

INSTITUTO UNIVERSITÁRIO EGAS MONIZ

MESTRADO INTEGRADO EM MEDICINA DENTÁRIA

ADAPTAÇÃO MARGINAL DAS INFRAESTRUTURAS NAS COROAS CERÂMICAS FABRICADAS APÓS IMPRESSÕES DIGITAIS VS. MÉTODO CONVENCIONAL

Trabalho submetido por
Diana Alchynska
para a obtenção do grau de Mestre em Medicina Dentária

junho de 2023

INSTITUTO UNIVERSITÁRIO EGAS MONIZ

MESTRADO INTEGRADO EM MEDICINA DENTÁRIA

ADAPTAÇÃO MARGINAL DAS INFRAESTRUTURAS NAS COROAS CERÂMICAS FABRICADAS APÓS IMPRESSÕES DIGITAIS VS. MÉTODO CONVENCIONAL

Trabalho submetido por
Diana Alchynska
para a obtenção do grau de Mestre em Medicina Dentária

Trabalho orientado por
Prof. Doutor Francisco Martins

junho de 2023

DEDICATÓRIA

*Dedico aos meus avós que são a minha
inspiração, a minha força e o
exemplo a seguir, que estão longe
de mim, mas sempre por perto.*

AGRADECIMENTOS

É o fim de um capítulo e o início do próximo. A conclusão desta etapa não seria possível sem a colaboração, ajuda, dedicação, carinho e apoio de todos aqui referenciados.

Ao meu orientador, o Prof. Doutor Francisco Martins, por todo o apoio prestado, a sua dedicação, disponibilidade e paciência e pelos vários ensinamentos ao longos destes anos, desde o pré-clínico até à defesa.

Ao meu pai, mesmo já não estando cá sinto o apoio dele diariamente.

A minha mãe e ao Miguel, o pai que a vida me deu e não podia estar mais grata, por tudo o que fazem e farão por mim, sem eles nada seria possível.

À minha irmã, minha motivação nos dias em que estava com pouca vontade de trabalhar, sentia a responsabilidade e o exemplo que tenho de lhe transmitir.

Aos meus avós por todo o apoio incondicional durante os últimos anos, são a minha força e o meu abrigo.

Ao melhor namorado, por ser a pessoa que me ouviu mais nestes anos todos, sempre com uma palavra de conforto e de motivação para continuar.

À minha melhor amiga Alina, que está comigo desde o primeiro dia de faculdade com o apoio incondicional em qualquer iniciativa minha, espero que seja assim para sempre.

À minha companheira da BOX 38, a melhor box de sempre e para sempre, obrigada por tudo.

Às minhas amigas de faculdade que ficam para a vida, Galhanas, Tânia e a minha açoriana, sem vocês não seria a mesma coisa.

A todos aqueles que contribuíram de alguma forma para esta conquista. Aos professores e a todos os colegas que se cruzaram comigo neste percurso.

Ao IUEM por ser a minha segunda casa.

Muito obrigada!

RESUMO

A adaptação marginal é uma das principais chaves para o sucesso clínico a longo prazo das reabilitações orais. Paralelamente existem outros fatores que influenciam o ajuste de uma reabilitação oral fixa, nomeadamente o material de restauração, o tipo de restauração, a linha de terminação, entre outros. Existem ainda diversos fatores humanos que condicionam o resultado, tais como a experiência do profissional e o conhecimento teórico do mesmo.

Uma coroa mal ajustada acarreta problemas no futuro, sendo potencialmente prejudicial para o suporte periodontal, podendo levar à acumulação de placa bacteriana e microinfiltrações que posteriormente, traduzem-se em cáries secundárias, irritação gengival e trauma associado à reabilitação. Além de que uma má adaptação marginal pode originar a dissolução do cimento, o que contribui igualmente para que no futuro surjam complicações como cáries secundárias, recessão gengival e doença periodontal.

Com o constante desenvolvimento tecnológico e o avanço na medicina dentária digital, atualmente é possível evitar múltiplos erros decorrentes do material de impressão e ainda da experiência do médico. A principal evolução foi a introdução na prática clínica de sistemas CAD-CAM que facilitam bastante a realização das reabilitações orais fixas com maior precisão, reproduzindo cada detalhe minuciosamente.

Esta revisão narrativa tem como objetivo analisar e comparar as técnicas atuais de impressão digital com as técnicas convencionais para confecção de estruturas em cerâmica e sua adaptação marginal.

Palavras-chave: *“Adaptação marginal”, “Scanners intraorais” “CAD-CAM”, “Impressões dentárias”.*

ABSTRACT

Marginal adaptation is one of the keys to the long-term clinical success of oral rehabilitation. At the same time, there are other factors that influence the adjustment of a fixed oral rehabilitation, namely the restoration material, the type of restoration, the finishing line, among others. There are also several human factors that condition the result, such as the professional's experience and theoretical knowledge.

An ill-fitting crown causes problems in the future, being potentially harmful to the periodontal support, because it can lead to the accumulation of bacterial plaque and microleakage, which later translate into secondary caries, gingival irritation and trauma associated with rehabilitation. In addition, poor marginal adaptation can lead to cement dissolution, which also contributes to complications such as secondary caries, gingival recession and periodontal disease in the future.

With the constant technological development and advances in digital dentistry, it is currently possible to avoid multiple errors coming from the impression material and also from the physician's experience. The main evolution was the introduction into clinical practice of CAD-CAM systems that greatly facilitate the performance of fixed oral rehabilitation with greater precision, reproducing every detail.

This narrative review has the main purpose to analyze and compare current digital printing techniques with conventional techniques for making ceramic structures and their marginal adaptation.

Keywords: *“Marginal Adaptation”, “Intraoral Scanners” “CAD-CAM”, “Dental impressions”.*

ÍNDICE GERAL

I. INTRODUÇÃO	13
II DESENVOLVIMENTO	15
1. Impressões: método convencional e método digital.....	15
1.1. Materiais de Impressão.....	17
1.2. Técnicas de impressão.....	21
1.3. Scanners intraorais	23
2. Métodos de confecção de cerâmica em prótese fixa	25
2.1 Métodos convencionais.....	27
2.2 Cerâmica prensada.....	27
2.3 Cerâmicas por eletrodeposição	27
2.4 Cerâmicas por CAD/CAM.....	28
2.4.1 Vantagens e limitações do sistema CAD-CAM	30
3. Discrepância Marginal.....	32
3.1 Fatores com Influência na Adaptação Marginal	34
3.1.1 Preparo dentário e linha de terminação	35
3.1.2 Método de digitalização.....	37
3.1.3 Cimentação	38
3.2 Métodos de Avaliação da Adaptação Marginal	39
4 Convencional vs. Digital	41
III. CONCLUSÃO	47
IV. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	49

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Semelhanças e diferenças da impressão convencional vs impressão digital (adaptado de Patzelt et al., 2014).....	16
Figura 2: Classificação de materiais de impressão (adaptado de Jain & Gupta, 2021)..	17
Figura 3: Mistura manual de material de impressão de alginato, água e pó.....	21
Figura 4: Alginato na moldeira de impressão dentária.....	22
Figura 5: Passo a passo para uma impressão digital completa (imagens retiradas de: https://www.dentsplysirona.com/pt-br/explore/cerec/primescan.html).	30
Figura 6: Mapa que demonstra a facilidade de comunicação através de sistema digital (retirado de Coachman et al., 2021)	31
Figura 7: As oito variáveis da discrepância marginal;a = gap interno, b = gap marginal, c = margem sobreestendida, d = margem subestendida, e = discrepância marginal vertical, f = discrepância marginal horizontal, g = discrepância marginal absoluta, h = discrepância de assentamento (adaptado de Kara, 2020)	33

ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 1: Resumo dos *scanners* intra-orais para impressão digital disponíveis atualmente no mercado. (Adaptado de Kamble et al., 2020; Logozzo et al., 2011)..... 25

Tabela 2: Comparação de precisão de acordo com o comprimento de arco (Vecsei et al., 2017)..... 44

ÍNDICE DE SIGLAS

3D - Três dimensões

ADA - *American Dental Association*

CAD - *Computer aided design* (Desenho auxiliado por computador)

CAM - *Computer aided manufacturing* (Fabrico assistido por computador)

CEREC - *Ceramic economical restorations esthetic ceramics*

IOS - *Scanner digital intraoral*

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

Vs - Versus

µm - Micrómetro

I. INTRODUÇÃO

As impressões dentárias eram obtidas apenas pela técnica convencional, realizadas com materiais de impressão, sendo ainda hoje uma técnica muito utilizada. No entanto foram desenvolvidas técnicas de impressão digital de forma a facilitar o trabalho do profissional. Estas conseguem obter réplicas precisas e exatas da cavidade oral, minimizando o tempo de trabalho e o desconforto do paciente (Onbasi et al., 2022; Patzelt et al., 2014).

Atualmente, o interesse na área da medicina dentária digital está a aumentar (Manisha et al., 2023). A literatura publicada ainda é inconclusiva sobre se a impressão digital fornece precisão semelhante à fornecida por uma impressão convencional para a fabricação de uma coroa de cerâmica unitária (Manisha et al., 2023).

A impressão dentária é uma ferramenta indispensável para a realização de uma coroa. Tradicionalmente era utilizada a impressão convencional que consiste num conjunto de técnicas de impressão manual e obtenção de modelos de gesso, sendo que o surgimento de tecnologia CAD-CAM (computer- aided design – computer-aided manufacturing) permitiu simplificar este processo e reduzir a mão de obra, visto que consiste em impressão via digital através de sistema CAD e com a posterior produção de coroa assistida por computador (Koch et al., 2016).

Com a crescente utilização e progresso de sistemas CAD-CAM, o fluxo de trabalho digital na medicina dentária tem aumentado continuamente, de modo que atualmente é considerado um recurso importante na prática clínica, visto que neste sentido as tecnologias digitais auxiliam os profissionais a economizar tempo e a aumentar a eficiência dos tratamentos (Rekow, 2020).

O ajuste marginal é uma medida importante da qualidade e sucesso clínico de restaurações fixas, sendo que a presença de desajuste marginal pode provocar enfraquecimento da cerâmica, inflamação periodontal, retenção de placa bacteriana, desenvolvimento de cárie ou lesões pulpares, reabsorção óssea e dissolução do cimento (Carrilho & Pimentel, 2020). Os valores de ajuste marginal entre 34 e 120 μ m são considerados aceitáveis (Carrilho & Pimentel, 2020). Entre os vários fatores que influenciam a adaptação do preparo estão a localização da linha de terminação, o tipo de

material restaurador, o método de fabricação do material de restauração, o tipo de material de impressão e a técnica utilizada (Carrilho & Pimentel, 2020).

II. DESENVOLVIMENTO

1. Impressões: método convencional e método digital

De acordo com a 8ª edição de Glossário de Prostodontia, a “impressão” é definida como uma reprodução negativa da cavidade oral para a produção de uma cópia positiva, que por sua vez é utilizada para elaborar uma réplica tridimensional (3D) da estrutura anatômica (Lim et al., 2021). Vários fatores influenciam o resultado final de uma impressão, como, o tipo de material, a técnica de impressão utilizada, a experiência clínica do profissional de saúde, o respeito pelos tempos indicados pelo fabricante para a presa do material, entre outros (Lim et al., 2021; Parize et al., 2021)

As impressões são uma ferramenta indispensável na confecção de uma coroa, sendo a sua principal função reproduzir detalhadamente o preparo dentário e as estruturas envolventes, criando assim o modelo de estudo ou de trabalho (Parize et al., 2021). Uma impressão correta facilita bastante todo o processo de confecção de uma reabilitação. Dessa forma, utilizam-se materiais específicos, como os fios de retração gengival, que ao afastar os tecidos permitem que o material penetre para o interior do sulco gengival de forma a reproduzir corretamente todo o preparo, incluindo a linha de terminação (Parize et al., 2021). O método convencional é utilizado diariamente, no entanto com a evolução crescente, os materiais de impressão sofrem modificações ou são substituídos por novos materiais que vão surgindo e os quais apresentam características melhoradas (Onbasi et al., 2022).

Nos últimos anos o desenvolvimento de tecnologia CAD/CAM veio revolucionar a reabilitação oral no que diz respeito ao fabrico de coroas e próteses, sendo que possibilita a realização de trabalhos semelhantes economizando tempo, dado que eliminamos passos existentes no procedimento de confecção convencional (Parize et al., 2021).

Este sistema utiliza *scanners* digitais ou sistemas de impressão digitais que proporcionam restaurações de elevada qualidade e reprodução dos detalhes diminuindo os custos de produção (Ellakany et al., 2021).

Com o desenvolvimento do sistema CAD/CAM atualmente conseguimos ter uma comunicação entre os profissionais e o laboratório mais facilitada, visto que as impressões podem ser feitas através dos scanners intraorais ou *scanners* de laboratório (Ellakany et al., 2021; Parize et al., 2021). A diferença entre eles, é que com os intraorais conseguimos realizar as impressões diretamente no consultório e enviar o ficheiro para o laboratório, eliminando a necessidade de realizar a impressão convencional (Ellakany et al., 2021). Enquanto os *scanners* de laboratório, implicam um modelo de gesso enviado para o laboratório onde é realizada a leitura do mesmo através de *scanner* (Ellakany et al., 2021).

Atualmente realizar uma impressão dentária com precisão continua a ser um desafio, visto que é um dos procedimentos essenciais na prática clínica e durante a realização da qual é crucial assegurar a reprodução da condição intraoral tão precisa quanto possível. Nesta fase erros ou imprecisões podem ter consequências a longo prazo para a qualidade do resultado final da restauração (Parize et al., 2021). É importante conhecer as semelhanças e as diferenças da impressão convencional vs impressão digital que se seguem na figura abaixo:

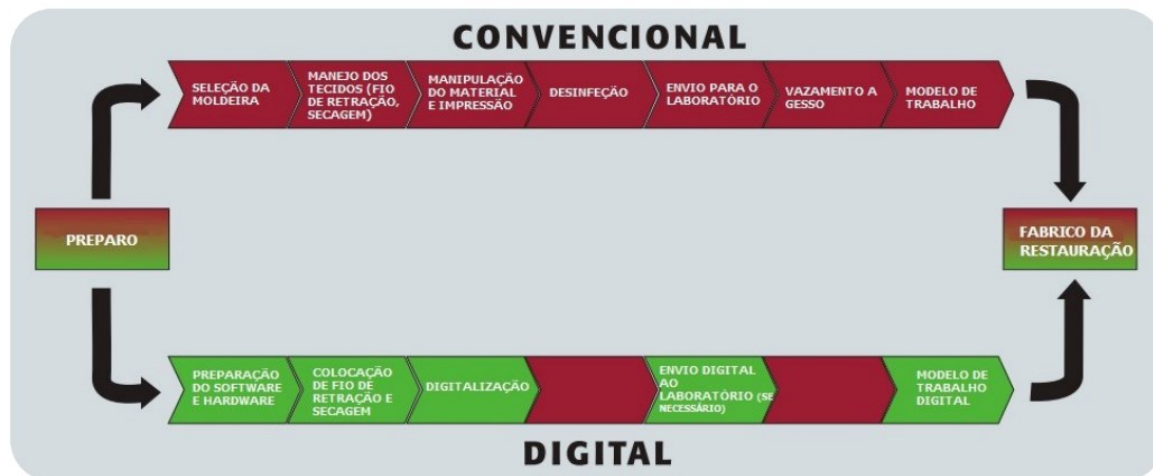


Figura 1: Semelhanças e diferenças da impressão convencional vs impressão digital (adaptado de Patzelt et al., 2014)

Num estudo os autores compararam as vantagens das impressões convencionais em relação às digitais (Ting-shu & Jian, 2014). A comparação foi realizada entre diferentes sistemas de impressão digital disponíveis no mercado, as suas características de manipulação, a precisão e a repetibilidade (Ting-shu & Jian, 2014). Os autores

concluem que a técnica de impressão digital é uma ajuda no que diz respeito ao funcionamento do sistema CAD-CAM, no entanto apresenta algumas limitações quanto à exatidão comparado com a impressão convencional (Ting-shu & Jian, 2014).

1.1. Materiais de Impressão

É de extrema importância a escolha do material de impressão de entre os vários presentes no mercado (Anusavice et al., 2013). Os únicos materiais utilizados como materiais de impressão no século XIX era a cera e a guta-percha, no entanto o facto de serem rígidos e não permitirem reproduzir de forma precisa os tecidos orais fez com que os mesmos caíssem em desuso (Jain & Gupta, 2021). Atualmente, todos os materiais de impressão são elásticos e podem ser classificados em:

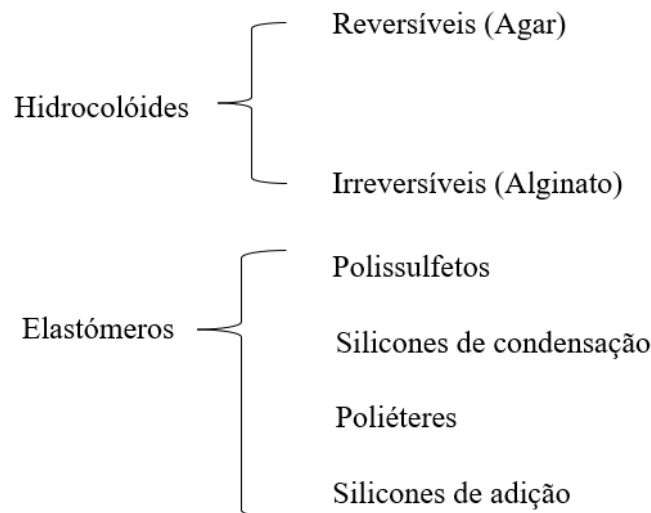


Figura 2: Classificação de materiais de impressão (adaptado de Jain & Gupta, 2021)

Para a seleção dos materiais de impressão, existem requisitos indispensáveis: os materiais devem ser biocompatíveis (níveis baixos de toxicidade e hipoalergénico); devem ter estabilidade dimensional dentro das condições de temperatura e humidade presentes na clínica, para posteriormente serem corridos a gesso; serem fluidos para se adaptarem aos tecidos da cavidade oral; ao mesmo tempo devem ser viscosos para se poder ter controlo do material na moldeira; excelente reprodução de detalhes incluindo todos os tecidos orais; serem hidrofílicos para poderem se adaptar à molhabilidade dos tecidos de cavidade oral; terem um tempo de presa aceitável, idealmente menor a sete

minutos; terem uma boa relação de preço-qualidade (Anusavice et al., 2013; Punj et al., 2017).

1.1.1. Alginato

É um hidrocolóide irreversível que se apresenta como um pó, o qual para atingir a consistência necessária é adicionada água, respeitando as normas do fabricante, sendo que normalmente existe uma medida na qual se coloca igual quantidade de pó e de água, na proporção de 1:1 (Powers, 2016; Zarb, 2013). Ao ser um material irreversível, é utilizado uma única vez, visto que depois de tomar a presa o processo não pode ser revertido (Powers, 2016). Existem dois tipos de alginato, o de rápido endurecimento, onde o tempo de trabalho é entre 1 a 2 minutos e o de configuração normal, sendo que este é o mais utilizado e o seu tempo de trabalho é entre 2 a 5 minutos (Powers, 2016; Zarb, 2013).

Antes da colocação da mistura na moldeira, esta deve estar homogênea, misturando todo o pó, para evitar que exista a separação dos componentes durante a realização de impressão, o que resultaria numa falha de material na moldeira (McCabe & Angus Walls, 2008). O tempo de presa do alginato é influenciado por vários fatores, como a temperatura do consultório, a temperatura da água utilizada, quanto mais fria mais tempo de trabalho tem o profissional, ou seja, o tempo de presa do alginato é inversamente proporcional à sua temperatura, o que significa que quanto maior é a temperatura menor é o tempo de presa (Anusavice et al., 2013; Cervino et al., 2018). O alginato também é influenciado pela relação pó/água, caso as indicações do fabricante não forem respeitadas (Anusavice et al., 2013).

Dentro das inúmeras vantagens do alginato, uma das mais importantes para ser bastante utilizado pela maior parte dos médicos dentistas é o seu baixo custo, sendo que um tempo de armazenamento longo e o facto de ser um material hidrofílico, também são características com bastante relevância (Amorim et al., 2018, Parize et al., 2021).

A desvantagem mais evidente, é a de não ter muita precisão, pois não consegue reproduzir perfeitamente os detalhes comparado com um silicone de adição ou de condensação (Fonte-Boa et al., 2016). Tem também na lista de desvantagens, a baixa estabilidade dimensional, visto que a água evapora e ocorre a exsudação de fluidos da superfície (Fonte-Boa et al., 2016). Outro tipo de desvantagem, é que rasga muito

facilmente, a sua elasticidade é limitada e tem de ser corrido a gesso no tempo máximo de 2h a seguir à realização da impressão, o que em consultório torna-se complicado visto termos um tempo estipulado para cada consulta (Fonte-Boa et al., 2016).

1.1.2. Silicone de Condensação

Os silicones de condensação podem apresentar diferentes viscosidades, nomeadamente *light*, *regular*, *heavy* e *putty* (McCabe & Angus Walls, 2008). Existem duas formas de apresentação, em uma só pasta, onde encontram-se combinadas a base e o catalisador líquido, ou então apresentam-se em forma de duas pastas em separado (Anusavice, 2013).

Como vantagens deste material, destacam-se o tempo de trabalho confortável para o profissional, a visibilidade das margens, o material é limpo em comparação com o alginato, o tempo de presa é curto e tem uma boa estabilidade dimensional (Anusavice et al., 2013; Kumar et al, 2011). Em relação às desvantagens, a principal é a contração de presa, a baixa resistência, pois o material rasga com facilidade, e necessita de ser corrido a gesso imediatamente (Anusavice et al., 2013; Kumar et al, 2011).

1.1.3. Silicones de Adição

Em termos de apresentação, igualmente aos silicones de condensação, pode ser encontrado em diversas viscosidades, concretamente *light*, *regular/medium*, *heavy* e *putty* (McCabe & Angus Walls, 2008). Encontra-se no mercado em forma de duas pastas de mistura manual ou com um mecanismo de automistura, o que facilita a colocação diretamente na moldeira ou na zona de cavidade oral que pretendemos imprimir. Geralmente, na consistência regular é utilizado para a realização de modelos provisórios (Anusavice et al., 2013).

Uma das grandes vantagens deste material, sendo por isso considerado o material de eleição para os modelos em reabilitação oral, é a reprodução minuciosa dos detalhes, comparando por exemplo ao alginato (Anusavice et al., 2013; Surapaneni et al., 2013). Outra mais-valia deste tipo de material, é que pode ser corrido a gesso várias vezes, não tendo alterações de estabilidade dimensional (Anusavice et al., 2013). Manipulando o silicone de adição, é necessário alguns cuidados visto que uma das

desvantagens é a inibição de polimerização caso entre em contacto com o látex, mesmo depois de retirar as luvas, sendo por isso importante higienizar as mãos antes do contacto direto com o material (Surapaneni et al., 2013). Além do mencionado, é um material de elevado custo em comparação por exemplo, ao hidrocolóide irreversível (Hulme et al., 2014).

1.1.4. Poliéter

Apresenta-se sob uma pasta base e outra catalisadora, sendo regra geral apenas em uma viscosidade, a *regular* (Anusavice et al., 2013). Como vantagem, proporciona boa estabilidade dimensional, visto que não tem nenhum subproduto associado à reação, sendo por isso possível vaziar diversas vezes a gesso a partir de uma só impressão (Anusavice et al., 2013).

A parte menos agradável deste material são o sabor e o odor fortes que o tornam desconfortável para os pacientes (Anusavice et al., 2013). Para além disso o material tem um elevado custo e é muito rígido, o que torna mais difícil a sua remoção da cavidade oral, possibilitando que se rasgue com alguma facilidade (Anusavice et al., 2013).

1.1.5. Polissulfeto

Podemos encontrar o polissulfeto em forma de duas pastas, disponíveis em diversas consistências desde *light* com viscosidade mais baixa, *regular/médium* e *heavy*, sendo esta última a que tem viscosidade mais elevada (Anusavice et al., 2013; Hamalian et al., 2011).

A sua principal vantagem é a de possuir grande resistência ao rasgamento o que facilita a remoção da moldeira, no entanto a moldeira tem de ser removida num único movimento para melhorar a recuperação elástica do material (Anusavice et al., 2013). Ainda em relação à resistência, é um dos materiais que possui maior resistência de todos os materiais de impressão, possui também um tempo de trabalho longo, cerca de 12 minutos e o custo é acessível (Hamalian et al., 2011). Distingue-se pela excelente impressão dos detalhes muito precisos, ainda que na presença de fluidos orais (Anusavice et al., 2013).

Em relação aos fatores negativos, destacam-se o sabor e o odor incômodos para o paciente e a desvantagem de ser necessário vazar a gesso num espaço de uma hora a seguir à realização de impressão (Anusavice et al., 2013; Hamalian et al., 2011).

1.2. Técnicas de impressão

1.2.1. Impressão com alginato

O alginato é o material mais utilizado para as impressões preliminares, as mesmas são feitas com recurso às moldeiras universais metálicas de preferência perfuradas para que ocorra a retenção mecânica do material durante e após a remoção da cavidade oral (Anusavice, 2013; Rocha, 2005).

É muito importante respeitar as recomendações do fabricante no que diz respeito às proporções de pó e de água para a obtenção de consistência pretendida. Sendo a espatulação um passo fundamental, devemos recorrer a movimentos em oito, contra as paredes de graal até atingir uma mistura homogênea, removendo as bolhas de ar (Rocha Castro, 2005).

O tempo de presa do alginato é acelerado dentro de cavidade oral devido à sua temperatura e ao contacto direto com os tecidos orais, assim sendo, a moldeira deve ser introduzida de forma rápida e posicionada de forma centrada, em seguida é pressionada contra os dentes a reproduzir, sendo que deve ainda ficar imóvel durante a presa de impressão para evitar distorções do material (McCabe & Angus Walls, 2008).

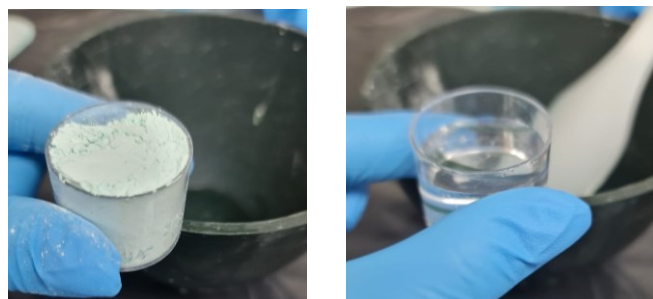


Figura 3: Mistura manual de material de impressão de alginato, água e pó.



Figura 4: Alginato na moldeira de impressão dentária.

1.2.2. Impressão com elastômero

A impressão com elastômeros é possível realizar com várias técnicas, de múltiplas fases ou de uma só fase, visto que os elastômeros possuem diferentes viscosidades, nomeadamente a técnica de dupla mistura ou de dupla impressão, recorrendo a uma moldeira universal (Anusavice et al., 2013).

1.2.3. Técnica de dupla mistura

A técnica de dupla mistura realiza-se num só passo com dois materiais, os quais são manipulados em simultâneo, o material mais fluido (*light*) é colocado diretamente na cavidade oral, enquanto preenchemos a moldeira com o segundo material, o *putty*, sendo o último passo, a inserção da moldeira na cavidade oral (Anusavice et al., 2013). Apresenta como desvantagem, a ocorrência de falhas ou defeitos na união entre materiais de diferentes consistências (Anusavice et al., 2013).


1.2.4. Técnica de dupla impressão

Em relação à técnica de dupla impressão, ou também chamada técnica de dois passos, é realizada inicialmente a uma impressão prévia com o silicone de consistência *putty*, utilizando um espaçador e de seguida, é aplicado o de consistência *light* para a realização de uma segunda impressão mais precisa, reproduzindo minuciosamente os detalhes. Este segundo material, de consistência *light*, também é colocado na preparação

dentária para garantir uma impressão correta de todos os detalhes (Vitti et al., 2013). Uma das vantagens desta técnica é a precisão e a impressão dos detalhes, entre as desvantagens, está a distorção do material se o material mais fluido não cobrir toda a preparação dentária, sendo que existe a dificuldade de reposicionamento da primeira impressão na boca (Anusavice et al., 2013; Vitti et al., 2013).

1.3. Scanners intraorais

Os scanners digitais intraorais (IOSs) são uma ferramenta indispensável na utilização do sistema CAD-CAM e como já referido anteriormente, é por onde se inicia a impressão digital (Michelinakis et al., 2019; Parize et al., 2021). Existem diferentes tipos de tecnologias óticas que são utilizadas pelos *scanners*, tais como a microscopia confocal a laser, triangulação ativa e passiva, a amostragem por frente de onda ativa, a tomografia de coerência ótica, a interferometria e na maior parte das vezes, os *scanners* funcionam através de combinação de mais do que um dos princípios de digitalização (Logozzo et al., 2014). Os IOSs utilizam a luz estruturada ou laser para capturar as imagens sequenciais das arcadas dentárias, para isso o operador percorre com a câmara todas as faces dos dentes, incluindo a face oclusal, permanecendo a poucos milímetros da estrutura dentária, o que permite a sua posterior reconstrução em 3D (Mangano et al., 2020).

Modelo IOS	Tecnologia ótica utilizada pelo IOS	Sistema IOS
Cerec	Técnica de triangulação ativa e microscopia ótica	

iTero	Microscopia confocal	 The iTero dental scanner is a mobile workstation on a four-wheeled stand. It features a large, adjustable monitor displaying a 3D digital model of a dental arch with a highlighted crown preparation area.
Lava C.O.S.	Amostragem por frente de onda ativa	 The Lava C.O.S. dental scanner is a compact, white, three-legged device. It has a monitor mounted on top showing a 3D dental model with a white crown preparation area.
E4D	Microscopia confocal e tomografia de coerência ótica	 The E4D dental scanner is a larger, light blue and white unit on a four-wheeled cart. It has a monitor displaying a 3D dental model with a crown preparation area.

<p>3 SHAPE TRIOS</p>	<p>Microscopia confocal</p>	
--	-----------------------------	---

Tabela 1: Resumo dos *scanners* intra-orais para impressão digital disponíveis atualmente no mercado. (Adaptado de Kamble et al., 2020; Logozzo et al., 2011).

2. Métodos de confecção de cerâmica em prótese fixa

As coroas cerâmicas são a escolha de muitos profissionais pela sua longevidade e qualidade, estas características estão diretamente relacionadas com a adaptação tanto marginal, como a interna de uma coroa ao preparo (D'souza & Aras, 2017; Manisha et al., 2023).

O uso de coroas cerâmicas tem sido crescente em reabilitação oral, principalmente quando necessitamos de realizar uma restauração estética, sendo na maior parte das vezes utilizadas quando estamos perante coroas unitárias (D'souza & Aras, 2017). As cerâmicas têm a capacidade de mimetizar os tecidos dentários, reproduzindo na perfeição a anatomia dentária, garantem também a longevidade, a estabilidade de cor, a biocompatibilidade e a possibilidade de serem cimentadas com a utilização de sistemas adesivos (D'souza & Aras, 2017). No passado existia algum receio na utilização de cerâmica por ser um material com baixa resistência mecânica, o que hoje em dia já está ultrapassado visto que as cerâmicas atualmente são reforçadas com outros materiais que lhes permitem suportar altas cargas oclusais (D'souza & Aras, 2017).

A cerâmica é um material de excelência a nível estético por ser semelhante ao esmalte, apresenta também bastante resistência à compressão e desgaste, uma excelente

adaptação marginal, para além de que se apresenta com superfície lisa e sem rugosidades, o que diminui a probabilidade de acumulação de placa bacteriana permitindo assim manter a saúde dos tecidos moles (D'souza & Aras, 2017; Keys & Carson, 2017).

Por outro lado, as cerâmicas apresentam uma boa condutividade térmica, menor irritação pulpar e sensibilidade térmica por serem considerados ótimos isoladores (Raigrodski, 2004). Existem pacientes que apresentam hipersensibilidade às ligas que contêm metal, o que não acontece no caso das coroas totalmente cerâmicas (Raigrodski, 2004).

Uma das suas desvantagens mais referidas está relacionada com a fratura da cerâmica de revestimento e não com a fratura da infraestrutura em si, os motivos indicados como mais frequentes destas fraturas são a falta de adesão da infraestrutura à cerâmica de revestimento e a flexibilidade da infraestrutura (Donovan, 2008; D'souza & Aras, 2017; Keys & Carson, 2017).

O custo das coroas cerâmicas é referenciado como uma das suas principais vantagens visto que os custos de metais preciosos como o platina e paládio têm vindo a aumentar, sendo a cerâmica uma excelente alternativa e substancialmente mais económica comparativamente a uma coroa que contenha metal na sua composição (Donovan, 2008).

Atualmente a classificação das cerâmicas quanto à sua técnica de fabrico pode ser dividida em quatro grupos:

- o método tradicional de estratificação;
- as cerâmicas prensadas;
- as cerâmicas por eletrodeposição (adição);
- as cerâmicas por CAD/CAM (subtração ou adição) (Giordano & McLaren, 2010).

2.1 Métodos convencionais

Os métodos tradicionais dividem-se ainda em dois subgrupos, o método convencional e o método por infiltração (Giordano & McLaren, 2010). No método convencional incluem-se as cerâmicas de recobrimento totalmente vítreas ou com alguma percentagem de componente cristalina, apresentam-se em pó e a mistura é realizada com o líquido de modelagem fornecido pelo fabricante (Giordano & McLaren, 2010). O protésico realiza a sua construção através de uma espátula e um pincel, seguidamente é realizada a queima de cerâmica no forno onde é retirada a maior parte da porosidade incorporada durante a construção através de um ciclo a vácuo (Giordano & McLaren, 2010). O método de infiltração é realizado da mesma maneira recorrendo a espátula e pincel pelo técnico de prótese, que constrói a infraestrutura num troquel refratário recorrendo a uma dispersão de pó de cerâmica, em seguida a infraestrutura é imersa numa solução vítrea para realizar a infiltração, por fim, após a infiltração do vidro, a infraestrutura vai ao forno de cerâmica para realizar a sinterização (Giordano & McLaren, 2010).

2.2 Cerâmica prensada

As restaurações de cerâmica prensada são fabricadas usando um método semelhante à moldagem por injeção (Giordano & McLaren, 2010). É utilizada a porcelana monocromática ou lingotes de vitrocerâmica que são aquecidos para permitir que o material flua sob pressão num molde preformado usando a convencional técnica de cera perdida (Giordano & McLaren, 2010; Vasiliu et al., 2020). Após o enceramento, o excesso da cera é removido, no final e depois do arrefecimento, é retirado o revestimento e estamos perante a estrutura terminada. As coroas em vitrocerâmica IPS e.max Press são fabricadas desta forma (Giordano & McLaren, 2010; Vasiliu et al., 2020).

2.3 Cerâmicas por eletrodeposição

É um método por adição que consiste em deposição de partículas de cerâmica num troquel através de trocas elétricas. Essa abordagem é eficiente para unidades individuais, mas torna-se incômoda e potencialmente não será uma solução para as estruturas de várias unidades (Giordano & McLaren, 2010).

2.4 Cerâmicas por CAD/CAM

O sistema CAD/CAM é composto por três componentes, o scanner intraoral que faz a leitura de preparação dentária, o *software* CAD que significa projeto ou desenho assistido por computador, sendo este o que define os contornos da restauração e desenha a estrutura final e por último, o CAM significa fabrico assistido por computador, no qual se programa o processo de confeção e realiza a coroa através de fresagem (Correia et al., 2006; Ting-shu & Jian, 2014).

O procedimento de confeção de uma coroa ou de uma prótese através de sistema CAD/CAM, inicia-se sempre com a leitura de preparação dentária e unidades vizinhas com a unidade de aquisição de informação, o scanner intraoral ou extraoral, caso já exista um modelo de gesso, os dados recolhidos são convertidos em informação digital 3D (Van Noort et al., 2012; Watanabe et al., 2022). O scanning é feito através de uma técnica de digitalização a partir de imagens geradas por luz (Van Noort et al., 2012). A impressão digital realizada tem um papel muito importante no planeamento futuro de reabilitação, visto que a partir daqui é obtida a forma dos dentes, dos tecidos moles e da preparação dentária (Baba et al., 2016; Gan et al., 2016).

Como referido acima, existem dois métodos de digitalização, o método direto, realizado através de scanner intraoral, onde a informação é obtida através de leitura diretamente na cavidade oral do paciente (Baba et al., 2016; Gan et al., 2016). Por outro lado, existe a técnica indireta, realizada através de impressões convencionais corridas a gesso e a partir desse modelo de gesso, utilizando o scanner extraoral, é obtida a informação para a digitalização (Baba et al., 2016; Gan et al., 2016). Estudos feitos recentemente, revelam que o método de digitalização direto mostra ter mais precisão na digitalização comparando ao método indireto (Su et al., 2015; Watanabe et al., 2022).

A digitalização depende de vários fatores que influenciam a sua utilidade nas próximas fases, tais como a experiência do profissional, a tecnologia do *scanner* intraoral, a iluminação do campo de digitalização, a temperatura ambiente e a área da superfície a digitalizar, todos estes fatores são cruciais para o resultado das impressões digitais (Ender et al., 2013; Patzelt et al., 2014).

As imagens recebidas são transferidas para o *software* de planeamento e manipulação das imagens CAD que permitem ler e editar os ficheiros digitalizados, a

partir da qual vai surgir o desenho da estrutura protética, é nesta altura que são definidos vários parâmetros, tais como a linha de terminação, o espaçamento e a espessura do preparo a fresar, conseguimos verificar as zonas críticas e no final visualizar a estrutura tridimensionalmente (Lee et al., 2020).

Por norma o *software* de desenho CAD, possibilita o fabrico de vários tipos de próteses parciais fixas, podem ser coroas unitárias, *inlays*, *onlays*, *overlays*, facetas ou pontes (Tapie et al., 2015). Existem também *softwares* para as próteses dentárias que incorporam um banco de dados que contém as formas dos dentes, dos componentes protéticos e dos implantes, desta forma quando se faz um planeamento no computador de uma prótese, o programa ajuda a escolher os tamanhos pretendidos inserindo a imagem determinada pelo técnico de laboratório (Prajapati et al., 2014; Van Noort et al., 2012).

Com a informação fornecida pelo CAD, as máquinas reproduzem a forma pretendida da imagem virtual, através de um processo mecânico de fabrico e polimento da reabilitação, o fabrico pode funcionar de dois métodos, pelo método subtrativo ou pelo aditivo (Watanabe et al., 2022).

Pelo método subtrativo, a partir de blocos pré-fabricados de diferentes materiais, através da fresagem que é realizada com alta precisão a partir de uma lista de movimentos gravados num código específico (Tapie et al., 2015). É iniciado o processamento de fresagem conforme o número de eixos, que podem ser constituídos por três, quatro ou cinco, os eixos são controlados através de código referido acima e é assim que se processa o corte do material (Correia et al., 2006; Tapie et al., 2015; Van Noort et al., 2012). A quantidade dos eixos de fresagem é importante visto que influencia a capacidade de detalhe geométrico e quanto maior for o número de eixos, mais complexa e detalhada é a peça reabilitadora (Correia et al., 2006; Tapie et al., 2015; Van Noort et al., 2012).

O método alternativo é o aditivo, onde os modelos são constituídos pela aplicação sequencial de camadas finas de material, o que permite produzir um modelo 3D a partir de modelos digitais criados por um *scanner* e *software* de *design* (Watanabe et al., 2022). Contrariamente ao método subtrativo, não existe desperdício de material e a outra vantagem é que permite a produção em massa (Van Noort et al., 2012).

O material tem de ser escolhido e indicado pelo médico dentista, entre os materiais utilizados pelo sistema CAD/CAM encontram-se cerâmica feldspática, fluormica, leucita reforçada, dissilicato de lítio, óxido de magnésio, óxido de alumínio e óxido de zircónio (Correia et al., 2006; Spitznagel et al., 2018).

É realizado sempre um controlo de qualidade antes de cimentar uma coroa ou entregar uma prótese ao paciente, este pode ser realizado de diversas formas, através do modelo de gesso, no caso de ter sido utilizado o scanner extraoral ou diretamente na boca no caso de utilização de scanners intraorais. Atualmente as máquinas de impressão utilizam a técnica em que são depositadas várias camadas de resina sendo que são polimerizadas imediatamente entre elas, o que auxilia a realizar ajustes com ajuda de protótipos ou réplicas do que foi digitalizado inicialmente (Kattadiyil et al., 2013).



Figura 5: Passo a passo para uma impressão digital completa (imagens retiradas de: <https://www.dentsplysirona.com/pt-br/explore/cerec/primescan.html>).

2.4.1 Vantagens e limitações do sistema CAD-CAM

De modo geral, os estudos defendem que a qualidade das reabilitações melhorou bastante com a introdução de sistemas CAD-CAM, tendo permitido reduzir o tempo de produção dos elementos protéticos com maior rigor e detalhe na confecção e na adaptação marginal, a qual melhorou significativamente (Ahlholm et al., 2016; Spitznagel et al., 2018).

Entre as vantagens da tecnologia CAD-CAM, encontra-se a possibilidade de utilizar vários tipos de materiais com o mesmo método de fabricação (Harsono et al., 2013; Van Noort et al., 2012). A possibilidade de utilização de novos materiais como as cerâmicas reforçadas e policristalinas, apresentam melhores resultados, altamente estéticos, melhor qualidade, maior facilidade na utilização, os desgastes parecidos ao esmalte, mas bastante resistentes para serem usadas em coroas totais dos dentes posteriores e em próteses parciais fixas (Renne et al., 2014; Van Noort et al., 2012).

Existe também a possibilidade de repetir o trabalho, que economiza bastante tempo, visto que tanto o *scanning*, como o desenho em CAD ficam guardados no computador (Memari et al., 2018). Da mesma maneira o registo guardado é uma maneira de arquivar o processo do paciente, o qual posteriormente, poderá necessitar refazer o trabalho ou parte dele (Memari et al., 2018).



Figura 6: Mapa que demonstra a facilidade de comunicação através de sistema digital (retirado de Coachman et al., 2021)

Outra das desvantagens ou limitações da tecnologia CAD-CAM é a digitalização do preparo num caso de um preparo subgingival. Nesta situação dificilmente as tecnologias de hoje em dia conseguirão realizar o *scanning*, sendo que neste caso, deve optar-se pelo modelo de gesso e em seguida utilizar o *scanner* extraoral (Kattadiyil et al., 2013; Van Noort et al., 2012). Outro ponto crucial é que em alguns casos para fazer a digitalização é necessário a utilização de *sprays* que refletem a luz emitida que em seguida irá ser capturada pelos *scanners*. A desvantagem do uso destes *sprays* é que

pode resultar numa camada que pode gerar desadaptação da restauração (Kattadiyil et al., 2013; Van Noort et al., 2012).

Ainda em relação às limitações, as superfícies interproximais que possuem menos de 2,5mm de largura e com a profundidade superior a 0,5mm, constituem um obstáculo no *scanning* por contacto, visto que podem apresentar uma imagem gerada de má qualidade, o que dificulta toda a sequência de processo (Harsono et al., 2013; Renne et al., 2014).

Relativamente à importância de um preparo adequado para posteriormente ser utilizado o sistema CAD-CAM, em primeiro lugar devem-se seguir as recomendações do fabricante, visto que a broca que o profissional utiliza para realizar o preparo deve ser compatível com o tamanho da fresa da máquina de fresagem (Parize et al., 2021). Devem ser evitadas as linhas de terminação em lamina de faca e dar-se a preferência a linhas de terminação nítidas e arredondadas para minimizar as tensões geradas nas coroas e também para facilitar o processo de *scanning* e fresagem (Kattadiyil et al., 2013).

Outro dos aspetos negativos é o seu elevado custo, pois apenas os laboratórios e os consultórios com maior volume de trabalho conseguem adquirir o sistema CAD-CAM, devido à necessidade de um investimento avultado (Ahlholm et al., 2016). Para além do investimento inicial, a sua manutenção e as licenças que são necessárias anualmente, limitam a aquisição do mesmo (Ahlholm et al., 2016).

A preparação e a formação dos profissionais que executam os preparos e realizam o *scanning* é crucial para o sucesso de reabilitações, a experiência e o conhecimento clínico do técnico de laboratório também influencia aquando da utilização do sistema CAD-CAM (Parize et al., 2021; Róth et al., 2020).

3. Discrepância Marginal

A discrepância marginal foi descrita em 1989, onde foram incluídas oito variáveis, entre as quais o *gap* interno (a) é a distância medida na perpendicular desde a parede axial do preparo até a superfície interna da peça reabilitadora, o *gap* marginal (b) é medido da mesma forma mas na margem do preparo, a sobre-extensão (c) é a medida

perpendicularmente da fenda marginal à margem da peça reabilitadora, enquanto que a subextensão (d) é medida perpendicularmente da fenda marginal até ao ângulo cavo superficial do dente, a discrepância marginal vertical (e) e a discrepância marginal horizontal (f), a discrepância marginal absoluta (g) e a discrepância de assentamento (h) (Contrepois et al., 2013; Kara, 2020; Mounajjed et al., 2022).

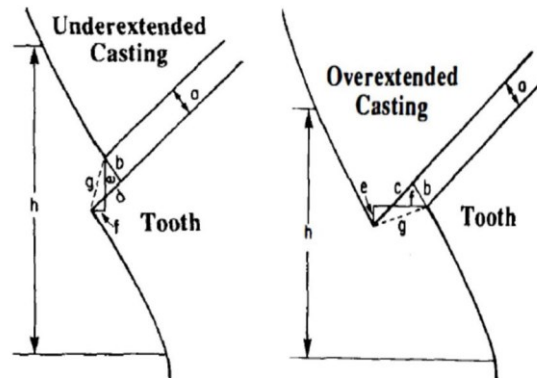


Figura 7: As oito variáveis da discrepância marginal; a = gap interno, b = gap marginal, c = margem sobreestendida, d = margem subestendida, e = discrepância marginal vertical, f = discrepância marginal horizontal, g = discrepância marginal absoluta, h = discrepância de assentamento (adaptado de Kara, 2020)

A cimentação da peça reabilitadora exige a existência de um espaço entre a peça e o preparo do dente onde fica contido o cimento, os autores recomendam que o mesmo deve situar-se entre 30 μ m a 60 μ m de espessura (Vasiliu et al., 2020). No entanto, para a *American Dental Association* (ADA), a discrepância marginal deve ser compreendida num máximo entre 25 μ m a 40 μ m, dependendo do tipo de cimento escolhido para a cimentação das infraestruturas. Contudo, verificou-se na prática que é quase impossível obter estes valores de referência (Contrepois et al., 2013).

O valor admitido da discrepância marginal para coroas em cerâmica com a técnica convencional situa-se entre 70 μ m a 154 μ m, enquanto pela técnica de impressões digitais os valores situam-se no intervalo de 49 μ m a 149 μ m (Manisha et al., 2023). No entanto, para alguns autores a discrepância clinicamente aceitável pode ir no máximo até aos 120 μ m, esse limite não deve exceder 100 μ m quando a tecnologia CAD-CAM está envolvida (Çin et al., 2023; Lee et al., 2020; Sanches et al., 2021).

Desajustes marginais superiores aos já referidos, pioram o prognóstico das reabilitações, por acumulação de placa bacteriana que ao progredir pode contribuir para

o desenvolvimento de doenças periodontais, aumento de risco de cárie secundária e inflamação pulpar (Çin et al., 2023).

3.1 Fatores com Influência na Adaptação Marginal

No processo de fabricação, diversos parâmetros têm influência direta na adaptação marginal, a começar pelo preparo dentário, o tipo de restauração dentária, o *scanning*, o desenho em CAD, a fresagem em CAM, as propriedades dos materiais utilizados e a prova em boca, todos estes passos são importantes para garantir a qualidade de adaptação (Harsono et al., 2013; Van Noort et al., 2012).

Segundo Contrepois et al., 2013 dentro dos fatores que influenciam a adaptação marginal, encontram-se os seguintes:

- A linha de terminação, que pode ser em chanfro ou em ombro;
- A face do dente, onde existe diferenciação na complexidade entre ser um dente anterior ou posterior, sendo que nos posteriores é mais difícil de atingir uma impressão desejável, contando com a maior dificuldade para realização do preparo dentário;
- O ângulo do preparo, que segundo o Shillingburg et al., 2012, o ângulo de convergência deve situar-se entre 10° a 22°, sendo que noutros estudos foi verificado que coroas cimentadas com a baixa angulação do preparo pode resultar numa alta pressão hidráulica e dificuldade de escoamento do cimento, o que resulta no excesso do mesmo;
- O espaço para o cimento é mais um dos fatores importantes, no caso dos sistemas CAD-CAM é definido pelo *software*, assim sendo um espaço demasiado pequeno pode levar a contactos prematuros entre a coroa e o dente, o que dificulta o escoamento do cimento da superfície oclusal contribuindo negativamente para a discrepância marginal;
- O revestimento da porcelana e os ciclos de queima, é defendido pelo autor, que o aumento de gap marginal é devido às distorções durante o processo de fabricação, onde possivelmente está em causa o arrefecimento rápido que leva ao stress significativo, principalmente nas

coroas revestidas por várias camadas comparando com as coroas de camada única que não são afetadas da mesma forma;

- A cimentação, que também pode comprometer significativamente a adaptação marginal, onde os estudos demonstram que os cimentos de grau fino, têm resultados mais eficazes e duradores. A comparação realizada entre a adaptação marginal antes e depois da cimentação, demonstra um valor de discrepância marginal maior após a cimentação com cimentos de espessuras e viscosidades diferentes, mostrando que o cimento tem um impacto substancial neste processo.

A experiência do profissional no fabrico de coroas é um dos fatores cruciais, uma vez que pode influenciar a adaptação marginal (Sanches et al., 2021). É importante que estes trabalhos sejam realizados por técnicos de laboratório experientes e com formação para trabalhar em CAD-CAM (Contrepois et al., 2013). É decisivo reduzir o número de passos para o mínimo necessário, visto que a probabilidade de ocorrerem erros é maior com cada passo adicional (Contrepois et al., 2013).

As infraestruturas confeccionadas em CAD-CAM, no caso de serem totalmente cerâmicas, a técnica de fabrico e o espaçamento deixado pelo computador para ser preenchido com o cimento são muito importantes, considerando que estes aspetos podem interferir no grau de discrepância marginal (Sanches et al., 2021).

3.1.1 Preparo dentário e linha de terminação

Existem alguns aspetos que dependem do médico dentista e por sua vez, o mesmo tem uma grande influencia. Um deles é o preparo dentário que com o surgimento de dentisteria minimamente invasiva, o objetivo é preservar ao máximo a estrutura dentária remanescente uma vez que afeta diretamente a longevidade da restauração (Rosenstiel, 2016). No entanto, se a finalidade do preparo for para uma coroa totalmente em cerâmica, é difícil obter um preparo conservador e por vezes pode ter repercussões biológicas no dente, visto que existem medidas *standard* a cumprir, tais como o preparo ter no mínimo entre 1 à 1,5mm nas paredes mesial, distal, vestibular e lingual/palatina, 1,5 a 2mm de desgaste na parte oclusal e a convergência das paredes tem de ser entre 10° a 20° para proporcionar a dissipação de tensões e manter a

integridade marginal, mas em simultâneo garantir que existe espaço suficiente para a colocação da infraestrutura e cerâmica de recobrimento (Donovan, 2008; Rosenstiel, 2016; Weinstein et al., 2018).

Como mencionado anteriormente, as linhas de terminação mais indicadas são a linha em chanfro ou em ombro para as coroas fabricadas a partir de sistemas CAD-CAM, em alguns casos em ombro arredondado ou em chanfro profundo. Os estudos que avaliaram os preparos com diferentes linhas de terminação, demonstraram que num preparo com a linha de terminação em ombro arredondado, o *gap* marginal é de 28µm, consideravelmente inferior ao preparo com a linha em chanfro que é de 65µm e de chanfro profundo que foi de 100µm (Donovan, 2008; Souza et al., 2011).

Numa revisão sistemática e meta-análise onde foi avaliada a influência da linha de terminação na adaptação marginal de coroas em cerâmica, os autores constataram que a linha de terminação em chanfro possibilita o escoamento do excesso de cimento marginalmente, comparando com a linha de terminação em ombro, sendo que nesta o cimento fica retido por ter margens com uma inclinação menor o que torna mais difícil o seu escoamento (Yu et al., 2019). Mesmo a linha de terminação em chanfro sendo considerada menos invasiva num preparo, os autores relatam que a diferença na adaptação marginal não é estatisticamente significativa e que na prática clínica, para um preparo de uma coroa em cerâmica, as duas são utilizadas e recomendadas (Yu et al., 2019).

Para avaliar a importância da linha de terminação de um preparo para coroa fabricada a partir de sistema CAD-CAM, Euán et al., 2011 mediram o *gap* marginal em preparos com linha de terminação distintas sendo a que obteve melhor resultado e o *gap* menor a linha de terminação em ombro quando comparadas com uma linha em chanfro.

É importante ter alguns aspetos em consideração quando usamos a tecnologia CAD-CAM para realizar o *scanning* dos preparos, como arredondar todos os ângulos, não deixar ângulos vivos, as margens do preparo têm de ser regulares e contínuas, garantir isolamento e retração gengival, assegurar-se de que as paredes têm uma conicidade de 6° - 8°, dado que estes fatores influenciam a capacidade de precisão do *scanner* para reconhecer os limites marginais de preparação, podendo no futuro comprometer a adaptação marginal de reabilitação (Reede et al., 2022).

Ainda em relação à linha de terminação, é importante ter em conta se estamos perante um dente anterior ou posterior, visto que a linha de terminação recomendada para os dentes anteriores é a linha infra-gengival por razões estéticas, no entanto ter especial cuidado e não invadir o espaço biológico com a reabilitação (Agusti et al., 2014). Para os dentes posteriores não existe um problema estético e a linha de terminação supra-gengival é muito utilizada, dado que preserva o espaço biológico garantindo uma melhor saúde periodontal a longo prazo (Agusti et al., 2014).

A linha de terminação infra-gengival usa-se regularmente para disfarçar alguns defeitos dos dentes anteriores, como por exemplo dentes escurecidos ou dentes com anomalias cromáticas, sendo que também é utilizada em casos em que é necessário realizar aumento de altura do preparo para uma melhor retenção de uma futura coroa ou para retirar o tecido cariado, para corrigir defeitos e para limitar fratura e fissura do dente a ser reabilitado (Agusti et al., 2014). O médico dentista terá de ter em atenção o epitélio juncional, mais propriamente ao executar o preparo, o epitélio não deve ser invadido (Agusti et al., 2014). Alguns aspetos importantes a reter na execução de impressão perante uma linha de terminação infra-gengival, são o afastamento da gengiva das margens com auxílio de fio de retração para criar perfis de emergência e obter uma impressão adequada e nítida da linha de terminação (Agusti et al., 2014).

3.1.2 Método de digitalização

O método de digitalização influencia diretamente o resultado da futura reabilitação, quanto maior for a exatidão da digitalização, melhor será a adaptação marginal de infraestrutura e mais sucesso terá a coroa a longo prazo, os métodos de digitalização podem ser dois: convencional ou digital, como já referido anteriormente (Pedroche et al., 2016).

O método de impressão digital é o método mais utilizado quando o sistema utilizado para a fabricação de coroa é o CAD-CAM, sendo considerado o método que simplifica todo o procedimento das impressões, é o método mais confortável para o paciente, não provoca reflexos indesejados e proporciona uma experiência bem aceite pelo paciente por ser bastante rápida (Pedroche et al., 2016; Róth et al., 2020).

O profissional também tem bastantes benefícios em dar preferência às impressões digitais, visto que para além de economizar tempo da consulta, o clínico com experiência no sistema, consegue retificar o preparo caso seja necessário, visto que depois da digitalização o sistema mostra o preparo que pode ser visualizado de vários ângulos e ser avaliado de forma ampliada, o que muitas vezes não conseguimos fazer na cavidade oral por falta de visibilidade (Rödiger et al., 2017; Róth et al., 2020). O sistema identifica com uma cor diferente onde o clínico terá de desgastar mais ou arredondar ângulos vivos, recebendo assim um parecer imediato para melhorar o preparo contribuindo assim para uma melhor adaptação marginal (Davidowitz et al., 2011; Rödiger et al., 2017).

Por outro lado, o profissional enfrenta alguns desafios que dificultam a digitalização, principalmente nos dentes posteriores, tornando-se mais difícil de controlar os fluídos orais que interagem negativamente com o aparelho dificultando a sua correta leitura. A região dos dentes molares apresenta-se como um dos pontos mais difíceis de *imprimir* devido à falta de espaço existente nessa zona, o que pode interferir na exatidão da impressão (Davidowitz et al., 2011; Rödiger et al., 2017).

No estudo realizado por Kihara et al., 2019, foi avaliada a precisão de vários *scanners* intraorais, no qual os autores descrevem que a iluminação e a temperatura afetam de forma significativa a fidelidade e a precisão dos *scanners* (Kihara et al., 2019). Além dos *scanners* atualmente serem uma escolha que os profissionais dão preferência por apresentarem mais conforto para o paciente, o estudo revela uma melhor exatidão dos mesmos, visto que estão em constante evolução (Kihara et al., 2019).

3.1.3 Cimentação

A cimentação é uma etapa de extrema importância e existem diversos materiais para a cimentação de coroas em cerâmica, nomeadamente os cimentos convencionais, como o cimento de fosfato de zinco ou o cimento de ionômero de vidro convencional que, apesar serem cada vez menos utilizados, ainda apresentam resultados satisfatórios (Calheiros-Lobo et al., 2023; Hassan & Goo, 2021). Atualmente, os cimentos de resina, os cimentos de ionômero de vidro modificado e os cimentos autoadesivos são as escolhas dos profissionais (Calheiros-Lobo et al., 2023; Hassan & Goo, 2021).

O tipo de cimento utilizado para a cimentação das coroas, é um passo crucial visto que tem influência direta na adaptação marginal das mesmas, sendo que em alguns estudos, defendem que os cimentos de resina ou modificados por resina apresentam alta resistência à compressão e à fadiga, alta resistência ao desgaste, resistência retentiva e baixa solubilidade, além de mais são praticamente insolúveis no ambiente oral, o que proporciona uma melhor adaptação marginal e diminui a probabilidade de microfilitrações (Calheiros-Lobo et al., 2023; Hassan & Goo, 2021).

Um outro estudo *in vitro* realizado por Okutan et al. (2006), fez a comparação entre os dois cimentos para a cimentação de peças cerâmicas com o objetivo de avaliar a adaptação marginal antes e após a cimentação, onde o estudo consistia em observar a diferença entre o ajuste marginal de coroas cimentadas com ionómero de vidro e cimentadas com o cimento de resina, tendo os dois grupos passado pela máquina de simulação de saliva artificial. Os valores de discrepância marginal no grupo de ionómero de vidro foram de 32,7 μm antes de cimentação e de 44,6 μm depois, enquanto no grupo de cimento de resina os valores antes são de 33,0 μm e depois de cimentação são de 46,6 μm . Em resumo, os autores concluíram que os valores de desajuste são significativamente menores antes da cimentação (Okutan et al., 2006).

3.2 Métodos de Avaliação da Adaptação Marginal

Não existindo uma técnica padrão para avaliar a adaptação marginal, por vezes torna-se difícil a sua comparação entre vários estudos, sendo que cada autor pode utilizar a sua técnica de preferência, o que por vezes pode levar a interpretações erradas e surge como uma limitação no que diz respeito à comparação dos resultados, visto que as técnicas utilizadas foram diferentes (Tamac et al., 2014). Não obstante, estão disponíveis várias técnicas e ferramentas para realizar a avaliação de adaptação marginal das restaurações (Tamac et al., 2014).

Entre as diversas técnicas existentes para a avaliação de adaptação marginal, estas podem ser classificadas em dois grupos: as diretas e as indiretas, no caso das indiretas podem ainda ser destrutivas ou não destrutivas (Nawafleh et al., 2013). As técnicas diretas são realizadas através de medições diretas das discrepâncias marginais, com recurso a magnificação, como o microscópio ou microtomografia computadorizada

(Nawafleh et al., 2013). As técnicas indiretas, onde inclui-se a técnica destrutiva, que envolve a técnica de secção transversal dos elementos envolvidos (Nawafleh et al., 2013). Como exemplo de técnicas não destrutivas temos a técnica da réplica (utilizando um material de impressão) e a técnica do projetor de perfil. Para realizar a medição e o posterior estudo de desajuste marginal, pode ser utilizado a combinação de várias técnicas, inclusive a junção de técnicas diretas com as indiretas (Nawafleh et al., 2013).

Abordando cada técnica mais detalhadamente, a única técnica que permite realizar as medições de adaptação marginal de infraestruturas *in vivo*, é a técnica de réplica com silicone, a qual consiste em criar uma réplica com silicone de baixa viscosidade do espaço entre a coroa de reabilitação e o dente, de seguida a réplica é seccionada em fragmentos e os fragmentos de interesse são observados ao microscópio (Mitchell et al., 2001). Alguns dos métodos mais utilizados, são a observação através do microscópio da área marginal, outro método bastante utilizado é a cimentação de coroa, que de seguida é cortada transversalmente e observada num microscópio, onde a desvantagem deste segundo método, é o número limite de secções que podem ser realizadas nas coroas (Mitchell et al., 2001; Padrós et al., 2020). Um outro método de videografia com o laser, este é mais utilizado para realizar as medições de adaptação interna, visto que para medir a adaptação marginal não oferece uma clara identificação dos pontos de referência (Mitchell et al., 2001; Padrós et al., 2020). Existe ainda o método que realiza a medição de ajuste marginal através de um perfilómetro, a sua função inicial era avaliar a rugosidade de superfície, mas atualmente serve para medições indiretas à adaptação marginal (Mitchell et al., 2001; Padrós et al., 2020). O último método apresentado é com recurso a microtomografia com raio-x, que permite ver a imagem em duas e em três dimensões entre a coroa e o modelo com uma precisão micrométrica, sem necessidade de serem segmentadas (Toma et al., 2023). Consiste na aquisição de projeções de raio-x com diferentes ângulos de amostras, podendo ser observadas e examinadas virtualmente, o que possibilita a verificação e a medição de vários parâmetros e a sua comparação em diferentes fases da experiência (Toma et al., 2023).

4. Convencional vs. Digital

Vários autores compararam o método convencional de realização das impressões com o método digital, Zarauz et al., 2015 obteve melhores resultados através de método com *scanning* digital, visto que a discrepância marginal foi bastante inferior a 80 μ m, em comparação com as impressões convencionais onde o ajuste situou-se nos 120 μ m. Um outro estudo confirma que as discrepâncias são menores em impressões realizadas digitalmente, em que os valores apresentados rondam os 60 μ m, enquanto os convencionais apresentam valores perto dos 78 μ m (Haddadi et al., 2019).

Na revisão de literatura realizada com o intuito de comparar a precisão de método de digitalização de restaurações unitárias ou múltiplas até 5 elementos, vários estudos consideram que o método digital pode ser comparado ao método convencional no que diz respeito à precisão, no entanto a medida em que a área de digitalização aumenta, a distorção aumenta de forma proporcional (Ender & Mehl, 2013).

Num estudo *in vivo* os autores compararam o ajuste marginal nas coroas unitárias fabricadas a partir de método de impressão convencional vs. método digital e calcularam os *gaps* medianos (Syrek et al., 2010). Os resultados apontam que a discrepância marginal menor foi registada na técnica de impressão digital, que foi de 49 μ m, comparado com a convencional que foi de 71 μ m, assim sendo os autores concluem que a técnica digital apresenta uma maior precisão do que a convencional (Syrek et al., 2010).

O próximo estudo avaliou a precisão e a fidelidade das impressões digitais que foram utilizadas para fabricação de coroas unitárias, os resultados demonstram que as impressões digitais têm valores de adaptação clinicamente aceitáveis, uma boa adaptação oclusal e interna, mas valores menores no que se refere à adaptação marginal (Yang et al., 2015). A avaliação de precisão foi feita através do cálculo dos desvios, utilização de algoritmo de melhor ajuste e comparação tridimensional entre os modelos que foram obtidos através de *scanner* intraoral, sendo que para a avaliação de fidelidade foi realizada uma micro-tomografia do modelo de referência (Yang et al., 2015). No que diz respeito aos resultados as impressões digitais revelam ter uma melhor fidelidade, mas uma precisão menor em relação às imagens do modelo (Yang et al., 2015). Os autores chegaram a conclusão, de que a impressão digital pode ser uma alternativa à impressão convencional para a fabricação de coroas unitárias (Yang et al., 2015).

Um estudo realizado por Ahrberg et al. (2015), procuraram avaliar a adaptação marginal de restaurações realizadas em cerâmica através de sistema CAD-CAM, comparando as impressões efetuadas com a técnica convencional *versus* a técnica digital. Foram selecionados 25 pacientes, em que 17 destes pacientes colocaram coroas unitárias e os restantes 8 pacientes colocaram pontes de 3 elementos e de seguida foi avaliada a adaptação dos mesmo através da técnica da réplica de silicone. Nos resultados observou-se que as restaurações realizadas com as impressões digitais, obtiveram melhores valores no que diz respeito a avaliação marginal, sendo que também é vantajoso a nível de economização de tempo de trabalho (Ahrberg et al., 2015).

Num outro estudo, foi avaliada a influência da estratificação com a porcelana sobre a adaptação marginal das coroas totalmente em cerâmica, onde foi medida a adaptação marginal das coroas duas vezes, antes e depois de estratificação, em que se verificou que o desajuste marginal é maior nas coroas depois da fase de estratificação (Pak et al., 2010). Os resultados obtidos indicam que a estratificação tem uma influência significativa na adaptação marginal das coroas feitas totalmente em cerâmica (Pak et al., 2010).

Um outro estudo tinha como objetivo a comparação de vantagens e desvantagens, avaliação da precisão e as diferenças entre os *scanners* intra-orais entre a impressão convencional e a digital, (Mangano et al., 2017). Os autores relatam que as impressões digitais em termos de conforto para o paciente estão em vantagem visto que reduzem significativamente o desconforto (Mangano et al., 2017). Em relação aos *scanners* são cada vez mais eficientes, simplificam bastante o trabalho para o profissional e melhoram a comunicação com o laboratório, no entanto como já foi relatado noutros estudos, os *scanners* têm alguma dificuldade em reproduzir a linha de terminação profunda e infragengival principalmente se existir presença de sangue (Mangano et al., 2017).

No estudo que tinha como meta a avaliação de adaptação marginal de coroas monolíticas de zircónia e avaliar através de um questionário, as preferências dos pacientes em relação às impressões digitais vs. impressões convencionais nomeadamente em polivinilsiloxano (Sakornwimon & Leevailoj, 2017). Os

participantes foram avaliados nos seguintes 6 tópicos: o tempo, paladar, registo oclusal, tamanho da moldeira ou do *scanner*, reflexo de vômito e preferência (Sakornwimon & Leevailoj, 2017). Nos resultados, os autores concluíram que não existem diferenças significativas nas discrepâncias marginais entre o método convencional e o digital, já em relação a parte de questionário, depois da análise dos dados, os autores relatam a preferência dos pacientes pelas impressões digitais (Sakornwimon & Leevailoj, 2017).

Numa investigação em que os autores tentaram comparar as duas técnicas, a convencional e a digital quanto à preferência do paciente, os resultados obtidos numa escala analógica utilizada pelos investigadores de 0 a 100, onde o 0 é considerado muito confortável e o 100 muito desconfortável, para as impressões digitais os valores foram de $6.50 \pm 5,87$ e para as impressões convencionais de $44,86 \pm 27,13$ (Gjelvold et al., 2015). Os resultados deste estudo demonstraram que a técnica digital foi mais eficiente e conveniente para o paciente do que a técnica de moldagem convencional (Gjelvold et al., 2015).

Marghalani et al. (2018) realizaram um estudo que envolvia a comparação de impressões obtidas através do método digital vs. método convencional para comparar a exatidão de cada técnica. Foram analisadas 60 impressões digitais efetuadas através da sobreposição de imagens num *software* para medir a exatidão e os resultados apontam de novo, que os autores não encontraram diferenças significativas entre os métodos.

Num outro estudo realizado para comparar os dois métodos, o digital e o convencional de confecção de coroas totais em cerâmica, foram selecionados 30 pacientes com necessidade de reabilitação com peça única, as impressões foram obtidas através de sistema de impressão digital intraoral e na técnica convencional através de impressão em silicone em duas etapas (Berrendero et al., 2018). Os resultados foram analisados em vários parâmetros, tais como o ajuste marginal, a retenção primária, os contactos oclusais e os interproximais (Berrendero et al., 2018). Após o estudo, os autores chegaram à conclusão de que quanto à adaptação marginal, as coroas que foram confeccionadas pelo método digital mostraram resultados superiores em comparação com o convencional (Berrendero et al., 2018). Os autores defendem o mesmo em relação aos contactos interproximais, já em relação aos contactos oclusais e retenção primária não houve diferenças significativas entre o digital e o convencional (Berrendero et al., 2018).

Numa revisão de literatura e meta-análise realizada pelo Chochlidakis et al. (2016) com o objetivo de comparar a adaptação marginal e interna de próteses fixas confeccionadas através de método digital em comparação com o método convencional, os resultados obtidos demonstram que as coroas fabricadas a partir do método digital, têm melhores resultados a nível de adaptação marginal visto que apresentam valores de desajuste reduzidos em comparação com as coroas obtidas através do método convencional (Chochlidakis et al., 2016).

Outro aspeto a ser avaliado é o método utilizado para realizar a impressão, que pode ser a combinação entre o método convencional com o *scanner* extra oral, sendo que aqui estamos perante um método indireto ou então o método direto através de *scanner* intraoral (Vecsei et al., 2017). Os autores do seguinte estudo realizaram a comparação da precisão dos dois métodos, no método indireto foram feitas as impressões com polivinilsiloxano e no método direto as digitalizações foram realizadas através de três tipos de *scanners* intraorais (iTero, Cerec e o Trios) (Vecsei et al., 2017). Segue-se a apresentação dos resultados na tabela em baixo:

<i>Distância (arco)</i>	<i>Método indireto (desvio médio)</i>	<i>Método direto (desvio médio)</i>
<i>Pequena</i>	40,3 µm	22,3 µm
<i>Média</i>	5,2 µm	115,8 µm
<i>Grande</i>	325,8 µm	163,5 µm

Tabela 2: Comparação de precisão de acordo com o comprimento de arco (Vecsei et al., 2017).

Tendo em conta as limitações deste estudo *in vitro*, concluiu-se que a precisão de ambos os métodos, foi influenciada pelo comprimento do arco, quanto mais curta é a distância, mais fácil é alcançar os resultados mais precisos (Vecsei et al., 2017). O método de digitalização intraoral do arco de menor distância, apresentou resultados mais precisos do que o método indireto (CAD/CAM) (Vecsei et al., 2017). Para a média distância o método direto parece ser mais consistente do que o indireto, de acordo com os resultados (Vecsei et al., 2017). Os autores concluíram ainda que os modelos obtidos por impressões digitais podem ser mais precisos do que os modelos baseados na

impressão convencional com o *scanning* laboratorial (Vecsei et al., 2017). Tecnicamente seria possível substituir impressões convencionais por digitais intraorais, no entanto são necessárias mais investigações *in vivo* para garantir a precisão e o sucesso na utilização dos mesmos (Vecsei et al., 2017).

Na meta-análise que se segue, foram incluídos dez estudos sobre a discrepância no ajuste marginal, ajuste axial e ajuste oclusal, a impressão digital comprovou ser melhor do que a impressão convencional (Manisha et al., 2023). A diferença média para ajuste marginal foi de 6,54 μm , para ajuste axial de 24,69 μm e para ajuste oclusal de 6,99 μm (Manisha et al., 2023). Os resultados da meta-análises sugerem que não há diferença significativa entre os sistemas de impressão, favorecendo marginalmente a impressão digital (Manisha et al., 2023). A técnica de impressão digital proporcionou melhor ajuste marginal e interno de coroas unitárias de cerâmica do que a técnica de impressão convencional (Manisha et al., 2023). O fluxo de trabalho digital a usar os IOS forneceu um ajuste marginal clinicamente aceitável para coroas unitárias (Manisha et al., 2023).

III. CONCLUSÃO

Atualmente, a área de medicina dentária requer da parte do profissional, resultados cada vez com maior qualidade, tanto a nível estético como funcional, exigindo do clínico a constante aprendizagem, aquisição de conhecimento na área e aperfeiçoarão das técnicas a aplicar.

A impressão convencional continua a ser a escolha de muitos profissionais pelo seu baixo custo e fácil acesso, apesar de existirem estudos que evidenciam e dão preferência às impressões digitais, estas possuem vantagens significativas em relação ao método convencional. Os estudos realizados aos pacientes afirmam a preferência dos mesmos pelas impressões digitais, visto que o tempo de consulta é reduzido substancialmente, contribuindo para o conforto do paciente.

Contudo, existem aspetos negativos a considerar perante a escolha entre as duas técnicas, devido ao investimento que se traduz na aquisição de um sistema digital, que nem sempre permite a sua utilização regular. Para além disso, a utilização das técnicas digitais requerem uma preparação e formação contínua e recorrente do profissional devido à constante inovação dos mesmos.

Em suma, analisando todos as vantagens e desvantagens e de acordo com os estudos observados, a utilização de impressões digitais é uma mais-valia para o profissional e são uma alternativa viável às impressões convencionais por mérito de todos os benefícios que abrangem tanto para o profissional como para o paciente.

IV. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Ahlholm, P., Sipilä, K., Vallittu, P., Jakonen, M., & Kotiranta, U. (2016). Digital Versus Conventional Impressions in Fixed Prosthodontics: A Review. *Journal of Prosthodontics*, 27(1), 35–41. <https://doi.org/10.1111/jopr.12527>
- Ahrberg, D., Lauer, H. C., Ahrberg, M., & Weigl, P. (2015). Evaluation of fit and efficiency of CAD/CAM fabricated all-ceramic restorations based on direct and indirect digitalization: a double-blinded, randomized clinical trial. *Clinical Oral Investigations*, 20(2), 291–300. <https://doi.org/10.1007/s00784-015-1504-6>
- Amorin, A., Simoes, T., Silva, A., Araujo, F., Figueiredo, C., & Correia, A. (2018). Técnicas e materiais de impressão em prótese total lecionados em pós-graduações ibéricas. *Revista Portuguesa de Estomatologia, Medicina Dentária E Cirurgia Maxilofacial*, 59(1). <https://doi.org/10.24873/j.rpemd.2018.06.223>
- Anusavice, K. J., Chiayi Shen, & H Ralph Rawls. (2013). *Phillip's Science of Dental Materials Kenneth J. Anusavice, PhD, DMD; Chiayi Shen, PhD ; H. Ralph Rawls, PhD*. St. Louis, Missouri Elsevier.
- Baba, N. Z., AlRumaih, H. S., Goodacre, B. J., & Goodacre, C. J. (2016). Current techniques in CAD/CAM denture fabrication. *General Dentistry*, 64(6), 23–28. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/27814252/>
- Berrendero, S., Salido, M. P., Ferreira, A., Valverde, A., & Pradies, G. (2018). Comparative study of all-ceramic crowns obtained from conventional and digital impressions: clinical findings. *Clinical Oral Investigations*, 23(4), 1745–1751. <https://doi.org/10.1007/s00784-018-2606-8>
- Boitelle, P., Mawussi, B., Tapie, L., & Fromentin, O. (2014). A systematic review of CAD/CAM fit restoration evaluations. *Journal of Oral Rehabilitation*, 41(11), 853–874. <https://doi.org/10.1111/joor.12205>
- Calheiros-Lobo, M. J., Vieira, T., Carbas, R., da Silva, L. F. M., & Pinho, T. (2023). Effectiveness of Self-Adhesive Resin Luting Cement in CAD-CAM Blocks-A Systematic Review and Meta-Analysis. *Materials (Basel, Switzerland)*, 16(8), 2996. <https://doi.org/10.3390/ma16082996>
- Carrilho, I. M., & Pimentel, J. F. (2020). Marginal fit of zirconia copings fabricated after conventional impression making and digital scanning: An in vitro study. *The Journal of Prosthetic Dentistry*, 124(2), 223.e1–223.e6. <https://doi.org/10.1016/j.prosdent.2020.02.011>

- Cervino, G., Fiorillo, L., Herford, A., Laino, L., Troiano, G., Amoroso, G., Crimi, S., Matarese, M., D'Amico, C., Nastro Siniscalchi, E., & Cicciù, M. (2018). Alginate Materials and Dental Impression Technique: A Current State of the Art and Application to Dental Practice. *Marine Drugs*, *17*(1), 18. <https://doi.org/10.3390/md17010018>
- Chochlidakis, K. M., Papaspyridakos, P., Geminiani, A., Chen, C.-J., Feng, I. J., & Ercoli, C. (2016). Digital versus conventional impressions for fixed prosthodontics: A systematic review and meta-analysis. *The Journal of Prosthetic Dentistry*, *116*(2), 184-190.e12. <https://doi.org/10.1016/j.prosdent.2015.12.017>
- Çin, V., İzgi, A. D., Kale, E., & Yilmaz, B. (2023). Marginal and Internal Fit of Monolithic Zirconia Crowns Fabricated by Using Two Different CAD-CAM Workflows: An In Vitro Study. *Prosthesis*, *5*(1), 35–47. <https://doi.org/10.3390/prosthesis5010003>
- Coachman, C., Sesma, N., & Blatz, M. B. (2021). The complete digital workflow in interdisciplinary dentistry. *The International Journal of Esthetic Dentistry*, *16*(1), 34–49. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/33502130/>
- Contrepois, M., Soenen, A., Bartala, M., & Laviolle, O. (2013). Marginal adaptation of ceramic crowns: A systematic review. *The Journal of Prosthetic Dentistry*, *110*(6), 447-454.e10. <https://doi.org/10.1016/j.prosdent.2013.08.003>
- Correia, A. R. M., Sampaio Fernandes, J. C. A., Cardoso, J. A. P., & Leal da Silva, C. F. C. (2006). CAD-CAM: a informática a serviço da prótese fixa. *Rev. Odontol. UNESP*, 183–189. <https://pesquisa.bvsalud.org/bvsms/resource/pt/lil-512566>
- D'souza, K. M., & Aras, M. A. (2017). Three-dimensional finite element analysis of the stress distribution pattern in a mandibular first molar tooth restored with five different restorative materials. *Journal of Indian Prosthodontic Society*, *17*(1), 53–60. <https://doi.org/10.4103/0972-4052.197938>
- Davidowitz, G., & Kotick, P. G. (2011). The Use of CAD/CAM in Dentistry. *Dental Clinics of North America*, *55*(3), 559–570. <https://doi.org/10.1016/j.cden.2011.02.011>
- Donovan, T. E. (2008). Factors Essential for Successful All-Ceramic Restorations. *The Journal of the American Dental Association*, *139*, S14–S18. <https://doi.org/10.14219/jada.archive.2008.0360>
- Donovan, T. E., Marzola, R., Becker, W., Cagna, D. R., Eichmiller, F., McKee, J. R.,

- Metz, J. E., & Albouy, J.-P. (2015). Annual review of selected scientific literature: Report of the Committee on Scientific Investigation of the American Academy of Restorative Dentistry. *The Journal of Prosthetic Dentistry*, *114*(6), 756–809. <https://doi.org/10.1016/j.prosdent.2015.10.003>
- Ellakany, P., Tantawi, M. E., Mahrous, A. A., & Al-Harbi, F. (2021). Evaluation of the Accuracy of Digital Impressions Obtained from Intraoral and Extraoral Dental Scanners with Different CAD/CAM Scanning Technologies: An In Vitro Study. *Journal of Prosthodontics*, *31*(4), 314–319. <https://doi.org/10.1111/jopr.13400>
- Ender, A., & Mehl, A. (2013). Influence of scanning strategies on the accuracy of digital intraoral scanning systems. *International Journal of Computerized Dentistry*, *16*(1), 11–21. <https://europepmc.org/article/MED/23641661>
- Euán, R., Figueras-Álvarez, O., Cabratosa-Termes, J., Brufau-de Barberà, M., & Gomes-Azevedo, S. (2012). Comparison of the Marginal Adaptation of Zirconium Dioxide Crowns in Preparations with Two Different Finish Lines. *Journal of Prosthodontics*, *21*(4), 291–295. <https://doi.org/10.1111/j.1532-849x.2011.00831.x>
- Fonte-Boa, J. C., Lanza, M. D. S., Peixoto, R. T. R. da C., Drummond, A. F., & Sousa, E. L. de. (2016). Análise dimensional de moldes de alginato após armazenagem. *Arquivos Em Odontologia*, *52*(2), 1–6. http://revodonto.bvsalud.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1516-09392016000200008
- Gan, N., Xiong, Y., & Jiao, T. (2016). Accuracy of Intraoral Digital Impressions for Whole Upper Jaws, Including Full Dentitions and Palatal Soft Tissues. *PLOS ONE*, *11*(7), e0158800. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0158800>
- Gargari, M., Gloria, F., Napoli, E., & Pujia, A. M. (2010). Zirconia: cementation of prosthetic restorations. Literature review. *ORAL & Implantology*, *3*(4), 25–29. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/23285393/>
- Giordano, R., & McLaren, E. A. (2010). Ceramics overview: classification by microstructure and processing methods. *Compendium of Continuing Education in Dentistry (Jamesburg, N.J.: 1995)*, *31*(9), 682–684, 686, 688 passim; quiz 698, 700. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/21197937/>
- Gjelvold, B., Chrcanovic, B. R., Korduner, E.-K., Collin-Bagewitz, I., & Kisch, J. (2015). Intraoral Digital Impression Technique Compared to Conventional Impression Technique. A Randomized Clinical Trial. *Journal of Prosthodontics*,

- 25(4), 282–287. <https://doi.org/10.1111/jopr.12410>
- Haddadi, Y., Bahrami, G., & Isidor, F. (2019). Accuracy of crowns based on digital intraoral scanning compared to conventional impression—a split-mouth randomised clinical study. *Clinical Oral Investigations*. <https://doi.org/10.1007/s00784-019-02840-0>
- Hamalian, T. A., Nasr, E., & Chidiac, J. J. (2011). Impression materials in fixed prosthodontics: influence of choice on clinical procedure. *Journal of Prosthodontics: Official Journal of the American College of Prosthodontists*, 20(2), 153–160. <https://doi.org/10.1111/j.1532-849X.2010.00673.x>
- Harsono, M., & Kugel, G. (2015). 23 – Esthetics and computer-aided design and computer-aided manufacturing (CAD/CAM) systems. www.semanticscholar.org. [https://www.semanticscholar.org/paper/23-%E2%80%93-Esthetics-and-computer-aided-design-and-\(CAD-Harsono-Kugel/flcc1b8d9293a6d12f8cdb50dc3dfd56e3091e8d](https://www.semanticscholar.org/paper/23-%E2%80%93-Esthetics-and-computer-aided-design-and-(CAD-Harsono-Kugel/flcc1b8d9293a6d12f8cdb50dc3dfd56e3091e8d)
- Harsono, M., Simon, J. F., Stein, J. M., & Kugel, G. (2013). Evolution of chairside CAD/CAM dentistry. *Texas Dental Journal*, 130(3), 238–244. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/23734548/>
- Hassan, L. A., & Goo, C. L. (2021). Effect of cement space on marginal discrepancy and retention of CAD/CAM crown. *Dental Materials Journal*, 40(5), 1189–1195. <https://doi.org/10.4012/dmj.2020-408>
- Hulme, C., Yu, G., Browne, C., O’Dwyer, J., Craddock, H., Brown, S., Gray, J., Pavitt, S., Fernandez, C., Godfrey, M., Dukanovic, G., Brunton, P., & Hyde, T. P. (2014). Cost-effectiveness of silicone and alginate impressions for complete dentures. *Journal of Dentistry*, 42(8), 902–907. <https://doi.org/10.1016/j.jdent.2014.03.001>
- Jain, P., & Gupta, M. (2021). *Digitization in Dentistry*. Springer Nature.
- Kamble, S., S. Jankar, A., A. Vaybase, V., Sonawane, S., Somwanshi, P., & Wagh, S. (2020). DIGITAL DENTISTRY: AN OVERVIEW ON RECENT ADVANCEMENTS IN INTRAORAL SCANNER. *International Journal of Advanced Research*, 8(9), 1244–1250. <https://doi.org/10.21474/ijar01/11781>
- Kara, R. (2020). *Comparison of Marginal and Internal Fit of Different CAD/CAM Copings*. 8(4), 105–111. <https://doi.org/10.12691/ijdsr-8-4-6>
- Kattadiyil, M. T., Goodacre, C. J., & Baba, N. Z. (2013). CAD/CAM complete dentures: a review of two commercial fabrication systems. *Journal of the*

- California Dental Association*, 41(6), 407–416.
<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/23875432/>
- Keys, W., & Carson, S. J. (2017). Rubber dam may increase the survival time of dental restorations. *Evidence-Based Dentistry*, 18(1), 19–20.
<https://doi.org/10.1038/sj.ebd.6401221>
- Kihara, H., Hatakeyama, W., Komine, F., Takafuji, K., Takahashi, T., Yokota, J., Oriso, K., & Kondo, H. (2019). Accuracy and practicality of intraoral scanner in dentistry: A literature review. *Journal of Prosthodontic Research*.
<https://doi.org/10.1016/j.jpor.2019.07.010>
- Koch, G. K., Gallucci, G. O., & Lee, S. J. (2016). Accuracy in the digital workflow: From data acquisition to the digitally milled cast. *The Journal of Prosthetic Dentistry*, 115(6), 749–754. <https://doi.org/10.1016/j.prosdent.2015.12.004>
- Kumar, D., Madihalli, A. U., Reddy, K. R. K., Rastogi, N., & Pradeep, N. (2011). Elastomeric Impression Materials: A Comparison of Accuracy of Multiple Pours. *The Journal of Contemporary Dental Practice*, 12(4), 272–278.
<https://doi.org/10.5005/jp-journals-10024-1046>
- 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>
- Lim, J.-H., Mangal, U., Nam, N.-E., Choi, S.-H., Shim, J.-S., & Kim, J.-E. (2021). A Comparison of Accuracy of Different Dental Restorative Materials between Intraoral Scanning and Conventional Impression-Taking: An In Vitro Study. *Materials*, 14(8), 2060. <https://doi.org/10.3390/ma14082060>
- Logozzo, S., Franceschini, G., Kilpelä, A., Caponi, M., Governi, L., & Blois, L. (2011). A Comparative Analysis Of Intraoral 3d Digital Scanners For Restorative Dentistry. *The Internet Journal of Medical Technology*, 5(1).
<http://www.francoisduret.com/wp-content/uploads/2022/01/682.2011.cadcam.Silvia.2012.ISPUB-A-Comparative-Analysis-Of-Intraoral-3d-Digital-Scanners-For-Restorative-Dentistry-Printable-Article.pdf>
- Logozzo, S., Zanetti, E. M., Franceschini, G., Kilpelä, A., & Mäkyänen, A. (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>
- Mangano, F. G., 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., 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>
- Manisha, J., Srivastava, G., Das, S. S., Tabarak, N., & Choudhury, G. K. (2023). Accuracy of single-unit ceramic crown fabrication after digital versus conventional impressions: A systematic review and meta-analysis. *Journal of Indian Prosthodontic Society*, 23(2), 105–111. https://doi.org/10.4103/jips.jips_534_22
- Marghalani, A., Weber, H.-P., Finkelman, M., Kudara, Y., El Rafie, K., & Papaspyridakos, P. (2018). Digital versus conventional implant impressions for partially edentulous arches: An evaluation of accuracy. *The Journal of Prosthetic Dentistry*, 119(4), 574–579. <https://doi.org/10.1016/j.prosdent.2017.07.002>
- Martins, L. M., Lorenzoni, F. C., Melo, A. O. de, Silva, L. M. da, Oliveira, J. L. G. de, Oliveira, P. C. G. de, & Bonfante, G. (2012). Internal fit of two all-ceramic systems and metal-ceramic crowns. *Journal of Applied Oral Science*, 20(2), 235–240. <https://doi.org/10.1590/s1678-77572012000200019>
- Mccabe, J. F., & Angus Walls. (2008). *Applied dental materials*. Blackwell Pub.
- Memari, Y., Mohajerfar, M., Armin, A., Kamalian, F., Rezayani, V., & Beyabanaki, E. (2018). Marginal Adaptation of CAD/CAM All-Ceramic Crowns Made by Different Impression Methods: A Literature Review. *Journal of Prosthodontics*, 28(2), e536–e544. <https://doi.org/10.1111/jopr.12800>
- Michelinakis, G., Apostolakis, D., Tsagarakis, A., Kourakis, G., & Pavlakis, E. (2019). A comparison of accuracy of 3 intraoral scanners: A single-blinded in vitro study. *The Journal of Prosthetic Dentistry*. <https://doi.org/10.1016/j.prosdent.2019.10.023>
- Mitchell, C. A., Pintado, M. R., & Douglas, W. H. (2001). Nondestructive, in vitro quantification of crown margins. *The Journal of Prosthetic Dentistry*, 85(6), 575–584. <https://doi.org/10.1067/mpr.2001.114268>

- Mounajjed, R., Taylor, T., Hamadah, O., Voborná, I., & Al-Akkad, M. (2022). Assessment of the readiness of restorations manufactured by CAD/CAM in terms of marginal fit (Part I). *PeerJ*, *10*, e13280. <https://doi.org/10.7717/peerj.13280>
- Mously, H. A., Finkelman, M., Zandparsa, R., & Hirayama, H. (2014). Marginal and internal adaptation of ceramic crown restorations fabricated with CAD/CAM technology and the heat-press technique. *The Journal of Prosthetic Dentistry*, *112*(2), 249–256. <https://doi.org/10.1016/j.prosdent.2014.03.017>
- Nawafleh, N. A., Mack, F., Evans, J., Mackay, J., & Hatamleh, M. M. (2013). Accuracy and Reliability of Methods to Measure Marginal Adaptation of Crowns and FDPs: A Literature Review. *Journal of Prosthodontics*, *22*(5), 419–428. <https://doi.org/10.1111/jopr.12006>
- Okutan, M., Heydecke, G., Butz, F., & Strub, J. R. (2006). Fracture load and marginal fit of shrinkage-free ZrSiO₄all-ceramic crowns after chewing simulation. *Journal of Oral Rehabilitation*, *33*(11), 827–832. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2842.2006.01637.x>
- Onbasi, Y., Abu-Hossin, S., Paulig, M., Berger, L., Wichmann, M., & Matta, R.-E. (2022). Trueness of full-arch dental models obtained by digital and conventional impression techniques: an in vivo study. *Scientific Reports*, *12*(1), 22509. <https://doi.org/10.1038/s41598-022-26983-5>
- Padrós, R., Giner, L., Herrero-Climent, M., Falcao-Costa, C., Ríos-Santos, J.-V., & Gil, F. J. (2020). Influence of the CAD-CAM Systems on the Marginal Accuracy and Mechanical Properties of Dental Restorations. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, *17*(12), 4276. <https://doi.org/10.3390/ijerph17124276>
- Pak, H.-S., Han, J.-S., Lee, J.-B., Kim, S.-H., & Yang, J.-H. (2010). Influence of porcelain veneering on the marginal fit of Digident and Lava CAD/CAM zirconia ceramic crowns. *The Journal of Advanced Prosthodontics*, *2*(2), 33. <https://doi.org/10.4047/jap.2010.2.2.33>
- Parize, H., Dias Corpa Tardelli, J., Bohner, L., Sesma, N., Muglia, V. A., & Cândido dos Reis, A. (2021). Digital versus conventional workflow for the fabrication of physical casts for fixed prosthodontics: A systematic review of accuracy. *The Journal of Prosthetic Dentistry*. <https://doi.org/10.1016/j.prosdent.2020.12.008>
- Patzelt, S. B. M., Emmanouilidi, A., Stampf, S., Strub, J. R., & Att, W. (2013).

- Accuracy of full-arch scans using intraoral scanners. *Clinical Oral Investigations*, 18(6), 1687–1694. <https://doi.org/10.1007/s00784-013-1132-y>
- Patzelt, S. B. M., Lamprinos, C., Stampf, S., & Att, W. (2014). The time efficiency of intraoral scanners. *The Journal of the American Dental Association*, 145(6), 542–551. <https://doi.org/10.14219/jada.2014.23>
- Pedroche, L. O., Bernardes, S. R., Leão, M. P., Kintopp, C. C. De A., Correr, G. M., Ornaghi, B. P., & Gonzaga, C. C. (2016). Marginal and internal fit of zirconia copings obtained using different digital scanning methods. *Brazilian Oral Research*, 30(1). <https://doi.org/10.1590/1807-3107bor-2016.vol30.0113>
- Powers, J. M., & Wataha, J. C. (2016). *Dental materials : foundations and applications*. Mosby.
- Prajapati, A., Prajapati, A., Mody, D., & Choudhary, A. B. (2014). *Dentistry Goes Digital: A Cad-Cam Way- A Review Article*. IOSR Journal of Dental and Medical Sciences. <https://www.semanticscholar.org/paper/Dentistry-Goes-Digital%3A-A-Cad-Cam-Way-A-Review-Prajapati-Prajapati/86c5457c0a424a75ed2ba932cb1b693b65a7527d>
- Punj, A., Bompolaki, D., & Garaicoa, J. (2017). Dental Impression Materials and Techniques. *Dental Clinics of North America*, 61(4), 779–796. <https://doi.org/10.1016/j.cden.2017.06.004>
- Raigrodski, A. J. (2004). Contemporary all-ceramic fixed partial dentures: a review. *Dental Clinics of North America*, 48(2), 531–544. <https://doi.org/10.1016/j.cden.2003.12.008>
- Reede, V., Bradfield, C., & Sykes, L. M. (2022). *Criteria that must be considered in order to optimise the success of computer aided designed and computer aided manufactured (CAD/CAM) restorations*. 77(04), 222–229. <https://doi.org/10.17159/2519-0105/2022/v77>
- 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>
- Renne, W. G. (2014). Chairside CAD/CAM technology: a positive “disruption” in dentistry. *Compendium of Continuing Education in Dentistry (Jamesburg, N.J.: 1995)*, 35(2), 126–127. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/24571562/>
- Rosenstiel, S. F., Land, M. F., & Fujimoto, J. (2016). *Contemporary fixed prosthodontics*. Elsevier.

- Róth, I., Czigola, A., Joós-Kovács, G. L., Dalos, M., Hermann, P., & Borbély, J. (2020). Learning curve of digital intraoral scanning – an in vivo study. *BMC Oral Health*, 20(1). <https://doi.org/10.1186/s12903-020-01278-1>
- Sakornwimon, N., & Leevailoj, C. (2017). Clinical marginal fit of zirconia crowns and patients' preferences for impression techniques using intraoral digital scanner versus polyvinyl siloxane material. *The Journal of Prosthetic Dentistry*, 118(3), 386–391. <https://doi.org/10.1016/j.prosdent.2016.10.019>
- Sanches, I. B., Metzker, T. C., Kappler, R., Oliveira, M. V., Carvalho, A. O., & Castor Xisto Lima, E. M. (2021). Marginal adaptation of CAD-CAM and heat-pressed lithium disilicate crowns: A systematic review and meta-analysis. *The Journal of Prosthetic Dentistry*. <https://doi.org/10.1016/j.prosdent.2021.03.021>
- Shembesh, M., Ali, A., Finkelman, M., Weber, H.-P., & Zandparsa, R. (2016). An In Vitro Comparison of the Marginal Adaptation Accuracy of CAD/CAM Restorations Using Different Impression Systems. *Journal of Prosthodontics*, 26(7), 581–586. <https://doi.org/10.1111/jopr.12446>
- Shillingburg, H. T., Stone, S. E., & Al, E. (2012). *Fundamentals of fixed prosthodontics*. Quintessence Pub., Cop.
- Son, Y.-H., Han, C.-H., & Kim, S. (2012). Influence of internal-gap width and cement type on the retentive force of zirconia copings in pullout testing. *Journal of Dentistry*, 40(10), 866–872. <https://doi.org/10.1016/j.jdent.2012.07.007>
- Souza, R. O. A., Özcan, M., Pavanelli, C. A., Buso, L., Lombardo, G. H. L., Michida, S. M. A., Mesquita, A. M. M., & Bottino, M. A. (2011). Marginal and Internal Discrepancies Related to Margin Design of Ceramic Crowns Fabricated by a CAD/CAM System. *Journal of Prosthodontics*, 21(2), 94–100. <https://doi.org/10.1111/j.1532-849x.2011.00793.x>
- Spitznagel, F. A., Boldt, J., & Gierthmuehlen, P. C. (2018). CAD/CAM Ceramic Restorative Materials for Natural Teeth. *Journal of Dental Research*, 97(10), 1082–1091. <https://doi.org/10.1177/0022034518779759>
- Su, T., & Sun, J. (2015). Comparison of repeatability between intraoral digital scanner and extraoral digital scanner: An in-vitro study. *Journal of Prosthodontic Research*, 59(4), 236–242. <https://doi.org/10.1016/j.jpjor.2015.06.002>
- Su, T.-S., & Sun, J. (2016). Comparison of marginal and internal fit of 3-unit ceramic fixed dental prostheses made with either a conventional or digital impression. *The Journal of Prosthetic Dentistry*, 116(3), 362–367.

- <https://doi.org/10.1016/j.prosdent.2016.01.018>
- Syrek, A., Reich, G., Ranftl, D., Klein, C., Cerny, B., & Brodesser, J. (2010). Clinical evaluation of all-ceramic crowns fabricated from intraoral digital impressions based on the principle of active wavefront sampling. *Journal of Dentistry*, 38(7), 553–559. <https://doi.org/10.1016/j.jdent.2010.03.015>
- Tamac, E., Toksavul, S., & Toman, M. (2014). Clinical marginal and internal adaptation of CAD/CAM milling, laser sintering, and cast metal ceramic crowns. *The Journal of Prosthetic Dentistry*, 112(4), 909–913. <https://doi.org/10.1016/j.prosdent.2013.12.020>
- Tapie, L., Lebon, N., Mawussi, B., Fron Chabouis, H., Duret, F., & Attal, J.-P. . (2015). Understanding dental CAD/CAM for restorations--the digital workflow from a mechanical engineering viewpoint. *International Journal of Computerized Dentistry*, 18(1), 21–44. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/25911827/>
- Ting-shu, S., & Jian, S. (2014). Intraoral Digital Impression Technique: A Review. *Journal of Prosthodontics*, 24(4), 313–321. <https://doi.org/10.1111/jopr.12218>
- Toma, F. R., Moleriu, L. C., & Porojan, L. (2023). Micro-CT Marginal and Internal Fit Evaluation of CAD/CAM High-Performance Polymer Onlay Restorations. *Polymers*, 15(7), 1715. <https://doi.org/10.3390/polym15071715>
- Tsirogiannis, P., Reissmann, D. R., & Heydecke, G. (2016). Evaluation of the marginal fit of single-unit, complete-coverage ceramic restorations fabricated after digital and conventional impressions: A systematic review and meta-analysis. *The Journal of Prosthetic Dentistry*, 116(3), 328-335.e2. <https://doi.org/10.1016/j.prosdent.2016.01.028>
- van Noort, R. (2012). The future of dental devices is digital. *Dental Materials*, 28(1), 3–12. <https://doi.org/10.1016/j.dental.2011.10.014>
- Vasiliu, R.-D., Porojan, S. D., & Porojan, L. (2020). In Vitro Study of Comparative Evaluation of Marginal and Internal Fit between Heat-Pressed and CAD-CAM Monolithic Glass-Ceramic Restorations after Thermal Aging. *Materials*, 13(19), 4239. <https://doi.org/10.3390/ma13194239>
- Vecsei, B., Joós-Kovács, G., Borbély, J., & Hermann, P. (2017). Comparison of the accuracy of direct and indirect three-dimensional digitizing processes for CAD/CAM systems – An in vitro study. *Journal of Prosthodontic Research*, 61(2), 177–184. <https://doi.org/10.1016/j.jpjor.2016.07.001>
- Vitti, R. P., Silva, M. A. B. da, Consani, R. L. X., & Sinhoreti, M. A. C. (2013).

- Dimensional Accuracy of Stone Casts Made from Silicone-Based Impression Materials and Three Impression Techniques. *Brazilian Dental Journal*, 24(5), 498–502. <https://doi.org/10.1590/0103-6440201302334>
- Watanabe, H., Fellows, C., & An, H. (2022). Digital Technologies for Restorative Dentistry. *Dental Clinics of North America*, 66(4), 567–590. <https://doi.org/10.1016/j.cden.2022.05.006>
- Weinstein, G., Howard, W. S., & Fox, R. (2018). Restorations with CAD/CAM technology. *Clinical Dentistry Reviewed*, 2(1). <https://doi.org/10.1007/s41894-018-0020-x>
- Yang, X., Lv, P., Liu, Y., Si, W., & Feng, H. (2015). Accuracy of Digital Impressions and Fitness of Single Crowns Based on Digital Impressions. *Materials*, 8(7), 3945–3957. <https://doi.org/10.3390/ma8073945>
- Yu, H., Chen, Y.-H., Cheng, H., & Sawase, T. (2019). Finish-line designs for ceramic crowns: A systematic review and meta-analysis. *The Journal of Prosthetic Dentistry*, 122(1), 22-30.e5. <https://doi.org/10.1016/j.prosdent.2018.10.002>
- Zarauz, C., Valverde, A., Martinez-Rus, F., Hassan, B., & Pradies, G. (2015). Clinical evaluation comparing the fit of all-ceramic crowns obtained from silicone and digital intraoral impressions. *Clinical Oral Investigations*, 20(4), 799–806. <https://doi.org/10.1007/s00784-015-1590-5>
- Zarb, G. A., Hobkirk, J., Eckert, S., & Jacob, R. (2013). *Prosthodontic Treatment for Edentulous Patients - E-Book : Complete Dentures and Implant-Supported Protheses*. Mosby.