



INSTITUTO UNIVERSITÁRIO EGAS MONIZ

MESTRADO INTEGRADO EM MEDICINA DENTÁRIA

TÉCNICAS DE ADESÃO EM RESTAURAÇÕES INDIRETAS

Trabalho submetido por
Olga Gresko
para a obtenção do grau de Mestre em Medicina Dentária

outubro de 2020



INSTITUTO UNIVERSITÁRIO EGAS MONIZ

MESTRADO INTEGRADO EM MEDICINA DENTÁRIA

TÉCNICAS DE ADESÃO EM RESTAURAÇÕES INDIRETAS

Trabalho submetido por
Olga Gresko
para a obtenção do grau de **Mestre** em Medicina Dentária

Trabalho orientado por
Prof. Doutor Francisco Martins

outubro de 2020

À minha Mãe, razão de tudo o que sou.
Desde sempre e para sempre, só eu e tu.

AGRADECIMENTOS

Ao meu orientador Prof. Doutor Francisco Martins, pelo seu rigor, disponibilidade, paciência e pelos vários ensinamentos ao longos destes dois anos.

À Egas Moniz, a minha segunda casa durante estes cinco anos e onde fui tão feliz. Um obrigado a todos os professores, funcionários e todos os que se cruzaram comigo neste caminho. Deixo esta faculdade de coração cheio.

Aos meus avós, cujo apoio sinto a três mil quilómetros de distância. Obrigada por sempre acreditarem em mim e, se as minhas conquistas são a vossa felicidade, a minha força são vocês.

À minha Mãe, por me ensinar tudo aquilo que não vem escrito nos livros. O teu apoio faz com que todos os obstáculos sejam meros percalços. Obrigada por sempre exigires o melhor de mim, por nunca me deixares desistir e por acreditares sempre no melhor. Tudo o que sou e tudo o que tenho devo a ti.

Ao Anatoliy, o segundo pai que a vida me deu.

E porque nada tem significado quando não partilhado com amigos, agradecer a todos os que me acompanharam durante estes anos, pelas várias noites que viraram dia numa sala de estudo ou de copo na mão. Vocês fizeram destes anos os melhores da minha vida.

À Marta Martins, minha grande amiga e colega de box. Muito orgulho nesta amizade e por termos feito esta jornada juntas. Obrigada por tornares os momentos difíceis melhores, por estares sempre presente nos bons.

Às minhas amigas desde o primeiro dia e para a vida. Inês, a minha dose de loucura. À Carolina, pelos conselhos e calma quando mais preciso. À Natacha, a minha pessoa. Tudo é possível convosco ao meu lado. Obrigada por serem o meu porto de abrigo, por toda a paciência e por todos os momentos que já vivemos e por tantos que ainda virão.

Ao Samuel, o meu fiel companheiro de todas as horas nestes últimos meses. Foste sem dúvida uma das melhores pessoas que entrou na minha vida. Obrigada por toda a amizade, aventuras e todos os momentos que já vivemos.

Ao Rahil, juntos já alcançamos os impossíveis e sem saber como. Ao André, presente desde o primeiro dia.

Ao Bruno e ao Denys, por estarem comigo nos momentos mais importantes e com quem sei que posso contar sempre.

À minha amiga Rita, pelos 20 anos de amizade incondicional e com quem tenho o prazer de partilhar mais um capítulo da minha vida.

Tudo acontece por uma razão e esta é a minha razão de ser. Obrigada a todos o que apoiaram neste caminho difícil, mas tão gratificante.

RESUMO

Os requisitos estéticos potenciaram a aplicação de restaurações indiretas. Para além das propriedades óticas favoráveis, apresentam excelentes propriedades mecânicas e estão indicadas em várias situações clínicas, desde restaurações estéticas até situações clínicas mais comprometidas.

Hoje em dia existem dois grandes grupos de materiais utilizados em restaurações indiretas: resina composta e cerâmica. Conhecer as características e as propriedades de cada uma é fundamental para um condicionamento prévio das mesmas de forma a otimizar a adesão à estrutura dentária.

O desenvolvimento das técnicas adesivas e a dinâmica constante de introdução de novos materiais restauradores e novas formas de confecção dos mesmos, permitiu progressivamente abandonar o conceito de retenção mecânica dando lugar a preparos minimamente invasivos cujo sucesso baseia-se na adesão que se estabelece entre a estrutura dentária e a restauração indireta.

Aderir duas estruturas sem afinidade natural é um desafio bastante complexo que envolve várias etapas clínicas. A adesão baseia-se em interações micromecânicas e químicas que se estabelecem entre as duas superfícies distintas. Existem vários protocolos de adesão que devem ser aplicados de forma a condicionar a estrutura dentária e a superfície da restauração indireta de forma que, em conjunto com o cimento resinoso, é possível obter uma estrutura com elevada resistência ao longo do tempo.

O objetivo da presente revisão bibliográfica é sumarizar as diferentes técnicas de adesão atualmente utilizadas na superfície dentária bem como, na superfície dos diferentes materiais a aderir e diferentes formas de cimentação adesiva dos mesmos.

Palavras-chave: restauração indireta; adesão; resina composta; tratamento de superfície

ABSTRACT

The aesthetic requirements have increased the application of indirect restorations. In addition to their favorable optical properties, they have excellent mechanical properties and are indicated in several clinical situations, from aesthetic restorations to more compromised clinical situations.

Nowadays there are two major groups of materials available to be used in indirect restoration: composite resin and different types of ceramics. Knowing the characteristics and properties of each one is fundamental for their prior conditioning in order to optimize adhesion to the dental structure.

The development of adhesion techniques and the constant dynamics of introducing new restorative materials, has gradually made it possible to abandon the concept of mechanical retention, giving way to minimally invasive preparations whose success is based on the adhesion established between the dental structure and indirect restoration.

The process of bonding two different structures without natural affinity is a very complex and challenging procedure that involves several clinical steps. Adhesion is based on micromechanical and chemical interactions that take place between two distinct surfaces. There are several adhesion protocols that must be applied in order to condition the dental structure and the surface of the restoration so that, when bonded with resin composite luting agent, it is possible to obtain a structure with high resistance over time.

The purpose of this bibliographic review is to summarize the different adhesion techniques currently used to condition the dental surface as well as the surface of the different materials to be adhered, as well as different ways of adhesive cementation.

Key Words: Indirect restoration; adhesion; composite resin; surface treatment

ÍNDICE

I. INTRODUÇÃO	13
II. DESENVOLVIMENTO	15
1. ADESÃO	15
1.1. Adesão no esmalte.....	17
1.2. Adesão na dentina	18
2. SISTEMAS ADESIVOS	19
2.1. Adesivos <i>etch-and-rinse</i>	19
2.2. Adesivos <i>Self-Etch</i>	21
2.3. Adesivos Universais.....	22
3. IMMEDIATE DENTIN SEALING (IDS)	25
3.1. Vantagens do selamento imediato da dentina (IDS)	25
3.2. Técnica adesiva	27
4. RESTAURAÇÕES INDIRETAS.....	29
4.1. Restaurações indiretas em resina composta	30
4.2. Restaurações indiretas em cerâmica.....	32
4.2.1. Cerâmicas de matriz vítrea	32
4.2.1.1. Cerâmicas feldspáticas	33
4.2.1.2. Cerâmicas vítreas sintéticas	34
a) Cerâmicas reforçadas por leucite	34
b) Cerâmicas vítreas reforçadas com dissilicato de lítio	35
4.2.1.3. Cerâmicas infiltradas por vidro	37
4.2.2. Cerâmicas Policristalinas	38
4.2.3. Cerâmicas com matriz de resina.....	39
4.2.3.1. Resina Nanocerâmica.....	39

4.2.3.2. Cerâmicas híbridas infiltradas com polímeros (PICN)	40
5. TRATAMENTO DE SUPERFÍCIE	41
5.1. Ácido Hidrofluorídrico.....	42
5.2. Óxido de Alumínio.....	43
5.3. Óxido de alumínio revestido por sílica	44
5.4. Laser	45
5.5. Silanização	45
6. TÉCNICAS DE ADESÃO EM DIFERENTES TIPOS DE SUPERFÍCIE .	49
6.1. Restaurações Indiretas em Cerâmica Vítrea.....	49
6.2. Cerâmicas de zircônia	53
6.3. Restaurações indiretas em resina composta	56
6.4. Restaurações indiretas em resinas nanocerâmicas	57
6.5. Restaurações indiretas em cerâmicas infiltradas por polímeros (PICN).....	58
7. CIMENTAÇÃO ADESIVA.....	60
7.1. Cimentos resinosos.....	60
7.2. Resina composta pré-aquecida e resina composta <i>flowable</i>	63
III. CONCLUSÃO.....	67
IV. BIBLIOGRAFIA	69
ANEXOS	

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Junção adesiva formada entre o esmalte e cerâmica previamente condicionada com ácido hidrofúorídrico. Adaptado de Perdigão (2007).....	16
Figura 2: Estratégias adesivas disponíveis atualmente. Adaptado de Sezinando (2014).	19
Figura 3: Adesão à dentina com a técnica etch-and-rinse Adaptado de Ritter et al. (2018).	20
Figura 4: Adesão à dentina com a técnica self-etch de dois passos. Adaptado de Ritter et al. (2018).	21
Figura 5: Dentina antes (A) e depois (B) da aplicação do sistema adesivo OptibondFL. Adaptado de Magne & Nielsen (2009).	25
Figura 6: Representação do complexo IDS + resina flowable com a adesão da restauração indireta. Adaptado de Politano et al. (2018).....	27
Figura 7: Classificação proposta para sistemas cerâmicos utilizados atualmente. Adaptado de Gracis et al. (2016).....	33
Figura 8: Interação química do silano com a superfície da cerâmica previamente condicionada. Ocorre a formação das ligações Si-O-Si na superfície da cerâmica. Na extremidade oposta os grupos metacrilato reagem com monómeros de resina, quebrando as duplas ligações de carbono. Adaptado de Benetti, A. R., Papia, E., & Matinlinna (2019).	47
Figura 9: Interação química entre o monómero 10-MDP e a superfície da zircônia. Podem ocorrer dois tipos de ligações: iônicas e hidrogênicas. Adaptado de Benetti, A. R., Papia, E., & Matinlinna (2019).	55

ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 1: Vantagens e desvantagens dos adesivos universais. Adaptado de Perdigão, 2020.....	23
Tabela 2: Técnica adesiva do IDS descrita por Magne, 2005.....	28
Tabela 3: Protocolo sugerido por Özcan & Volpato (2015) para o condicionamento das cerâmicas com matriz vítrea.....	50
Tabela 4: O conceito APC sugerido por Blatz et al. (2016) para a adesão das cerâmicas de zircónia.	54
Tabela 5: Protocolo sugerido por Özcan & Volpato (2016) para a adesão de cerâmicas infiltradas por polímeros.	58

LISTA DE SIGLAS

Bis-GMA – Bisfenol-A glicidil metacrilato

CaCO₃- Carbonato de cálcio

CAD/CAM – *Computer Aided Design/Computer Aided Manufacturing*

HEMA – 2-hidroxiethyl metacrilato

NaHCO₃- Bicarbonato de sódio

MPa – Megapascais

TEGDMA – dimetacrilato de trietilenoglicidil

UDMA- dimetacrilato de diuretano

10-MDP – 10-metacriloiloxidecil dihidrogénio fosfato

3-MPS – 3- metacriloxipropiltrimetoxisilano

µm –micrómetro

mm-milímetro

I. INTRODUÇÃO

A adesão em Medicina Dentária sofreu um grande avanço na última década. Na área da reabilitação minimamente invasiva, este avanço contribuiu para preparos mais conservadores que vão depender da eficácia dos sistemas de adesão esmalte-dentina atuais (Sofan et al., 2017).

As diferentes interações que existem entre a restauração, os componentes dos sistemas adesivos, o esmalte ou dentina requerem uma análise criteriosa aquando da seleção do sistema adesivo, com o objetivo de assegurar a longevidade das restaurações, preservar o remanescente dentário, bem como permitir procedimentos menos invasivos sem recurso a outras formas retentivas (Abad-Coronel et al., 2019).

As principais indicações para uma restauração dentária incluem a presença de cárie, fratura, desgaste dentário e substituição de restaurações antigas. As restaurações indiretas são uma alternativa mais estável comparativamente à técnica direta e podem ser confeccionadas através de resina composta ou cerâmica. Os *inlays* ou *onlays* indiretos permitem um maior controlo da anatomia e restabelecimento da função, especialmente em casos de grande perda de estrutura dentária. Ainda que seja possível a confecção deste tipo de restaurações em metal, os requisitos estéticos fazem com que restaurações em cerâmica sejam as de eleição (Collares et al., 2016).

As restaurações dentárias pela técnica indireta são fabricadas fora da cavidade oral, oferecem melhores propriedades físicas e mecânicas, uma melhor morfologia oclusal e compatibilidade em relação aos restantes dentes (Angeletaki et al., 2016). As restaurações indiretas têm demonstrado maior longevidade quando comparadas às restaurações diretas, uma vez que os materiais utilizados na técnica indireta possuem maior resistência. Estas, estão indicadas em reabilitações orais extensas, tendo uma grande importância no restabelecimento da oclusão e da dimensão vertical e em casos que requerem elevada estética (Opdam et al., 2016).

As restaurações indiretas em cerâmica são consideradas uma excelente opção para reabilitações em que existe uma maior demanda estética. Devido às suas propriedades mecânicas, é possível o uso das mesmas em dentes sujeitos a cargas oclusais elevadas. Desta forma, é possível minimizar o desgaste dentário ao mesmo tempo que a estética é

assegurada (Archibald et al., 2018).

As facetas cerâmicas são conhecidas pelo seu carácter minimamente invasivo. Tendo em conta que este tipo de restauração não depende da retenção macromecânica, o sucesso clínico das mesmas é conseguido através da adesão que se estabelece com a superfície dentária. Assim, através de materiais e técnicas adesivas é possível obter uma adesão eficaz entre faceta e esmalte (Gresnigt et al., 2019).

No entanto, as restaurações indiretas em cerâmica não possuem afinidade direta com o remanescente dentário. Assim sendo, o correto tratamento prévio das mesmas e a escolha do cimento de resina a utilizar são fatores cruciais para o sucesso e longevidade das restaurações indiretas (Benetti, A. R., Papia, E., & Matinlinna, 2019).

As forças adesivas que se estabelecem nas restaurações indiretas não dependem apenas do cimento resinoso, a correta preparação prévia da superfície interna da restauração bem como, da superfície dentária, são passos fundamentais aquando da cimentação adesiva das restaurações indiretas (Amorim et al., 2018).

Este trabalho teve como objetivo sumarizar as diversas técnicas de adesão utilizadas, descrever os vários tipos de materiais disponíveis para a confecção de restaurações indiretas atualmente e também evidenciar as diversas técnicas utilizadas atualmente para o tratamento prévios das superfícies a aderir. Para tal, foi realizada uma revisão bibliográfica através da pesquisa de fontes obtidas na plataforma Pubmed e Google Académico, com preferência a artigos publicados mais recentemente. Foram utilizadas as seguintes palavras-chave: “*Adhesion Techniques*”; “*Indirect Restorations*”; “*Adhesive Cementation*”; “*Surface Modification*”; “*Ceramic Bonding*”.

II. DESENVOLVIMENTO

1. ADESÃO

A adesão é um dos temas mais importantes na Medicina Dentária atual, em que os materiais sem afinidade natural são aderidos. O objetivo é criar um contato íntimo entre as duas superfícies distintas (Zakir et al., 2016).

A adesão é obtida pelo processo no qual os minerais presentes no tecido dentário são substituídos por monómeros de resina, estabelecendo ligações químicas ou retenções micromecânicas, originando assim, a camada híbrida (Sinjari et al., 2020).

De acordo com Perdigão (2020), a partir da introdução dos sistemas adesivos é possível realizar preparos mais conservadores e o seu uso expande-se até à retenção de restaurações indiretas com cerâmicas vítreas, cerâmicas policristalinas e em resina composta.

Aderir duas superfícies distintas é um desafio. A adesão entre a estrutura dentária e a restauração indireta envolve diversos processos adesivos: esmalte-adesivo-composto resinoso-adesivo-cerâmica (Figura 1) (Perdigão, 2007). A adesão é um fator crucial no desempenho e sucesso clínico de uma restauração indireta e requer uma atenção especial visto que existem mais interfaces a aderir: por um lado temos a adesão ao esmalte e/ou dentina e por outro, a adesão à interface da restauração indireta. O principal objetivo da adesão será conseguir uma forte união entre as superfícies a aderir, reter o agente de adesão, minimizar a microinfiltração, prevenir as cáries secundárias, reduzir o stress causado pela contração e também possibilitar um preparo menos retentivo e menos invasivo (Abad-Coronel et al., 2019).

O adesivo é uma solução de monómeros de resina que possibilita a interação entre o composto resinoso e o substrato dentário. Apresentam na sua composição monómeros hidrofílicos e monómeros hidrofóbicos. Os primeiros vão fazer parte dos monómeros funcionais, sendo responsáveis por aumentar a molhabilidade do substrato (como por exemplo o monómero HEMA), iniciar a desmineralização do esmalte (por exemplo, Fenil-P) atuar como agente anti-bacteriano. Por outro lado, os monómeros *cross-linking* apresentam um perfil hidrofóbico e vão atuar na formação da matriz polimérica, que por

sua vez é responsável pelas propriedades biomecânicas e co-polimerização com o material restaurador. Esta matriz apresenta ser menos solúvel e com propriedades mecânicas superiores, quando comparada com polímeros lineares (Sezinando, 2014; Vinagre & Ramos, 2016).

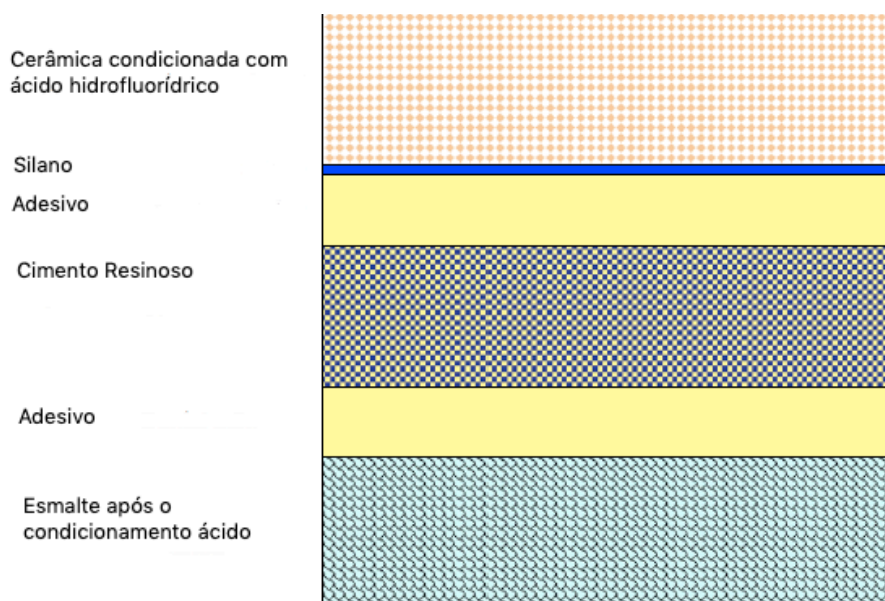


Figura 1: Junção adesiva formada entre o esmalte e cerâmica previamente condicionada com ácido hidrofluorídrico. Adaptado de Perdigão (2007).

De acordo com Perdigão (2020), os componentes básicos dos sistemas adesivos dentários são: (1) ácido ortofosfórico com uma concentração entre 30-40%; (2) *primer*, que é uma solução hidrofílica de monómeros resinosos responsável por aumentar a molhabilidade na dentina; (3) adesivo: resina adesiva de baixa viscosidade cujo grupo hidrofóbico vai co-polimerizar com o material restaurador. Estes três componentes podem ser aplicados individualmente ou combinados em dois ou um passo clínico.

A viscosidade do adesivo deve ser baixa, de forma a que este consiga fluir por toda a superfície e penetrar nas rugosidades (Marshall et al., 2010).

Com o desenvolvimento dos sistemas adesivos, o objetivo principal é alcançar uma adesão forte e estável ao longo do tempo entre o tecido dentário e a restauração a aderir. A forma como um duas superfícies aderem pode ser explicada através de quatro mecanismos (Ritter et al., 2018):

- Adesão mecânica: consiste na penetração do composto resinoso e formação dos *resin tags*;
- Adsorção: estabelecimento da ligação química com compostos inorgânicos, como os cristais de hidroxiapatite ou com compostos inorgânicos (fibras de colagénio tipo I) da superfície dentária;
- Difusão: precipitação das substâncias na superfície dentária onde os monómeros resinosos vão aderir quimicamente ou mecanicamente;
- Combinação dos três mecanismos anteriores.

No esmalte, o mecanismo de adesão é maioritariamente mecânico enquanto que, na dentina, a adesão pode ocorrer através de três formas: mecânica, física ou a junção de ambas (Ritter et al., 2018).

Para obter uma adesão favorável existem diversos fatores a serem respeitados para favorecer a adesão. O primeiro requisito são superfícies limpas: um adesivo para aderir eficazmente requer uma energia de superfície elevada, a presença de contaminantes e da *smear layer* após a preparação baixa a energia de superfície. Quando o adesivo é aplicado, este deve fluir de forma a preencher todas as irregularidades. Para além de garantir a limpeza, a superfície deve ser seca, a água interfere na adesão com o seu grupo polar e ligações de hidrogénio que se podem formar. Em segundo lugar, o ângulo de contacto apropriado e molhabilidade. O adesivo deve cobrir toda a superfície envolvida na adesão e uma forma de prever a molhabilidade é através do ângulo de contacto que se forma que se forma entre uma gota de adesivo com a superfície a aderir. A molhabilidade é obtida quando o ângulo de contacto é próximo do zero (Marshall et al., 2010; Vinagre & Ramos, 2016).

1.1. Adesão no esmalte

A adesão no esmalte é um processo fidedigno, ao contrário do que acontece na dentina, em que a adesão é um processo complexo. Isto deve-se às diferentes características dos dois substratos. A estrutura do esmalte é composta predominantemente por partículas inorgânicas (entre 94-96%) com elevada força intermolecular e elevada energia de superfície. O condicionamento ácido do esmalte resulta na formação de fosfato de cálcio com perda de estrutura diamantada (Abad-Coronel et al., 2019).

Perdigão (2020) descreve o esmalte como um substrato seco sem estruturas vitais, devido à elevada percentagem de hidroxiapatite na sua constituição, o que faz com que a junção adesiva formada seja ideal.

O condicionamento ácido do esmalte constitui um *gold standart* para a adesão de materiais resinosos à superfície do esmalte. A interação micromecânica do adesivo resulta da difusão e interligação dos monómeros resinosos nas microporosidades resultantes dos condicionamento ácido (Perdigão, 2020). Atualmente, o esmalte é condicionado com ácido ortofosfórico a 37% no mínimo durante 15 segundos. O condicionamento ácido transforma a superfície lisa do esmalte em rugosa e aumenta a energia superficial. Assim, quando o composto resinoso é aplicado, este vai penetrar nas irregularidades superficiais, os monómeros polimerizados entreligados na superfície do esmalte criam *microtags* dentro das irregularidades do esmalte, fenómeno responsável pela adesão dos compostos resinosos ao esmalte (Ritter et al., 2018).

1.2. Adesão na dentina

Ao contrário do esmalte, o processo de adesão na dentina não é tão previsível devido às diferenças presentes nos dois substratos. A fase mineral da dentina (hidroxiapatite) é encontrada em 45% do seu volume, a matriz orgânica formada predominantemente por colagénio tipo I ocupa até 33% e o restante volume é completo por água (Perdigão, 2020). Apresenta baixas forças intermoleculares e reduzida energia superficial (Abad-Coronel et al., 2019).

Enquanto que a retenção micromecânica no esmalte ocorre através da interligação do material resinoso nas porosidades originadas pelo condicionamento ácido, na dentina existe hibridização entre os compostos resinoso e a rede de colagénio (Abad-Coronel et al., 2019; Sofan et al., 2017).

A adesão na dentina pode ser comprometida pela reduzida espessura remanescente após a preparação dentária, as forças de adesão são mais fortes na dentina superficial e decrescem em profundidade (Ritter et al., 2018).

2. SISTEMAS ADESIVOS

Os sistemas adesivos são classificados pela geração em que se inserem ou através da estratégia adesiva. Atualmente existem 8 gerações de sistemas adesivos e cada geração surge na tentativa de melhorar a anterior e reduzir o número de passos clínicos. Outra forma de classificar os sistemas adesivos é através da sua interação com a *smear layer*: se estes a removem totalmente ou se tornam a *smear layer* permeável e se incorporam na adesão (Figura 2). Esta última classificação aparenta ser mais relevante no processo clínico na medida em que indica se o sistema adesivo requer condicionamento ácido isoladamente. Desta forma, podemos classificar os adesivos em *etch-and-rinse*, *self-etch* e ainda, adesivos universais (Perdigão, 2020; Sezinando, 2014).

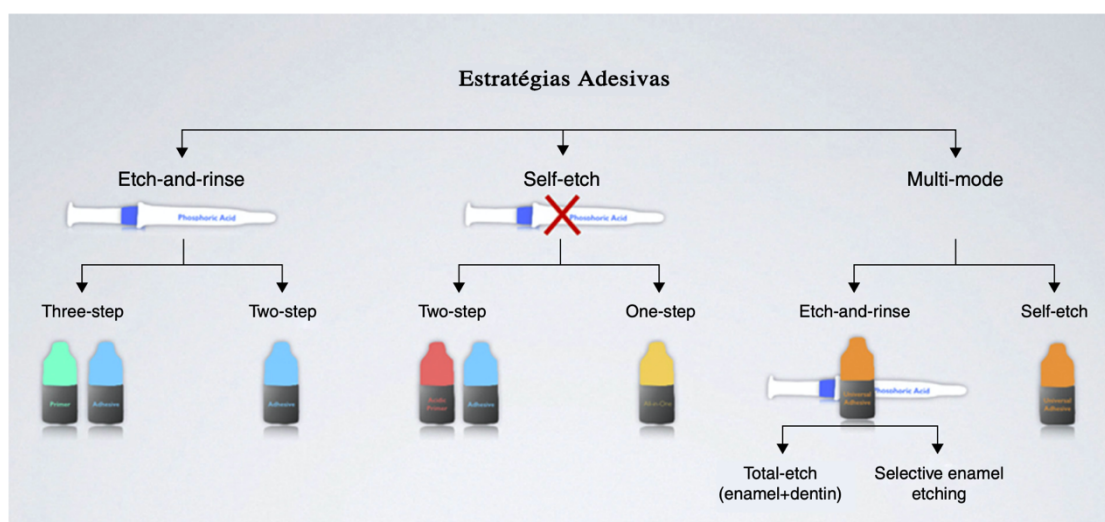


Figura 2: Estratégias adesivas disponíveis atualmente. Adaptado de Sezinando (2014).

2.1 Adesivos *etch-and-rinse*

O sistema *etch-and-rinse* pode ser aplicado em dois ou três passos, com condicionamento ácido no esmalte e na dentina. Quando aplicado em três passos, a lavagem é seguida pela aplicação de um *primer* e só no passo seguinte o adesivo. O ácido ortofosfórico com uma concentração que varia entre 30-40% (pH=0,1-0,4) é aplicado primeiro no esmalte e depois na dentina, não excedendo os 15 segundos na dentina e não menos que 15 segundos no esmalte. No esmalte, o ácido irá remover aproximadamente 10–50 μm da superfície, criando assim, uma área porosa com uma energia de superfície elevada. Na dentina a *smear layer* é totalmente removida e dentina intertubular desmineralizada numa profundidade entre 3–5 μm , a matriz de colagénio fica exposta,

existe a remoção de *smear plugs*, dissolução da dentina peritubular, os túbulos dentinários e a fibras de colagénio ficam expostas (Figura 3). Após a polimerização forma-se a camada híbrida que, em combinação com os *resin tags* promove a retenção micromecânica da futura restauração (Sofan et al., 2017; Vinagre & Ramos, 2016).

Na técnica *etch-and-rinse* de dois passos, o *primer* está combinado com o adesivo, o que resulta na diminuição de passos clínicos (Miyazaki et al., 2012).

Atualmente, existe uma tendência em utilizar materiais dentários pré-aquecidos de forma a aumentar o seu grau de conversão, obter maior fluidez e melhorar as propriedades adesivas. Muito recentemente, Magne & Mori Ubaldini (2020) avaliaram o efeito do pré-aquecimento de um sistema adesivo *etch-and-rinse* de três passos e também a influência da adição de material bioativo na composição do mesmo adesivo. Concluiu-se assim que o pré-aquecimento do sistema adesivo induz a evaporação dos solventes do *primer* o que conduz a uma reação de condensação entre o silano e os agentes de adesão, resultando em forças de adesão estáveis até seis meses.

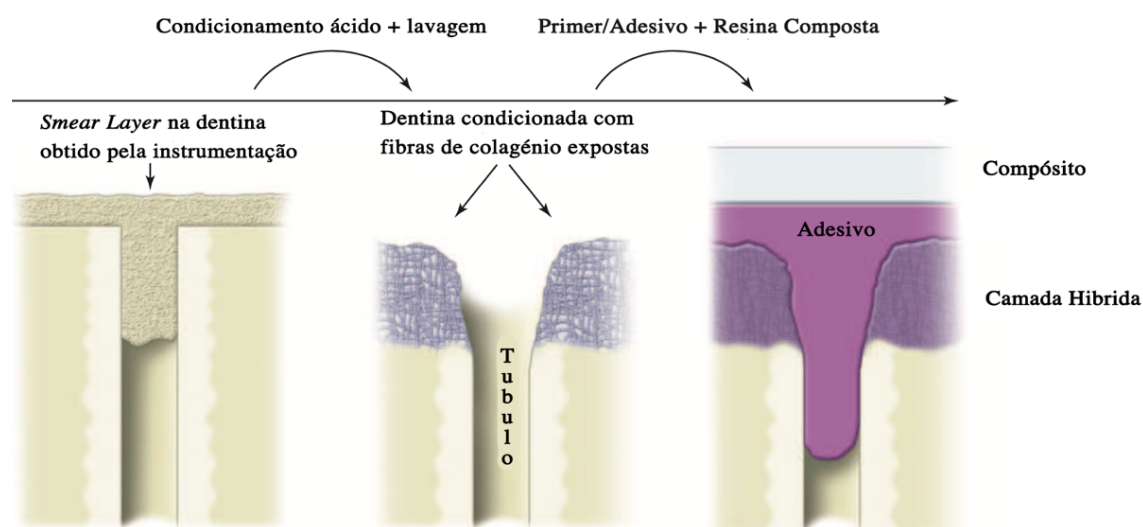


Figura 3: Adesão à dentina com a técnica *etch-and-rinse* Adaptado de Ritter et al. (2018).

2.2. Adesivos *Self-Etch*

Este tipo de adesivos surgiu para diminuir o número de passos clínicos e ao mesmo tempo contornar as complicações como a hidratação excessiva que podem ocorrer na técnica *etch-and-rinse* (Sofan et al., 2017).

Ao contrário da técnica adesiva descrita anteriormente, os adesivos *self-etch* não fazem o condicionamento ácido isoladamente, em vez disso, os monómeros ácidos estão incorporados no *primer* (Vinagre & Ramos, 2016).

Os adesivos *self-etch* são classificados de acordo com o seu potencial ácido em três níveis: forte ($pH \leq 1$), intermédio ($pH = 2$) e leve ($pH \geq 2$). Os adesivos leves desmineralizam a dentina apenas superficialmente sem remover os cristais de hidroxiapatite que circundam as fibras de colagénio, já os adesivos fortes têm um potencial de desmineralização semelhante aos adesivos *etch-and-rinse* (Sofan et al., 2017).

Um estudo realizado por Collares et al. em 2016, avaliou as causas de falha e a longevidade de *onlays* e *inlays* cerâmicos concluindo que, as restaurações indiretas aderidas através da técnica simplificada (adesivos *etch-and-rinse* de dois passos e *self-etch* de um passo) apresentam um risco de falha 142% mais elevado quando comparado com a técnica adesiva em que o adesivo é aplicado num passo isolado, como acontece no adesivos *etch-and-rinse* de três passos ou adesivos *self-etch* de dois passos.

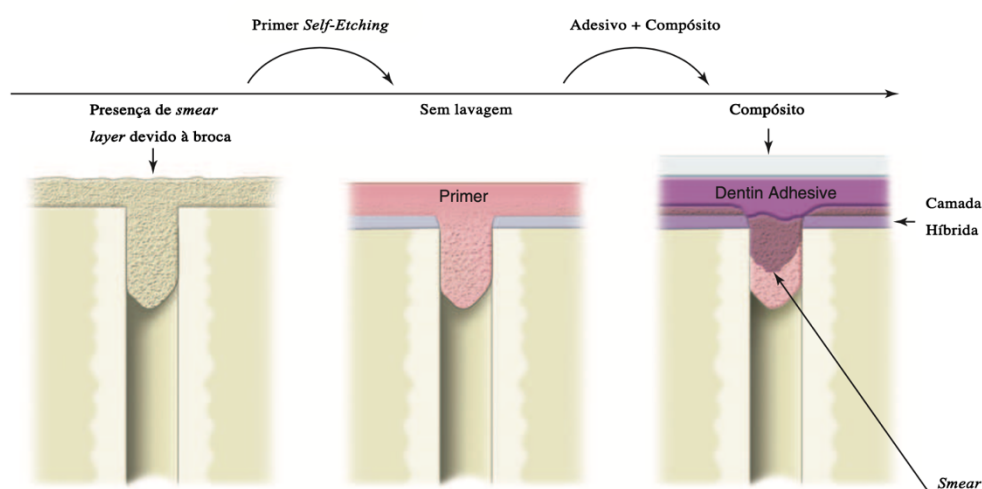


Figura 4: Adesão à dentina com a técnica *self-etch* de dois passos. Adaptado de Ritter et al. (2018).

Podemos classificar o adesivo *self-etching* em dois tipos, de acordo com o seu pH, número de passos clínicos e potencial agressivo (A. Coelho et al., 2012):

- *Self-etching primers*: são os sistemas de dois passos, o ácido e o *primer* são aplicados na mesma fase e seguidamente a resina adesiva. O pH destes adesivos ronda os valores entre 1 e 2,5, sendo o condicionamento moderado;
- *Self-etching adhesives*: envolvem apenas um passo, o *primer* ácido está combinado com o adesivo. Têm um pH inferior a 1 e desta forma, o condicionamento é muito próximo do ácido fosfórico.

A camada híbrida que se forma vai incorporar a *smear layer* e os *smear plugs* não são removidos dos túbulos dentinários (Figura 4). Esta camada tem uma espessura entre 0,5-1,2 μm , onde é possível encontrar *smear plugs* dentro dos túbulos dentinários e desta forma, não ocorre uma hibridização muito eficiente entre a dentina peritubular e os prolongamentos resinosos (M. Junior et al., 2012).

2.3. Adesivos Universais

Os adesivos universais foram introduzidos em 2011 e destacam-se através da sua versatilidade. Estes adesivos podem ser utilizados através da técnica *self etch, etch-and-rinse* ou através do *selective enamel etching* (Perdigão, 2020; Sezinando, 2014).

O carácter universal deste tipo de adesivos permite a sua aplicação em restaurações diretas bem como em restaurações indiretas em resina composta, cerâmicas vítreas, zircónia e ainda metais. A versatilidade destes adesivos pode ser explicada pela presença do monómero 10-MDP, este sendo um monómero altamente hidrofóbico é menos solúvel e menos suscetível à degradação hidrolítica. A elevada estabilidade e resistência à degradação é obtida através das ligações iónicas que se estabelecem com a hidroxiapatite (MDP-Ca) através do *nanolayering* (Tabela 1) (Hayashi, 2020; Nagarkar et al., 2019).

Ainda que os tratamentos prévios não possam ser dispensados, adesivos universais com monómeros 10-MDP na sua composição, têm sido recomendados na adesão das cerâmicas de zircónia (Nagarkar et al., 2019).

Um fator importante a ter em consideração é que os adesivos universais são muito semelhantes aos adesivos *self-etch* de um passo e por isso, são compostos por cerca de 20% de água. Desta forma, o tempo de evaporação é crucial para prevenir a possível nanoinfiltração da camada adesiva. É recomendado secar suavemente a camada de adesivo até 15 segundos (Perdigão, 2020).

Tabela 1: Vantagens e desvantagens dos adesivos universais. Adaptado de Perdigão, 2020.

Vantagens	Desvantagens
<p>Versatilidade: podem ser aplicados através da técnica <i>etch-and-rinse</i>, <i>self-etch</i> ou <i>selective enamel etch</i>;</p> <p>Potencial adesão química ao esmalte e maior resistência à nanoinfiltração quando utilizados em forma de <i>self-etch</i>;</p> <p>Indicado em ampla variedade de procedimentos restauradores, incluindo como <i>primers</i> de zircónia.</p>	<p>O condicionamento ácido da dentina não é recomendando quando utilizados adesivos universais, sendo necessário um passo separado para o condicionamento do esmalte, o que torna o processo mais demorado;</p> <p>O potencial adesivo revela ser reduzido na técnica <i>self-etch</i> quando comparada com <i>etch-and-rinse</i> ou <i>selective enamel etching</i>;</p> <p>À semelhança dos adesivos <i>self-etch</i> de um passo, os adesivos universais também possuem certa permeabilização o que leva à degradação da interface adesiva através da hidrólise;</p> <p>Quando não ocorre a evaporação dos solventes presentes e as moléculas de água ficam presas na camada adesiva, o que pode potenciar a nanoinfiltração.</p>

Na utilização de sistemas adesivos de três passos, o condicionamento com ácido ortofosfórico (35-37%) é um procedimento standardizado aquando da adesão de restaurações indiretas ou semi-diretas. O condicionamento ácido é um fator decisivo na qualidade adesiva por ser responsável pelo aumento da rugosidade da superfície, aumento da molhabilidade, permitindo assim, a penetração do adesivo e dos cimentos resinosos através da *smear layer*. Neste sentido, e com a introdução dos sistemas adesivos universais, Campos et al. (2020), avaliaram três tipos de sistemas de adesivos universais com condicionamento ácido prévio e a dispensa do mesmo. Concluiu-se então que a aplicação prévia do ácido na dentina reduz a adesão entre os sistemas adesivos universais, em restaurações indiretas, tendo-se verificado também que, a nanoinfiltração da camada adesiva ocorria em ambas as situações.

Para perceber qual a melhor técnica adesiva que se adequa para aderir restaurações indiretas, Krummel et al. (2019), avaliaram a influência da técnica *selective enamel etching* aquando da cimentação de facetas oclusais (0,3-0,6mm de espessura) de dissilicato de lítio. Foi possível concluir que, o condicionamento adicional do esmalte é responsável por aumentar a longevidade de restaurações cerâmicas de reduzida espessura e aumento da resistência à fratura.

3. IMMEDIATE DENTIN SEALING (IDS)

O conceito *immediate dentin sealing* (IDS) foi introduzido com o objetivo principal evitar a contaminação da superfície dentária antes da cimentação das restaurações indiretas e também como um método de proteção pulpar. Esta técnica permite produzir uma camada inibida por oxigénio bem como, evitar possível contaminação com o material de impressão, fatores que, permitem o estabelecimento de uma camada adesiva fidedigna aquando da adesão das restaurações indiretas (Sinjari et al., 2020).

O princípio desta técnica baseia-se na aplicação de uma camada de adesivo na dentina exposta durante a preparação clínica e antes da impressão (Magne & Nielsen, 2009).

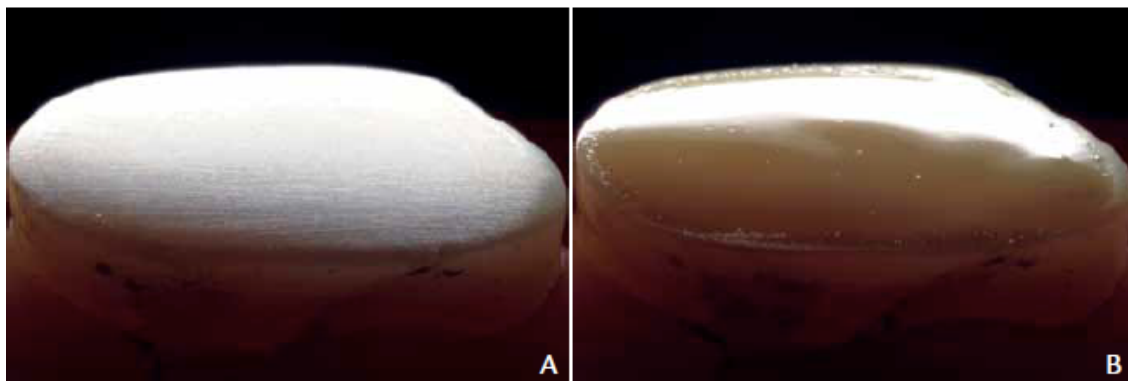


Figura 5: Dentina antes (A) e depois (B) da aplicação do sistema adesivo OptibondFL. Adaptado de Magne & Nielsen (2009).

Originalmente, esta técnica baseava-se na aplicação de um adesivo com o monómero 4-META na sua composição. Atualmente, o monómero funcional 10-MDP oferece uma adesão química mais estável, devido a ligação com o cálcio presente nos cristais de hidroxiapatite e apresenta ser mais estável à degradação hidrolítica quando comparado com o 4-META (Hironaka et al., 2018).

3.1. Vantagens do selamento imediato da dentina (IDS)

Quando se trata de restaurações indiretas, IDS tem uma grande importância em todo o processo clínico da preparação das mesmas. De facto, o selamento da dentina após

a sua exposição permite uma hibridação da dentina com a resina, evitando a contaminação da dentina e o possível colapso da camada híbrida antes da polimerização (Magne, 2005).

Esta técnica possibilita uma maior preservação da estrutura dentária remanescente por aumentar a retenção das restaurações indiretas, resultando em preparos mais conservadores. Durante a fase provisória das restaurações indiretas, selar a dentina previamente à impressão resulta na diminuição das contaminação bacteriana, bem como na diminuição da possível sensibilidade (Magne, 2005).

As influências mecânicas e químicas do IDS apresentam características clínicas importantes na forma como vão interferir na qualidade da adesão dos cimentos resinosos com a dentina. O uso do cimento resinoso fotopolimerizável é possível com o IDS prévio, caso contrário é recomendado o uso de um cimento dual (Hironaka et al., 2018; Magne, 2005).

Em 2018, Hironaka et al., avaliaram a influência química do IDS na adesão de restaurações indiretas, os resultados obtidos permitiram concluir que os grupos no quais foi realizada a presente técnica apresentaram valores de adesão superiores, o que pode ser justificado pela estabilidade da hibridação e polimerização do adesivo, para além de que, a presença do monómero funcional 10-MDP presente no sistema adesivo é responsável por estabelecer ligações químicas com a dentina, o que resulta em forças adesivas superiores. Desta forma, os autores reforçaram a importância do IDS na adesão das restaurações indiretas.

O selamento imediato da dentina resulta na formação de uma camada híbrida com propriedades mecânicas melhoradas, quando utilizado um sistema adesivo *self-etch* de dois passos, baixo potencial ácido e com 10-MDP na sua composição ou através da técnica *etch-and-rinse* de três passos. Adicionalmente, aplicar uma camada de resina *flowable* com elevado conteúdo de partículas na camada adesiva permite estabilizar a preparação do remanescente dentário. A camada que se forma após o IDS (camada híbrida + camada adesiva + resina *flowable*) permite maior dissipação das forças oclusais e oferece mais estabilidade ao complexo dente-restauração indireta (Figura 6) (Politano et al., 2018).

Para além de proteger a dentina recentemente exposta, o que reduz a sensibilidade operatória, o selamento imediato permite um desenvolvimento da dentina *stress-free*, o que resulta em valores de adesão à dentina bastante superiores em comparação ao selamento tardio da mesma (Politano et al., 2018).

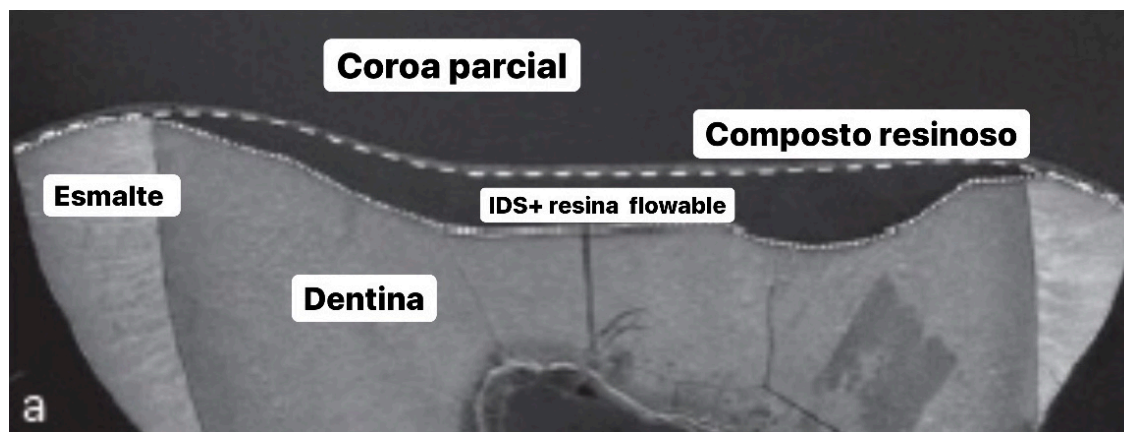


Figura 6: Representação do complexo IDS + resina *flowable* com a adesão da restauração indireta. Adaptado de Politano et al. (2018).

3.2. Técnica adesiva

O primeiro passo para a aplicação do IDS é a identificação da dentina exposta. O método baseia-se no condicionamento ácido (durante 2 a 3 segundos) e secar de seguida. Distingue-se a dentina do esmalte pelo seu aspeto brilhante, enquanto que o esmalte tem um aspeto rugoso. Após este processo a dentina deve ser preparada de novo antes do processo de adesão (Magne, 2005).

O problema que por vezes surge está relacionado com a espessura do adesivo. De forma a garantir que existe espaço para o adesivo e seguidamente para a restauração indireta, sem comprometer a definição da margem, recomenda-se a estender a o preparo 0,7-0,8mm (Magne, 2005).

A técnica adesiva descrita por Magne em 2005 consiste na utilização de um sistema adesivo *etch-and-rinse* de dois ou três passos (Tabela 2).

Tabela 2: Técnica adesiva do IDS descrita por Magne, 2005.

Protocolo de <i>Immeadite Dentin Sealing</i>		
	Passos Clínicos	Objetivo
1.	Condicionar com ácido ortofosfórico (H ₃ PO ₄) durante 5-15seg;	Importante que seja um passo logo após a exposição da dentina, de forma a evitar a contaminação salivar;
2.	Lavar e remover o excesso de água;	Remover o excesso de água por sucção, prevenindo assim o colapso das fibras de colagénio.
3.	Aplicar o sistema adesivo;	<i>Etch-and-rinse</i> de dois ou três passos.
4.	Fotopolimerizar durante 20 segundos;	
5.	Colocar uma camada de glicerina e fotopolimerizar durante 10 segundos; No final, com a correta aplicação do adesivo, ao remover o fio de retração este não adere à margem.	Permite inibir a camada de polimerização do oxigénio e prevenir a interação do adesivo com o material de impressão.

4. RESTAURAÇÕES INDIRETAS

Atualmente, os requisitos para uma restauração indireta são a estética, longevidade e resistência mecânica. Durante muito anos as restaurações em amálgama tinham muito sucesso clínico e uma grande longevidade, no entanto, são esteticamente desfavoráveis. Assim, com os avanços nos conceitos da adesão e reabilitação minimamente invasiva, é possível que uma restauração indireta seja estética e tenha uma boa estabilidade ao longo do tempo (Angeletaki et al., 2016; Opdam et al., 2016).

Os princípios da adesão conduziram ao aparecimento de novas indicações reabilitadoras que se baseiam na adesão à estrutura dentária, tais como restaurações indiretas em cerâmica ou cerâmicas com matriz de resina para a confecção de coroas, *inlays*, *onlays* e facetas. O uso das técnicas e sistemas adesivos em conjunto com o cimento resinoso, proporciona uma adesão durável das restaurações indiretas à estrutura dentária (Ritter et al., 2018).

As restaurações indiretas permitem uma maior preservação da estrutura dentária e são uma excelente opção para dentes comprometidos por cárie ou fratura. Com o desenvolvimento de novos materiais restauradores, é possível preservar o máximo de estrutura dentária, fator que contribui para a longevidade da restauração (Nejatidanesh et al., 2015).

A particularidade deste tipo de restaurações está no facto das mesmas serem fabricadas fora da cavidade oral, no laboratório. Assim, é possível minimizar a contração de polimerização e melhorar a adaptação marginal, algo que as restaurações diretas ainda não conseguem contornar (Zhang & Kelly, 2017).

A técnica CAD/CAM (*Computer-Aided Design/Computer-Aided Manufacturing*) veio revolucionar os conceitos pré-existentes na tentativa de melhorar a técnica de confecção e eliminar possíveis erros ainda existentes nas técnicas manuais. Com os avanços tecnológicos e implementação dos mesmos na prática clínica, o *workflow* da confecção das restaurações indiretas teve inovações. O interesse na reabilitação minimamente invasiva e a confecção através da chamada técnica *chairside* levou ao crescente interesse na técnica CAD/CAM. Hoje em dia, este método de confecção de restaurações indiretas encontra-se fortemente implementado na prática clínica de

reabilitação oral e indicado em inúmeras situações clínicas (Gracis et al., 2016; Reymus et al., 2019; Zhang & Kelly, 2017).

A técnica CAD/CAM possibilita digitalizar diretamente os preparos dentários de forma a criar um modelo digital. A partir deste, é possível planejar a infraestrutura cerâmica, que é depois fresada em laboratório. Seguidamente, a peça é aderida à estrutura dentária. Este processo, poderá resultar numa diminuição de tempo de cadeira, sendo mesmo reconhecido por alguns autores como ‘*one visit restoration*’ (Peumans et al., 2016; Zhang & Kelly, 2017).

De acordo com Ritter et al. (2018), os materiais confeccionados pela técnica CAD/CAM podem ser divididos da seguinte forma:

- Cerâmicas adesivas: estas incluem as cerâmicas feldspáticas e reforçadas por leucite;
- Cerâmicas de elevada resistência: tais como as cerâmicas reforçadas com dissilicato de lítio;
- Cerâmicas resilientes: nanocerâmicas e cerâmicas híbridas;
- Resinas compostas adaptadas à técnica mencionada.

4.1. Restaurações indiretas em resina composta

As restaurações em resina composta podem ser confeccionadas através da técnica direta ou indireta. A técnica indireta consiste na preparação da restauração fora da cavidade oral, através do modelo de impressão do preparo dentário. Deste modo, é possível ultrapassar algumas desvantagens associadas à técnica direta, como a contração de polimerização. As restaurações indiretas apresentam propriedades físicas e mecânicas melhoradas devido ao seu método de polimerização, proporcionam uma morfologia oclusal ideal e compatibilidade com os dentes oponentes e também, contornos interproximais bem estabelecidos (Angeletaki et al., 2016).

Atualmente as restaurações indiretas em resina composta apresentam características diferentes e modos de confeção diferentes, podendo ser classificadas de seguinte forma (Mainjot et al., 2016):

- Modo de confeção: artesanal ou com recurso à técnica CAD/CAM;
- Microestrutura: polímeros dispersos vs PICN (*Polymer Infiltrated Ceramic Network*);

- Modo de polimerização: ativadas através da luz, a elevadas temperaturas ou elevadas temperaturas e elevada pressão;
- Composição da matriz de resina;
- Tamanho e volume das partículas da composição.

Para além da utilização da técnica direta, surgiu o método semi-direto na tentativa de ultrapassar as desvantagens existentes associadas à primeira e conjugar as vantagens da técnica indireta. Apesar de algumas desvantagens ainda persistirem, o facto de ser uma solução mais económica e possível de ser realizada numa só consulta pelo médico dentista, revela ser um fator positivo das mesmas (Alharbi et al., 2014).

Com a introdução e o desenvolvimento da técnica CAD/CAM as restaurações indiretas em resina composta sofreram alterações na sua estrutura, bem como na sua confeção. As resinas compostas foram adaptadas à técnica CAD/CAM, e a sua confeção passou a ser possível através da fresagem. Isto permitiu superar a contração de polimerização e melhorar as propriedades mecânicas através da confeção a elevadas temperaturas e elevada pressão. Atualmente, as propriedades das restaurações indiretas em resina compostas podem ser equiparáveis às restaurações indiretas em cerâmica. Apresentam uma variedade de características vantajosas como a possibilidade de serem peças mais finas, apresentarem uma estabilidade de cor elevada, permitem reparos intraorais mais fáceis, possuem uma longevidade elevada e poderem ser aplicados em várias situações clínicas. O custo das mesmas é menor, o que também revela ser um fator positivo das mesmas (Mainjot et al., 2016; Reymus et al., 2019).

Outras vantagens associadas à introdução das restaurações em resina composta através do método digital incluem um melhor controlo dos contornos proximais e melhor restabelecimento da oclusão, quando comparadas com a técnica incremental (Ritter et al., 2018). No entanto, o custo associado às mesmas é superior, o que poderá ser um fator decisivo na escolha de uma restauração em resina composta direta, indireta de forma convencional ou através da técnica CAD/CAM (Angeletaki et al., 2016).

4.2. Restaurações indiretas em cerâmica

Por terem uma cor e transparência semelhante ao dente, vieram a substituir as restaurações metálicas. Atualmente, as cerâmicas possuem uma elevada proporção da fase cristalina, o que confere melhores propriedades biomecânicas, como é o caso da zircônia e dissilicato de lítio (Ho & Matinlinna, 2011).

As cerâmicas são amplamente utilizadas em reabilitação fixa por serem vantajosas esteticamente e quimicamente estáveis. As aplicações clínicas das cerâmicas podem ser resumidas em três grupos (Ho & Matinlinna, 2011):

- Coroas metalocerâmicas e prótese parcial fixa;
- Confeção de coroas, *inlays*, *onlays*, *overlays*, facetas e pontes parciais fixas até três elementos;
- Reabilitação em próteses implantossuportadas.

Atualmente, existe uma grande variedade de cerâmicas disponíveis. Estas, podem ser classificadas de acordo com sua técnica de confeção (líquido/pó, injetáveis ou maquináveis), a sua aplicação clínica ou composição microestrutural (Giordano & McLaren, 2010).

A classificação das cerâmicas utilizadas em Medicina Dentária é útil na medida em que pode fornecer informações clínicas importantes sobre a indicação das cerâmicas (zonas posteriores ou anteriores), a cerâmica que melhor se adequa à restauração (parcial ou total, por exemplo) e a técnica de cimentação da mesma. Assim, Gracis et al. (2016), classificaram as cerâmicas dentárias em três grandes grupos que se subdividem (Figura 7).

4.2.1. Cerâmicas de matriz vítrea

As vitrocerâmicas são formadas a partir de feldspatos e apresentam na sua constituição dióxido de sílica e óxido de alumínio (Lambert et al., 2017).

As cerâmicas vítreas englobam as cerâmicas feldspáticas que foram as primeiras a serem utilizadas para restaurações indiretas em cerâmica (Pavlovi et al., 2017).



Figura 7: Classificação proposta para sistemas cerâmicos utilizados atualmente. Adaptado de Gracis et al. (2016).

4.2.1.1. Cerâmicas feldspáticas

A constituição das cerâmicas feldspáticas baseia-se essencialmente em caulinite, quartzo (sílica) e feldspato natural que resulta da combinação de potássio com aluminossilicatos de sódio (Gracis et al., 2016)

Embora, em termos estéticos este tipo de cerâmica seja muito favorável, a baixa resistência à flexão (na ordem dos 60-70 MPa) limita as suas aplicações clínicas, tendo assim, indicação para revestimento de infraestruturas metálicas ou cerâmicas (Giordano & McLaren, 2010; Isgrò et al., 2015).

As cerâmicas feldspáticas fresadas estão indicadas para a confecção de facetas, *inlays*, *onlays* no setor posterior e coroas em dentes anteriores. Apesar do seu sucesso clínico, a maior causa da falha das mesmas é a fratura, sendo por isso importante ter em consideração o tamanho e a localização da restauração (Sulaiman, 2019).

4.2.1.2. Cerâmicas vítreas sintéticas

As cerâmicas reforçadas com leucite, tal como as cerâmicas feldspáticas, são compostas por uma grande parte de matriz vítrea (entre 55 a 70%), o que confere uma grande translucidez e assim uma propriedade estética muito superior em relação a outras cerâmicas (Lambert et al., 2017).

O elevado teor da matriz vítrea permite a transmissão de luz, o que confere translucidez à cerâmica, mas ao mesmo tempo torna-a mais frágil. Adicionar uma segunda fase cristalina veio demonstrar uma melhoria na resistência das cerâmicas à base de vidro (Isgrò et al., 2015).

Hoje em dia, os principais cristais de reforço utilizados são: leucite, dissilicato de lítio e a fluorapatite. Dependendo da quantidade presente destes cristais em relação à fase vítrea, podemos dividir este tipo de cerâmicas em três subcategorias: (1) cerâmicas com baixo a moderado conteúdo de leucite (até 50%); (2) cerâmicas vítreas com elevado conteúdo de leucite (aproximadamente 50%); (3) cerâmicas vítreas reforçadas com dissilicato de lítio (Giordano & McLaren, 2010).

a) Cerâmicas reforçadas por leucite

A leucite apresenta características mecânicas interessantes, como a capacidade de alterar o coeficiente de expansão térmica de um material e inibir a propagação do *crack* da cerâmica. O tamanho das partículas e a sua distribuição interfere nas suas propriedades mecânicas e abrasivas do esmalte, assim novos materiais foram desenvolvidos com cristais de leucite mais finos (na ordem os 10-20 μm) e com reorganização dos cristais dispersos na matriz vítrea, resultando no aumento da resistência à flexão e diminuição da abrasividade. Clinicamente, este tipo de cerâmicas pode ser usado como revestimento de restaurações metalocerâmicas, *inlays* e *onlays* (Giordano & McLaren, 2010).

Inicialmente neste tipo de sistema de cerâmica encontra-se uma matriz vítrea com cristais dispersos, cria-se uma mistura homogénea que será submetida ao tratamento térmico secundário. O tratamento de calor induz o crescimento dos cristais e cria tensão compressiva em torno dos cristais, o que resulta na melhoria das propriedades físicas e químicas (Giordano & McLaren, 2010).

Estes cristais vão aumentar a resistência da cerâmica funcionando como barreira aos *cracks* da cerâmica. Este processo depende do tamanho (cristais mais finos promovem maior reforço), quantidade dos cristais existentes, bem como da forma como estes interagem com a matriz vítrea (Santos et al., 2015).

Existem várias versões comerciais à disposição, sendo o IPS Empress® (Ivoclar Vivadent) o primeiro a ser introduzido no mercado e o mais utilizado. A mesma versão adaptada ao sistema CAD/CAM mostrou resultados muito favoráveis na confecção de *inlays* e *onlays* para dentes posteriores, bem como facetas anteriores e coroas (Giordano & McLaren, 2010).

As cerâmicas feldspáticas reforçadas por leucite são referidas pelos autores Zhang & Kelly (2017) como uma das mais estéticas opções reabilitadoras existentes. Estas, apresentam uma longevidade elevada quando são aderidas à estrutura do esmalte, tendo uma vasta indicação para a confecção de *inlays*, *onlays*, coroas parciais e totais e facetas.

Tanto as cerâmicas feldspáticas como as cerâmicas reforçadas com leucite são as cerâmicas que melhor mimetizam a estrutura do dente, as propriedades óticas do esmalte e da dentina, no entanto as suas propriedades mecânicas não são suficientes para suportar grandes forças oclusais. De facto, as propriedades mecânicas das cerâmicas feldspáticas são as mais baixas do grupo de cerâmicas utilizadas atualmente. Sendo assim, recomendadas em situações em que a estética é um fator de grande interesse (Lambert et al., 2017; Pavlovi et al., 2017).

b) Cerâmicas vítreas reforçadas com dissilicato de lítio

De forma a contornar algumas limitações ainda existentes nas cerâmicas vítreas reforçadas com leucite, surgiram as cerâmicas vítreas com dissilicato de lítio na sua composição. Assim, foi possível melhorar as propriedades mecânicas, especialmente a resistência à flexão (Höland et al., 2009).

O sistema IPS Empress® (Ivoclar Vivadent) foi introduzido em 1998 e dividia-se em dois tipos (Gomes et al., 2008):

- IPS Empress® I: cerâmica vítrea reforçada por cristais de leucite;
- IPS Empress® II: cerâmica vítrea reforçada por dissilicato de lítio.

Comparando os dois tipos de sistemas IPS Empress[®], quando reforçado com leucite (IPS Empress[®] I) apresenta uma resistência à flexão na ordem dos 97 a 180 MPa, enquanto que o sistema reforçado com dissilicato de lítio (IPS Empress[®] II) apresenta valores entre 300-400 MPa, tendo assim indicação para coroas unitárias anterior e posterior, *inlays*, *onlays*, facetas e ainda prótese parcial fixa até ao 2º molar (Gomes et al., 2008).

Consecutivamente, surgiram as cerâmicas de dissilicato de lítio com propriedades aperfeiçoadas com uma resistência à flexão na ordem dos 400-480 MPa. Estas são conhecidas como IPS e.max[®] e encontram-se em duas formas: Press e CAD, cujas diferenças são refletidas pelas diferenças na sua confeção e temperaturas a que estão sujeitas (Zhang & Kelly, 2017).

O sistema IPS e.max Press[®], introduzido em 2005, é uma cerâmica prensável de dissilicato de lítio que veio a substituir o sistema IPS Empress[®] II, uma vez que demonstrava uma melhoria nas propriedades mecânicas, especialmente uma resistência à flexão na ordem dos 400 MPa, devido à diminuição do tamanho dos cristais e ao aumento da sua interligação. Para além disso, apresentava alguma translucidez que conferia boas propriedades óticas (Conrad et al., 2007; da Silva et al., 2017; Isgrò et al., 2015).

Através do sistema IPS e.max CAD[®], introduzido em 2006 pela Ivoclar Vivadent foi possível a confeção de cerâmica reforçada com dissilicato de lítio com recurso à técnica de CAD/CAM (Gracis et al., 2016).

Os blocos cerâmicos de dissilicato de lítio são constituídos por uma fase cristalina com dissilicato de lítio e ortofosfato de lítio, o que permite a utilização fiável destas cerâmicas em zonas de maior carga oclusal, mantendo as suas propriedades óticas (Sulaiman, 2019).

Os blocos em cerâmica estão disponíveis num estado parcialmente cristalizado constituídos por núcleos de metassilicato e dissilicato de lítio. Estes, após a fresagem, seguem o processo de recristalização, no qual ocorre a dissolução dos metassilicato de lítio e a cristalização do dissilicato de lítio. Com isto, obtém-se um estado totalmente cristalizado e a cor vai ser alterada de azul para a cor e translucidez final da cerâmica e esta vai adquirir uma alta resistência. O bloco inicial parcialmente cristalizado é

constituído por 40% de metassilicato de lítio dispersos numa matriz vítrea, enquanto que o resultado final totalmente cristalizado vai apresentar 70% de cristais de dissilicato de lítio na sua constituição (Fasbinder et al., 2010; Höland et al., 2009; Isgrò et al., 2015).

4.2.1.3. Cerâmicas infiltradas por vidro

As cerâmicas infiltradas por vidro foram introduzidas no início dos anos 90 e pertencem ao grupo VITA In-Ceram[®] (Vita Zahnfabrik), principal representante comercial. Surgiram na tentativa de substituir as restaurações metalocerâmicas e o seu sucesso deve-se à melhoria das suas propriedades químicas e físicas (Giordano & McLaren, 2010).

Este grupo de cerâmicas consiste em duas fases que se estendem continuamente desde a superfície interna até à externa, sendo estas fases interpenetrantes. A percentagem de conteúdo cristalino é maior em relação ao conteúdo vítreo (Denry & Holloway, 2010; Giordano & McLaren, 2010).

Devido às suas características estruturais o condicionamento com o ácido hidrofluorídrico não é eficaz neste tipo de cerâmicas (Bajraktarova-Valjakova et al., 2018)

Existem três formas disponíveis de cerâmica infiltrada por vidro (Giordano & McLaren, 2010):

-VITA In-Ceram[®] SPINEL: formada por uma matriz de alumina e magnésio ($MgAl_2O_4$), é a cerâmica mais translúcida do grupo, apresenta grande resistência flexural (cerca de 450MPa) e é indicada para coroas em dentes anteriores;

-VITA In-Ceram[®] ALUMINA: matriz composta por óxido de alumínio, apresenta uma resistência flexural até 450MPa e uma translucidez moderada. É indicada para coroas em zonas posteriores e anteriores;

-VITA In-Ceram[®] ZIRCONIA: apresenta uma matriz formada por óxido de alumínio e zircónio, apresenta propriedades mecânicas muito elevadas (resistência flexural até 650 MPa), no entanto, é a cerâmica menos translúcida do grupo, sendo indicada para pontes fixas posteriores de três elementos e coroas unitárias posteriores.

O uso das cerâmicas deste grupo tem sido abandonado e substituído pelas cerâmicas de dissilicato de lítio e zircónia (Bajraktarova-Valjakova et al., 2018).

4.2.2. Cerâmicas Policristalinas

As cerâmicas policristalinas altamente reforçadas surgiram com o aumento de uso de materiais cristalinos e diminuição da fase vítrea, até não existir nenhuma fase vítrea na sua microestrutura (Santos et al., 2015).

Não apresentam matriz vítrea, sendo constituídas por átomos densamente organizados numa matriz cristalina. Este arranjo estrutural torna estas cerâmicas mais resistentes aos *micro-cracks*, sendo estas as mais fortes e resistentes disponíveis no mercado atualmente. A sua matriz pode ser formada por óxido de alumínio ou dióxido de zircónio, também chamadas de cerâmicas de alumina ou cerâmicas de zircónia, respetivamente (Pavlovi et al., 2017).

O uso das cerâmicas em zircónia tem vindo a ser cada vez maior por apresentar características mecânicas que fazem com que seja um material de eleição para reabilitações em zonas que requerem alta resistência, como as zonas posteriores. As cerâmicas de zircónia apresentam uma resistência flexural entre 900 até 1100 MPa, baixa condutividade térmica, baixo potencial corrosivo, boa radiopacidade, elevada biocompatibilidade e baixa adesão bacteriana (Giordano & McLaren, 2010; Santos et al., 2015).

A zircónia associada ao óxido de ítrio (Y-TZP) forma uma estrutura altamente estável, capaz de resistir aos *cracks* da cerâmica pela transformação da sua forma tetragonal em fase monocíclica aumentando o seu volume cerca de 3-5% (Magne et al., 2010; Pavlovi et al., 2017).

No entanto, a opacidade e a baixa translucidez da zircónia limita as suas aplicações clínicas, sendo desaconselhado o seu uso em restaurações anteriores ou prótese parcial fixa com dentes naturais adjacentes (Zhang & Kelly, 2017).

A zircónia apresenta propriedade tais como ser quimicamente inerte e apresentar uma energia de superfície baixa. Assim sendo, para obter adesão entre a zircónia e a estrutura do dente serão necessários tratamentos de superfície, como o jateamento com o

óxido de alumínio e o uso de *primers* com silano na sua composição e a molécula de MDP (Amarante et al., 2018).

4.2.3. Cerâmicas com matriz de resina

As cerâmicas com matriz de resina surgiram com a combinação das propriedades físicas e mecânicas das cerâmicas juntamente com as propriedades de flexão e a baixa abrasividade das resinas compostas (Moura et al., 2020).

Apresentam propriedades vantajosas tais como um módulo de elasticidade semelhante ao da dentina, o que permite uma melhor dissipação das forças oclusais. São materiais mais facilmente ajustáveis através da fresagem e permitem uma reparação com resina composta direta (Gracis et al., 2016; Peumans et al., 2016).

Fazem parte deste grupo de materiais com uma matriz orgânica densamente preenchida com partículas cerâmicas, podendo ser divididos em três sub-grupos, de acordo com a sua composição inorgânica: (1) resina nanocerâmica; (2) cerâmica híbrida infiltrada por polímeros; (3) cerâmica de zircónia com matriz polimérica (Gracis et al., 2016).

4.2.3.1. Resina Nanocerâmica

Encontra-se no mercado como Lava™ Ultimate (3M ESPE, St. Paul, Minnesota, USA) e apresenta uma matriz de resina com cerca de 79% de nanopartículas de sílica e zircónia que podem encontrar-se na forma dispersa ou aglomeradas (Stawarczyk et al., 2014). São pré-polimerizadas a alta pressão e temperatura durante o seu fabrico, o que confere uma melhoria nas propriedades mecânicas, maior resistência à abrasão e uma melhor estabilidade cor. Apresentam alta resistência à flexão combinada com baixo módulo de flexão, resultando num material flexível e resistente capaz de suportar as forças oclusais (Moura et al., 2020).

Ainda que a sua utilização seja fiável mesmo em reabilitação de dentes mais comprometidos, a sua longevidade está sujeita a fraturas, falhas na adesão da restauração, cáries secundárias ou um excesso de forças oclusais associado a hábitos parafuncionais (Moura et al., 2020; Rekow et al., 2011).

As restaurações indiretas em Lava Ultimate™ (3M ESPE) são indicadas para a confecção de *inlays*, *onlays* e facetas. Estas apresentam melhor *performance* comparativamente às restaurações em cerâmica, quando utilizadas na confecção de peças ultrafinas. Apresentam uma resistência à fratura semelhante às cerâmicas, um equilíbrio fundamental com o esmalte e módulo de flexão semelhante ao da dentina (Park & Choi, 2016).

No entanto, a sua aplicação deixou de ser indicada para o fabrico de coroas devido a falhas prematuras na adesão das mesmas (Manso & Carvalho, 2017).

4.2.3.2. Cerâmicas híbridas infiltradas com polímeros (PICN)

As cerâmicas PICN (*Polymer Infiltrated Ceramic Network*) foram introduzidas no mercado em 2012 como Vita ENAMIC® (VITA Zahnfabrik, Bad Sackingen, Germany). Esta cerâmica resulta da infiltração da matriz vítrea com monómeros polimerizados secundariamente (Mainjot et al., 2016).

São compostos por cerâmica feldspática (cerca de 75%) e por uma rede de polímeros, tais como o uretano dimetacrilato (UDMA) e trietilenoglicol dimetacrilato (TEGDMA) (Gracis et al., 2016).

Apresentam uma resistência à flexão de 160MPa e o módulo de elasticidade de 38GPa, as suas características resultam de uma combinação das propriedades da cerâmica e da resina composta, como a força e a elasticidade. O seu uso é recomendado em coroas, *inlays* ou *onlays* e facetas, sendo contraindicado o seu uso em pontes fixas e doentes com hábitos parafuncionais (Shetty et al., 2015).

5. TRATAMENTO DE SUPERFÍCIE

O sucesso das restaurações indiretas em cerâmica ou resina composta depende fortemente da adesão que se estabelece entre a superfície da cerâmica e o remanescente dentário. As cerâmicas não possuem afinidade direta com as estruturas dentárias, para que ocorra a adesão entre as duas superfícies distintas é necessário o tratamento da superfície da restauração indireta, bem como do dente antes da cimentação. Desta forma, cria-se uma adesão química e micromecânica e as duas estruturas funcionam como uma unidade, aumentando a resistência à fratura (Scherer et al., 2018).

A adesão aos compostos resinosos de cimentação é um passo crucial no procedimento e longevidade das restaurações indiretas. Uma adesão forte com os compostos resinosos depende da adesão química que se estabelece e da retenção micromecânica obtida através dos tratamento de superfície que aumentam a rugosidade da interface adesiva (Park & Choi, 2016).

O tipo de tratamento da superfície vai depender da composição química da peça a cimentar. As cerâmicas que contêm na sua composição dióxido de sílica, tais como as cerâmicas feldspáticas, reforçadas com leucite ou dissilicato de lítio, requerem um condicionamento ácido da superfície interna antes da cimentação. Por não apresentarem uma matriz vítrea, o condicionamento ácido não tem efeito nas cerâmicas policristalinas, sendo sugeridos tratamentos diferenciadores (Bajraktarova-Valjakova et al., 2018).

As restaurações indiretas realizadas através da técnica CAD/CAM são aderidas à superfície dentária através de cimentos resinosos, sendo assim a adesão um fator crucial para diminuir o risco de fratura e manter a integridade marginal da restauração. De forma a obter uma adesão adequada será necessário estabelecer uma adesão química através do uso de *primers*, bem como criar uma retenção micromecânica através de modificações na superfície da peça a aderir (Papadopoulos et al., 2020).

As cerâmicas com elevado conteúdo vítreo apresentam elevada capacidade de adesão aos cimentos resinosos quando sujeitas ao condicionamento com ácido hidrófluorídrico ou jateamento da superfície com óxido de alumínio ou sílica. No entanto, os mesmos processos de tratamento de superfície não apresentam valores de adesão elevados quando aplicados em cerâmicas com elevado conteúdo de alumina que, devido

á sua elevada composição cristalina não sofrem condicionamento ácido nem silanização sem tratamentos prévios adicionais (Caglar et al., 2018).

5.1. Ácido Hidrofluorídrico

Para obter uma adesão ótima numa restauração com cerâmica é necessário ter em conta a associação da topografia da cerâmica e a adesão química que irá ocorrer. As cerâmicas que contêm sílica na sua constituição podem ser facilmente modificadas com o condicionamento do ácido hidrofluorídrico. Este, irá dissolver parcialmente a matriz vítrea da superfície interna da cerâmica e assim aumenta a retenção micromecânica (Bajraktarova-Valjakova et al., 2018).

O tipo de cerâmica a condicionar é um fator relevante no processo do condicionamento ácido. Tal como descrito anteriormente, as cerâmicas possuem diferenças na sua microestrutura. Assim, as cerâmicas que apresentam elevada percentagem de porção vítrea na sua composição (tais como as cerâmicas feldspáticas, as reforçadas com leucite ou dissilicato de lítio) são consideradas ácido-sensíveis. Estas, apresentam elevada capacidade de adesão aos cimentos resinosos quando sujeitas ao condicionamento com ácido hidrofluorídrico ou jateamento da superfície com óxido de alumínio ou sílica. Por outro lado, as cerâmicas infiltradas com alumina ou com zircónia na sua composição, nomeadamente a zircónia associada ao óxido de ítrio (Y-ZTP), não sofrem condicionamento ácido, sendo assim consideradas ácido-resistentes. Os mesmos processos de tratamento de superfície não apresentam valores de adesão elevados quando aplicados em cerâmicas com elevado conteúdo de alumina que, devido á sua elevada composição cristalina não sofrem condicionamento ácido nem silanização sem tratamentos prévios adicionais (Hardy et al., 2018; Sato et al., 2016).

O ácido hidrofluorídrico ao ser aplicado vai reagir com a matriz de sílica e através de processos químicos forma-se o hexaflurossilicato que será libertado da superfície, dissolvendo assim a camada vítrea da matriz que contém sílica, silicatos e cristais de leucite, formando assim uma superfície com poros de 3-4 µm de tamanho (Bajraktarova-Valjakova et al., 2018).

No caso do ácido hidrófluorídrico, aumentando a sua concentração e o tempo que o este se encontra na superfície da cerâmica, maior será a microrugosidade da mesma (Bajraktarova-Valjakova et al., 2018).

Um exemplo comercial do ácido hidrófluorídrico disponível no mercado é o IPS Ceramic Etching Gel™ (Ivoclar Vivadent), em forma de gel com uma concentração de 4% (Bajraktarova-Valjakova et al., 2018).

No entanto, as elevadas concentrações do ácido hidrófluorídrico têm sido associadas ao insucesso das restaurações cerâmicas por aumentar as falhas na superfície interna. Quando estas falhas atingem um nível crítico, ao propagar-se pela superfície interna da cerâmica levam ao insucesso da restauração (Andressa B. Venturini et al., 2018).

De forma a contornar os efeitos corrosivos do ácido hidrófluorídrico, tentou-se utilizar o ácido ortofosfórico a 35-37%, no entanto a força de adesão que resulta com o mesmo é bastante menor sendo este utilizado muitas vezes para a limpeza da superfície (Matinlinna et al., 2018).

5.2. Óxido de Alumínio

O tratamento da superfície interna da cerâmica com óxido de alumínio consiste em jatear partículas de alumínio com cerca de 50µm de diâmetro a uma pressão de 80 lbs/in durante 15 segundos, de forma a criar irregularidades superficiais na superfície interna da cerâmica e promover a microretenção (Amorim et al., 2018).

O jateamento com o óxido de alumínio tem sido reconhecido por aumentar a molhabilidade, dispor uma maior superfície para adesão, fazer uma limpeza da superfície bem como aumentar a sua energia, otimizando a interligação micromecânica entre a peça a aderir e o dente (Amarante et al., 2018).

Após o jateamento é possível encontrar uma camada de partículas de alumínio depositadas na superfície da cerâmica, cuja quantidade é diretamente proporcional à pressão utilizada no procedimento. Assim, após a silanização, forma-se uma ligação =AL-O-Si-, que por sua vez é mais fraca e mais suscetível a hidrólise que a ligação -Si-O-Si-. No entanto, a impactação de partículas de alumínio na superfície da cerâmica tem sido

apontada com causa de *micro-cracks*, o que poderá comprometer a longevidade da cerâmica (Matinlinna et al., 2018). Neste sentido, Amarante et al. (2018), avaliaram o impacto da rugosidade da superfície de uma cerâmica de zircônio reforçada por ítrio (Y-ZTM) na força de flexão, chegando à conclusão de que, o jateamento com o óxido de alumínio era o responsável pela redução da força de flexão da cerâmica.

Para além do condicionamento mecânicos da superfície das restaurações indiretas, esta técnica veio trazer uma outra vantagem quando utilizada na dentina. Como já é conhecido, a adesão na dentina é um processo desafiante, e por isso, para além do condicionamento ácido e técnica adesiva é sugerido jatear a superfície dentária com partículas abrasivas. Tendo em conta o estudo realizado por Sinjari et al. (2020), é possível associar o pré-tratamento da dentina com partículas abrasivas com o aumento da resistência adesiva, o que levou os autores a concluir que este procedimento é indicado em restaurações indiretas adesiva por aumentar a resistência mecânica da interface adesiva.

5.3. Óxido de alumínio revestido por sílica

A superfície interna da cerâmica é jateada com o pó de alumínio revestido com sílica, em que as partículas de alumínio servem de transportadores. Este impacto causa um aumento da temperatura da superfície, que irá derreter microscopicamente, provocando assim uma alteração da topografia da cerâmica e a incorporação da sílica na superfície da cerâmica (Matinlinna et al., 2018).

Esta técnica consiste em jatear a superfície da cerâmica com partículas de sílica antes da aplicação do silano, o que leva a um aumento da adesão química através das ligações que se estabelecem com o silano (Papadopoulos et al., 2020).

Existem no mercado dois tipos de jateamento de partículas de óxido de alumínio disponíveis: o sistema RocatecTM(3M ESPE, Seefeld, Germany) e o sistema CojetTM (3M ESPE), sendo este uma versão *chair-side* do primeiro e consiste no jateamento de partículas de óxido de alumínio revestidas por sílica até 30 µm de tamanho (Matinlinna et al., 2018).

Este procedimento, também conhecido por silicatização, em associação com silanização e adesão com cimentos de resina contendo o monómero 10-MDP resulta em forças de adesão elevadas das cerâmicas ácido-resistentes (Amorim et al., 2018).

5.4. Laser

Recentemente, surgiu uma nova técnica de tratamento de superfícies das restaurações indiretas de modo a otimizar a adesão com os cimentos resinosos. A aplicação de laser como tratamento prévio da restauração indireta produz microexposições na superfície, criando irregularidades macroscópicas e microscópicas, o que facilita a penetração das moléculas de silano (Caglar et al., 2018).

A utilização do laser de elevada energia como Er:YAG (erbium-doped:yttrium aluminum garnet) e Nd:YAG (neodymium-doped:YAG) melhora a adesão entre a cerâmica e a resina quando aplicado em conjunto com o ácido hidrofúorídrico. Os dois tipos de laser a utilizar atuam de formas diferentes: o laser Er:YAG remove partículas da superfície através da vaporização e o laser Nd:YAG é responsável pelo aumento da rugosidade da superfície, otimizando assim a adesão entre a cerâmica e a resina (Feitosa et al., 2017).

5.5 Silanização

O silano é um agente de acoplamento aplicado após o condicionamento com o ácido hidrofúorídrico de forma a preparar a superfície da cerâmica para a cimentação adesiva, aumentando a longevidade da restauração indireta (Amorim et al., 2018)

Os fundamentos para uma adesão favorável envolvem vários fatores tais como, o ângulo de contacto, superfícies a aderir limpas e sem detritos. A adesão dentária será mecânica e química, sendo a última obtida com a ajuda de agentes acopolantes, tais como o silano (Zakir et al., 2016).

O silano é o agente de acoplamento mais utilizado em Medicina Dentária, nomeadamente sobre a forma de 3-metacriloxipropiltrimetoxissilano (MPS), devido à sua biocompatibilidade, reatividade e a habilidade de promover uma adesão estável e duradoura entre as duas superfícies (Zakir et al., 2016).

Comercialmente, o silano apresenta na sua composição o trialcóxissilano (como MPS), como reagente da solução. Este encontra-se dissolvido em etanol e água com um pH ajustado para a sua hidrólise. Quando os *primers* de silano são comercializados numa única solução, esta pode se tornar turva após a primeira utilização. Tal efeito deve-se ao excesso de polímeros inativos. Assim, o sistema de silano é comercializado em dois frascos, de forma a prolongar o seu tempo de vida (Matinlinna et al., 2018).

A utilização do silano após o condicionamento ácido é responsável por aumentar a energia de superfície e a molhabilidade, o que diminui o ângulo de contacto entre as duas superfícies a aderir. A espessura da camada de silano normalmente encontra-se entre 10-50nm, no entanto, se forem aplicadas camadas sucessivas de silano, a coesão entre as mesmas será perdida (Cardenas et al., 2017; Zakir et al., 2016).

De forma a obter uma adesão favorável é recomendada uma redução da espessura da camada de silano através da secagem com ar quente, de forma a aumentar o desempenho e as propriedades adesivas do silano (Zakir et al., 2016).

O aumento da temperatura do silano tem sido apontado como uma técnica para aumentar a adesão da cerâmica sendo responsável por potenciar a formação de ligações covalentes entre a sílica e o silano. Para além disso, o pré-aquecimento do silano reduz a sua parte hidrofílica e melhora a adesão da resina composta à superfície das cerâmicas de zircónia (Magne & Mori Ubaldini, 2020).

A química presente na adesão através do silano é um processo complexo em que as moléculas de silano são caracterizadas por estabelecerem ligações diretas Si-C. O agente de acoplamento de silano, conhecido como trialcóxisilano, apresenta grupos metoxi (-OCH₃) e na sua outra extremidade apresenta uma porção organofuncional. As duas extremidades estão separadas pela ligação -(CH₂)_n (Benetti, A. R., Papia, E., & Matinlinna, 2019).

Inicialmente, o agente acopolante de silano quando aplicado, forma uma camada hidrofóbica 3D com ligações químicas fortes com a sílica presente na estrutura. As ligações C=C expostas vão reagir com o cimento resinoso aplicado seguidamente (Benetti, A. R., Papia, E., & Matinlinna, 2019).

O silano é ativado pelo ácido e forma os grupos silanol (Si-OH), que por sua vez vão reagir com o grupo hidroxilo (-OH) do substrato através de uma reação de condensação, formando a ligação Si-O-Si e formação de água como bioproduto. Após secar, o silano torna a superfície da cerâmica hidrofóbica e os grupos não hidrolisáveis na outra extremidade da molécula de silano vão co-polimerizar com os grupos de metacrilato presentes no composto resinoso (Figura 8) (Matinlinna et al., 2018; Sattabanasuk et al., 2016).

Ainda que a aplicação do silano seja um *gold standart* na adesão das restaurações em cerâmica, a sua eficácia depende do tipo de cerâmica a condicionar. A silanização das cerâmicas vítreas após o condicionamento ácido apresenta ser um passo muito eficaz na adesão. No entanto, as cerâmicas com baixo conteúdo de sílica, como a zircônia, não apresentam condições para a aplicação apenas do silano antes da sua cimentação, sendo assim sugeridos tratamentos de superfície adicionais antes da silanização (Matinlinna et al., 2017).

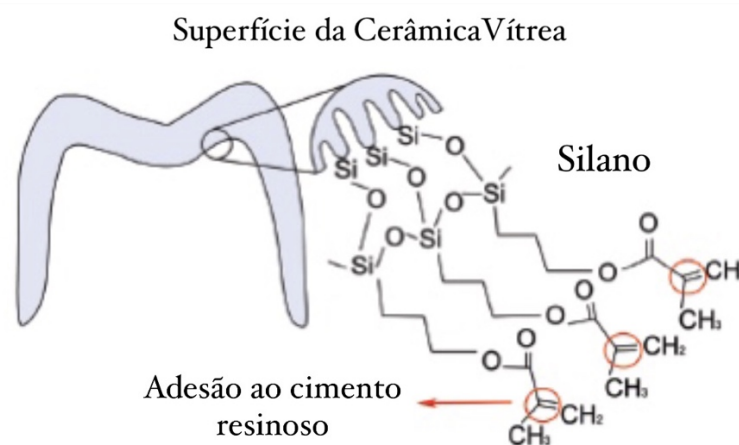


Figura 8: Interação química do silano com a superfície da cerâmica previamente condicionada. Ocorre a formação das ligações Si-O-Si na superfície da cerâmica. Na extremidade oposta os grupos metacrilato reagem com monômeros de resina, quebrando as duplas ligações de carbono. Adaptado de Benetti, A. R., Papia, E., & Matinlinna (2019).

O baixo potencial adesivo dos adesivos universais quando utilizados como *primers* cerâmicos pode ser explicado pela baixa estabilidade do silano quando encontrado no meio ácido da solução adesiva. Na presença de água, os grupos de silano (-Si-CH₃) sofrem hidrólise em grupos silanol (-Si-OH), sendo estes capazes de

estabelecer ligações químicas com a matriz vítrea. Após o processo de hidrólise, ocorre a desidroxilação dos grupos silanol, passando este para a forma de siloxano (-O-Si-O)_n, perdendo assim, a capacidade de ligar à matriz vítrea. Outros monómeros presentes na solução adesiva, como o Bis-GMA inibe a reação de condensação grupo silanol com o substrato (Cuevas-Suárez et al., 2020).

Monómeros funcionais, como o 10-MDP foram adicionados à solução de silano de forma a aumentar a interação química com diversos substratos cerâmicos. De acordo com Cardenas et al. (2017), o monómero MDP forma ligações estáveis com o íon de cálcio (*nanolayering*), originando uma adesão estável, no entanto, o meio ácido que este origina pode potencializar a reação de condensação do silano.

6. TÉCNICAS DE ADESÃO EM DIFERENTES TIPOS DE SUPERFÍCIE

6.1. Restaurações Indiretas em Cerâmica Vítrea

A energia de superfície é um fenômeno físico sujeito a modificações através do condicionamento ácido e silanização da superfície cerâmica. Estas técnicas são responsáveis por promover uma área com energia de superfície elevada, reduzindo o ângulo de contacto e aumentar a molhabilidade do cimento resinoso e com isto, melhorar o potencial adesivo da superfície de cerâmica (Andressa Borin Venturini et al., 2015).

As cerâmicas com a matriz vítrea são utilizadas largamente em *overlays*, *inlays*, *onlays* e facetas e sua aplicação baseia-se nos fundamentos da adesão. Assim sendo, antes da cimentação adesiva, estas cerâmicas necessitam de processos adesão químicos e físicos de forma a alterar a superfície a aderir e obter uma adesão resistente a longo prazo do complexo cerâmica-cimento resinoso-dente. O pré-tratamento das cerâmicas compostas por sílica passa pelo condicionamento ácido e silanização, sendo que o potencial adesivo é melhor quando são aplicadas ambas as técnicas (Romanini-Junior et al., 2018; Vargas et al., 2011; Andressa Borin Venturini et al., 2015).

As cerâmicas vítreas reforçadas com dissilicato de lítio ou leucite, apresentam o seu conteúdo vítreo diminuído. As cerâmicas reforçadas com dissilicato de lítio devem ser aderidas através da cimentação adesiva, de forma a conseguir suportar as cargas oclusais. O tratamento da superfície das cerâmicas dissilicato de lítio é um fator decisivo no sucesso da sua adesão com o material de cimentação (Ponsoda Carla et al., 2019).

As facetas cerâmicas encontram-se indicadas como tratamento minimamente invasivo cuja retenção depende maioritariamente em princípios adesivos e não mecânicos. O condicionamento prévio das mesmas encontra-se bem estabelecido na literatura e consiste no condicionamento ácido seguido da aplicação do silano (Gresnigt et al., 2017). O condicionamento ácido das cerâmicas feldspáticas e cerâmicas dissilicato de lítio, seguido de aplicação de *primer* com o silano na sua composição apresenta ser um *gold standart* para o tratamento de superfície das cerâmicas compostas por sílica (Kalavacharla et al., 2015).

A superfície vítrea é alterada com o condicionamento através do ácido hidrofluorídrico (5%-10%) durante aproximadamente um minuto, aumentando assim, a retenção micromecânica da superfície a aderir, bem como efetua uma limpeza da mesma. De seguida, a aplicação do agente de silano de forma promover a molhabilidade do cimento de resina e a sua interação com superfície da cerâmica (Vargas et al., 2011).

Ainda que o protocolo de adesão das cerâmicas feldspáticas se encontre estandardizado na literatura, estabelecer a concentração ótima do ácido hidrofluorídrico é necessário de forma estabelecer uma adesão durável sem a comprometer a estrutura da cerâmica. Neste sentido, Andressa Borin Venturini et al. (2015) analisaram o efeito de diferentes concentrações de ácido hidrofluorídrico na superfície da cerâmica feldspática, concluindo que, o ácido hidrofluorídrico a 3%,5% e 10% promove uma adesão fiável da cerâmica ao criar um ângulo de contacto favorável que permite a penetração dos agentes de adesão.

O condicionamento ácido adequado conjugado com a aplicação do sistema adesivo e silanização permite reforçar a matriz de cerâmica, aumentar a sua resistência após a cimentação e promover uma adesão estável ao longo do tempo. Assim, foi sugerida a seguinte sequência de preparação das cerâmicas vítreas (Özcan & Volpato, 2015)

Tabela 3: Protocolo sugerido por Özcan & Volpato (2015) para o condicionamento das cerâmicas com matriz vítrea.

	PROCEDIMENTO	PORQUÊ?
1.	Limpar a superfície da restauração cerâmica a aderir, preferencialmente através da lavagem em ultrassons durante 5 minutos;	Superfícies limpas sem detritos e sem contaminação por saliva são indispensáveis para a adesão.
2.	Condicionamento com ácido hidrofluorídrico:	O ácido hidrofluorídrico dissolve a matriz vítrea criando uma superfície porosa, aumenta a energia de superfície e expõe os grupos hidroxilo.
	Cerâmicas feldspáticas: ácido hidrofluorídrico (9,6%) durante 2-3 minutos;	
	Cerâmicas reforçadas por leucite: ácido hidrofluorídrico (5%) durante 1 minuto;	

	Cerâmicas reforçadas com dissilicato de lítio: ácido hidrófluorídrico (5%) durante 20 segundos;	O tempo e a concentração dependem da composição da cerâmica.
3.	Limpar a superfície com água durante o dobro do tempo do condicionamento com ácido hidrófluorídrico. Colocar a peça no agente neutralizante durante 5 minutos;	O agente neutralizante é uma mistura de CaCO_3 e NaHCO_3 , que remove o remanescente e neutraliza o remanescente de ácido hidrófluorídrico.
4.	Lavagem ultrassónica em água destilada durante 5 minutos;	A lavagem ultrassónica remove os resíduos do ácido e dos agentes neutralizantes. Superfícies limpas facilitam a ligação do agente de silano com o grupo hidroxilo.
5.	Aplicar uma camada de agente acoplante de silano. Aguardar 1 minuto até à reação e secar suavemente;	Resulta na criação de uma rede de siloxano através da ligação com o grupo hidroxilo.
6.	No caso de cimentação de restaurações não retentivas, aquecer a peça já silanizada durante 1 minuto;	O tratamento térmico do silano a 100°C , melhora a formação da rede siloxana e permite a formação de uma camada mais fina.
7.	Aplicar uma camada de adesivo sem fotopolimerizar;	O adesivo aumenta a molhabilidade do cimento na cerâmica. A polimerização do mesmo, resulta no aumento da espessura da camada adesiva e contactos prematuros.
8.	Aplicar o cimento de resina na superfície da cerâmica e aderir ao dente. Deixar o cimento fluir.	É importante que o cimento a penetre nas microretenções, sem a formação de bolhas de ar.

O condicionamento com o ácido hidrofúorídrico apresenta um considerável grau de agressividade na superfície das cerâmicas compostas por sílica. O ácido hidrofúorídrico reage com a matriz vítrea dissolvendo os cristais de dissilicato (SiO_2), criando assim, porosidades na superfície que permitem estabelecer uma adesão química com o silano a aplicar posteriormente e aumentar a retenção micromecânica do cimento resinoso (Ponsoda Carla et al., 2019).

No estudo realizado por Ponsoda Carla et al. (2019) foi possível concluir que após a o condicionamento com ácido hidrofúorídrico das cerâmicas dissilicato de lítio, a utilização do ácido ortofosfórico a 37% remove os cristais precipitados e assim, permite obter uma superfície mais retentiva. Outra forma de obter o efeito similar é utilizar o banho ultrassônico durante 4 a 5 minutos, no entanto, a lavagem da peça com ácido ortofosfórico é um processo mais rápido de remoção de sais residuais da superfície a aderir.

A eficácia do condicionamento ácido vai depender da sua concentração e do tempo que atua na superfície, sendo que o tempo que o ácido atua na superfície da cerâmica tem sido questionado ao longo do tempo. Desta forma Puppini-Rontani et al. (2017) avaliaram o efeito das diferentes concentrações de ácido hidrofúorídrico na superfície da cerâmica dissilicato de lítio, concluindo que, o condicionamento ótimo desta cerâmica é obtido com ácido hidrofúorídrico a 5% e aplicado durante 20 segundos. Outro estudo realizado por Ponsoda Carla et al. (2019) veio a complementar estes resultados, concluindo que, elevadas concentrações (> 10%) ou elevados tempos de condicionamento ácido produzem irregularidades significativas que não só diminuem os valores de adesão, mas também podem ser responsáveis pelo aumento do risco de fratura.

O pré-aquecimento do silano permite a formação de uma camada uniforme de moléculas de silano, o que aumenta a adesão de materiais resinosos à superfície da cerâmica (Gresnigt et al., 2017).

Ainda que não mencionado no protocolo sugerido na Tabela 2, é possível jatear a superfície das cerâmicas vítreas com partículas de óxido de alumínio de forma a aumentar a rugosidade da superfície interna. No entanto, o jateamento abrasivo destas cerâmicas tem sido referido como causa de redução das forças intrínsecas nas cerâmicas feldspáticas e dissilicato de lítio (Ritter et al., 2018). Neste sentido, Peumans et al. (2016), avaliaram

a influência de diferentes tratamentos de superfície em cerâmicas CAD/CAM, concluíram que o jateamento abrasivo de cerâmicas ácido-sensíveis não aparenta resultar em valores de adesão mais elevados, sendo possível causa de *microcraks* na superfície da cerâmica o que pode levar a falhas prematuras. Os resultados obtidos no mesmo estudo, revelaram valores da força de adesão próximos do zero quando a peça era submetida apenas ao tratamento prévio mecânico, o que leva a concluir que o condicionamento com o ácido hidrófluorídrico não deve ser dispensado.

De forma a reduzir o número de passos clínicos surgiram sistemas de adesivos universais com o silano incorporado, evitando um passo exclusivo para a aplicação do mesmo (Kalavacharla et al., 2015). No entanto, a eficácia dos adesivos universais com a incorporação do monômero funcional 10-MDP e silano tem sido um tema questionável. De acordo com Perdigão (2020), a incorporação do silano nos sistemas adesivos universais não melhora as propriedades de adesão dos cerâmicas vítreas e recomenda a aplicação separada do silano. Com o estudo realizado por Romanini-Junior et al. (2018) com o objetivo de avaliar o efeito da adesão quando a silanização era realizada de diferentes modos em cerâmicas de dissilicato de lítio, é possível concluir que a aplicação do silano isoladamente continua a ser opção mais recomendada e apresenta melhores resultados na cimentação das cerâmicas dissilicato de lítio.

6.2. Cerâmicas de zircónia

A adesão à zircónia é um processo desafiante, tendo em conta que, ao contrário, das cerâmicas com elevado conteúdo vítreo, a zircónia não apresenta uma superfície sensível ao condicionamento ácido, é uma superfície inerte, o que dificulta o processo adesivo da mesma. Estabelecer um protocolo standardizado para o tratamento da superfície e cimentação das cerâmicas em zircónia é crucial de forma a garantir uma adesão fidedigna da cerâmica, especialmente em casos de preparações pouco retentivas ou em situações em que é necessário melhorar as propriedades mecânicas da restauração em si (Russo et al., 2019).

Atualmente, o tratamento prévio das cerâmicas em zircónia consiste em dois métodos: jatear a superfície com partículas de alumínio ou com partículas de alumínio revestidas por sílica. Em relação à primeira opção, as partículas de alumínio, com tamanho até 50 µm) são jateadas perpendicularmente na superfície da cerâmica a 10mm

de distância, a uma pressão de 1-2bar, durante 10-15 segundos. Desta forma, aumenta-se a rugosidade da superfície, promovendo uma retenção micromecânica durante a adesão (Benetti, A. R., Papia, E., & Matinlinna, 2019).

O método de jatear a superfície com partículas de alumínio revestidas por sílica para além de aumentar a rugosidade da mesma, deposita uma camada irregular de sílica. O tamanho das partículas pode variar de acordo com o sistema a usar (Rocatec™ Soft ca.30 µm e Rocatec™ Plus ca. 110 µm) e devem ser jateadas perpendicularmente a 10mm de distância a uma pressão de 0,28MPa (Benetti, A. R., Papia, E., & Matinlinna, 2019).

Ainda que alguns *primers* cerâmicos ou adesivos universais apresentem silano na sua constituição, a silanização na superfície da cerâmica apenas ocorre quando esta é revestida por partículas que contêm sílica (Blatz et al., 2016).

De forma a obter uma adesão fidedigna e estável ao longo do tempo das restaurações indiretas em zircónia, Blatz et al. (2016), sugeriram o protocolo APC que pode ser resumido em três passos (Tabela 4).

Tabela 4: O conceito APC sugerido por Blatz et al. (2016) para a adesão das cerâmicas de zircónia.

PROTOCOLO APC	
Passo A	Após a correta limpeza da superfície, jatear com partículas de alumínio ou alumínio revestido por sílica. A utilização de partículas pequenas até 60 µm a uma baixa pressão é suficiente para criar o <i>microetching</i> ;
Passo P	Aplicar o <i>primer</i> cerâmico com monómeros de fosfato, tais como o 10-MDP;
Passo C	Cimentação adesiva com cimento resinoso de dupla polimerização ou autopolimerizável.

A adesão às cerâmicas de zircónia apresenta melhores resultados quando o sistema do cimento resinoso apresenta o 10-MDP na sua composição. O monómero funcional 10-

MDP encontra-se indicado por estabelecer ligações químicas com a estrutura dentária (previamente condicionada) e com superfície de zircónia. Ou seja, o grupo hidrofóbico do 10-MDP estabelece ligações com o colagénio presente na superfície dentária e o grupo éster fosfato liga-se aos grupos hidroxilo da superfície da zircónia, criando uma ligação Zr-O-P entre a zircónia e o monómero 10-MDP (Figura 9) (Benetti, A. R., Papia, E., & Matinlinna, 2019).

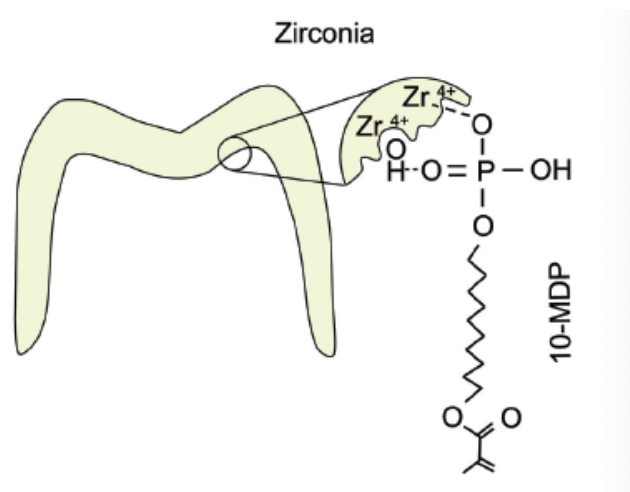


Figura 9: Interação química entre o monómero 10-MDP e a superfície da zircónia. Podem ocorrer dois tipos de ligações: iónicas e hidrogénicas. Adaptado de Benetti, A. R., Papia, E., & Matinlinna (2019).

De acordo com o estudo realizado por Lümekemann et al. (2019), no qual foram testados diversos adesivos universais, as forças adesivas foram realçadas nos grupos que continham o monómero MDP, o que leva a concluir que o presente monómero funcional é responsável por promover a adesão nas cerâmicas de zircónia. Curiosamente, a concentração do monómero funcional também tem impacto, e no presente estudo, concluiu-se que, uma concentração de 10% do monómero funcional resulta em valores de adesão superiores quando comparada uma solução a 5%, não sendo observadas diferenças significativas quando a concentração era superior a 10%.

Existe um tratamento de superfície alternativo sugerido para condicionamento das cerâmicas de zircónia: floração por plasma. Esta técnica consiste na exposição continua na superfície de zircónia de gás hexafluoreto de enxofre (SF_6) num reator de plasma. Sob a radiação por plasma, as moléculas de hexafluoreto reagem com a superfície da zircónia ficando depositadas na mesma. Forma-se assim, uma camada superficial reativa que reage

com o silano, ocorrendo a silanização (Matinlinna et al., 2018). Um estudo realizado por Lümke et al. (2019), avaliou o efeito do tratamento por plasma em conjunto com adesivos universais e jateamento abrasivo. O estudo concluiu que, apesar de aumentar significativamente a energia de superfície das cerâmicas de zircônia, a sua aplicação não resulta em valores de adesão mais elevado, pelo que, o jateamento abrasivo continua a ser o indicado neste tipo de cerâmica.

6.3. Restaurações indiretas em resina composta

Nas restaurações indiretas em resina composta, para se obter uma superfície com melhores propriedades adesivas, o aumento da rugosidade da superfície revela ser mais importante que o estabelecimento de uma ligação com o agente de acoplamento de silano. De acordo com Fuentes et al. (2013), jatear a superfície com partículas de alumínio ou partículas de alumínio revestidas por sílica aparenta resultar em valores de adesão superiores quando comparadas com a aplicação do silano ou sistema adesivo. Assim sendo, o tratamento prévio passa pelo jateamento abrasivo com partículas de alumínio (50 µm) ou deposição de partículas de sílica na sua superfície através do sistema Co-Jet (3M ESPE) ou sistema Rocatec™, de forma a aumentar a rugosidade e a energia de superfície envolvida na adesão, criando retenções micromecânicas. Desta forma, a superfície da resina quando modificada, possui afinidade com o silano, que irá criar ligações com os grupos metacrilato dos adesivos resinosos (Cura et al., 2016; Mainjot et al., 2016).

O condicionamento da superfície das restaurações de resina composta com óxido de alumínio com partículas com 50µm de tamanho facilita a ligação micromecânica e melhora as propriedades adesivas superfície a aderir, sendo que de acordo com o estudo realizado por Cilingir et al. (2017), jatear a superfície com partículas de menor tamanho apresenta mais vantagens quando comparadas partículas de maior tamanho (até 110µm) ou com partículas de sílica. Esta técnica expõe partículas na superfície que eventualmente facilitam a ligação do silano.

A utilização de laser Er:YAG é uma opção de tratamento prévio alternativa ao jateamento abrasivo da resina composta, mostrando ter resultados de condicionamento de superfície equiparáveis (Spitznagel et al., 2014).

As restaurações indiretas em resina confeccionadas através do CAD/CAM, apresentam uma diminuição de ligações duplas de carbono na sua superfície, sendo por isso imprescindível o tratamento da sua superfície interna antes da cimentação (Reymus et al., 2019). De acordo com uma revisão sistemática realizada por Cuevas-Suárez et al. (2020), a aplicação do silano como passo clínico separado promove forças adesivas semelhantes quando o mesmo se encontra incorporado no sistema adesivo universal. Segundo os autores, a similaridade obtida entre as duas formas de silanização pode ser explicada pelo facto de, após o aumento da rugosidade da superfície, a relevância clínica do silano encontra-se diminuída.

6.4. Restaurações indiretas em resinas nanocerâmicas

Para aderir uma superfície em resina nanocerâmica, Özcan & Volpato (2016) recomendam efetuar uma limpeza da peça no banho de ultrassons durante 5 minutos, de forma a assegurar uma superfície livre de agentes de contaminação. De seguida, o protocolo sugere jatear a superfície da peça com óxido de alumínio com partículas até 50µm de tamanho ou dióxido de sílica (30 µm) à pressão de 2bar durante 5-20segundos, dependendo do tamanho da superfície. Deve-se obter um aspeto mate no final deste procedimento. O jateamento aumenta a rugosidade da superfície da nanocerâmica promovendo a adesão química e micromecânica com o cimento resinoso. Um estudo realizado por Park & Choi em 2016 teve o objetivo de avaliar a influência de diferentes tratamentos de superfície na adesão das restaurações nanocerâmicas com o cimento resinoso, concluindo que o jateamento é responsável pela maior resistência adesiva e que jatear a superfície com óxido de alumínio ou com partículas modificadas por sílica não produzia diferenças significativas na resistência adesiva entre os dois. Neste mesmo estudo, os autores concluíram também que existe uma diminuição de forças adesivas quando a superfície é condicionada com o ácido hidrófluorídrico.

A aplicação do adesivo universal na superfície da nanocerâmica após o jateamento com partículas de alumínio, é suportado pelo estudo realizado pelo Park & Choi (2016), no qual concluiu-se que a aplicação do adesivo universal aumenta significativamente a força de adesão entre peça Lava Ultimate™ e o cimento resinoso. Os estudos de Stawarczyk et al. (2014) também reconhecem a influência adesiva dos adesivos universais no procedimento de adesão das nanocerâmicas com a resina composta, tal facto deve-se a presença de monómeros 10-MDP que se ligam à zircónia. Relembrando que

Lava Ultimate™ é formada pela matriz de resina, sílica e zircónia, o monómero adesivo 10-MDP capaz de se ligar à zircónia, estabelecendo assim ligações Zr-O-P, o que justifica o aumento da resistência adesiva quando estes estão incorporados no sistemas adesivos universais (Park & Choi, 2016; Stawarczyk et al., 2014; Zakir et al., 2016).

As restaurações indiretas em Lava Ultimate™ após o tratamento de superfície prévio, apresentam características ótimas para a cimentação através da técnica autoadesiva (Manso & Carvalho, 2017).

6.5. Restaurações indiretas em cerâmicas infiltradas por polímeros (PICN)

Para aderir uma cerâmica PICN, Özcan & Volpato (2016) sugeriram um protocolo (Tabela 5), no qual o condicionamento da cerâmica é a realizado com ácido hidrofluorídrico a 5% durante 60 segundos. De acordo com o estudo realizado por Peumans et al. (2016), o tratamento de superfície ótimo para uma cerâmica infiltrada por polímeros, passa pelo condicionamento com ácido hidrofluorídrico e de seguida a aplicação do silano. O ácido hidrofluorídrico vai dissolver a matriz vítrea o que provoca retenção micromecânica do cimento resinoso.

Tabela 5: Protocolo sugerido por Özcan & Volpato (2016) para a adesão de cerâmicas infiltradas por polímeros.

	PROCEDIMENTO	PORQUÊ?
1.	Lavagem da peça em ultrassons durante 5 minutos;	De forma a remover todos os possíveis agentes de contaminação e assegurar uma superfície limpa antes da adesão;
2.	Condicionamento com ácido hidrofluorídrico a 5% durante 60 segundos, lavar a superfície com água e com álcool a 96%. Secar durante 20segundos. No fim, obtém-se uma superfície com um aspeto opaco;	O condicionamento ácido altera a topografia das cerâmicas PICN, expõe a matriz de resina, enquanto que a matriz de cerâmica é sujeita à remoção seletiva.

3.	Aplicar uma fina camada de silano e secar. Recomenda-se aplicar o adesivo na superfície a cimentar, sem polimerizar;	O silano vai estabelecer ligações com o dióxido de sílica (SiO ₂) e com a rede polimérica da cerâmica, ocorrendo a polimerização com os grupos metacrilato da matriz de resina. A aplicação do adesivo melhora a infiltração da resina e não deve ser polimerizado de forma a não prejudicar a adaptação da peça.
4.	Aplicar o adesivo resinoso na superfície e fotopolimerizar;	A aplicação imediata e isolada da resina adesiva permite estabilizar a camada híbrida e aumenta a força adesiva dos agentes de cimentação resinosos;
5.	Aplicar o cimento resinoso <i>dual</i> ou fotopolimerizável e adaptar a peça a aderir. Fotopolimerizar durante 60 segundos em cada direção. Avaliar a existência de contactos prematuros e polir.	Os cimentos resinosos autoadesivos são indicados para a cimentação de coroas, no entanto, em restaurações indiretas com espessura superior a 3mm, é recomendando o cimento resinoso de dupla polimerização. Nas facetas, está indicado a utilização de cimentos de resina fotopolimerizáveis.

O condicionamento ácido das cerâmicas híbridas Vita ENAMIC® (VITA Zahnfabrik, Bad Sackingen, Germany) é responsável por dissolver superficialmente a matriz de cerâmica, tornando visível a matriz polimérica com partículas cerâmicas dispersas (Bajraktarova-Valjakova et al., 2018). Um estudo realizado por Rohr et al. (2017) avaliou o mecanismo de adesão que se obtém nas cerâmicas PICN após o tratamento prévio da superfície, aplicação do silano e do adesivo universal. Concluiu-se então que, a adesão apresenta valores mais elevados quando a superfície é condicionada com ácido hidrófluorídrico a 5% durante 30-60 segundos, aplicação do silano e por último a aplicação do adesivo universal.

7. CIMENTAÇÃO ADESIVA

A cimentação adesiva das restaurações indiretas em cerâmica proporciona um reforço a ambas as partes envolvidas: estabelece a adesão entre cimento-dente e cimento-restauração. Desta forma as duas interfaces funcionam em unidade, o que permite uma melhor distribuição das forças oclusais (Manso & Carvalho, 2017) (Manso & Carvalho, 2017) (Manso & Carvalho, 2017) (Manso & Carvalho, 2017).

7.1. Cimentos resinosos

Os cimentos de resina são uma opção de eleição para a adesão de restaurações indiretas devido à estética proporcionada, elevada força retentiva, elevada resistência e baixa solubilidade. A sua aplicação foi potenciada pelo aumento dos requisitos estéticos, sendo estes indicados para a cimentação adesiva de cerâmicas e resinas compostas indiretas (Aguiar et al., 2012).

Os cimentos de resina encontram-se divididos em três categorias de acordo com o seu mecanismo de polimerização: cimentos ativados quimicamente, cimentos fotopolimerizáveis e cimentos de polimerização *dual* (D'Arcangelo et al., 2015).

A ativação química do cimento dá-se através da mistura com a pasta catalisadora, o que limita o tempo de trabalho aquando da cimentação, pois assim que as duas fases estão misturadas inicia-se a polimerização. O uso destes cimentos é útil em casos em que existe uma limitação da fotopolimerização (como é o caso em restaurações metálicas ou postes de fibra de vidro). Apresentam uma força de adesão e estabilidade da cor inferior quando comparados com os cimentos *dual* (M, 2018; Stamatacos & Simon, 2013).

Os cimentos fotopolimerizáveis apresentam na sua composição foto iniciadores, tais como a canforquinona e oferecem um maior tempo de trabalho durante a cimentação. A grande vantagem dos mesmos é a sua estabilidade de cor, quando comparada com os cimentos *dual* ou ativados quimicamente, sendo por isso recomendados para a cimentação de restaurações cerâmicas em casos em que a estética é um fator relevante (Manso & Carvalho, 2017).

A espessura da cerâmica a aderir é um aspeto, pois deve ser mínima o suficiente para permitir a transmissão da luz de forma a que ocorra a fotopolimerização. Por

exemplo, as facetas cerâmicas absorvem entre 40% a 50% da luz e se a espessura for maior que 0,7mm, não ocorrerá polimerização completa (M, 2018; Stamatacos & Simon, 2013).

O tipo de restauração indireta, nomeadamente, o tipo de cerâmica a aderir influencia diretamente transmissão da luz e a fotopolimerização do cimento. As facetas feldspáticas apresentam uma elevada translucidez o que facilita o acesso da luz, no entanto restaurações realizadas com o recurso ao sistema CAD/CAM nomeadamente, as cerâmicas reforçadas com dissilicato de lítio ou leucite e as cerâmicas policristalinas apresentam um carácter mais opaco, requerendo mais atenção na utilização destes cimentos (Hardy et al., 2018).

Cimentos de polimerização dual conjugam a polimerização ativada quimicamente e a fotopolimerização. As duas partes do cimento são misturadas e aplicadas na superfície e fotopolimerizadas de seguida. A polimerização ocorre em níveis separados. Assim que misturado com o catalisador, inicia-se a reação de polimerização, no entanto, se não for aplicada a luz, o cimento só atinge o máximo da sua dureza passado cerca de sete dias. Encontra-se indicado para a cimentação de peças não metálicas. Exemplos comerciais deste são RelyX™ ARC (3M ESPE) e Variolink® II (Ivoclar Vivadent Inc.) (Hardy et al., 2018; Stamatacos & Simon, 2013).

Os cimentos de resina mais utilizados são os de dupla polimerização, por apresentarem elevada fluidez e um bom escoamento permitindo formar uma camada fina cimento. O controlo do tempo de trabalho também é facilitado e a polimerização acontece mesmo em zonas de difícil acesso e também quando a espessura e a opacidade da peça podem influenciar a polimerização (D’Arcangelo et al., 2015; Hardy et al., 2018).

De acordo com o protocolo sugerido por Özcan & Volpato (2015), a cimentação adesiva das cerâmicas vítreas pode ser realizada através de um cimento fotopolimerizável ou *dual*, dependendo da espessura da peça cerâmica. Os cimentos fotopolimerizáveis encontram-se indicados para aderir restaurações finas e translucidas (0,5 até 1mm), tais como facetas, enquanto que, os cimentos *dual* devem ser utilizados em peças até 3mm de espessura, tais como coroas, *inlays* e *onlays*.

Os cimentos de resina também podem ser classificados de acordo com a estratégia adesiva aplicada na estrutura dentária, desta forma podem ser divididos de acordo com a estratégia adesiva em: cimentos de resina *etch-and-rinse*, *self-etch* ou autoadesivos (Fuentes et al., 2013).

Cimento de resina *etch-and-rinse* requerem um condicionamento ácido prévio com ácido ortofosfórico seguido de aplicação do adesivo e finalmente, a aplicação do cimento resinoso. Apesar de apresentarem valores de adesão bastante elevados e propriedades mecânicas melhores, é uma técnica que requer vários passos clínicos, pode resultar numa sensibilidade pós operatória e o sucesso clínico da mesma depende da habilidade do clínico, bem como do material restaurador e o seu preparo (Fuentes et al., 2013; Makkar & Malhotra, 2013).

Cimentos de resina *self-etch* são reduzidos a dois passos, primeiramente pela aplicação do *primer* e de seguida aplicação do cimento de resina. (Makkar & Malhotra, 2013).

Os cimentos de resina autoadesivos, introduzidos como alternativa aos cimentos que requerem vários passos clínicos, são aplicados diretamente na superfície dentária sem tratamento prévio da superfície dentária. Apresentam uma melhoria das propriedades mecânicas e a sua capacidade de adesão não aparenta ser inferior que os cimentos de resina convencionais. Tendo em conta que a *smear layer* não é removida, o risco de sensibilidade pós-operativa é baixo (Chezhian et al., 2018; Manso & Carvalho, 2017). O primeiro cimento autoadesivo introduzido no mercado foi o RelyX™ Unicem (3M ESPE, St. Paul, MN, USA) e desde então têm surgido novos exemplos comerciais, no entanto este continua a ser o cimento mais evidenciado na literatura (Fuentes et al., 2013).

Os cimentos de resina autoadesivos apresentam na sua constituição monómeros acídicos funcionais, monómeros di-metacrilato (como o Bis-GMA, UDMA e o TEGDMA) e iniciadores de polimerização (Manso & Carvalho, 2017).

De acordo com D’Arcangelo et al. (2015), os cimentos resinosos que requerem condicionamento ácido total prévio proporcionam uma adesão mais fidedigna comparativamente aos cimentos de resina *self-etch* e autoadesivos. Um estudo realizado por Fuentes et al. (2013) comparou a resistência adesiva de três cimentos autoadesivos

em comparação com um cimento de resina *etch-and-rinse* aquando da cimentação de um *overlay* em resina composta. Os resultados obtidos apresentavam valores mais elevados de adesão no adesivo com o condicionamento total.

A técnica *etch-and-rinse* proporciona uma adesão com características superiores quando comparada com cimentos resinosos *self-etch* ou autoadesivos (D'Arcangelo et al., 2015). Um estudo realizado por Aguiar et al. (2012) comparou as três formas de adesão do cimento resinoso e verificou-se que a formação da camada híbrida e dos *resin tags* apenas ocorria no sistema convencional de três passos.

Os cimentos autoadesivos não são recomendados para a cimentação adesiva de facetas cerâmicas, tendo em conta que a adesão ao esmalte aparenta ser mais fraca e pode resultar num deslocamento da faceta. Assim, o cimento resinoso fotopolimerizável é a melhor opção para a cimentação das mesmas e oferece uma melhor estabilidade de cor (Manso & Carvalho, 2017).

Ainda que a adesão entre os cimentos resinosos e as restaurações indiretas em resina composta não se encontre estandardizada, Cilingir et al. (2017), avaliaram diferentes tratamentos prévios de superfície das restaurações indiretas em resina composta e a sua importância na escolha do cimento resinoso: (1) jatear com partículas abrasivas aumenta a adesão dos cimentos convencionais e autoadesivos; (2) os cimentos convencionais beneficiam do jateamento de partículas abrasivas de óxido de alumínio até 50 µm.

7.2. Resina composta pré-aquecida e resina composta *flowable*

A grande versatilidade da resina composta e as suas elevadas propriedades mecânicas suscitou interesse para a sua aplicação como agente de cimentação das restaurações indiretas. Para isso, foram sugeridas diferentes técnicas para aumentar a sua fluidez nomeadamente, o pré-aquecimento das mesmas. O aumento da temperatura causa agitação das moléculas o que resulta na redução da viscosidade apropriada para a cimentação das restaurações indiretas (Tomaselli et al., 2019).

Para aumentar a temperatura de uma resina composta, esta é colocada num dispositivo específico que aquece num intervalo entre 39°-68°C. Estima-se que, quando o compósito é aquecido até 60°C após ser removido, a temperatura desce cerca de 50% após dois

minutos e diminui até 90% após cinco minutos, sendo por isso clinicamente importante avaliar e controlar a fluidez durante a cimentação adesiva (N. F. Coelho et al., 2019; D’Amario et al., 2015).

A utilização de resina composta como alternativa aos cimentos resinosos tem sido cada mais reconhecida devido a algumas vantagens tais como o reduzido custo associado as mesmas e uma maior gama de cores disponível. Outro aspeto positivo das mesmas é a baixa contração de polimerização e elevadas propriedades mecânicas, o que faz com que sejam mais resistentes à degradação oral sendo assim, menos suscetíveis a falhas marginais, falha mais comum das facetas em cerâmica (N. F. Coelho et al., 2019).

A cimentação adesiva de facetas em dissilicato de lítio com resina composta aquecida também é suportada pelo estudo realizado por Gresnigt et al. (2017). Os autores compararam os dois métodos de cimentação de facetas de dissilicato de lítio: resina composta pré-aquecida vs cimento de resina de dupla polimerização. Os resultados do estudo revelaram diferenças significativas entre os dois grupos e observou-se uma maior degradação da cerâmica originando fraturas e *chipping* no grupo em que as facetas eram cimentadas com o cimento resinoso de dupla polimerização.

De acordo com Magne et al. (2018), o uso de resina composta pré-aquecida como agente de adesão de *inlays*, *onlays* e *overlays* em resina composta fabricados pela técnica CAD/CAM é recomendado e apresenta vantagens face aos cimentos resinosos. De acordo com o estudo realizado pelos mesmos autores, não existem diferenças no assentamento das restaurações indiretas quando as mesmas eram cimentadas com resina composta pré-aquecida, para além disso, um maior tempo de trabalho durante a cimentação e uma remoção do excesso de material mais fácil, fazem parte das vantagens das resinas compostas pré-aquecidas.

O interesse em utilizar a resina composta *flowable* surgiu devido às suas características interessantes como potencial agente de adesão das restaurações indiretas (Baroudi & Rodrigues, 2015).

As resinas *flowable* são compósitos convencionais com conteúdo de carga diminuído, o que permite alterar a viscosidade das mesmas. As propriedades das resinas compostas incluem a fácil manipulação, melhor adaptação marginal devido à sua baixa contração,

possibilidade de escolha de cor e radiopacidade o que facilita o despiste de cáries secundárias (Baroudi & Rodrigues, 2015)

Em 2019, um estudo realizado por Tomaselli et al., teve como objetivo avaliar diferentes fatores que afetam a cor e as forças adesivas que se estabelecem na adesão de facetas em cerâmica, quando utilizada resina composta com diferentes viscosidades, como *flowable* e resina composta convencional pré-aquecida. De acordo com o mesmo estudo é possível concluir o seguinte: (1) o conteúdo de partículas influencia a camada de resina formada, sendo esta mais reduzida quando utilizada a resina *flowable* em comparação com resina composta convencional, no entanto o pré-aquecimento das resinas compostas origina espessuras similares à resina *flowable*; (2) existem diferenças significativas entre compósitos convencionais com elevado conteúdo de carga quando comparado com resinas *flowable* de baixa carga, o que se reflete no grau de conversão, sendo este mais elevado em resinas *flowable*; (3) as forças de adesão ao esmalte não foram afetadas pelo conteúdo de carga da resina composta nem pelo pré-aquecimento das mesmas; (4) a espessura da faceta cerâmica tem influencia na estabilidade da cor e no grau de conversão visto que este, relaciona-se diretamente com a espessura da cerâmica e a quantidade de luz transmitida, no entanto, as forças de adesão ao esmalte não diretamente influenciadas pela espessura da cerâmica; (5) o conteúdo de carga das resinas e a utilização de resina composta pré-aquecida tem influência na cor final da restauração. Deste modo, é possível concluir que a utilização de resina composta pré-aquecida e resina *flowable* apresenta ser uma forma eficaz na adesão de facetas em cerâmica.

III. CONCLUSÃO

As restaurações indiretas apresentam um vasto leque de indicações clínicas e várias vantagens associadas. Atualmente, é possível a confecção das mesmas de uma forma mais prática tanto para o paciente como para o médico dentista. O conhecimento dos diferentes materiais e as suas indicações, bem como, a técnica de confecção das restaurações indiretas é um fator determinante para a correta execução das mesmas.

Quando a retenção mecânica não é possível, o sucesso da restauração está diretamente dependente dos princípios de adesão. Para isso, é essencial executar corretamente a técnica adesiva. Dessa forma podemos concluir que:

- Encontram-se à disposição do Médico dentista diversas técnicas adesivas desde as mais simples às mais complexas, com vantagens e desvantagens, cabendo ao clínico a sua seleção;
- O selamento imediato da dentina é reconhecido por muitos autores como o procedimento mais correto a efetuar na superfície dentária por aumentar a adesão;
- O jateamento com partículas abrasivas da dentina tem sido apontado como fator positivo na adesão à dentina;
- Os tratamentos prévios mecânicos químicos variam de acordo com o tipo de cerâmica a aderir;
- A aplicação do silano apresenta ser *gold standart* na adesão das restaurações indiretas;
- É possível associar incorporação do monómero funcional 10-MDP com o sucesso da restauração indireta.

IV. BIBLIOGRAFIA

- Abad-Coronel, C., Naranjo, B., & Valdiviezo, P. (2019). Adhesive systems used in indirect restorations cementation: Review of the literature. *Dentistry Journal*, 7(3). <https://doi.org/10.3390/dj7030071>
- Aguiar, T. R., Andre, C. B., Arrais, C. A. G., Bedran-Russo, A. K., & Giannini, M. (2012). Micromorphology of resin-dentin interfaces using self-adhesive and conventional resin cements: A confocal laser and scanning electron microscope analysis. *International Journal of Adhesion and Adhesives*, 38, 69–74. <https://doi.org/10.1016/j.ijadhadh.2012.05.009>
- Alharbi, A., Rocca, G. T., Dietschi, D., & Krejci, I. (2014). Semidirect composite onlay with cavity sealing: A review of clinical procedures. *Journal of Esthetic and Restorative Dentistry*, 26(2), 97–106. <https://doi.org/10.1111/jerd.12067>
- Amarante, J. E. V., Pereira, M. V. S., de Souza, G. M., Pais Alves, M. F. R., Simba, B. G., & dos Santos, C. (2018). Roughness and its effects on flexural strength of dental yttria-stabilized zirconia ceramics. *Materials Science and Engineering A*, 739, 149–157. <https://doi.org/10.1016/j.msea.2018.10.027>
- Amorim, R., Vermudt, A., Pereira, J. R., & Pamato, S. (2018). The surface treatment of dental ceramics: an overview. *Journal of Research in Dentistry*, 6(4), 80. <https://doi.org/10.19177/jrd.v6e4201880-85>
- Angeletaki, F., Gkogkos, A., Papazoglou, E., & Kloukos, D. (2016). Direct versus indirect inlay/onlay composite restorations in posterior teeth. A systematic review and meta-analysis. *Journal of Dentistry*, 53, 12–21. <https://doi.org/10.1016/j.jdent.2016.07.011>
- Archibald, J. J., Santos, G. C., & Moraes Coelho Santos, M. J. (2018). Retrospective clinical evaluation of ceramic onlays placed by dental students. *Journal of Prosthetic Dentistry*, 119(5), 743-748.e1. <https://doi.org/10.1016/j.prosdent.2017.07.004>
- Bajraktarova-Valjakova, E., Grozdanov, A., Guguvcevski, L., Korunoska-Stevkovska, V., Kapusevska, B., Gigovski, N., Mijoska, A., & Bajraktarova-Misevska, C. (2018).

- Acid etching as surface treatment method for luting of glass-ceramic restorations, part 1: Acids, application protocol and etching effectiveness. *Open Access Macedonian Journal of Medical Sciences*, 6(3), 568–573. <https://doi.org/10.3889/oamjms.2018.147>
- Baroudi, K., & Rodrigues, J. C. (2015). Flowable resin composites: A systematic review and clinical considerations. *Journal of Clinical and Diagnostic Research*, 9(6), ZE18–ZE24. <https://doi.org/10.7860/JCDR/2015/12294.6129>
- Benetti, A. R., Papia, E., & Matinlinna, J. P. (2019). *Bonding ceramic restorations*. *Bonding ceramic restorations*. 129(2019), 30–36.
- Blatz, M. B., Alvarez, M., Sawyer, K., & Brindis, M. (2016). How to Bond Zirconia: The APC Concept. *Compendium of Continuing Education in Dentistry (Jamesburg, N.J. : 1995)*, 37(9), 611–618.
- Caglar, I., Ates, S. M., Boztoprak, Y., Aslan, Y. U., & Duymus, Z. Y. (2018). Effect of sandblasting, silica coating, and erbium: Yttrium-Aluminum-Garnet laser treatment on the shear bond strength of self-adhesive resin cement to alumina ceramics. *Nigerian Journal of Clinical Practice*, 21(8), 1000–1007. https://doi.org/10.4103/njcp.njcp_300_17
- Campos, M. de F. T. P., Moura, D. M. D., Borges, B. C. D., Assuncao, I. V. de, Caldas, M. R. G. R., Platt, J. A., Özcan, M., & Souza, R. O. de A. e. (2020). Influence of acid etching and universal adhesives on the bond strength to dentin. *Brazilian Dental Journal*, 31(3), 272–280. <https://doi.org/10.1590/0103-6440202002884>
- Cardenas, A. M., Siqueira, F., Hass, V., Malaquias, P., Gutierrez, M. F., Reis, A., Perdigão, J., & Loguercio, A. D. (2017). Effect of MDP-containing Silane and Adhesive Used Alone or in Combination on the Long-term Bond Strength and Chemical Interaction with Lithium Disilicate Ceramics. *Journal of Adhesive Dentistry*, 19(3), 203–212. <https://doi.org/10.3290/j.jad.a38414>
- Chezian, N., Ganapathy, D., & Jain, A. R. (2018). Resin luting agents - A review. *Drug Invention Today*, 10(Special Issue 4), 3531–3535.

- Cilingir, A., Bilhan, H., Cilingir, A., Gomec, Y., & Özcan, M. (2017). Adhesion of conventional and self-adhesive resin cements to indirect resin composite using different surface conditioning methods. *Journal of Adhesion Science and Technology*, 31(4), 358–368. <https://doi.org/10.1080/01694243.2016.1215763>
- Coelho, A., Canta, J. P., Martins, J. N. R., Oliveira, S. A., & Marques, P. (2012). Perspetiva histórica e conceitos atuais dos sistemas adesivos amelodentinários - revisão da literatura. *Revista Portuguesa de Estomatologia, Medicina Dentaria e Cirurgia Maxilofacial*, 53(1), 39–46. <https://doi.org/10.1016/j.rpemd.2011.11.008>
- Coelho, N. F., Barbon, F. J., Machado, R. G., Bocato, N., & Moraes, R. R. (2019). Response of composite resins to preheating and the resulting strengthening of luted feldspar ceramic. *Dental Materials*, 35(10), 1430–1438. <https://doi.org/10.1016/j.dental.2019.07.021>
- Collares, K., Corrêa, M. B., Laske, M., Kramer, E., Reiss, B., Moraes, R. R., Huysmans, M. C. D. N. J. M., & Opdam, N. J. M. (2016). A practice-based research network on the survival of ceramic inlay/onlay restorations. *Dental Materials*, 32(5), 687–694. <https://doi.org/10.1016/j.dental.2016.02.006>
- Conrad, H. J., Seong, W.-J., & Pesun, I. J. (2007). Current ceramic materials and systems with clinical recommendations: A systematic review. *The Journal of Prosthetic Dentistry*, 98(5), 389–404. [https://doi.org/10.1016/S0022-3913\(07\)60124-3](https://doi.org/10.1016/S0022-3913(07)60124-3)
- Cuevas-Suárez, C. E., de Oliveira da Rosa, W. L., Vitti, R. P., da Silva, A. F., & Piva, E. (2020). Bonding Strength of Universal Adhesives to Indirect Substrates: A Meta-Analysis of in Vitro Studies. *Journal of Prosthodontics*, 29(4), 298–308. <https://doi.org/10.1111/jopr.13147>
- Cura, M., González-González, I., Fuentes, V., & Ceballos, L. (2016). Effect of surface treatment and aging on bond strength of composite resin onlays. *Journal of Prosthetic Dentistry*, 116(3), 389–396. <https://doi.org/10.1016/j.prosdent.2016.02.016>
- D’Amario, M., De Angelis, F., Vadini, M., Marchili, N., Mummolo, S., & D’Arcangelo, C. (2015). Influence of a repeated preheating procedure on mechanical properties of

- three resin composites. *Operative Dentistry*, 40(2), 181–189. <https://doi.org/10.2341/13-238-L>
- D’Arcangelo, C., Vanini, L., Casinelli, M., Frascaria, M., De Angelis, F., Vadini, M., & D’Amario, M. (2015). Adhesive Cementation of Indirect Composite Inlays and Onlays: A Literature Review. *Compendium of Continuing Education in Dentistry (Jamesburg, N.J. : 1995)*, 36(8), 570–578.
- da Silva, L. H., de Lima, E., Miranda, R. B. de P., Favero, S. S., Lohbauer, U., & Cesar, P. F. (2017). Dental ceramics: A review of new materials and processing methods. *Brazilian Oral Research*, 31(suppl 1), 133–146. <https://doi.org/10.1590/1807-3107BOR-2017.vol31.0058>
- Denry, I., & Holloway, J. A. (2010). Ceramics for dental applications: A review. *Materials*, 3(1), 351–368. <https://doi.org/10.3390/ma3010351>
- Fasbinder, D. J., Dennison, J. B., Heys, D., & Neiva, G. (2010). A Clinical Evaluation of Chairside Lithium Disilicate CAD/CAM Crowns. *The Journal of the American Dental Association*, 141(2), 10S-14S. <https://doi.org/10.14219/jada.archive.2010.0355>
- Feitosa, F. A., De Araújo, R. M., Tay, F. R., Niu, L., & Pucci, C. R. (2017). Effect of high-power-laser with and without graphite coating on bonding of resin cement to lithium disilicate ceramic. *Scientific Reports*, 7(1), 1–7. <https://doi.org/10.1038/s41598-017-17808-x>
- Fuentes, M. V., Ceballos, L., & González-López, S. (2013). Bond strength of self-adhesive resin cements to different treated indirect composites. *Clinical Oral Investigations*, 17(3), 717–724. <https://doi.org/10.1007/s00784-012-0752-y>
- 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. <http://poj.peeters-leuven.be/content.php?url=article&id=2022794>
- Gomes, E. A., Assunção, W. G., Rocha, E. P., & Santos, P. H. (2008). Cerâmicas

- odontológicas: o estado atual. *Cerâmica*, 54(331), 319–325.
<https://doi.org/10.1590/S0366-69132008000300008>
- Gracis, S., Thompson, V. P., Ferencz, J. L., Silva, N. R. F. A., & Bonfante, E. A. (2016). A new classification system for all-ceramic and ceramic-like restorative materials. *The International Journal of Prosthodontics*, 28(3), 227–235.
<https://doi.org/10.11607/ijp.4244>
- Gresnigt, M. M. M., Cune, M. S., Schuitemaker, J., van der Made, S. A. M., Meisberger, E. W., Magne, P., & Özcan, M. (2019). Performance of ceramic laminate veneers with immediate dentine sealing: An 11 year prospective clinical trial. *Dental Materials*, 35(7), 1042–1052. <https://doi.org/10.1016/j.dental.2019.04.008>
- Gresnigt, M. M. M., Özcan, M., Carvalho, M., Lazari, P., Cune, M. S., Razavi, P., & Magne, P. (2017). Effect of luting agent on the load to failure and accelerated-fatigue resistance of lithium disilicate laminate veneers. *Dental Materials*, 33(12), 1392–1401. <https://doi.org/10.1016/j.dental.2017.09.010>
- Hardy, C. M. F., Bebelman, S., Leloup, G., Hadis, M. A., Palin, W. M., & Leprince, J. G. (2018). Investigating the limits of resin-based luting composite photopolymerization through various thicknesses of indirect restorative materials. *Dental Materials*, 34(9), 1278–1288. <https://doi.org/10.1016/j.dental.2018.05.009>
- Hayashi, M. (2020). Adhesive Dentistry: Understanding the Science and Achieving Clinical Success. *Dental Clinics of North America*, 64(4), 633–643.
<https://doi.org/10.1016/j.cden.2020.05.001>
- Hironaka, N. G. L., Ubaldini, A. L. M., Sato, F., Giannini, M., Terada, R. S. S., & Pascotto, R. C. (2018). Influence of immediate dentin sealing and interim cementation on the adhesion of indirect restorations with dual-polymerizing resin cement. *Journal of Prosthetic Dentistry*, 119(4), 678.e1-678.e8.
<https://doi.org/10.1016/j.prosdent.2018.02.001>
- Ho, G. W., & Matinlinna, J. P. (2011). Insights on Ceramics as Dental Materials. Part I: Ceramic Material Types in Dentistry. *Silicon*, 3(3), 109–115.
<https://doi.org/10.1007/s12633-011-9078-7>

- Höland, W., Schweiger, M., Rheinberger, V. M., & Kappert, H. (2009). Bioceramics and their application for dental restoration. *Advances in Applied Ceramics*, 108(6), 373–380. <https://doi.org/10.1179/174367609X414099>
- Isgrò, G., Sachs, A., & Cam, C. A. D. (2015). Evolution of Dental Ceramic from the Platinum Foil to CAD-CAM Technologies: Review. *International Journal of Dentistry and Oral Science*, 1(3), 12–20.
- Jorquera, G., Merino, N., Walls, S., Mahn, E., & Fernández, E. (2016). *Journal of Dental Science and Therapy*. July, 22–25. <https://doi.org/10.24218/jdst.2016.09>
- Kalavacharla, V. K., Lawson, N. C., Ramp, L. C., & Burgess, J. O. (2015). Influence of etching protocol and silane treatment with a universal adhesive on lithium disilicate bond strength. *Operative Dentistry*, 40(4), 372–378. <https://doi.org/10.2341/14-116-L>
- Krummel, A., Garling, A., Sasse, M., & Kern, M. (2019). Influence of bonding surface and bonding methods on the fracture resistance and survival rate of full-coverage occlusal veneers made from lithium disilicate ceramic after cyclic loading. *Dental Materials*, 35(10), 1351–1359. <https://doi.org/10.1016/j.dental.2019.07.001>
- Lambert, H., Durand, J. C., Jacquot, B., & Fages, M. (2017). Dental biomaterials for chairside CAD/CAM: State of the art. *Journal of Advanced Prosthodontics*, 9(6), 486–495. <https://doi.org/10.4047/jap.2017.9.6.486>
- Lümkemann, N., Eichberger, M., & Stawarczyk, B. (2019). Different surface modifications combined with universal adhesives: the impact on the bonding properties of zirconia to composite resin cement. *Clinical Oral Investigations*, 23(11), 3941–3950. <https://doi.org/10.1007/s00784-019-02825-z>
- M. Junior, M., Rocha, E. P., Anchieta, R. B., Archangelo, C. M., & Luersen, M. A. (2012). Etch and rinse versus self-etching adhesives systems: Tridimensional micromechanical analysis of dentin/adhesive interface. *International Journal of Adhesion and Adhesives*, 35, 114–119. <https://doi.org/10.1016/j.ijadhadh.2011.11.012>

- M, M. E. (2018). New Resin Cements Agents in Conservative Dentistry: Indications and Possible Risks. Rev Literature. *Journal of Materials Science and Nanotechnology*, 6(2). <https://doi.org/10.15744/2348-9812.6.201>
- Magne, P. (2005). Immediate dentin sealing: A fundamental procedure for indirect bonded restorations. *Journal of Esthetic and Restorative Dentistry*, 17(3), 155. <https://doi.org/10.1111/j.1708-8240.2005.tb00104.x>
- Magne, P., & Mori Ubaldini, A. L. (2020). Thermal and bioactive optimization of a unidose 3-step etch-and-rinse dentin adhesive. *Journal of Prosthetic Dentistry*, 1–7. <https://doi.org/10.1016/j.prosdent.2020.03.011>
- Magne, P., & Nielsen, B. (2009). Interactions between impression materials and immediate dentin sealing. *Journal of Prosthetic Dentistry*, 102(5), 298–305. [https://doi.org/10.1016/S0022-3913\(09\)60178-5](https://doi.org/10.1016/S0022-3913(09)60178-5)
- Magne, P., Paranhos, M. P. G., & Burnett, L. H. (2010). New zirconia primer improves bond strength of resin-based cements. *Dental Materials*, 26(4), 345–352. <https://doi.org/10.1016/j.dental.2009.12.005>
- Magne, P., Razaghy, M., Carvalho, M. A., & Soares, L. M. (2018). Luting of inlays, onlays, and overlays with preheated restorative composite resin does not prevent seating accuracy. *The International Journal of Esthetic Dentistry*, 13(3), 318–332.
- Mainjot, A. K., Dupont, N. M., Oudkerk, J. C., Dewael, T. Y., & Sadoun, M. J. (2016). From Artisanal to CAD-CAM Blocks: State of the Art of Indirect Composites. *Journal of Dental Research*, 95(5), 487–495. <https://doi.org/10.1177/0022034516634286>
- Makkar, S., & Malhotra, N. (2013). Self-adhesive resin cements: A new perspective in luting technology. *Dental Update*, 40(9), 758–768. <https://doi.org/10.12968/denu.2013.40.9.758>
- Manso, A. P., & Carvalho, R. M. (2017). Dental Cements for Luting and Bonding Restorations: Self-Adhesive Resin Cements. *Dental Clinics of North America*, 61(4), 821–834. <https://doi.org/10.1016/j.cden.2017.06.006>

- Marshall, S. J., Bayne, S. C., Baier, R., Tomsia, A. P., & Marshall, G. W. (2010). A review of adhesion science. *Dental Materials*, 26(2), 11–16. <https://doi.org/10.1016/j.dental.2009.11.157>
- Matinlinna, J. P., Lung, C. Y. K., & Tsoi, J. K. H. (2018). Silane adhesion mechanism in dental applications and surface treatments: A review. *Dental Materials*, 34(1), 13–28. <https://doi.org/10.1016/j.dental.2017.09.002>
- Migliau, G. (2017). Classification review of dental adhesive systems: from the IV generation to the universal type. *Annali Di Stomatologia*, 8(1), 1. <https://doi.org/10.11138/ads/2017.8.1.001>
- Miyazaki, M., Tsubota, K., Takamizawa, T., Kurokawa, H., Rikuta, A., & Ando, S. (2012). Factors affecting the in vitro performance of dentin-bonding systems. *Japanese Dental Science Review*, 48(1), 53–60. <https://doi.org/10.1016/j.jdsr.2011.11.002>
- Moura, D. M. D., Dal Piva, A. M. de O., do Nascimento Januário, A. B., Veríssimo, A. H., Bottino, M. A., Özcan, M., & Souza, R. O. A. (2020). Repair bond strength of a CAD/CAM nanoceramic resin and direct composite resin: Effect of aging and surface conditioning methods. *Journal of Adhesive Dentistry*, 22(3), 275–283. <https://doi.org/10.3290/j.jad.a44551>
- Nagarkar, S., Theis-Mahon, N., & Perdigão, J. (2019). Universal dental adhesives: Current status, laboratory testing, and clinical performance. *Journal of Biomedical Materials Research - Part B Applied Biomaterials*, 107(6), 2121–2131. <https://doi.org/10.1002/jbm.b.34305>
- Nejatidanesh, F., Amjadi, M., Akouchejian, M., & Savabi, O. (2015). Clinical performance of CEREC AC Bluecam conservative ceramic restorations after five years - A retrospective study. *Journal of Dentistry*, 43(9), 1076–1082. <https://doi.org/10.1016/j.jdent.2015.07.006>
- Opdam, N. J. M., Frankenberger, R., & Magne, P. (2016). From “direct versus indirect” toward an integrated restorative concept in the posterior dentition. *Operative Dentistry*, 41, S27–S34. <https://doi.org/10.2341/15-126-LIT>

- Özcan, M., & Volpato, C. Â. M. (2015). Surface conditioning protocol for the adhesion of resin-based cements to base and noble alloys: How to condition and why? *Journal of Adhesive Dentistry*, *17*(4), 372–373. <https://doi.org/10.3290/j.jad.a34787>
- Özcan, M., & Volpato, C. Â. M. (2016). Surface Conditioning and Bonding Protocol for Nanocomposite Indirect Restorations: How and Why? *The Journal of Adhesive Dentistry*, *18*(1), 82. <https://doi.org/10.3290/j.jad.a35629>
- Özcan, M., & Volpato, C. Â. M. (2016). Surface conditioning and bonding protocol for polymer-infiltrated ceramic: How and why? *Journal of Adhesive Dentistry*, *18*(2), 174–175. <https://doi.org/10.3290/j.jad.a35979>
- Papadopoulos, K., Pahinis, K., Saltidou, K., Dionysopoulos, D., & Tsitrou, E. (2020). Evaluation of the Surface Characteristics of Dental CAD/CAM Materials after Different Surface Treatments. *Materials*, *13*(4), 981. <https://doi.org/10.3390/ma13040981>
- Park, J. H., & Choi, Y. S. (2016). Microtensile bond strength and micromorphologic analysis of surface-treated resin nanoceramics. *Journal of Advanced Prosthodontics*, *8*(4), 275–284. <https://doi.org/10.4047/jap.2016.8.4.275>
- Pavlovi, V. B., Vuli, Z., & Pavlovi, V. P. (2017). Proceedings of the IV Advanced Ceramics and Applications Conference. *Proceedings of the IV Advanced Ceramics and Applications Conference*. <https://doi.org/10.2991/978-94-6239-213-7>
- Perdigão, J. (2007). New Developments in Dental Adhesion. *Dental Clinics of North America*, *51*(2), 333–357. <https://doi.org/10.1016/j.cden.2007.01.001>
- Perdigão, J. (2020). Current perspectives on dental adhesion: (1) Dentin adhesion – not there yet. *Japanese Dental Science Review*, 1–19. <https://doi.org/10.1016/j.jdsr.2020.08.004>
- Peumans, M., Valjakova, E. B., De Munck, J., Mishevskaja, C. B., & Van Meerbeek, B. (2016). Bonding effectiveness of luting composites to different CAD/CAM materials. *Journal of Adhesive Dentistry*, *18*(4), 289–302. <https://doi.org/10.3290/j.jad.a36155>

- Politano, G., Van Meerbeek, B., & Peumans, M. (2018). Nonretentive Bonded Ceramic Partial Crowns: Concept and Simplified Protocol for Long-lasting Dental Restorations. *The Journal of Adhesive Dentistry*, 20(6), 495–510. <https://doi.org/10.3290/j.jad.a41630>
- Ponsoda Carla, V., Trinidad Mario, U., & Andrade Joana, S. (2019). Surface treatment of lithium disilicate with different concentrations of hydrofluoric acid and orthophosphoric acid. *EC Dental Science*, 18(6), 1128–1137.
- Puppini-Rontani, J., Sundfeld, D., Costa, A. R., Correr, A. B., Puppini-Rontani, R. M., Borges, G. A., Sinhorette, M. A. C., & Correr-Sobrinho, L. (2017). Effect of hydrofluoric acid concentration and etching time on bond strength to lithium disilicate glass ceramic. *Operative Dentistry*, 42(6), 606–615. <https://doi.org/10.2341/16-215-L>
- Rekow, E. D., Silva, N. R. F. A., Coelho, P. G., Zhang, Y., Guess, P., & Thompson, V. P. (2011). Performance of dental ceramics: Challenges for improvements. *Journal of Dental Research*, 90(8), 937–952. <https://doi.org/10.1177/0022034510391795>
- Reymus, M., Roos, M., Eichberger, M., Edelhoff, D., Hickel, R., & Stawarczyk, B. (2019). Bonding to new CAD/CAM resin composites: influence of air abrasion and conditioning agents as pretreatment strategy. *Clinical Oral Investigations*, 23(2), 529–538. <https://doi.org/10.1007/s00784-018-2461-7>
- Ritter, A. V, Walter, R., & Lee W., B. (2018). Sturdevant's Art and Science of Operative Dentistry. In *Elsevier* (seventh ed). Elsevier. <https://doi.org/10.1016/C2015-0-05603-9>
- Rohr, N., Flury, A., & Fischer, J. (2017). Efficacy of a universal adhesive in the bond strength of composite cements to polymer-infiltrated ceramic. *Journal of Adhesive Dentistry*, 19(5), 417–424. <https://doi.org/10.3290/j.jad.a39277>
- Romanini-Junior, J. C., Kumagai, R. Y., Ortega, L. F., Rodrigues, J. A., Cassoni, A., Hirata, R., & Reis, A. F. (2018). Adhesive/silane application effects on bond strength durability to a lithium disilicate ceramic. *Journal of Esthetic and Restorative Dentistry*, 30(4), 346–351. <https://doi.org/10.1111/jerd.12387>

- Russo, D. S., Cinelli, F., Sarti, C., & Giachetti, L. (2019). Adhesion to zirconia: A systematic review of current conditioning methods and bonding materials. *Dentistry Journal*, 7(3). <https://doi.org/10.3390/dj7030074>
- Santos, M. J. M. C., Costa, M. D., Rubo, J. H., Pegoraro, L. F., & Santos, G. C. (2015). Current all-ceramic systems in dentistry: a review. *Compendium of Continuing Education in Dentistry (Jamesburg, N.J.: 1995)*, 36(1), 31–37; quiz 38, 40. <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/25822404>
- Sato, T. P., Anami, L. C., Melo, R. M., Valandro, L. F., & Bottino, M. A. (2016). Effects of surface treatments on the bond strength between resin cement and a new zirconia-reinforced lithium silicate ceramic. *Operative Dentistry*, 41(3), 284–292. <https://doi.org/10.2341/14-357-L>
- Sattabanasuk, V., Charnchairerk, P., Punsukumtana, L., & Burrow, M. F. (2016). Effects of mechanical and chemical surface treatments on the resin-glass ceramic adhesion properties. *Journal of Investigative and Clinical Dentistry*, 8(3), 1–9. <https://doi.org/10.1111/jicd.12220>
- Scherer, M. M., Prochnow, C., Venturini, A. B., Pereira, G. K. R., Burgo, T. A. de L., Rippe, M. P., & Valandro, L. F. (2018). Fatigue failure load of an adhesively-cemented lithium disilicate glass-ceramic: Conventional ceramic etching vs etch & prime one-step primer. *Dental Materials*, 34(8), 1134–1143. <https://doi.org/10.1016/j.dental.2018.04.012>
- Sezinando, A. (2014). Looking for the ideal adhesive - A review. *Revista Portuguesa de Estomatologia, Medicina Dentaria e Cirurgia Maxilofacial*, 55(4), 194–206. <https://doi.org/10.1016/j.rpemd.2014.07.004>
- Shetty, R., Shenoy, K., Dandekeri, S., Suhaim, K. S., Ragher, M., & Francis, J. (2015). Resin-matrix ceramics – An overview. *International Journal Of Recent Scientific Research*, 6(11), 7414–7417.
- Sinjari, B., Santilli, M., D'Addazio, G., Rexhepi, I., Gigante, A., Caputi, S., & Traini, T. (2020). Influence of dentine pre-treatment by sandblasting with aluminum oxide in adhesive restorations. An in vitro study. *Materials*, 13(13).

<https://doi.org/10.3390/ma13133026>

- Sofan, E., Sofan, A., Palais, G., Tenore, G., Romeo, U., & Migliaiu, G. (2017). Classification review of dental adhesive systems: from the IV generation to the universal type. *Annali Di Stomatologia*, 8(1), 1. <https://doi.org/10.11138/ads/2017.8.1.001>
- Spitznagel, F. A., Horvath, S. D., Guess, P. C., & Blatz, M. B. (2014). Resin bond to indirect composite and new ceramic/polymer materials: A review of the literature. *Journal of Esthetic and Restorative Dentistry*, 26(6), 382–393. <https://doi.org/10.1111/jerd.12100>
- Stamatacos, C., & Simon, J. F. (2013). Cementation of indirect restorations: an overview of resin cements. *Compendium of Continuing Education in Dentistry (Jamesburg, N.J. : 1995)*, 34(1).
- Stawarczyk, B., Krawczuk, A., & Ilie, N. (2014). Tensile bond strength of resin composite repair in vitro using different surface preparation conditionings to an aged CAD/CAM resin nanoceramic. *Clinical Oral Investigations*, 19(2), 299–308. <https://doi.org/10.1007/s00784-014-1269-3>
- Sulaiman, T. A. (2019). Materials in digital dentistry—A review. *Journal of Esthetic and Restorative Dentistry*, 32(2), 171–181. <https://doi.org/10.1111/jerd.12566>
- Tomaselli, L. de O., de Oliveira, D. C. R. S., Favarão, J., da Silva, A. F., Pires-De-Souza, F. de C. P., Geraldeli, S., & Sinhoreti, M. A. C. (2019). Influence of pre-heating regular resin composites and flowable composites on luting ceramic veneers with different thicknesses. *Brazilian Dental Journal*, 30(5), 459–466. <https://doi.org/10.1590/0103-6440201902513>
- Vargas, M. A., Bergeron, C., & Diaz-Arnold, A. (2011). Cementing all-ceramic restorations: Recommendations for success. *Journal of the American Dental Association*, 142(April), 20S-24S. <https://doi.org/10.14219/jada.archive.2011.0339>
- Venturini, Andressa B., Prochnow, C., May, L. G., Kleverlaan, C. J., & Valandro, L. F. (2018). Fatigue failure load of feldspathic ceramic crowns after hydrofluoric acid

- etching at different concentrations. *Journal of Prosthetic Dentistry*, 119(2), 278–285. <https://doi.org/10.1016/j.prosdent.2017.03.021>
- Venturini, Andressa Borin, Prochnow, C., Rambo, D., Gundel, A., & Valandro, L. F. (2015). Effect of hydrofluoric acid concentration on resin adhesion to a feldspathic ceramic. *Journal of Adhesive Dentistry*, 17(4), 313–320. <https://doi.org/10.3290/j.jad.a34592>
- Vinagre, A., & Ramos, J. (2016). Adhesion in Restorative Dentistry. *Adhesives - Applications and Properties*. <https://doi.org/10.5772/65605>
- Zakir, M., Ashraf, U., Tian, T., Han, A., Qiao, W., Jin, X., Zhang, M., Tsoi, J. K.-H., & Matinlinna, J. P. (2016). The Role of Silane Coupling Agents and Universal Primers in Durable Adhesion to Dental Restorative Materials - a Review. *Current Oral Health Reports*, 3(3), 244–253. <https://doi.org/10.1007/s40496-016-0108-9>
- Zhang, Y., & Kelly, J. R. (2017). Dental Ceramics for Restoration and Metal Veneering. *Dental Clinics of North America*, 61(4), 797–819. <https://doi.org/10.1016/j.cden.2017.06.005>

ANEXOS

Anexo 1 – Autorização para utilização da figura 5, de Magne & Nielsen (2009).



Olga Gresko <olga.gresko.iv@gmail.com>

domingo, 25/10, 05:02 (há 20 horas) ☆

para magne ▾

Good morning,

My name is Olga Gresko and I'm a Dentistry student at Instituto Universitário Egas Moniz in Lisbon. In the context of my master's thesis, the theme of which is about Adhesion Techniques in Indirect Restorations, I would like to ask your permission to use some of the images in your article "Interactions between impression materials and immediate dentin sealing" (2009).

I look forward to your reply.

Best regards,

Olga Gresko



Pascal Christophe Magne

domingo, 25/10, 13:38 (há 11 horas) ☆

para mim ▾

Of course, authorization granted as long as source is appropriately cited. Congratulations. Please share your results. I am curious.

All the best!

PM

Sent from my T-Mobile 5G Device

Get [Outlook for Android](#)

Anexo 2- Autorização para utilização da figura 6, de Politano et al. (2018).



Marleen Peumans <marleen.peumans@gmail.com>

domingo, 25/10, 05:51 (há 19 horas) ☆ ↵

para mim ▾

Dear Olga,

If you add the reference of the article you are allowed do this.

Kind regards,

Marleen Peumans

Prof. Dr. Marleen Peumans

Departement Mondgezondheidswetenschappen| Biomaterialen - BIOMAT

KU Leuven - Departement Mondgezondheidswetenschappen| UZ Leuven - Conserverende Tandheekunde

marleen.peumans@med.kuleuven.be
☎ +32 16 332744 | Secretariaat: +32 16 332459
🌐 <https://pbimed.kuleuven.be/english/research/50000644/>
📍 Campus Sint-Rafaël | Kapucijnenvoer 7| Blok A - box 7001 | BE-3000 Leuven
<http://pbimed.kuleuven.be/english/research/50000644/dentistry/research/research-centers/biomat>

Op 25 okt. 2020, om 05:56 heeft Olga Gresko <olga.gresko.iv@gmail.com> het volgende geschreven:

Good morning,

My name is Olga Gresko and I'm a dentistry student at Instituto Universitário Egas Moniz in Lisbon. In the context of my master's thesis, the theme of which is about Adhesion Techniques in Indirect Restorations, I would like to ask your permission to use some of the images in your article "Nonretentive Bonded Ceramic Partial Crowns: Concept and Simplified Protocol for Long-lasting Dental Restorations".

I look forward to your reply.

Best regards,

Olga Gresko