Digital vs conventional implant impressions: efficiency outcomes. *Clin Oral Implants Res*; 24:111-115

Lee, J. H., Son, K., & Lee, K. B. (2020). Marginal and Internal Fit of Ceramic Restorations Fabricated Using Digital Scanning and Conventional Impressions: A Clinical Study. *Journal of clinical medicine*, 9(12), 4035. <https://doi.org/10.3390/jcm9124035>

LeFilDentaire. (2013). Les clés d'une communication efficace - LEFILDENTAIRE magazine dentaire. <https://www.lefildentaire.com/articles/conseil/communication/les-cles-d-une-communication-efficace/>

Logozzo, S., Zanetti, E. M., Franceschini, G., Kilpelä, A., & Mäkyne, A. J. (2014). Recent advances in dental optics – Part I: 3D intraoral scanners for restorative dentistry. *Optics and Lasers in Engineering*, 54, 203–221. <https://doi.org/10.1016/j.optlaseng.2013.07.017>

Longuet, A. (2020). Les restaurations directes et indirectes postérieures - L'Information Dentaire. <https://www.information-dentaire.fr/formations/les-restaurations-directes-et-indirectes-postrieures/>

Mangano, F. T., Admakin, O., Bonacina, M., Lerner, H., Rutkunas, V., & Mangano, C. (2020). Trueness of 12 intraoral scanners in the full-arch implant impression: a comparative in vitro study. *BMC Oral Health*, 20(1). <https://doi.org/10.1186/s12903-020-01254-9>

Mangano, F. T., Gandolfi, A., Luongo, G., & Logozzo, S. (2017). Intraoral scanners in dentistry: a review of the current literature. *BMC Oral Health*, 17(1).

<https://doi.org/10.1186/s12903-017-0442-x>

Mangano, F. T., Shibli, J. A., & Fortin, T. (2016). Digital Dentistry: New Materials and Techniques. *International Journal of Dentistry*, 2016, 1–2.

<https://doi.org/10.1155/2016/5261247>

Marniquet, S. & Chabouis, H. (2016, June 15). *Matériaux actuels pour les restaurations partielles*. LEFILDENTAIRE Magazine Dentaire.

<https://www.lefildentaire.com/articles/clinique/esthetique/materiaux-actuels-pour-les-restaurations-partielles/>

Medit i700 Brochure. (2021). Available on

<https://www.straumann.com/content/dam/media-center/digital/en-us/documents/brochure/product-information/NAMLIT-1477-Medit-I700-brochure.pdf>

Nasseh, I., & Al-Rawi, W. (2018). Cone Beam Computed Tomography. *Dental Clinics of North America*, 62(3), 361–391. <https://doi.org/10.1016/j.cden.2018.03.002>

Noorsaeed, A. S., Almohammedsaleh, A. H., Alhayek, M. M., Alnajjar, A. A., Kariri, O. N., Albakri, A. I. M., Mohammad Kamel, A. A. A., Abdullah, D. A. T., Tariq, A. E., & Omar, M. A. M. (2021). Overview on Updates on Digital Dental Radiography. *Journal of Pharmaceutical Research International*, 33(59B), 23–28.

<https://doi.org/10.9734/jpri/2021/v33i59B34347>

Ortensi, L., Sigari, G., La Rosa, G. R. M., Ferri, A., Grande, F., & Pedullà, E. (2022). Digital planning of composite customized veneers using Digital Smile Design: Evaluation of its accuracy and manufacturing. *Clinical and Experimental Dental Research*, 8, 537–543.

Papaspyridakos, P, De Souza, A, Finkelman, M, et al: Digital vs conventional full-arch implant impressions: A retrospective analysis of 36 edentulous jaws.

J Prosthodont (2023); 32: 325– 330. <https://doi.org/10.1111/jopr.13536>

Pelissier, B. (2010). Matériaux et CFAO dentaire. *Le Fil Dentaire*.

<https://www.lefildentaire.com/articles/pratique/fiche-clinique/materiaux-et-cfao-dentaire/>

Pillai, S., Upadhyay, A., Khayambashi, P., Farooq, I., Sabri, H., Tarar, M. R., . . . Tran, S. D. (2021). Dental 3D-Printing: Transferring Art from the Laboratories to the Clinics. *Polymers*, 13(1), 157. <https://doi.org/10.3390/polym13010157>

Polatoğlu & Özkesen. Working Principles of CCD and CMOS Sensors and Their Place in Astronomy. *Journal of Anatolian Physics and Astronomy (JAPA)*. (2022). 2 (1), 51-59.

Rabiey, A. (2022). Apport du flux numérique dans la gestion des restaurations antérieures implantaires - LEFILDENTAIRE magazine dentaire.

<https://www.lefildentaire.com/articles/apport-du-flux-numerique-dans-la-gestion-des-restaurations-anterieures-implantaires/>

Revell, G., Simon, B., Mennito, A., Evans, Z. P., Renne, W., Ludlow, M., & Vág, J. (2022). Evaluation of complete-arch implant scanning with 5 different intraoral scanners in terms of trueness and operator experience. *The Journal of prosthetic dentistry*, 128(4), 632–638. <https://doi.org/10.1016/j.prosdent.2021.01.013>

Rekow, E. D. (2020). Digital dentistry: The new state of the art — Is it disruptive or destructive? *Dental Materials*, 36(1), 9–24

<https://doi.org/10.1016/j.dental.2019.08.103>

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*, 2017, 1–9.

<https://doi.org/10.1155/2017/8427595>

Saini, R. (2016). Information Technology in Dentistry. Dentistry.

<https://doi.org/10.4172/2161-1122.1000e120>

3Shape. (n.d.). Available on www.3shape.com

Schleyer, T. (2004). Why integration is key for dental office technology. Journal of the American Dental Association, 135, 4S-9S.

<https://doi.org/10.14219/jada.archive.2004.0413>

Schleyer, T., & Spallek, H. (2001). Dental informatics. Journal of the American Dental Association, 132(5), 605–613.

<https://doi.org/10.14219/jada.archive.2001.0237>

Şeker, O., Kamburoğlu, K., Şahin, C., Eratam, N., Çakmak, E., Sönmez, G., & Özen, D. (2021). In vitro comparison of high-definition US, CBCT and periapical radiography in the diagnosis of proximal and recurrent caries. Dentomaxillofacial Radiology, 50(8). <https://doi.org/10.1259/dmfr.20210026>

Skramstad, M. J. (2019). Welcome to Cerec Primescan AC. International Journal of Computerized Dentistry, 22(1), 69–78.

<https://europepmc.org/article/MED/30848256>

Soenen A., Le Gac O. & Sireix C., (2014), L’empreinte optique intra-buccale au service de la CFAO semi-directe en clinique. LEFILDENTAIRE Magazine Dentaire. 2014; 97: 18-24.

<https://www.lefildentaire.com/articles/clinique/esthetique/empreinte-optique-intra-buccale-au-service-de-la-cfao-semi-directe-en-clinique/>

Soenen A., Pia J. P. & D’Incau E., (2015). Empreintes conventionnelles versus empreintes optiques pour restaurations céramo-céramiques. Inf Dent 2015; 29.

Styleitaliano. (n.d.). Available on www.styleitaliano.com

Suzuki, Y., Harada, N., Watanabe, K. I., Maruo, R., Shimpo, H., & Ohkubo, C. (2022). Clinical application of an intraoral scanner and CAD/CAM system for a Kennedy class I partially edentulous patient. *Journal of oral science*, 64(1), 109–111. <https://doi.org/10.2334/josnusd.21-0409>

Tassery, H., Levallois, B., Terrer, E., Manton, D. J., Otsuki, M., Koubi, S., Gughani, N., Panayotov, I., Jacquot, B., Cuisinier, F., & Rechmann, P. (2013). Use of new minimum intervention dentistry technologies in caries management. *Australian dental journal*, 58 Suppl 1, 40–59. <https://doi.org/10.1111/adj.12049>

Tian, Y., Chen, C., Xu, X., Wang, J., Hou, X., Li, K., . . . Jiang, H. (2021). A Review of 3D Printing in Dentistry: Technologies, Affecting Factors, and Applications. *Scanning*, 2021, 1–19. <https://doi.org/10.1155/2021/9950131>

Ting-shu, S., & Jian, S. (2015). Intraoral Digital Impression Technique: A Review. *Journal of Prosthodontics*, 24(4), 313–321. <https://doi.org/10.1111/jopr.12218>

Turkyilmaz, I., Wilkins, G. N., & Yun, S. (2022). Moving from analogue to digital workflows in dentistry: Understanding undermilling and overmilling as detrimental factors in fabricating CAD/CAM crowns. *Primary Dental Journal*, 11(2), 59–61. <https://doi.org/10.1177/20501684221100938>

Unger, F. (2010). La CFAO en question. *LEFILDENTAIRE Magazine Dentaire*. <https://www.lefildentaire.com/articles/analyse/materiel/la-cfao-en-questions/>

Van Der Zande, M. M., Gorter, R. C., Bruers, J. J. M., Aartman, I. H. A., & Wismeijer, D. (2018). Dentists' opinions on using digital technologies in dental practice. *Community Dentistry and Oral Epidemiology*, 46(2), 143–153. <https://doi.org/10.1111/cdoe.12345>

Venkatesh E, Elluru SV. Cone beam computed tomography: basics and applications in dentistry. *J Istanbul Univ Fac Dent* 2017;51(3 Suppl 1): S102-S121. INVITED REVIEW. <http://dx.doi.org/10.17096/jiufd.00289>

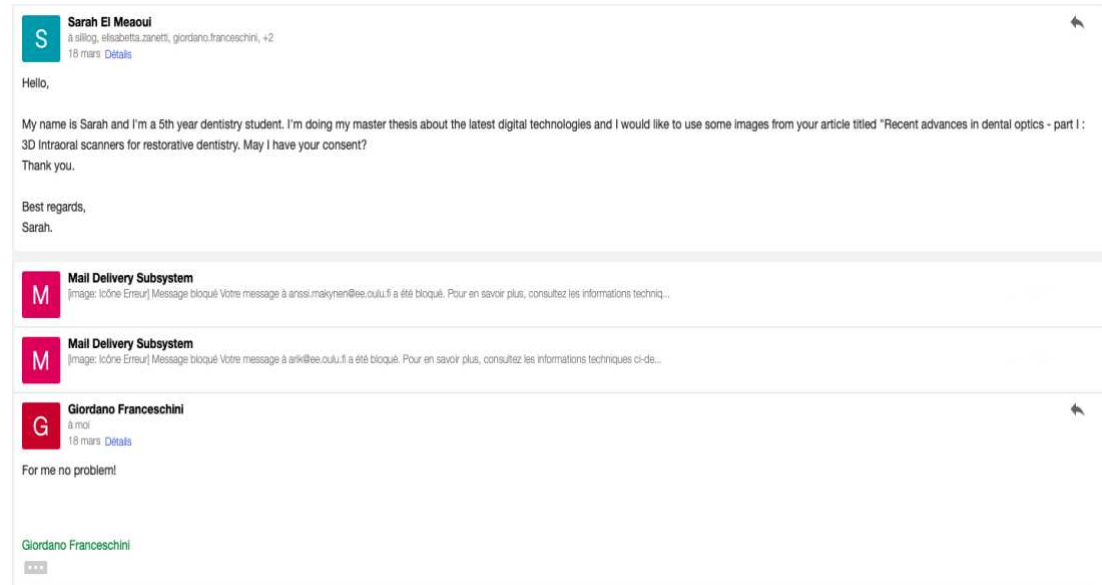
Wulfman, C., Bonnet, G., Carayon, D., Lance, C., Fages, M., Vivard, F., . . . Ducret, M. (2020). Digital removable complete denture: a narrative review. *HAL (Le Centre Pour La Communication Scientifique Directe)*. <https://doi.org/10.36161/fjdm.0005>

Yuzbasioglu E, Kurt H, Turunc R, Bilir H. Comparison of digital and conventional impression techniques: evaluation of patients perception, treatment comfort, effectiveness and clinical outcomes. *BMC Oral Health* 2014; 14:10. <https://doi.org/10.1186/1472-6831-14-10>

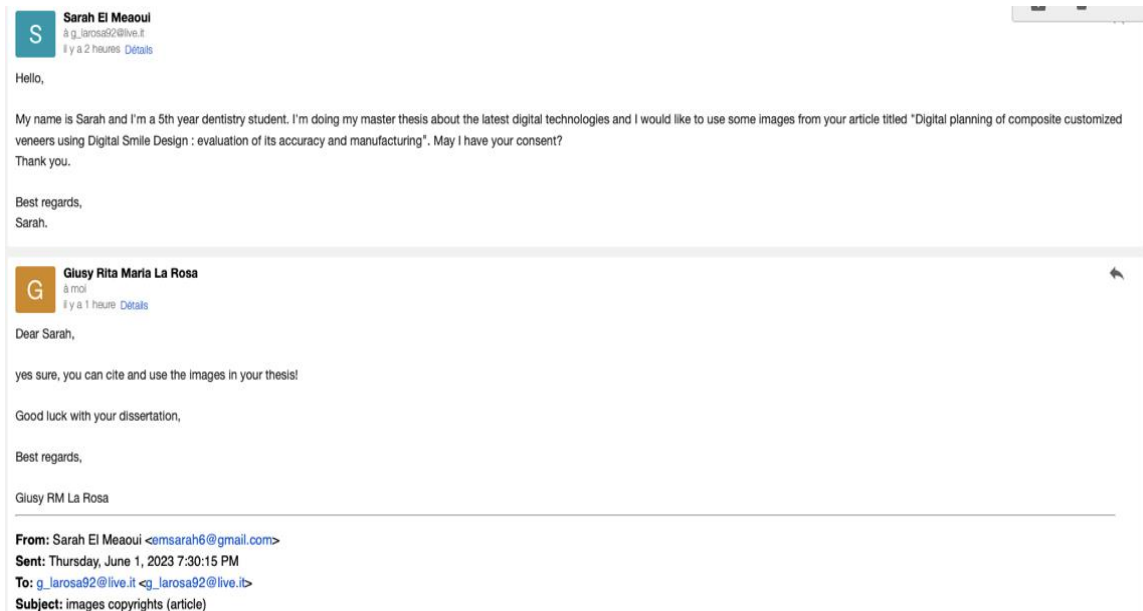
Zeitouny, M., Cuisinier, F., Tassery, H., & Fayyad-Kazan, H. (2020). The Efficacy of SoproLife® in Detecting in Vitro Remineralization of Early Caries Lesions. *Journal of Oral and Maxillofacial Research*, 11(2). <https://doi.org/10.5037/jomr.2020.11206>

Anexos

Anexo 1 – Pedido de autorização de utilização das imagens do artigo de Logozzo et al., (2014).



Anexo 2 - Pedido de autorização de utilização das imagens do artigo de Ortensi et al., (2022)



Anexo 3 - Pedido de autorização de utilização das imagens do artigo Lambert et al., (2017).

S Sarah El Meaoui
s elmeaoui@hdm.fr
Il y a 4 jours [Détails](#)

Bonjour,

Je suis étudiante en 5ème année de médecine dentaire et je prépare ma thèse sur les dernières technologies numériques. J'aimerais savoir si ce serait possible d'obtenir votre autorisation afin d'utiliser les images provenant de votre article "Dental biomaterials for chairside CAD/CAM : State of the art?" ?
En vous remerciant.

Cordialement,
Sarah.

H Hugo LAMBERT
h.lambert@univ-lorraine.fr
Il y a 3 jours [Détails](#)

Bonjour,

Merci de vous intéresser à mon travail et de me demander cette autorisation. Vous pouvez utiliser mes illustrations en citant l'article en question et en le mettant en référence bibliographique.
Bon courage pour la suite de la rédaction.

Bien à vous
Hugo LAMBERT

Anexo 4 - Pedido de autorização de utilização das imagens do artigo de Kafle et al., (2021).

S Sarah El Meaoui
s elmeaoui@hdm.fr
Il y a 24 avr. [Détails](#)

Hello,

My name is Sarah and I'm a 5th year dentistry student. I'm doing my master thesis about the latest digital technologies and I would like to use the Classification of AM techniques' image from your article titled "3D/4D Printing of Polymers: Fused Deposition Modeling (FDM), Selective Laser Sintering (SLS), and Stereolithography (SLA)". May I have your consent?
Thank you.

Best regards,
Sarah.

#BASTOLA ANIL KUMAR#
anil.kumar@ku.edu.np
Il y a 24 avr. [Détails](#)

Hi Sarah,
Thank you reaching out and great to hear that our article is useful for you.

We are happy with the use, however, please properly cite the article and mention "adapted with permission" in figure caption in your thesis.

Regards,
Dr Anil Bastola