



INSTITUTO UNIVERSITÁRIO EGAS MONIZ

MESTRADO INTEGRADO EM MEDICINA DENTÁRIA

**IDS COM UM NOVO SISTEMA ADESIVO – CARACTERIZAÇÃO
MORFOLÓGICA**

Trabalho submetido por
Maria Castel-Branco da Silveira de Sena-Esteves
para a obtenção do grau de Mestre em Medicina Dentária

novembro de 2022



INSTITUTO UNIVERSITÁRIO EGAS MONIZ

MESTRADO INTEGRADO EM MEDICINA DENTÁRIA

**IDS COM UM NOVO SISTEMA ADESIVO – CARACTERIZAÇÃO
MORFOLÓGICA**

Trabalho submetido por
Maria Castel-Branco da Silveira de Sena-Esteves
para a obtenção do grau de Mestre em Medicina Dentária

Trabalho orientado por
Prof. Doutora Alexandra Franco Montalegre Pinto Rodrigues

novembro de 2022

Agradecimentos

À minha orientadora, Prof. Doutora Alexandra Pinto, por todo o conhecimento, apoio e simpatia.

Ao Prof. Doutor Mário Polido pela cedência do Laboratório de Biomateriais e equipamentos presentes no mesmo.

Ao Prof. Doutor José João Mendes, por todas as oportunidades que ofereceu ao longo do curso.

Ao Instituto Universitário Egas Moniz por ter sido a minha segunda casa ao longo destes 5 anos, onde criei grandes memórias e amizades.

À Alina, por ter sido a minha companheira incansável neste projeto. E obrigada também e a esta investigação científica que me permitiu conhecê-la.

À Carolina, amiga e colega de box, obrigada por teres estado presente desde o primeiro dia e por todos os momentos inesquecíveis.

À Inês, minha homie. Obrigada por estes 11 anos incríveis de amizade, por estares sempre presente nos bons e maus momentos e por seres capaz de me deixar a rir em qualquer altura.

A todos os amigos que acompanharam este percurso e que o tornaram melhor.

Aos meus pais, irmãos e André, por nunca deixarem de acreditar em mim, por me apoiarem, por me ajudarem a ultrapassar todos os obstáculos, ...por tudo.

Aos meus queridos avós, pelo amor e carinho que sempre me deram, mesmo nos momentos mais difíceis.

E um especial agradecimento à avó Teresa, pela inspiração nas palavras e nas ações, e ao avô Chico, por me ter mostrado o que é ser um herói fora do mundo da ficção. Outra vez juntos, mas agora para a eternidade.

Resumo

Objetivo: Caracterizar e comparar morfológicamente a interface adesiva obtida com diferentes protocolos de *Immediate Dentin Sealing* (IDS) através de Microscopia Eletrónica de Varrimento (MEV).

Materiais e Métodos: Para a realização desta investigação laboratorial foram selecionados vinte e quatro molares permanentes humanos hígidos, extraídos há menos de seis meses do Banco de Dentes da Clínica Universitária Egas Moniz, e distribuídos aleatoriamente em três grupos consoante o protocolo de IDS aplicado: OptiBond™ FL (grupo de controlo) - *etch-and-rinse* de três passos (n=8), Clearfil™ SE Protect (grupo experimental) - *self-etch* de dois passos (n=8) e Clearfil™ SE Protect mais resina composta *flowable* (grupo experimental) (n=8). Cada grupo foi posteriormente dividido em dois subgrupos, de forma a serem estudados em dois tempos diferentes – ao imediato (24h) e após envelhecimento (3 meses). Em todos eles foi realizado o mesmo protocolo inicial, que consistiu no seccionamento dos dentes de forma a expor a dentina e produção da *smear layer* de forma artificial, para aplicação do respetivo protocolo de IDS. Foram aderidas restaurações provisórias em resina bis-acrílica e, posteriormente restaurações indiretas definitivas em resina composta. Por fim, as amostras foram seccionadas em espécimes com dimensões iguais, armazenadas em estufa a 37°C durante o tempo experimental correspondente e analisadas através de MEV, de forma a caracterizar a interface adesiva.

Resultados: Com a análise qualitativa das imagens obtidas por microscopia eletrónica de varrimento verificou-se a presença de uma interface adesiva bem definida, com a criação de uma camada híbrida espessa e uniforme para o IDS com OptiBond™ FL, tanto às 24h como aos 3 meses. No caso do IDS com recurso ao Clearfil™ SE Protect, verificou-se a criação de uma camada híbrida com dimensões muito reduzidas, que se manteve aos 3 meses.

Conclusão: Foram observadas camadas híbridas competentes para todos os grupos estudados, e que mantiveram a sua integridade após 3 meses de exposição direta a saliva artificial.

Palavras-chave: *Immediate dentin sealing*, camada híbrida, interface adesiva, restaurações indiretas

Abstract

Purpose: To characterize and morphologically compare the adhesive interface obtained with different *Immediate Dentin Sealing* (IDS) protocols through Scanning Electron Microscopy (SEM).

Materials and Methods: Twenty-four healthy human permanent molars, were selected to carry out this laboratory investigation, extracted less than six months ago from the Dental Bank of the Clínica Universitária Egas Moniz, and randomly divided into three groups according to the IDS protocol applied: OptiBond™ FL (control group) - three-step *etch-and-rinse* (n=8), Clearfil™ SE Protect (experimental group) - two-step *self-etch* (n=8) and Clearfil™ SE Protect plus *flowable* composite resin (experimental group) (n=8). Each group was later divided into two subgroups, in order to be studied at two different times – immediately (24h) and after aging (3 months). In all of them, the same initial protocol was performed, which consisted of sectioning the teeth in order to expose the dentin and artificially producing the *smear layer*, for the application of the respective IDS protocol. Provisional restorations in bis-acrylic resin were bonded and, later, definitive indirect restorations in composite resin. Finally, the samples were sectioned into specimens with equal dimensions, stored in oven at 37°C during the corresponding experimental time and analyzed by SEM, in order to characterize the adhesive interface.

Results: With the qualitative analysis of the images obtained by scanning electron microscopy, was verified the presence of a well-defined adhesive interface, with the creation of a thick and uniform hybrid layer for the IDS with OptiBond™ FL, both at 24h and at 3 months. In the case of IDS using Clearfil™ SE Protect, a hybrid layer with very small dimensions was created, which was maintained at 3 months.

Conclusion: Competent hybrid layers were observed for all studied groups, which maintained their integrity after 3 months of direct exposure to artificial saliva.

Key words: *Immediate dentin sealing*, hybrid layer, adhesive interface, indirect restorations

ÍNDICE

I. INTRODUÇÃO	13
1. Caracterização e Composição dos Substratos Dentários	15
1.1. Esmalte	15
1.2. Dentina	16
2. Sistemas Adesivos	18
2.1. Sistema Adesivo <i>Etch-and-Rinse</i>	20
2.1.1. Optibond™ FL	21
2.2. Sistema Adesivo <i>Self-Etch</i>	23
2.2.1. Clearfil™ SE Protect	24
2.3. Sistema Adesivo Universal ou Multimodo	26
3. Camada híbrida	27
4. Immediate Dentin Sealing – IDS	28
4.1. Caracterização da Técnica	28
4.2. Vantagens do Selamento Imediato da Dentina	30
5. IDS - Tratamento da Superfície	31
5.1. Óxido de Alumínio revestido por Silica	31
5.2. Silanização	32
6. Microscopia Eletrônica de Varrimento – MEV	33
7. Envelhecimento “ <i>in vitro</i> ”	34
8. Enquadramento	35
II. OBJETIVOS DO ESTUDO	37
III. MATERIAIS E MÉTODOS	39
1. Amostra de estudo	39
2. Materiais	40
3. Preparação das Amostras	43
4. Preparação das Amostras para Análise com MEV	52
IV. RESULTADOS	56
V. DISCUSSÃO	62
VI. CONCLUSÃO	66
VII. PERSPECTIVAS FUTURAS	66
VIII. BIBLIOGRAFIA	68

Índice das Figuras

<i>Figura 1 – “Golden Triangle” que evidencia os três pontos chave para o sucesso da adesão (Adaptado de Banerjee & Green, 2011)</i>	14
<i>Figura 2 – Estratégias adesivas disponíveis na atualidade (Adaptado de Sezinando, 2014).</i>	20
<i>Figura 3 – Imagens exemplificativas da amostra.</i>	39
<i>Figura 4 – Fotopolimerizador COXO modelo DB686 (Froshan COXO Medical Instruments, Guangdong, China).</i>	43
<i>Figura 5 – Disco de resina composta correspondente à restauração indireta produzido com recurso a um “Porcelain Sampler”. Diâmetro do disco de resina composta. Altura do disco de resina composta.</i>	44
<i>Figura 6 – Micrótomo de tecidos duros - Accutom-50, Struers A/S, Ballerup, Denmark. Corte dos dentes no micrótomo de tecidos duros. Dentina coronária média exposta. ..</i>	45
<i>Figura 7 - Máquina polidora LaboPol-4 (Struers A/S, Ballerup, Denmark). Lixa de carbetto de silício (SiC), de grão 600 (grão medio) (Buehler Ltd, Lake Bluff, IL, USA). Simulação da smear layer.</i>	45
<i>Figura 8 – Protocolo de utilização da técnica etch-and-rinse de 3 passos do Optibond™ FL (Kerr Corporation, USA).</i>	46
<i>Figura 9 – Protocolo de utilização da técnica self-etch de 2 passos do Clearfil™ SE Protect (Kuraray Noritake Dental Inc., Tokyo, Japan) + Resina Flowable.</i>	47
<i>Figura 10 – Protocolo de preparação da restauração indireta em resina composta.</i>	49
<i>Figura 11 – Protocolo de preparação da superfície dentária.</i>	49
<i>Figura 12 – Palitos obtidos após secção nas direções X e Y.</i>	50
<i>Figura 13 - Estufa (Mettler INE 400, Scwabach, Germany).</i>	51
<i>Figura 14 – Microscópio Eletrónico de Varrimento (MEV) (ThermoScientific desktop, modelo Phenom ProX G6) e suportes porta-amostras com as respetivas amostras colocadas.</i>	53
<i>Figura 15 – Esquema representativo da preparação das amostras em estudo para análise em MEV.</i>	54
<i>Figura 16 – Grupo controlo às 24h (1000x)</i>	55
<i>Figura 17 – Grupo controlo às 24h (1500x)</i>	55
<i>Figura 18 – Grupo CP_24H (1000x)</i>	55
<i>Figura 19 – Grupo CP_24H (1500x)</i>	55

<i>Figura 20 – Grupo CPF_24H (200x)</i>	56
<i>Figura 21 – Grupo CPF_24H (1500x)</i>	56
<i>Figura 22 – Grupo controlo aos 3 meses (500x)</i>	57
<i>Figura 23 – Grupo controlo aos 3 meses (1000x)</i>	57
<i>Figura 24 – Grupo controlo aos 3 meses (1000x)</i>	57
<i>Figura 25 – Grupo controlo aos 3 meses (1500x)</i>	57
<i>Figura 26 – Grupo CP_3M (500x)</i>	58
<i>Figura 27 – Grupo CP_3M (1000x)</i>	58
<i>Figura 28 – Amostra 1 Grupo CPF_3M (250x)</i>	58
<i>Figura 29 – Amostra 2 Grupo CPF_3M (160x)</i>	58
<i>Figura 30 – Amostra 1 Grupo CPF_3M (1000x)</i>	59
<i>Figura 31 – Amostra 1 Grupo CPF_3M (1000x)</i>	59
<i>Figura 32 – Amostra 2 Grupo CPF_3M (1000x)</i>	59
<i>Figura 33 – Amostra 2 Grupo CPF_3M (1000x)</i>	59
<i>Figura 34 – Constituição do Synergy D6 Flow com partículas de diversas dimensões</i>	64

Índice das Tabelas

<i>Tabela 1 – Materiais utilizados – composição e especificações técnicas.</i>	40
<i>Tabela 2 – Protocolo de utilização da resina Filtek™ Supreme XTE (3M ESPE, St. Paul, Minnesota, USA) para realização das restaurações indiretas.</i>	43
<i>Tabela 3 – Instruções para a realização do IDS com Optibond™ FL (Kerr Corporation, USA) (Protocolo de cimentação de restaurações indiretas IUEM – Departamento de Medicina Dentária Conservadora).</i>	46
<i>Tabela 4 – Instruções para o selamento como pré-tratamento para restauração indireta com Clearfil™ SE Protect (Kuraray Noritake Dental Inc., Tokyo, Japan).</i>	46
<i>Tabela 5 – Instruções para o selamento como pré-tratamento para restauração indireta com Clearfil™ SE Protect (Kuraray Noritake Dental Inc., Tokyo, Japan) + Resina Flowable Synergy® D6 Flow segundo o fabricante.</i>	47
<i>Tabela 6 – Protocolo de preparação da restauração indireta em resina composta (Protocolo de cimentação de restaurações indiretas IUEM – Departamento de Medicina Dentária Conservadora).</i>	48
<i>Tabela 7 – Protocolo de preparação da superfície dentária para a adesão da restauração indireta (Protocolo de cimentação de restaurações indiretas IUEM – Departamento de Medicina Dentária Conservadora).</i>	49
<i>Tabela 8 – Protocolo de preparação das amostras para visualização no MEV.</i>	52

Lista de Siglas

µm	Micrómetros
10-MDP	10-Metacrilóiloxidecil dihidrogênio fosfato
12-MDPB	12-Metacrilóil-óxido-decil-piridinium brometo
ABRZ	<i>Acid-Base Resistant Zone</i>
BHT	Butil-hidroxitolueno
Bis-EMA	Bisfenol-A dimetacrilato etoxilado
Bis-GMA	Glicidil metacrilato de Bisfenol A
CP	Clearfil™ SE Protect
CPF	Clearfil™ SE Protect mais Resina <i>Flowable</i>
CQ	Canforoquinona
GPDM	Glicerol fosfato dimetacrilato
HEMA	Metacrilato de 2-hidroxietilo
IDS	<i>Immediate Dentin Sealing</i>
IST	Instituto Superior Técnico
JAC	Junção amelo-cimentária
MEV	Microscopia Eletrónica de Varrimento
mL	mililitro
mm	Milímetros
MMEP	Ftalato de metacrilóiloxietil
MMPs	Metaloproteinases da matriz
NaF	Fluoreto de sódio
nm	nanómetro
ODMAB	Amina alifática

OFL	Optibond™ FL
PEGDMA	Dimetacrilato de polietilenoglicol
QAC	Amónia quaternária polimerizável
TEGDMA	Dimetacrilato de trietileno glicol
UDMA	Dimetacrilato de uretano

I. INTRODUÇÃO

O objetivo essencial de qualquer restauração adesiva é obter uma adaptação firme e duradoura do material restaurador ao esmalte e à dentina (Perdigão, 2020). No entanto, os fenômenos adesivos são complexos e tecnicamente sensíveis, influenciados pelo substrato e a sua humidade, e pelo tipo de sistema adesivo utilizado e a sua técnica de aplicação, que afeta, invariavelmente, o desempenho clínico das restaurações adesivas (Donassollo et al., 2010). Consequentemente, o principal desafio para os novos adesivos dentários é serem simultaneamente eficazes em ambos os substratos dentários de natureza conflitante, sendo necessário superar algumas barreiras para atingir esse objetivo (Perdigão, 2020).

As diferenças significativas entre os substratos podem resultar em diferentes comportamentos por parte do sistema adesivo a ser utilizado, de tal modo que, o conhecimento do comportamento do substrato, da técnica e do sistema empregado são fundamentais para garantir o sucesso do procedimento (Donassollo et al., 2010).

A retenção micromecânica obtida pela penetração da resina na dentina desmineralizada é o principal mecanismo de adesão da resina à dentina, capaz de influenciar a resistência de união (Albaladejo et al., 2010). Contudo, a adesão à dentina continua a ser o principal desafio na dentisteria adesiva por esta ser imprevisível e difícil de obter de uma forma eficaz e duradoura (Belmar da Costa et al., 2021; Perdigão, 2020).

A infiltração de fibras de colagénio desmineralizadas com resina permite a formação da camada híbrida com *tags* de resina e ramificações laterais adesivas, criando retenção micromecânica da resina ao substrato desmineralizado (Albaladejo et al., 2010). Desta forma, é essencial a criação de uma camada híbrida na interface resina-dentina para obter a adesão adequada entre a resina composta e a dentina (Inoue et al., 2006; A. F. Medeiros et al., 2019). A durabilidade, estabilidade e manutenção desta camada estão intimamente relacionadas à técnica operatória, ao material restaurador utilizado e às características da cavidade oral, entre elas, os fatores físicos (forças oclusais e alterações de temperatura) e os fatores químicos (ação da saliva, fluido dentinário, ação de ácidos alimentares e provenientes de bactérias) (Medeiros et al., 2019).

Estudos mostram que a interface entre a dentina e o material adesivo é aquela com maior fragilidade na restauração (M. A. de Carvalho et al., 2021), sendo que a redução da sua resistência de união é frequentemente acompanhada por alterações morfológicas que

indicam a degeneração parcial ou completa dos seus componentes, ou seja, dos resinas compostas, dos sistemas adesivos e da dentina modificada pelo procedimento adesivo (Medeiros et al., 2019).

A técnica do selamento imediato da dentina, denominada IDS, é descrita na literatura desde os anos 90 e consiste no selamento da dentina exposta obtida após o preparo para restaurações indiretas (F. N. Medeiros et al., 2021). Este tipo de restaurações (mesmo que sejam mais caras e demoradas do que as restaurações diretas) proporcionam uma reduzida contração de polimerização, melhores propriedades estéticas, físicas e mecânicas, morfologia oclusal ideal, contactos interproximais ótimos e compatibilidade de desgaste com os dentes opostos (Samartzi et al., 2021). Porém, é necessário um bom selamento da dentina para que estas tenham sucesso e durabilidade, pelo que, a aplicação da técnica IDS proporciona um enorme número de benefícios e vantagens no desempenho das restaurações indiretas, com resultados estatisticamente significativos em termos de aumento da longevidade da restauração, melhoria da força de união, resistência à fratura, redução da sensibilidade pós-operatória e da formação de *gaps* (F. N. Medeiros et al., 2021).

A adesão bem-sucedida requer um completo entendimento e controle de três fatores intimamente relacionados, que representam o "Golden Triangle" (Figura 1) para uma ligação bem-sucedida: 1. O substrato dentário a ser aderido; 2. A química do adesivo utilizado; e 3. O manuseio clínico do sistema adesivo e paciente (Green & Banerjee, 2011).

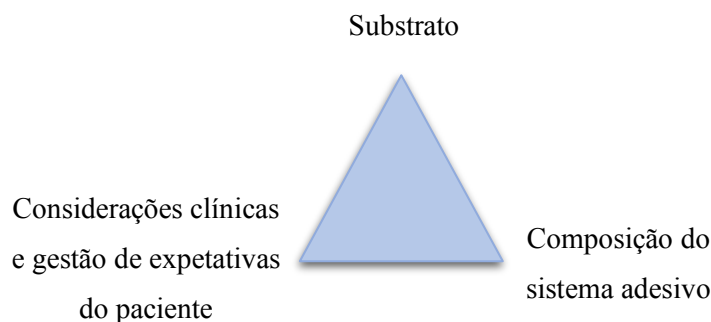


Figura 1 – “Golden Triangle” que evidencia os três pontos chave para o sucesso da adesão

(Adaptado de Banerjee & Green, 2011)

É, por isso, essencial continuar as pesquisas para aumentar o conhecimento sobre a adesão dentinária, analisando todas as características e propriedades dos constituintes da mesma, para permitir uma melhoria substancial no desempenho dos adesivos dentinários, de forma a alcançar uma maior força de união e, conseqüentemente, restaurações mais duradouras (K. L. Van Landuyt et al., 2007). Uma boa compreensão desta problemática ajudará os Médicos Dentistas a escolher qual a estratégia mais apropriada para a sua prática clínica (K. L. Van Landuyt et al., 2007).

1. Caracterização e Composição dos Substratos Dentários

1.1. Esmalte

O esmalte é composto por uma estrutura altamente mineralizada – cristais de hidroxiapatite (porção inorgânica - 96% da sua estrutura) – com fortes ligações intermoleculares e alta energia de superfície, é constituído ainda por água e material orgânico (4% da sua estrutura) (Sezinando, 2014).

A adesão ao esmalte é considerada mais confiável, satisfatória e eficaz do que a adesão à dentina, proporcionando maiores valores de resistência e durabilidade de união, pelo facto de este substrato ser um tecido fisiologicamente homogêneo e altamente mineralizado, com uma elevada força intermolecular e uma alta energia de superfície após condicionamento ácido (Abad-Coronel et al., 2019; Donassollo et al., 2010; Leloup et al., 2001; Medeiros et al., 2021).

Apesar dos diferentes modelos de condicionamento do esmalte, a união clínica é considerada estável (Donassollo et al., 2010). Esta estabilidade é possível através do processo de adesão que se inicia com o condicionamento ácido do esmalte, que limpa e desmineraliza parcialmente a sua superfície, transformando-a de lisa em rugosa, cria microporosidades e aumenta a energia de superfície. Procedimento tal que capacita a penetração da resina para o interior das irregularidades e microporosidades do esmalte, formando *microtags* de resina (após a sua polimerização) que garantem uma retenção micromecânica estável (Donassollo et al., 2010; Rosa et al., 2015).

1.2. Dentina

A adesão à dentina é mais complexa do que a adesão ao esmalte, devido à natureza e composição desse substrato, sendo cada vez mais estudada pelo facto de continuar a ser um desafio na prática clínica (Donassollo et al., 2010; Leloup et al., 2001; Sezinando, 2014; Vasconcelos e Cruz et al., 2020).

O substrato dentinário é poroso, húmido, muito heterogénio e dinâmico, composto por cristais de hidroxiapatite (porção inorgânica - 50% da sua constituição) embebidos numa matriz proteica de colagénio (porção orgânica - 30% da sua constituição), sendo intrinsecamente húmido (20% da sua constituição é água), com baixa força intermolecular e energia de superfície (Abad-Coronel et al., 2019; Donassollo et al., 2010; Pashley et al., 2011; Sezinando, 2014; Vasconcelos e Cruz et al., 2020). A sua estrutura sofre alterações com o avanço da idade do paciente, condição da polpa e profundidade da cavidade (se aplicável), participando num processo de envelhecimento fisiológico que leva ao aumento da espessura da dentina e à diminuição da sua permeabilidade (Donassollo et al., 2010; Sezinando, 2014). Assim, há um aumento da sensibilidade do procedimento e, conseqüentemente, a obtenção de uma adesão consistente está comprometida (Abad-Coronel et al., 2019; Albaladejo et al., 2010; Donassollo et al., 2010; Green & Banerjee, 2011; Vasconcelos e Cruz et al., 2020).

A adesão à dentina é obtida pela retenção mecânica dos monómeros adesivos dentro da camada híbrida e dos túbulos dentinários (Vasconcelos e Cruz et al., 2020), pelo que, a durabilidade desta adesão depende da penetração efetiva dos monómeros adesivos na rede de colagénio (Oro & Carlini, 2008). Assim, as áreas desmineralizadas da dentina onde houve uma infiltração insuficiente do adesivo ficam com fibras de colagénio expostas e, conseqüentemente, mais suscetíveis aos processos de degradação da interface adesiva, resultando numa força de ligação reduzida ((Donassollo et al., 2010; Oro & Carlini, 2008)).

Uma vez que os túbulos dentinários são abertos, como resultado de preparos dentários, estes agem como canais que transmitem estímulos químicos e bacterianos para a polpa (Carrigan et al., 1984), o que põe em risco a vitalidade do dente, podendo desencadear sensibilidade dentária e potencial dano pulpar durante o estadió provisório se a dentina exposta não for protegida ou se o selamento da mesma for inadequado (Sahin

et al., 2012; Samartzi et al., 2021; Van den Breemer, Özcan, Cune, et al., 2019). Assim sendo, o revestimento da dentina deve ser realizado imediatamente após a sua instrumentação, considerando ainda o facto da dentina recém-cortada ser o substrato ideal para os procedimentos adesivos (Brigagão et al., 2016; Sahin et al., 2012; Van den Breemer, Özcan, Cune, et al., 2019).

No esmalte, graças à sua composição inorgânica, o condicionamento ácido permite a penetração profunda dos monómeros adesivos, dando-se a formação de *tags* resinosos que permitem a adesão (Medeiros et al., 2019). Já na dentina, a adesão é conseguida pelo princípio da adesão dentinária, que consiste na formação de uma camada híbrida, que se forma através da penetração de monómeros adesivos no substrato dentinário em resultado da desmineralização da dentina e da exposição da rede de colagénio, provocadas pelo condicionamento ácido. No entanto, para que esta camada se forme eficazmente, os monómeros adesivos resinosos devem penetrar completamente nas fibras de colagénio expostas pelo condicionamento ácido, pelo que o controlo da humidade é considerado um fator crítico (Magne, 2005; Medeiros et al., 2019). Deste modo, a obtenção de uma camada híbrida coesa, contínua e homogénia é essencial para o sucesso da adesão e influencia a força de união (Albaladejo et al., 2010; Green & Banerjee, 2011). Assim sendo, conclui-se que a qualidade da camada híbrida está diretamente relacionada com a durabilidade da adesão à dentina, por ser responsável pela união entre a superfície adesiva e a dentina subjacente (Yoshiyama et al., 1996).

De entre os fatores que reduzem a longevidade da interface adesiva estão incluídos a impregnação insuficiente da resina na dentina, a alta permeabilidade da interface adesiva, a polimerização inconcluída, a separação de fases e a ativação de enzimas colagenolíticas endógenas (Breschi et al., 2008). A nanoinfiltração é caracterizada pela penetração incompleta de resina na dentina desmineralizada pelo ataque ácido, o que reduz a resistência de união e promove a penetração de água nestes espaços nanométricos (Donassollo et al., 2010), podendo ser o caminho para a degradação das ligações resina/dentina ao longo do tempo (Sano, 2006). Por esta razão, o ataque ácido em excesso deve ser evitado, não apenas para evitar a possibilidade de uma impregnação de resina prejudicada que aumenta a nanoinfiltração, mas também para manter a matriz dentinária estruturalmente íntegra (Breschi et al., 2008).

Por conseguinte, para melhorar a longevidade da adesão as técnicas de impregnação de resina devem ser aprimoradas, deve-se promover o recobrimento

hidrofóbico da resina hígida, o tempo de fotopolimerização deve ser prolongado para permitir uma melhor polimerização do adesivo e assim diminuir a permeabilidade, e não dispensar a utilização do *primer* para aumentar a estabilidade das fibras de colagénio dentro da camada híbrida inibindo a atividade colagenolítica intrínseca da dentina humana (Breschi et al., 2008).

2. Sistemas Adesivos

Quando um dente é preparado com um instrumento de corte, a sua superfície fica coberta por uma camada de detritos, sendo esta denominada de *smear layer* (Sezinando, 2014). A *smear layer* é formada principalmente por cristais de hidroxiapatite e colagénio desnaturado, provocando o preenchimento dos túbulos dentinários com *smear plugs*. Esta camada atua como barreira física reduzindo a permeabilidade da dentina em 86%. No entanto, é permeável devido aos seus canais que permitem o fluxo do fluido dentinário presente nos mesmos (Sezinando, 2014). De tal modo que, as estratégias adesivas dependem de como os sistemas adesivos interagem com a *smear layer*, se a removem ou se a tornam permeável (Sezinando, 2014).

Os sistemas adesivos atuais (representados na Figura 2) interagem com os substratos dentários usando dois tipos de estratégia, ou removendo a *smear layer* (técnica *etch-and-rinse*) ou mantendo-a como elemento da adesão (técnica *self-etch*) (Breschi et al., 2008). A principal diferença entre estes dois tipos de técnicas consiste no uso de uma etapa de condicionamento ácido preliminar em separado, que é lavado de seguida, para os sistemas *etch-and-rinse* e que, no caso dos sistemas *self-etch* é substituída pelo autocondicionamento proporcionado pelo *primer* (monómero ácido), que desmineraliza e, simultaneamente infiltra-se na superfície dentária. Apesar das diferenças no tipo de condicionamento utilizado, as outras etapas fundamentais para a adesão são semelhantes para ambas as técnicas, sendo elas o *priming* e o *bonding*, que podem ser feitos em separado ou combinados consoante o sistema (Breschi et al., 2008; Sarr et al., 2010).

Os sistemas adesivos *etch-and-rinse* podem ser de três ou duas etapas, dependendo se o *primer* e o *bond* estão separados ou combinados num único frasco, e os sistemas adesivos *self-etch* podem ser de duas ou uma etapa, dependendo se o *primer* está

separado ou combinado com o adesivo (Breschi et al., 2008). No entanto, ambos os sistemas apresentam como principal objetivo a adesão entre o material restaurador e o substrato dentário de forma eficaz, proporcionando o selamento infalível e estável das margens restauradoras (Oro & Carlini, 2008).

Os sistemas adesivos atuais geralmente incluem na sua composição: Bis-GMA, que é um monómero responsável pela formação da rede polimérica, garantindo a resistência adesiva; HEMA, que age como diluente para permitir uma boa consistência e infiltração do material; 10-MDP, que é um monómero funcional responsável pela união química à estrutura dentinária (apenas presente nos sistemas adesivos *self-etch* e universais); água, para ionização de monómeros funcionais, hidratação da rede de colagénio e redução da viscosidade do material; e etanol e/ou acetona como solvente (F. N. Medeiros et al., 2021).

Apesar das melhorias significativas dos sistemas adesivos, a interface adesiva continua a ser a área mais fraca após restauração dentária, sendo comum encontrar descolorações marginais, má adaptação marginal e subsequente perda de retenção da restauração quando esta interface dentina/adesiva está exposta à cavidade oral (Breschi et al., 2008). Pelo que, após o condicionamento ácido e aplicação do sistema adesivo na dentina desmineralizada, se a rede de colagénio ficar exposta por não estar totalmente infiltrada pelos monómeros resinosos do adesivo, esta fica desprotegida e mais suscetível ao processo de degradação por enzimas da matriz extracelular, as metaloproteínases (MMPs), que permanecem presas no interior da dentina após a sua formação (Medeiros et al., 2019). Assim, existe uma necessidade de inibir a ação das MMPs, o que permite a diminuição da nanoinfiltração, o aumento da integridade da camada híbrida e da durabilidade da força de adesão (A. F. Medeiros et al., 2019).

Outro dos desafios da adesão de hoje em dia, consiste na deterioração da camada híbrida como resultado da degradação hidrolítica da interface adesiva (Beltrami et al., 2016; Perdigão et al., 2013; Tjäderhane et al., 2013; K. Van Landuyt et al., 2005). O processo de degradação surge não só da hidrólise das fibras de colagénio, através da absorção de água associada às propriedades hidrofílicas dos sistemas adesivos, mas também da degradação dos monómeros de resina (Perdigão et al., 2013; Tjäderhane et al., 2013; K. Van Landuyt et al., 2005; Van Meerbeek et al., 2010). É a água proveniente da polimerização incompleta dos monómeros e/ou da evaporação incompleta dos solventes que permite o processo de absorção de água e, conseqüentemente a degradação

hidrolítica (Tay & Pashley, 2003). Processo tal que compromete resistência adesiva e a durabilidade da interface adesiva a longo prazo (Beltrami et al., 2016; Perdigão et al., 2013; Tjäderhane et al., 2013; K. Van Landuyt et al., 2005).

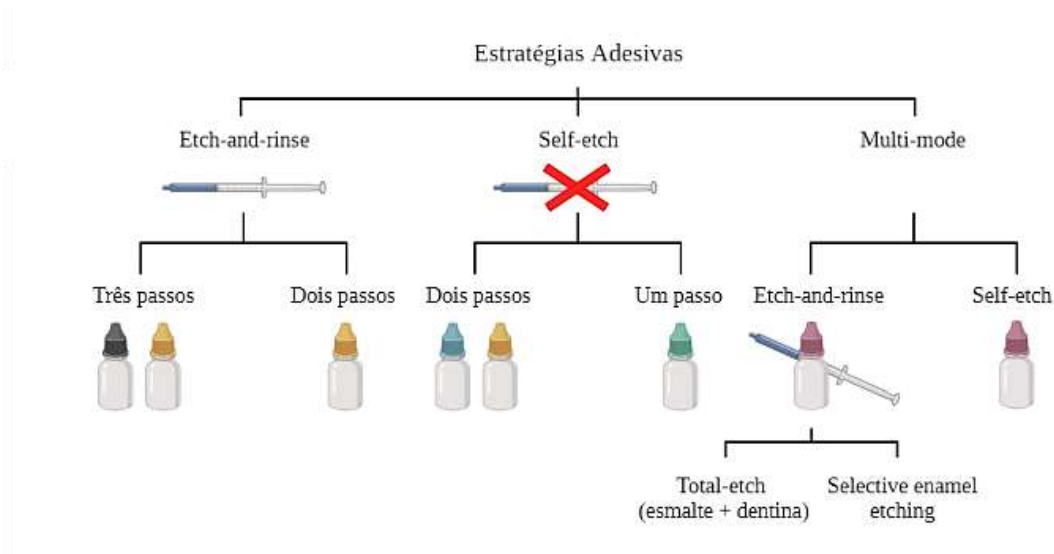


Figura 2 – Estratégias adesivas disponíveis na atualidade (Adaptado de Sezinando, 2014).

2.1. Sistema Adesivo *Etch-and-Rinse*

Os sistemas adesivos *etch-and-rinse* incluem dois tipos de adesivos consoante o número de passos envolvidos, três ou dois, dependendo se o *primer* e o *bond*/adesivo vêm separados ou combinados num único frasco, respetivamente (Sezinando, 2014; Silva e Souza et al., 2010). Sendo que, esta estratégia adesiva exige sempre o condicionamento ácido em separado (Abad-Coronel et al., 2019; Silva e Souza et al., 2010).

No sistema adesivo de três passos, após o condicionamento com ácido fosfórico e a sua remoção com água abundante, é aplicado o *primer* (com monómero funcional hidrofílico) cujo solvente é evaporado através da utilização de um jato de ar, sendo de seguida aplicado o *bond*/adesivo que é polimerizado. No sistema de dois passos, após o condicionamento com ácido fosfórico e a sua limpeza com água em abundância, o esmalte e a dentina são simultaneamente preparados com *primer* e *bond* (que se encontram em conjunto no mesmo frasco), seguindo a sua secagem e polimerização (Sezinando, 2014).

Todavia, os adesivos *etch-and-rinse* de três passos têm uma melhor *performance* e são mais duradouros do que os de dois passos (Pashley et al., 2011; Sezinando, 2014).

O ácido fosfórico utilizado no condicionamento ácido tem uma concentração entre os 30 e os 40% com um pH entre 0.1 e 0.4, o que permite eliminar a maioria das bactérias residuais e condicionar o esmalte e a dentina em simultâneo (Pashley et al., 2011; Sezinando, 2014).

No esmalte, o condicionamento ácido é um procedimento clínico amplamente aceite devido à sua estrutura química e ao facto de aumentar o tempo de vida útil das restaurações em resina composta, aumentando a força de ligação resina-esmalte e diminuindo a possibilidade de coloração marginal, lesão de cárie secundária e sensibilidade pós-operatória (Pashley et al., 2011; Silva e Souza et al., 2010). Neste, o ácido fosfórico promove a desmineralização dos cristais de hidroxiapatite, criando macro e microporosidades, que após infiltradas com monómeros de resina formam microretenções que permitem a ligação resina-esmalte protegendo a interface resina-dentina contra a degradação (Sezinando, 2014). Na dentina, a *smear layer* é removida e a dentina peri e intertubular é desmineralizada promovendo a abertura dos túbulos dentinários, a criação de porosidades nanométricas dentro da matriz fibrilar de colagénio subjacente e a exposição da rede de fibras de colagénio superficial, cujo colapso é impedido pela presença de água (Pashley et al., 2011; Sezinando, 2014).

Aquando da promoção da adesão dentinária, este tipo de sistemas criam uma maior profundidade de desmineralização da dentina que os *self-etch*, permitindo que a infiltração do adesivo forme uma camada híbrida espessa. No entanto, esta técnica apresenta maior risco de desidratação da dentina e colapso das fibras de colágeno (Vasconcelos e Cruz et al., 2020).

2.1.1. Optibond™ FL

O Optibond™ FL é um sistema adesivo *etch-and-rinse* de três passos, presente no mercado há mais de 25 anos (Van Meerbeek et al., 2020), considerado o *gold standard* dos sistemas adesivos pelas ótimas propriedades que possui: elevada resistência adesiva à microtração, alto nível de proteção contra a microinfiltração, elevado grau de conversão, ideal para o selamento imediato da dentina por possuir carga (com uma espessura de filme

uniforme de cerca de 88 μm) na sua composição e mostrar ter uma grande e imediata adesão a este substrato (Bahillo et al., 2013; Jang et al., 2016; Loguercio et al., 2014; Magne, 2005; Perdigão, 2010; Sarr et al., 2010; Sezinando, 2014; Van den Breemer, Özcan, Pols, et al., 2019; Van Meerbeek et al., 2020). Este sistema contém 48% de pérolas de bário de 0,6 μm e é radiopaco (Kerr, 1995). O adesivo fornece uma verdadeira “ligação estrutural” que não se encontra em sistemas adesivos sem carga e, para além disso, transporta os agentes promotores da adesão num solvente à base de etanol, pelo que, não necessita da aplicação de várias camadas (Kerr, 1995).

Na sua constituição, o Optibond™ FL, apresenta o monómero funcional HEMA, que graças à sua hidrofiliçidade, desempenha um papel importante no processo de hibridização hidratando e infiltrando efetivamente a superfície, sendo um excelente promotor de adesão, aumentando a força de ligação (Silva e Souza et al., 2010). Em virtude de seu baixo peso molecular, é capaz de se difundir no substrato com mais facilidade e ultrapassar a barreira hidrofílica, permitindo que a resina não preenchida se ligue à estrutura do dente (Green & Banerjee, 2011; Loguercio et al., 2014; Van Meerbeek et al., 2020).

Este sistema adesivo possui, ainda, na sua composição o monómero hidrofílico GPDM, que se infiltra na superfície dentinária, contribuindo para a desmineralização e posterior impregnação dos monómeros hidrofóbicos existentes no *primer*, nos túbulos dentinários, formando *resin tags*, por meio do seu grupo funcional fosfato que estabelece uma ligação química ao cálcio dos cristais de hidroxiapatite (Bahillo et al., 2013; Drobac et al., 2015; Jang et al., 2016; Sarr et al., 2010; Van Meerbeek et al., 2020).

Portanto, os excelentes resultados experimentais e clínicos obtidos com o Optibond™ FL, podem ser justificados, pelo menos em parte, pela penetração efetiva do monómero GPDM no colagénio exposto. Além disso, este monómero apresenta dois grupos de metacrilato, que o permitem polimerizar mais eficazmente com outros comonomeros e formar uma rede polimérica melhor do que os monómeros HEMA e 10-MDP (Bahillo et al., 2013; Drobac et al., 2015; Jang et al., 2016; Sarr et al., 2010; Van Meerbeek et al., 2020).

2.2. Sistema Adesivo *Self-Etch*

Para ultrapassar os problemas associados à profundidade de dentina desmineralizada por condicionamento ácido e infiltração de resina característicos da utilização de adesivos *etch-and-rinse*, foi introduzida uma abordagem menos sensível e mais fácil de utilizar, os sistemas adesivos de autocondicionamento - *self-etch* - que visam a simplificação e redução do tempo de aplicação sem necessariamente reduzir a qualidade da interface adesiva (Brigagão et al., 2016; Sezinando, 2014).

Os sistemas adesivos autocondicionantes podem ser de dois ou um passo (Silva e Souza et al., 2010). Quando são de dois passos, o esmalte e a dentina são simultaneamente condicionados e tratados por um *primer* ácido autocondicionante e de seguida efetua-se a aplicação de uma resina adesiva (resina hidrofóbica), que deve ser polimerizada. Já os sistemas *self-etch* de apenas um passo condicionam, preparam e infiltram o substrato numa só etapa antes da polimerização, contendo o *primer* ácido e a resina adesiva hidrofóbica unidos em uma solução autocondicionante (Sezinando, 2014).

Na promoção da adesão dentinária, com a utilização dos adesivos *self-etch*, o grau de desmineralização é mais superficial e a camada híbrida mais fina, por não ser necessária a etapa adicional de lavagem e secagem após condicionamento ácido, tal como acontece aquando da utilização dos sistemas *etch-and-rinse*. No entanto, este protocolo reduz o risco de contaminação da superfície, eliminando problemas de sub-secagem ou secagem excessiva, melhorando assim o controlo da humidade dentinária e, para além disso, mantém uma maior disponibilidade de conteúdo de cálcio para ligação química com monómeros funcionais específicos, que estão incluídos na composição química dos adesivos (Sarr et al., 2010; Vasconcelos e Cruz et al., 2020).

Considerando a adesão à dentina, os monómeros ácidos, presentes no *primer*, condicionam a estrutura dentária desmineralizando-a e, simultaneamente, fornecem monómeros que se infiltram na matriz preenchendo as porosidades formadas como resultado do efeito autocondicionante, mantendo a *smear layer* que por sua vez é penetrada, dissolvida e incorporada à interface adesiva final (Breschi et al., 2008; Brigagão et al., 2017; Donassollo et al., 2010; Green & Banerjee, 2011; Silva e Souza et al., 2010). Por este motivo, a camada condicionada e a camada preenchida por resina são

a mesma, não existindo diferença na profundidade de penetração entre o ácido e os monómeros do adesivo, pelo que a possibilidade de discrepâncias entre os dois processos e, conseqüentemente, a presença de uma área de fibras de colagénio expostas desprotegidas e a ocorrência de nanoinfiltração são significativamente reduzidas (Breschi et al., 2008; Choi & Cho, 2010; A. F. Medeiros et al., 2019; Silva e Souza et al., 2010). Porém, no caso da adesão ao esmalte, a sua força de união adesiva, qualidade das margens das restaurações e estabilidade a longo prazo é inferior nos sistemas adesivos *self-etch*, quando comparada com uma estratégia *etch-and-rinse* (Medeiros et al., 2019).

Tendo em conta o que foi anteriormente referido, os sistemas adesivos autocondicionantes, em comparação com os sistemas adesivos de condicionamento total, possuem as seguintes vantagens: técnica menos sensível devido à ausência da etapa de condicionamento ácido; desmineralização em simultâneo com a infiltração da resina, gerando uma camada híbrida mais homogénea; menor sensibilidade pós-operatória, devido à não remoção da *smear layer* que origina *tags* dentro dos túbulos dentinários que funcionam como barreira à movimentação dos fluidos; disponibiliza cristais de hidroxiapatite para a adesão química dos monómeros funcionais ao cálcio, contribuindo para a estabilidade da interface adesiva a longo prazo (Brigagão et al., 2016).

2.2.1. Clearfil™ SE Protect

O Clearfil™ SE Protect (Kuraray, 2014) é um adesivo *self-etch* de dois passos que consiste num *primer* anti-bacteriano auto-cauterizante, que trata simultaneamente a dentina e o esmalte, e num agente de adesão libertador de fluoreto. Este apresenta na sua constituição o monómero funcional 10-MDP responsável pela durabilidade a longo prazo e alta força de ligação (Spencer et al., 2010; Tian et al., 2016; Van Meerbeek et al., 2020); o monómero funcional 12-MDPB responsável pela ação antibacteriana e protetora (Imazato et al., 2003; Muratovska et al., 2018); o monómero HEMA promotor de adesão (Silva e Souza et al., 2010); e também partículas reativas de fluoreto de sódio de superfície tratada, capazes de libertar fluoreto ao longo do tempo enquanto as propriedades físicas da interface adesiva, incluindo a resistência, são mantidas (Imazato et al., 2003; Tezvergil-Mutluay et al., 2015). O adesivo parece assim cumprir os requisitos para formar uma camada híbrida mais resistente e reforçada, que pode proteger a dentina (Inoue et al., 2006).

O monómero funcional 10-MDP liga-se ionicamente ao cálcio da hidroxiapatite através de uma ligação intensa e estável (Aguiar et al., 2012; Sarr et al., 2010; Sezinando, 2014; Van Meerbeek et al., 2010), contribuindo para o fortalecimento da adesão química à dentina e, conseqüentemente, para a formação de uma interface adesiva mais resistente à degradação e quebra hidrolítica, graças à prevenção da micro e nanoinfiltração que mantém as restaurações seladas por mais tempo (Sarr et al., 2010; Sezinando, 2014; Silva e Souza et al., 2010; Vasconcelos e Cruz et al., 2020). Assim, este monómero é capaz de criar camadas híbridas mais estáveis ao longo do tempo e produzir melhores resultados de resistência de união (Spencer et al., 2010; Tian et al., 2016; Van Meerbeek et al., 2020).

O monómero 12-MDPB é um poderoso agente antibacteriano, que contém um grupo químico composto de amônio quaternário (QAC), com um grupo metacrilato na extremidade oposta, capaz de inibir metaloproteinases de matriz (MMPs) (Belmar da Costa et al., 2021; Imazato et al., 2006; Tezvergil-Mutluay et al., 2011), assim, este monómero é considerado benéfico para o desempenho das ligações adesivas a longo prazo (Sarr et al., 2010), melhorando a durabilidade de união do sistema adesivo e, conseqüentemente, fornecendo proteção à camada híbrida (Muratovska et al., 2018), aumentando a longevidade das restaurações (Hashimoto et al., 2018). Para além disso, o 12-MDPB é capaz de copolimerizar com outros monómeros dentro da matriz orgânica, possibilitando um efeito inibidor contra os *Streptococcus Mutans*, um dos principais agentes patogénicos dentários (Muratovska et al., 2018), sem comprometer a interface adesiva (Belmar da Costa et al., 2021).

O monómero HEMA tem sido utilizado como promotor de adesão na maioria dos sistemas *self-etch* devido a algumas características que apresenta, entre elas a sua capacidade para aumentar a força de adesão à microtracção (Silva e Souza et al., 2010) e para facilitar a penetração das resinas adesivas na *smear layer*/colagénio exposto (Albaladejo et al., 2010; Yoshiyama et al., 1996), graças à permeabilidade adesiva que este monómero fornece ao adesivo ao ser capaz de absorver grandes quantidades de água que eventualmente permanecem retidas na interface resina/dentina (Sahin et al., 2012).

A incorporação de partículas reativas de fluoreto de sódio de superfície tratada permite melhorar e potenciar as propriedades do adesivo (Belmar da Costa et al., 2021; Imazato et al., 2003; Tezvergil-Mutluay et al., 2015), através da libertação de flúor ao longo do tempo capaz de remineralizar a superfície com a formação e deposição de fluorapatite (Viana et al., 2020; Kuraray, 2014), protegendo e reforçando a dentina

subjacente e, conseqüentemente, defendendo a camada híbrida da degradação prematura (Belmar da Costa et al., 2021; Viana et al., 2020).

Na sequência de um novo desafio ácido futuro, dá-se a formação de uma camada de resistência ácido-base (ABRZ), encontrada abaixo da camada híbrida (Inoue et al., 2006; Nikaido et al., 2021), que desempenha um papel importante na proteção da dentina subjacente, na prevenção de cáries, selamento das margens e promoção da durabilidade das restaurações (Inoue et al., 2006; Nikaido et al., 2009, 2011, 2021; Waidyasekera et al., 2009). Esta camada tem uma estrutura semelhante à dentina, possuindo cristais de hidroxiapatite, no entanto é mais resistente ao ácido-base do que a dentina normal, sendo denominada de “super dentina” (Nikaido et al., 2011). A sua formação depende do sistema adesivo, da libertação de flúor, da capacidade de penetração dos monómeros na dentina, da polimerização e da qualidade da camada híbrida (Inoue et al., 2006; Nikaido et al., 2021; Tsuchiya et al., 2004).

2.3. Sistema Adesivo Universal ou Multimodo

Os sistemas adesivos universais, introduzidos em 2011, são considerados bastante versáteis na medida em que permitem que o operador decida qual o protocolo adesivo mais indicado, tendo em conta a especificidade de cada situação clínica (Perdigão, 2020; Sezinando, 2014). Estes novos adesivos de aplicação única foram desenvolvidos com o intuito de facilitar, acelerar e simplificar o procedimento clínico (Beltrami et al., 2016; Chen et al., 2015; Perdigão et al., 2014). Assim, estes sistemas adesivos, quando usados com uma estratégia *self-etch* combinam o condicionamento, o tratamento da dentina com o *primer* e o adesivo num único passo, mas podem também ser usados com uma estratégia *etch-and-rinse* ou *selective enamel etching* (Sezinando, 2014; Vasconcelos e Cruz et al., 2020).

Se utilizado através da estratégia *etch-and-rinse*, o ácido pode ser aplicado pela técnica *selective enamel etching*, ou através da técnica *total-etch*, onde se condiciona tanto o esmalte como a dentina (Alex, 2015; Perdigão, 2020; Sezinando, 2014; Van Meerbeek et al., 2020). Se for utilizada a técnica de *self-etch* utiliza-se apenas um passo (Sezinando, 2014; K. L. Van Landuyt et al., 2007). Contudo, a fim de funcionar como sistema *self-etch*, estes sistemas apresentam um elevado teor de água na sua composição para permitir a ionização de monómeros ácidos, o que favorece a degradação da interface adesiva (Perdigão & Swift, 2015).

3. Camada híbrida

A camada híbrida forma-se da infiltração e polimerização dos monómeros adesivos entre as fibras de colagénio expostas do processo de desmineralização parcial da dentina (Belmar da Costa et al., 2021; Donassollo et al., 2010; Pashley et al., 2011; Sano, 2006; Vasconcelos e Cruz et al., 2020), pelo que consiste numa mistura de matriz orgânica de dentina, cristais residuais de hidroxiapatite, monómeros e solventes de resina (Breschi et al., 2008), cujo envelhecimento pode afetar cada um dos seus componentes individuais o que também pode acontecer por combinações sinérgicas de fenómenos de degradação que ocorrem dentro da própria camada híbrida (Breschi et al., 2008). Esta camada desempenha um papel essencial na retenção das restaurações na medida em que a adesão é criada pela impregnação de monómeros de resina no substrato dentinário e a estabilidade da interface adesiva depende da criação de uma camada híbrida compacta e homogénea capaz de melhorar a resistência de união (Breschi et al., 2008; Choi & Cho, 2010; Hardan et al., 2022).

A estabilidade desta camada é crítica para a eficácia de união, contudo, a principal razão para a falha tem sido atribuída à presença de água e componentes ácidos que aumentam a degradação enzimática e hidrolítica da camada híbrida recém-formada (Vasconcelos e Cruz et al., 2020).

Por um lado, a presença de água na dentina, após condicionamento ácido, é necessária para a expansão das fibras de colagénio, impedindo o seu colapso, e possibilita a infiltração dos monómeros adesivos nos espaços interfibrilares ao longo da dentina, resultando na formação da camada híbrida (Oro & Carlini, 2008; Vasconcelos e Cruz et al., 2020). Por outro lado, quando a água presente no solvente não é totalmente removida, formam-se canais de dentina cheios de água, o que resulta numa polimerização sub-ótima do adesivo devido à água residual dentro da camada híbrida e da camada adesiva, formando-se pequenas regiões ricas em água e pobres em resina no interior da camada híbrida polimerizada (Pashley et al., 2011; Sezinando, 2014). Desta forma, verifica-se que a presença de água residual reduz o grau de conversão dos adesivos, provocando piores propriedades mecânicas e, conseqüentemente, menor resistência de união (Sezinando, 2014). Para além disso, o excesso de água também causa hidrólise dos componentes hidrofílicos da interface adesiva, o que leva à degradação de resina

comprometendo igualmente a resistência de união a longo prazo (Silva e Souza et al., 2010; Vasconcelos e Cruz et al., 2020).

4. Immediate Dentin Sealing – IDS

4.1. Caracterização da Técnica

A exposição dentinária, como resultado de preparos dentários, inicia uma rede de contaminações que pode levar à inflamação da polpa, ao fracasso dos procedimentos adesivos e ao aumento da sensibilidade pós-operatória (F. N. Medeiros et al., 2021; Qanungo et al., 2016). Assim sendo, é essencial proteger a estrutura dentinária da contaminação pelos fluidos orais e materiais de impressão ou provisórios, uma vez que a dentina recém-cortada é o melhor substrato para realização dos processos adesivos (M. A. de Carvalho et al., 2021; Magne, 2005; Magne et al., 2007). Esta situação é alcançada pela aplicação da técnica do Selamento Imediato da Dentina (IDS) (Hardan et al., 2022; Santana et al., 2016).

O IDS consiste na aplicação de um sistema adesivo diretamente sobre a dentina imediatamente após o preparo do dente e antes dos processos de impressão e cimentação, podendo estar associado, ou não, ao recobrimento deste sistema com resina composta *flowable* (M. A. de Carvalho et al., 2021; Hardan et al., 2022; F. N. Medeiros et al., 2021). Como resultado deste procedimento, dá-se a formação da camada híbrida que contribui para o selamento hermético dos túbulos dentinários e para a adesão a uma dentina recém-cortada e não contaminada, ideal para uma união eficaz e duradoura (Brigagão et al., 2017; Hardan et al., 2022; F. N. Medeiros et al., 2021; Qanungo et al., 2016).

Os sistemas adesivos com carga, são mais apropriados para o IDS do que um adesivo sem carga, devido à sua capacidade de produzir uma camada adesiva mais uniforme e espessa (Hardan et al., 2022; Magne et al., 2007; K. L. Van Landuyt et al., 2007), a qual estabiliza a camada híbrida, além de sofrer menor contração de polimerização, uma vez que possui menor quantidade de matriz orgânica na sua composição, e ser capaz de aliviar as tensões de contração produzidas pela resina composta restauradora, graças à sua elasticidade inerentemente maior (Donassollo et al., 2010; K. L. Van Landuyt et al., 2007).

De entre os sistemas contemporâneos mais confiáveis, o Optibond™ FL (Kerr) é considerado o *gold standard* para a realização da técnica IDS devido à sua elevada quantidade de carga inorgânica, alta resistência mecânica, capacidade de criar uma camada híbrida consistente e uniforme e à sua coesividade com o compósito utilizado como agente de cimentação definitivo especialmente no caso das restaurações indiretas, possibilitando uma maior resistência de união e uma adaptação significativamente melhorada à dentina (Magne, 2005; F. N. Medeiros et al., 2021; Van den Breemer, Özcan, Cune, et al., 2019; Walter & Raigrodski, 2008). A camada híbrida evita a contaminação e degeneração da dentina até que a restauração indireta esteja aderida (Van den Breemer, Özcan, Pols, et al., 2019).

No entanto, alguns clínicos não se sentem confortáveis com o condicionamento da dentina de forma tão profunda (o que acontece durante o condicionamento ácido dos sistemas adesivos *etch-and-rinse*), pelo que preferem a utilização de sistemas adesivos *self-etch*, que são mais simples, fáceis e rápidos de aplicar, gerando potencialmente menos erros (pela menor sensibilidade da técnica) e uma menor sensibilidade pós-operatória. Contudo, estes sistemas adesivos simplificados quando utilizados na técnica IDS proporcionam um maior risco de exposição dentinária aquando da limpeza da fina camada formada para cimentação da restauração (M. A. de Carvalho et al., 2021). A solução para melhorar a resistência de união a longo prazo destes adesivos simplificados é a chamada abordagem “IDS reforçada”, onde o IDS é complementado com uma camada de resina *flowable* que protege e reforça a dentina hibridizada (M. A. de Carvalho et al., 2021; Hardan et al., 2022).

Assim, para o sistema adesivo Optibond™ FL (Kerr) com carga é possível aplicar o IDS somente com o sistema adesivo, sem se associar uma camada de resina *flowable*, no entanto para adesivos sem carga deve associar-se o revestimento com resina *flowable*, uma vez que esta proporciona maiores valores de resistência de união para este tipo de adesivos (M. A. de Carvalho et al., 2021; F. N. Medeiros et al., 2021; Samartzi et al., 2021). Deste modo, a camada adicional de resina *flowable* é principalmente importante no desempenho de sistemas adesivos simplificados (como é o caso do Clearfil™ SE Protect), para proteger a fina interface adesiva da inibição do oxigénio e preservar a camada do IDS durante a limpeza da superfície dentária antes da cimentação da restauração, permitindo o aumento da resistência adesiva e a integridade da interface adesiva ao longo do tempo (M. A. de Carvalho et al., 2021; Hardan et al., 2022). Em

adição, esta camada de resina *flowable* impermeabiliza a dentina, promove a regularização do preparo dentário eliminando a necessidade de realizar desgastes excessivos, incorpora carga ao IDS, melhora o acoplamento com o cimento resinoso, protege a camada híbrida da degradação preservando o selamento da dentina (M. A. de Carvalho et al., 2021; F. N. Medeiros et al., 2021; Samartzi et al., 2021).

4.2. Vantagens do Selamento Imediato da Dentina

Segundo Medeiros et al. (2021) e Qanungo et al. (2016), as vantagens da utilização da técnica IDS têm base em quatro principais pilares:

1. A dentina recém-cortada é o substrato dentário ideal para os procedimentos adesivos. Assim sendo, a melhor altura para acontecer a adesão à dentina é após a preparação da mesma e antes de se proceder à impressão, uma vez que a resistência de união é consideravelmente reduzida se a dentina estiver contaminada;
2. A pré-polimerização do adesivo leva a uma melhor resistência de união no caso das restaurações diretas, no entanto está contra-indicada na cimentação de restaurações indiretas, uma vez que existe o risco de enquanto a restauração está a ser inserida, o fluxo do fluido dentinário ser direcionado para fora, sendo capaz de diluir o agente adesivo e bloquear as microporosidades nas quais a resina iria penetrar; e da adesão ficar afetada devido à pressão da resina cimentada durante o assentamento da restauração que pode levar ao colapso da dentina desmineralizada. Todos estes problemas podem ser resolvidos com a aplicação do IDS.
3. O IDS permite o processo de co-polimerização do adesivo ao longo do tempo aquando da restauração provisória. Isto porque, com a colocação tardia da restauração o sistema adesivo aplicado está livre de tensões, como a contração forçada pelo agente de união sob o cimento, podendo assim continuar o seu processo de polimerização adicional ausente de *stress*;
4. O IDS impede a entrada de bactérias e previne a sensibilidade pós-operatória.

Tendo em conta os pilares mencionados anteriormente, o IDS é capaz de proporcionar as seguintes vantagens: aumento significativo da resistência de união dos sistemas adesivos à dentina, melhoria da qualidade da interface adesiva, maior resistência mecânica da restauração sobreposta, diminuição da microinfiltração, menor criação de *gaps*, maior resistência à fratura das restaurações, melhor adaptação marginal, preservação da vitalidade pulpar, menor contaminação bacteriana e, conseqüentemente, menor sensibilidade pós-operatória (Brigagão et al., 2017; M. A. de Carvalho et al., 2021; Choi & Cho, 2010; Hardan et al., 2022; Magne, 2005; Magne & Douglas, 1999; F. N. Medeiros et al., 2021; Qanungo et al., 2016; Santana et al., 2016). Além disso, esta abordagem também tem uma influência positiva na preservação e reforço da estrutura dentária, no conforto do paciente (menor necessidade de anestesia) e na sobrevivência a longo prazo das restaurações indiretas (M. A. de Carvalho et al., 2021; Magne, 2005; Samartzi et al., 2021).

Em conformidade com as vantagens apresentadas, uma camada de IDS mais espessa contribui para uma melhor distribuição de stress (Van den Breemer, Özcan, Cune, et al., 2019), produz uma força de união superior e mais estável, sendo ainda crucial para evitar a reexposição da dentina após condicionamento (Samartzi et al., 2021).

5. IDS - Tratamento da Superfície

5.1. Óxido de Alumínio revestido por Silica

De forma a criar microporosidades retentivas que posteriormente serão preenchidas pelo agente de cimentação e silano, é recomendado o jateamento da resina composta da restauração indireta (Loomans & Özcan, 2016; Lung & Matinlinna, 2012). Este método de jateamento revestido por sílica vai permitir a infiltração de uma camada de partículas de sílica na superfície do substrato expandindo a área de superfície adesiva, o que vai permitir a limpeza da superfície, uma retenção mecânica superior, a copolimerização química do cimento com o IDS e a formação de uma ligação durável através de um processo químico entre a sílica da superfície e o silano aplicado posteriormente (Amaral et al., 2007; Lung & Matinlinna, 2012; Samartzi et al., 2021; Van den Breemer et al., 2019).

Da mesma forma que o preparo da peça, o preparo prévio do dente é também de fundamental importância para a resistência adesiva (Badini et al., 2008). Diante disso, o jateamento do dente com IDS é recomendado visto que promove a formação de microporosidades, tornando a superfície da dentina adequada à adesão da peça, com incorporação de sílica que é capaz de se ligar ao silano subsequente, melhorando assim a retenção micromecânica (Lung & Matinlinna, 2012; Qanungo et al., 2016).

Para este estudo, foi utilizado o jateamento com óxido de alumínio revestido por sílica – Cojet™ (3M ESPE) – cujas partículas de alumínio servem de transportadores, permitindo a incorporação de sílica na superfície jateada antes da aplicação do silano, diminuindo a hidrólise e aumentando a adesão química através das ligações que se estabelecem com o silano (Amaral et al., 2007; Eren et al., 2019; Matinlinna et al., 2018; Papadopoulos et al., 2020).

5.2. Silanização

É aconselhada uma etapa de silanização na preparação das superfícies das restaurações em resina composta após o seu jateamento, pois esta promove a união na interface resina-resina, melhorando a força e resistência de adesão da peça ao dente (Badini et al., 2008; Loomans & Özcan, 2016).

O silano é uma molécula organofuncional (Mendes et al., 2020; Zakir et al., 2016), utilizada como agente de ligação, capaz de estabelecer ligações químicas covalentes entre as partículas inorgânicas da resina composta e a matriz orgânica da resina de cimentação, através das extremidades monoméricas das moléculas de silano que reagem com os grupos de metacrilato das resinas por um processo de polimerização (Badini et al., 2008; Lee et al., 2015; Lung & Matinlinna, 2012; Matinlinna et al., 2018). Em favor desta ligação, os silanos apresentam uma elevada molhabilidade superficial que facilita a penetração do adesivo nas irregularidades resultantes do jateamento (Mendes et al., 2020). Para além disso, o aquecimento do silano permite aumentar a resistência de união através da eliminação de impurezas (como água e álcool) das camadas superficiais do mesmo, aumentando o seu desempenho e propriedades adesivas e potenciando a formação de ligações químicas covalentes entre a sílica e o silano (Magne & Mori Ubaldini, 2020; Zakir et al., 2016).

O tratamento da superfície interna da restauração indireta com partículas de sílica aumenta a sua quantidade na superfície, o que permite ao silano reagir mais eficazmente com a peça, isto porque, o efeito do silano depende da disponibilidade de sílica na superfície da resina composta (Badini et al., 2008; Mendes et al., 2020).

Atualmente os agentes de adesão – silano – estão disponíveis em dois tipos, hidrolisados e não hidrolisados (Loomans & Özcan, 2016). Segundo Mendes et al. (2020) e Lee et al. (2015). A utilização de um silano não hidrolizado de dois frascos, tal como o escolhido para este estudo, exige a ativação do mesmo por hidrólise, através da mistura dos componentes dos frascos imediatamente antes do seu uso. A taxa do processo de hidrólise do silano depende, entre outros, da sua estrutura molecular, concentração, pH, temperatura, humidade e sistema solvente, onde está, normalmente, incluído o etanol, uma vez que os silanos são facilmente solúveis em etanol, mas não em água (Matinlinna et al., 2018). Para além disso, a presença do monómero 10-MDP é essencial para o funcionamento do silano, sendo capaz de melhorar a força de união das resinas compostas, tornando a face adesiva mais resistente à biodegradação (Mendes et al., 2020)

Desta forma, os sistemas silanos de dois frascos possibilitam o aumento do tempo de vida útil e da reatividade inicial, levando a melhores resultados clínicos quando comparados com os silanos hidrolizados, de um frasco, que podem ter um prazo de validade relativamente curto e que se tornam menos reativos após a abertura do frasco, impedindo a adesão ótima (Loomans & Özcan, 2016; Lung & Matinlinna, 2012; Matinlinna et al., 2018; Mendes et al., 2020).

6. Microscopia Eletrónica de Varrimento – MEV

A microscopia eletrónica de varrimento (MEV) é uma das primeiras e mais utilizadas técnicas para avaliar qualitativamente a adesão à dentina (Albaladejo et al., 2010), capaz de analisar e avaliar a ultraestrutura da interface (Green & Banerjee, 2011; Inoue et al., 2006), sendo uma ferramenta importante para o estudo da interação entre os diversos componentes constituintes destas interfaces (Aguiar et al., 2012). Por esta razão, os estudos têm-se concentrado em analisar microscópicamente as interfaces entre as estruturas dentárias e os sistemas adesivos para fornecer mais informações sobre a

utilização correta dos agentes adesivos, a fim de melhorar a eficiência e a durabilidade da adesão (Aguiar et al., 2012).

Esta técnica tem como vantagem a profundidade de campo, que permite a análise química, onde são analisados os raios-x que são libertados pelos eletrões, e a criação de imagens topográficas a diferentes magnificações, que se transmitem com efeito de sombra-relevo, caracterizando uma imagem tridimensional (Denk & Horstmann, 2004; Marshall et al., 2010).

7. Envelhecimento “*in vitro*”

De forma a mimetizar as condições clínicas presentes na cavidade oral a que as restaurações são submetidas e possibilitar a simulação do envelhecimento das mesmas são utilizados diferentes métodos de envelhecimento em meio laboratorial, entre eles: a termociclagem, o armazenamento em hipoclorito de sódio, o armazenamento em água destilada ou saliva artificial, os ataques enzimáticos, as soluções simuladoras de alimentos, os testes mecânicos e as alterações do pH. (Aguiar et al., 2009; El-Deeb et al., 2016; Sirisha et al., 2014; Van Meerbeek et al., 2010). No entanto, o armazenamento em água e a termociclagem são os métodos de envelhecimento artificial mais utilizados (Van Meerbeek et al., 2010).

Estes métodos de envelhecimento visam obter informações sobre a ação dos mecanismos de degradação na interface adesiva, prevendo a durabilidade das restaurações ao longo do tempo (F. L. B. Amaral et al., 2007; Sirisha et al., 2014). Assim, examinar as contribuições do tipo de adesivo, o meio de armazenamento, o tempo de armazenamento e método de exposição, e a interação entre esses quatro fatores torna-se importante (Toledano et al., 2007).

Os resultados do método de armazenamento em saliva artificial após três meses, tal como o procedimento utilizado neste estudo, exibem evidências morfológicas de degradação que se assemelham ao envelhecimento “*in vivo*” (Green & Banerjee, 2011; Sirisha et al., 2014; Van Meerbeek et al., 2010). Apesar do tempo de armazenamento (três meses) ser relativamente curto, este é considerado um estudo laboratorial a longo prazo (Armstrong et al., 2017).

Tendo em conta o método de exposição aquando do armazenamento, no caso deste estudo, em saliva artificial, os efeitos do envelhecimento são aumentados com a exposição direta dos espécimes ao meio de armazenamento em vez do envelhecimento com o dente íntegro (exposição indireta). O mesmo é possível uma vez que na exposição direta a interface adesiva está em contato direto com a saliva artificial, permitindo acelerar o processo de envelhecimento (Saboia et al., 2009; Toledano et al., 2007).

Assim, através da utilização destes métodos é possível que as pesquisas futuras possam determinar como ocorre a degradação e permitam a previsão da durabilidade clínica a longo prazo da união resina-dentina. (F. L. B. Amaral et al., 2007; Donmez et al., 2005).

8. Enquadramento

De entre os sistemas contemporâneos mais confiáveis, o sistema adesivo *etch-and-rinse* de três passos, Optibond™ FL (Kerr), é considerado o *gold standard* para a realização da técnica IDS devido à sua elevada quantidade de carga inorgânica, alta resistência mecânica e aptidão para criar uma camada híbrida consistente e uniforme, capaz de fornecer uma elevada resistência de união e adaptação à dentina (Magne, 2005; F. N. Medeiros et al., 2021; Van den Breemer, Özcan, Cune, et al., 2019; Walter & Raigrodski, 2008). Por estes motivos, o Optibond™ FL foi escolhido para o atual projeto de investigação como grupo de controlo.

No entanto, o sistema adesivo *self-etch* de dois passos, Clearfil™ SE Protect (Kuraray), possui propriedades anti-bacterianas contra vários tipos, incluindo *Streptococcus Mutans*, e é capaz de eliminar bactérias dentro dos túbulos dentinários de preparações dentárias, graças à incorporação do monómero MDPB na sua constituição (Perdigão, 2020). Para além disso, este adesivo tem a capacidade de libertar flúor, que permite a formação de uma dentina reforçada (ABRZ) com qualidades superiores à dentina normal (Waidyasekera et al., 2009).

O facto de não existir a etapa de condicionamento ácido neste sistema adesivo, torna a técnica menos sensível (Brigagão et al., 2016), havendo um melhor controlo da humidade dentinária, redução do risco de contaminação superficial (Sarr et al., 2010;

Vasconcelos e Cruz et al., 2020) e uma menor sensibilidade pós-operatória pela não remoção da *smear layer* (Brigagão et al., 2016). Ao permitir a desmineralização da dentina em simultâneo com a penetração dos monómeros de resina, dá-se a formação de uma camada híbrida mais homogênea (Breschi et al., 2008; Silva e Souza et al., 2010). Para além disso, as partículas de flúor reativas e a ação anti-bacteriana do monómero MDPB, presentes na constituição do Clearfil™ SE Protect, contribuem para uma melhor integridade da camada híbrida, reforçando e fortalecendo a mesma (Guedes et al., 2016; Muratovska et al., 2018; Sahin et al., 2012; Tezvergil-Mutluay et al., 2011, 2015), sugerindo, ainda, o aumento da longevidade das restaurações e a melhoria dos resultados de resistência adesiva a longo prazo, graças à capacidade de formar uma camada resistente após desafios acídicos capaz de proteger a dentina subjacente (Hashimoto et al., 2018; Inoue et al., 2006; Nikaido et al., 2009, 2011; Waidyasekera et al., 2009). Por estas razões, a utilização deste sistema adesivo pode tornar-se uma estratégia chave na dentisteria preventiva do futuro, pelo que é vantajoso experimentá-lo na técnica de IDS (Waidyasekera et al., 2009).

Tendo em vista os aspetos anteriormente referidos, esta investigação laboratorial tem como objetivo realizar uma avaliação morfológica das interfaces adesivas criadas a partir da utilização dos sistemas adesivos supramencionados, enfatizando os protocolos utilizados, o processo de adesão à dentina e a caracterização das camadas híbridas originadas, com o intuito de avaliar a eficácia dos adesivos utilizados na técnica do selamento imediato da dentina.

II. OBJETIVOS DO ESTUDO

O objetivo desta investigação laboratorial consiste em caracterizar e comparar morfológicamente a interface adesiva obtida com diferentes protocolos de IDS, no imediato (24 h) e a longo prazo (3 meses). Avaliando morfológicamente o desempenho adesivo dos diferentes sistemas adesivos com recurso a Microscopia Eletrónica de Varrimento.

III. MATERIAIS E MÉTODOS

1. Amostra de estudo

O presente estudo foi aprovado pela Comissão de Ética do Instituto Universitário Egas Moniz (IUEM), com o processo interno número 1130 (Anexo I).

Para o mesmo, foram selecionados vinte e quatro molares permanentes humanos hígidos, extraídos há menos de seis meses, sem presença de restaurações, fraturas ou lesões de cárie do Banco de Dentes Humanos da Clínica Dentária Egas Moniz (Anexo II). O trabalho laboratorial realizou-se no Laboratório de Biomateriais da Egas Moniz (Anexo III) e a visualização das amostras, com recurso ao microscópio eletrónico de varrimento, no MicroLab – Electron Microscopy Laboratory of Técnico do Instituto Superior Técnico (IST).

Este projeto de investigação faz parte de um projeto global, onde foi avaliada a resistência adesiva, através de testes de microtração (μ TBS), após dois períodos de tempo, um às 24 horas e outro após envelhecimento (aos três meses). Por esta razão, os grupos de trabalho são constituídos por oito amostras embora só se tenham selecionado dois espécimes de cada subgrupo para observação com MEV.

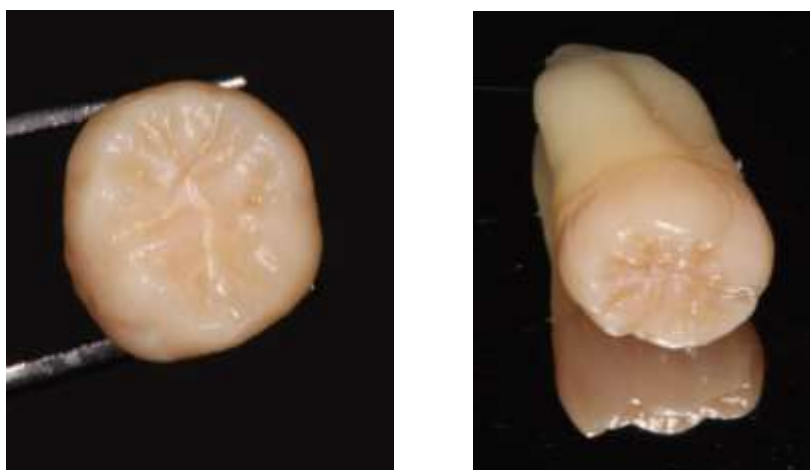


Figura 3 – Imagens exemplificativas da amostra.

Após a aquisição dos dentes (Figura 3), estes foram lavados em água corrente de forma a eliminar o sangue, e posteriormente fez-se a remoção de resíduos orgânicos



aderidos à superfície dos mesmos utilizando curetas de *Gracey*. De seguida, os dentes foram armazenados em cloramina T trihidratada a 1%, produzida no Laboratório de Preparações do IUEM, entre 4° e 7°C durante uma semana, em concordância com a norma ISO/TS 11405:2015. Após a sua desinfeção e limpeza, os dentes foram colocados em água destilada a 4°C, substituída semanalmente até ao início da fase experimental.





Durante o estudo, todos os procedimentos experimentais foram executados num ambiente de temperatura e humidade controladas [(23 ± 2)°C + Humidade Relativa (50 ± 5)%] (Armstrong et al., 2017).


2. Materiais

Todos os materiais adquiridos, fabricados e utilizados estão listados na Tabela 1.

Tabela 1 – Materiais utilizados – composição e especificações técnicas.

Material (lote; validade)	Composição Química	Fabricante	Imagem Ilustrativa
CyberTech Etch Gel 37% (Lote: A2270; Val: 02/2024)	Ácido ortofosfórico 37% (H ₃ PO ₄)	DE Healthcare Products Gillingham UK	
Optibond™ FL (Primer lote: 8537249; val: 31/10/2023) (Bond lote: 8537250; val: 31/10/2023)	Primer: HEMA; GPDM; MMEP; CQ; BHT; solvente: água e etanol Bond: Bis-GMA; HEMA; GPDM; TEGDMA; UDMA; ODMAB; CQ Partículas de carga inorgânica: SiO ₂ , bário, aluminoborosilicato, NaSiF ₆ , agente de união A174	Kerr Corporation, USA	

<p>Clearfil™ SE Protect (Primer lote: C30117; val: 31/11/2023) (Bond lote: C30117; val: 31/11/2023)</p>	<p>Primer (pH = 2,0): 10-MDP; 12-MDPB; 2-HEMA; dimetacrilato hidrofílico; solvente: água</p> <p>Bond: 10-MDP; Bis-GMA; 2-HEMA; dimetacrilato hidrofóbico; CQ; N,N-dietanol-p-toluidina; Partículas de carga: sílica coloidal silanizada, fluoreto de sódio reativo</p>	<p>Kuraray Noritake Dental Inc., Tokyo, Japan</p>	
<p>Filtek™ Supreme XTE (lote: N899149; val: 28/01/2023)</p>	<p>Matriz orgânica: Bis-GMA; UDMA; TEGDMA; PEGDMA; Bis-EMA</p> <p>Partículas de carga inorgânica: sílica 20nm; zircônia 4-11nm (72,5% por peso e 55,6% por volume)</p>	<p>3M ESPE, St. Paul, Minnesota, USA</p>	
<p>Synergy® D6 Flow (lote: K82197; val: 01/06/2024)</p>	<p>Metacrilatos; vidro de bário silanizado; ácido silícico amorfo hidrofóbico</p> <p>Partículas de carga inorgânica: 42% em volume e 63% em peso (tamanho médio das partículas: 0,6 µm)</p>	<p>Coltene/Whaledent AG Switzerland</p>	
<p>Filtek™ Z100 (lote: N899149; val: 28/01/2023)</p>	<p>Matriz orgânica: Bis-GMA e TEGDMA</p> <p>Partículas de carga inorgânica: zircônia/sílica, 66% em volume com partículas de 3,5-0,01 µm</p>	<p>3M ESPE, ST PAUL, MN, USA</p>	
<p>Cloramina T</p>	<p>1000 mL de Cloramina T a 1%</p>	<p>Preparado no Laboratório de Preparações do IUEM</p>	<p>-</p>
<p>Saliva Artificial (Fusayama/Meyer solution)</p>	<p>0,4g NaCl, 0,4g KCl, 0,906g CaC12.H20, 0,39g NaH2PO4.H2O, 0,142g NaHPO4, 0,005g Na2S.9H2O,</p>	<p>Preparado no Laboratório de Preparações do IUEM</p>	<p>-</p>

	1g de Ureia em 1000 mL de H ₂ O destilada		
Super Bonder® Original	Etilcianoacrilato (80-85%) 6,6'-di-terc-butil-2,2'-metilenodi-p-cresol (0,1-0,5%)	Loctite, Itapevi, Brasil	
Bis-Silane™	Etanol; ácido propanoico; metacriloxipropiltrimetoxissilano	Bisco, Inc. Schaumburg, USA	
CoJet™ Sand	Partículas de trióxido de alumínio revestidas por sílica (Partículas de 30 µm)	3M ESPE, St. Paul, Minnesota, USA	
TempBond NE	Base: óxido de zinco, óleo mineral, lecitina, amido de milho e pigmentos de óxidos de ferro Catalisador: ácido poliorgos	Kerr Corporation, USA	
Elite HD+ Putty Soft (Base lote: 381050; val: 11/2024) (Catalisador lote: 381050; val: 11/2024)	Silicone de adição (polivinilsiloxano)	Zhermack S.p.A., Badia Polesine (RO), Italy	
Elite HD+ Light Body (lote: 374797; val: 08/2024)	Silicone de adição hidrofílico de baixa viscosidade (polivinilsiloxano)	Zhermack S.p.A., Badia Polesine (RO), Italy	
Acrytemp self-curing (lote: 376888; val: 30/09/2024)	Ésteres metacrílicos multifuncionais Resina auto-polimerizável bis-acrílica	Zhermack S.p.A., Badia Polesine (RO), Italy	

3. Preparação das Amostras

Primeiramente, realizou-se a impressão das coroas dos dentes, com recurso aos materiais de impressão elastómeros *light* e *putty*, de forma a obter moldes para as futuras restaurações provisórias.

De seguida, efetuaram-se discos de resina composta para utilizar, posteriormente, como restaurações indiretas. Estes foram elaborados com recurso a um “Porcelain Sampler”, utilizando a resina Filtek™ Supreme XTE (3M ESPE), segundo as instruções do fabricante tal como exposto na Tabela 2. Para a polimerização da mesma, utilizou-se o fotopolimerizador, modelo DB686 da COXO (Froshan COXO Medical Instrument, Guangdong, China), que segundo o fabricante apresenta uma luz LED, com uma potência de irradiação na ponta, de 700 mW/cm² e um comprimento de onda entre os 420 nm e os 480 nm (Figura 4). A luz emitida foi calibrada de 5 em 5 utilizações com um radiómetro Optilux Radiometer (SDS Kerr, Orange, EUA). Os discos ficaram com uma altura de 4 mm e um diâmetro de 11 mm (Figura 5).



Figura 4 – Fotopolimerizador COXO modelo DB686 (Froshan COXO Medical Instruments, Guangdong, China).

Tabela 2 – Protocolo de utilização da resina Filtek™ Supreme XTE (3M ESPE, St. Paul, Minnesota, USA) para realização das restaurações indiretas.

Técnica de aplicação segundo o fabricante

- 1) Colocar o material restaurador com incrementos de 2 mm de profundidade, utilizando a técnica incremental;
- 2) Fotopolimerizar cada incremento durante 20 segundos, mantendo a ponteira do fotopolimerizador o mais próximo possível do material restaurador durante a exposição à luz.



Figura 5 – Disco de resina composta correspondente à restauração indireta produzido com recurso a um “Porcelain Sampler”. Diâmetro do disco de resina composta. Altura do disco de resina composta.

Os dentes (n=24) foram aleatoriamente distribuídos em três grupos de estudo, cada um deles constituído por oito dentes (n=8), de acordo com o sistema adesivo utilizado, para realizar o IDS, e a sua forma de aplicação:

1. Amostras (n=8) foi aplicado o sistema adesivo OptiBond™ FL – grupo de controlo;
2. Amostras (n=8) foi aplicado o sistema adesivo Clearfil™ SE Protect – grupo de teste/experimental;
3. Amostras (n=8) foi aplicado o sistema adesivo Clearfil™ SE Protect mais Resina *Flowable* – grupo de teste/experimental.

Em seguida, os dentes foram colocados em suportes de acrílico aderidos com cera-cola e seccionados perpendicularmente ao longo eixo do dente, removendo 3 mm a partir das cúspides de forma a expor a dentina coronária média. Para tal, utilizou-se um micrótomo de tecidos duros (Accutom-50, Struers A/S, Ballerup, Denmark) com um disco diamantado a uma velocidade de 0.350 mm/seg, sob refrigeração constante de água (Figura 6).



Figura 6 – Micrótomo de tecidos duros - Accutom-50, Struers A/S, Ballerup, Denmark. Corte dos dentes no micrótomo de tecidos duros. Dentina coronária média exposta.

A fim de simular a *smear layer*, efetuou-se o polimento das superfícies das amostras seccionadas com um disco de papel de carbetto de silício de grão médio (SiC 600 grit) (Buehler® Ltd, Lake Bluff, IL, EUA), sob água corrente, na máquina polidora LaboPol-4 (Struers, Ballerup, Dinamarca) durante 60 segundos (Figura 7).

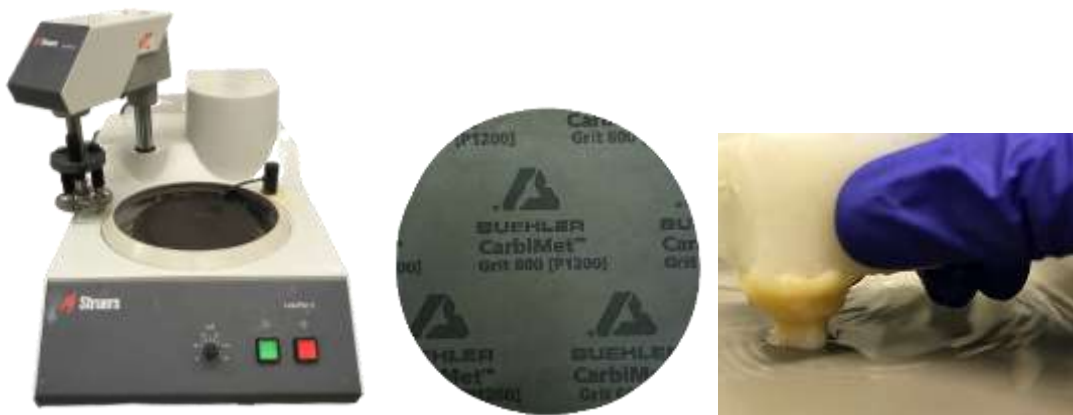


Figura 7 - Máquina polidora LaboPol-4 (Struers A/S, Ballerup, Denmark). Lixa de carbetto de silício (SiC), de grão 600 (grão medio) (Buehler Ltd, Lake Bluff, IL, USA). Simulação da *smear layer*.

De forma a realizar o *Immediate Dentin Sealing (IDS)*, aplicou-se o protocolo do sistema adesivo a todas as amostras de acordo com o grupo experimental correspondente (Figuras 8 e 9). Para todos os sistemas, executou-se a técnica de aplicação conforme as normas recomendadas pelos fabricantes dos mesmos, tal como pode ser consultado nas Tabelas 3, 4 e 5.

Tabela 3 – Instruções para a realização do IDS com Optibond™ FL (Kerr Corporation, USA) (Protocolo de cimentação de restaurações indiretas IUEM – Departamento de Medicina Dentária Conservadora).

Técnica de Aplicação

- 1) Condicionamento ácido c/ ácido ortofosfórico a 37,5% – 15 segundos;
- 2) Lavar abundantemente com água – 15 segundos;
- 3) Secar durante 3 segundos sem desidratar completamente;
- 4) Esfregar *primer* (com microbrush) – 15 segundos;
- 5) Secar – 5 segundos;
- 6) Esfregar adesivo (*bond*) – 15 segundos;
- 7) Aplicar ar de forma a criar uma camada uniforme – 5 segundos;
- 8) Fotopolimerizar – 20 segundos.



Figura 8 – Protocolo de utilização da técnica etch-and-rinse de 3 passos do Optibond™ FL (Kerr Corporation, USA).

Tabela 4 – Instruções para o selamento como pré-tratamento para restauração indireta com Clearfil™ SE Protect (Kuraray Noritake Dental Inc., Tokyo, Japan).

Técnica de Aplicação

- 1) Aplicar o *primer* (frasco 1) – 20 segundos;
- 2) Evaporar os solventes com um sopro de ar de pouca intensidade;
- 3) Aplicar o *bond* (frasco 2);
- 4) Secar levemente de forma a criar uma camada uniforme;
- 5) Fotopolimerizar – 10 segundos.

Tabela 5 – Instruções para o selamento como pré-tratamento para restauração indireta com Clearfil™ SE Protect (Kuraray Noritake Dental Inc., Tokyo, Japan) + Resina Flowable Synergy® D6 Flow segundo o fabricante.

Técnica de Aplicação

- 1) Aplicar o *primer* (frasco 1) – 20 segundos;
- 2) Evaporar os solventes com um sopro de ar de pouca intensidade;
- 3) Aplicar o *bond* (frasco 2);
- 4) Secar levemente de forma a criar uma camada uniforme;
- 5) Fotopolimerizar – 10 segundos;
- 6) Aplicar a resina *flowable*;
- 7) Fotopolimerizar – 20 segundos.



Figura 9 – Protocolo de utilização da técnica *self-etch* de 2 passos do Clearfil™ SE Protect (Kuraray Noritake Dental Inc., Tokyo, Japan) + Resina Flowable.

Após a realização dos protocolos anteriormente mencionados, aplicou-se uma camada de gel de glicerina às superfícies oclusais de todos os dentes e procedeu-se a um novo ciclo de polimerização, de forma a evitar a formação da camada inibida pelo oxigénio (Samartzi et al., 2021), possibilitando uma polimerização mais completa da camada de adesivo impedida pelo oxigénio e evitando a interação do adesivo com o material de impressão, de forma a não impedir a polimerização deste último (Magne, 2005; Samartzi et al., 2021).

Utilizaram-se materiais elastómeros – *light* e *putty* – para simular a impressão dos preparos dentários com o IDS executado e, em seguida, realizaram-se as restaurações provisórias, através da aplicação de resina bis-acrílica nas impressões inicialmente realizadas dos dentes hígidos. Para tal, vaselinou-se os preparos e as impressões e, posteriormente à obtenção das restaurações provisórias, as mesmas foram cimentadas com TempBond NE. No final da etapa de cimentação, os dentes foram colocados na

estufa a 37°C (Memmert INE 400, Schwabach, Germany) em água destilada, durante 24h para se dar a presa completa do cimento provisório.

Após a tomada de presa do TempBond NE, as restaurações foram removidas, as superfícies dentárias foram limpas, com recurso a uma sonda periodontal e um pó de polimento à base de pedra-pomes, aplicado com uma escova profilática em baixa rotação, e procedeu-se à adesão das restaurações indiretas definitivas já pré-polimerizadas com recurso à resina composta Filtek™ Z100, sendo necessária a preparação da peça em resina composta (Tabela 6 e Figura 10) e da superfície dentária (Tabelas 7 e Figura 11), para se dar início ao processo restaurador indireto.

Antes de se iniciar o processo supramencionado, os dentes foram seccionados ao nível das raízes, a 2 mm abaixo da junção amelo-cimentária (JAC), no micrótomo de tecidos duros (Accutom-50, Struers A/S, Ballerup, Denmark), com uma lâmina diamantada a uma velocidade de 0.350 mm/seg sob refrigeração constante de água. Os tecidos pulparem foram removidos com curetas de Gracey e a câmara pulpar foi preenchida com cola de cianoacrilato (Loctite, Itapeví, Brasil).

Tabela 6 – Protocolo de preparação da restauração indireta em resina composta (Protocolo de cimentação de restaurações indiretas IUEM – Departamento de Medicina Dentária Conservadora).

Técnica de Aplicação

- 1) Jatear a zona interna da restauração com jato de óxido de alumínio revestido por sílica (CoJet™ Sand – 3M ESPE, St. Paul, Minnesota, USA) a 30 µm, a uma pressão de 2 bar, a 10 mm de distância da superfície durante 5 segundos;
- 2) Aplicar ácido ortofosfórico a 37% com auxílio de um *microbrush* em movimentos circulares, durante 1 minuto;
- 3) Lavar abundantemente;
- 4) Secar com seringa de ar;
- 5) Colocar a restauração num banho de ultrassons em álcool a 95% durante 4 minutos;
- 6) Secar a peça com álcool;
- 7) Aplicar silano (Bis-Silane™ - Bisco, Inc., Schaumburg, USA) com auxílio de um *microbrush* e esfregar durante 1 minuto;
- 8) Secar o silano num forno a 100 °C durante 1 minuto;
- 9) Se a superfície ainda estiver brilhante, lavar com água quente a 80°C;

10) Aplicar o adesivo (*Bond*), não fotopolimerizar e armazenar num local sem de luz.

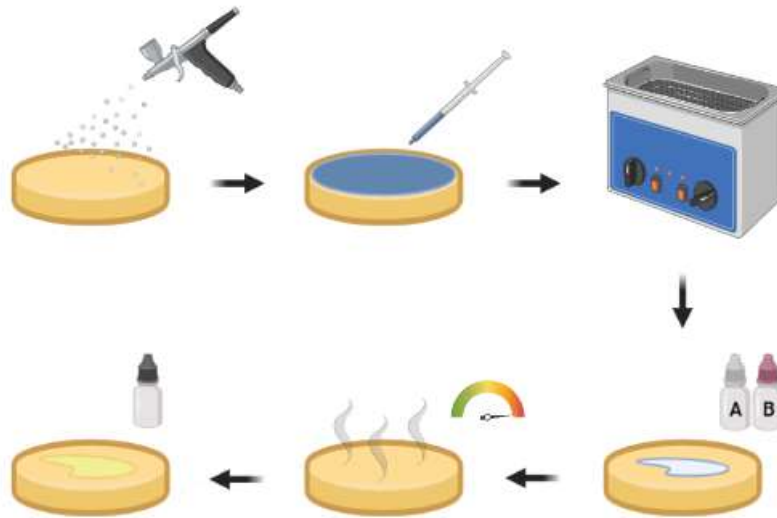


Figura 10 – Protocolo de preparação da restauração indireta em resina composta.

Tabela 7 – Protocolo de preparação da superfície dentária para a adesão da restauração indireta (Protocolo de cimentação de restaurações indiretas IUEM – Departamento de Medicina Dentária Conservadora).

Técnica de Aplicação

- 1) Jatear com jato de óxido de alumínio revestido por sílica (CoJet™ Sand – 3M ESPE, St. Paul, Minnesota, USA) a 30 μ m, a 10 mm de distância durante 5 segundos;
- 2) Lavar abundantemente;
- 3) Aplicar ácido ortofosfórico a 37% durante 30 segundos;
- 4) Lavar durante 30 segundos e secar com seringa de ar;
- 5) Aplicar o *bond*, esfregar durante 15 segundos e não fotopolimerizar.



Figura 11 – Protocolo de preparação da superfície dentária.

Após a preparação de ambas as superfícies, cimentaram-se as restaurações indiretas definitivas aos dentes com recurso à resina Filtek™ Z100 previamente aquecida no aquecedor de resina composta na temperatura T2, a 55°C. Para tal ocorrer aplicou-se a resina composta, previamente aquecida, na restauração e assentou-se a mesma na posição correta aplicando uma força controlada e contínua, de seguida retiraram-se os excessos e fotopolimerizou-se cada face dentária durante 20 segundos, de forma a fazer um total mínimo de 60 segundos por peça, por fim, aplicou-se glicerina e fotopolimerizou-se novamente cada superfície por 20 segundos (Protocolo de cimentação de restaurações indiretas IUEM – Departamento de Medicina Dentária Conservadora).

Todos os dentes foram armazenados durante 24h em água destilada na estufa a 37°C (Memmert INE 400, Schwabach, Germany) para possibilitar a finalização do processo de polimerização e, em seguida, foram novamente seccionados, paralelamente ao longo eixo do dente nas direções X e Y, a baixa rotação (0.350 mm/seg) sob refrigeração constante de água (Figura 12). Deste modo, obtiveram-se palitos com uma secção transversal de $1 \pm 0,2$ mm. Os palitos mais periféricos, correspondentes ao esmalte dentário, foram descartados.



Figura 12 – Palitos obtidos após secção nas direções X e Y.

Cada grupo foi dividido em dois subgrupos, cada um constituído por metade dos palitos resultantes de cada amostra. Um subgrupo foi avaliado no imediato, outro após envelhecimento. Obtiveram-se assim 6 grupos experimentais:

- OFL_24H (Grupo de controlo) - OptiBond™ FL ao imediato (após 24h na estufa)
- OFL_3M (Grupo de controlo) - OptiBond™ FL após envelhecimento (após 3 meses na estufa)
- CP_24H - Clearfil™ SE Protect ao imediato (após 24h na estufa)
- CP_3M - Clearfil™ SE Protect após envelhecimento (após 3 meses na estufa)
- CPF_24H - Clearfil™ SE Protect + Resina *Flowable* ao imediato (após 24h na estufa)
- CPF_3M - Clearfil™ SE Protect + Resina *Flowable* após envelhecimento (após 3 meses na estufa)

Os grupos _24H foram estudados às 24h e, os grupos _3M foram armazenados em saliva artificial, com um pH de 6,3 – 6,4, substituída semanalmente, na estufa a 37°C (Figura 13) durante 3 meses para posteriormente serem estudados após envelhecimento.



Figura 13 - Estufa (Mettmert INE 400, Scwabach, Germany).

4. Preparação das Amostras para Análise com MEV

Foram selecionados aleatoriamente 2 espécimes por subgrupo para, posteriormente, serem avaliados com MEV. De forma a preparar os espécimes para a sua análise no MEV, cada um deles foi submetido a um protocolo de desidratação, descrito na Tabela 8, com o intuito de desidratar a dentina ao máximo, tornando possível a sua visualização.

Tabela 8 – Protocolo de preparação das amostras para visualização no MEV.

Técnica de Aplicação

- 1) Lavar os espécimes em água destilada durante 1 minuto;
- 2) Imergir os espécimes em etanol a 25% durante 15 minutos;
- 3) Imergir os espécimes em etanol a 50% durante 15 minutos;
- 4) Imergir os espécimes em etanol a 75% durante 15 minutos;
- 5) Imergir os espécimes em etanol a 95% durante 30 minutos;
- 6) Imergir os espécimes em etanol a 100% durante 60 segundos;
- 7) Imergir os espécimes em 1,1,1,3,3,3-hexametildisilizano durante 15 minutos dentro de uma HOTTE;
- 8) Deixar os espécimes a secar num papel.

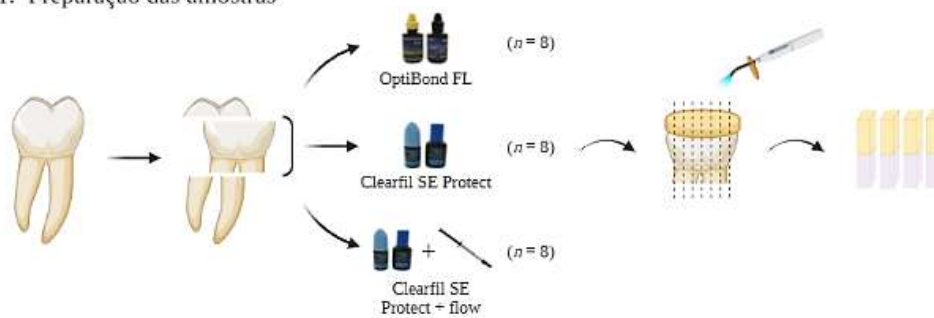
Após a preparação das amostras, estas foram colocadas no suporte porta-amostra usando fita de carbono de dupla face e revestidas com uma película fina de liga de ouro/paládio (Au/Pd) através do processo de “*sputtering*” realizado na Quorum Technologies coater, modelo Q150T ES. Por fim, as amostras foram analisadas no microscópio eletrônico de varrimento ThermoScientific desktop, modelo Phenom ProX G6, com um filamento CsB₆ e equipado com um detetor de espectroscopia dispersiva de energia (EDS) de elementos leves (Figura 14).



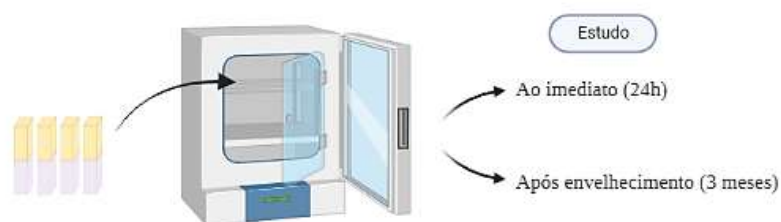
Figura 14 – Microscópio Eletrônico de Varrimento (MEV) (ThermoScientific desktop, modelo Phenom ProX G6) e suportes porta-amostras com as respectivas amostras colocadas.

Em cada grupo de trabalho (às 24h e aos 3 meses) foram avaliados 2 espécimes de forma a caracterizar a sua interface adesiva, com uma amplitude de 500x, 1000x e 1500x e com uma alta voltagem de 15Kv (Figura 15).

1. Preparação das amostras



2. Armazenamento na estufa a 37°C



3. Caracterização morfológica da interface adesiva

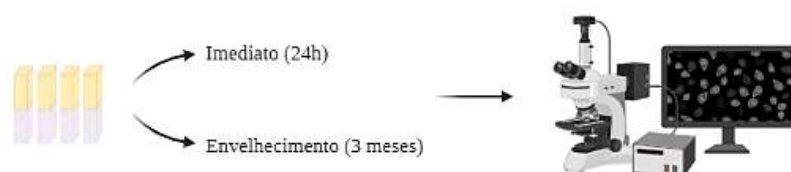


Figura 15 – Esquema representativo da preparação das amostras em estudo para análise em MEV.

IV. RESULTADOS

A análise da interface adesiva para caracterização morfológica da mesma foi realizada por meio de observação com recurso ao Microscópio Eletrónico de Varrimento - ThermoScientific desktop, modelo Phenom ProX G6 em doze espécimes de dentes humanos, dois de cada grupo de trabalho, sobre uma ampliação de 500x, 1000x e 1500x.

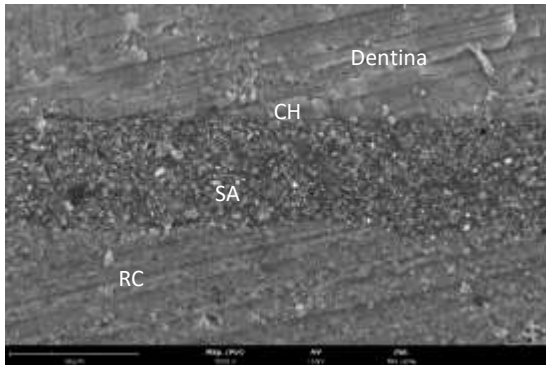


Figura 16 – Grupo controlo às 24h (1000x).

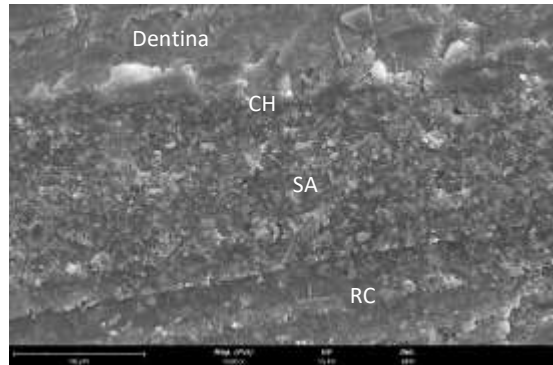


Figura 17 – Grupo controlo às 24h (1500x).

Nas Figuras 16 e 17 observa-se um dos espécimes do Grupo controlo às 24 horas – IDS com Optibond™ FL (OFL_24H) – com uma ampliação de 1000x e 1500x, respetivamente, onde é possível visualizar a interface adesiva e as estruturas envolventes, de cima para baixo, a dentina, a camada híbrida (CH), o sistema adesivo (SA) e a resina composta (RC) correspondente à restauração indireta.

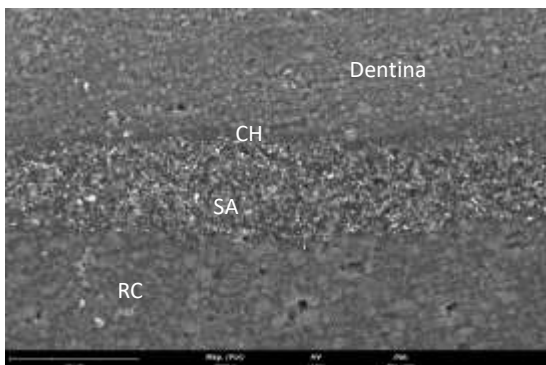


Figura 18 – Grupo CP_24H (1000x)

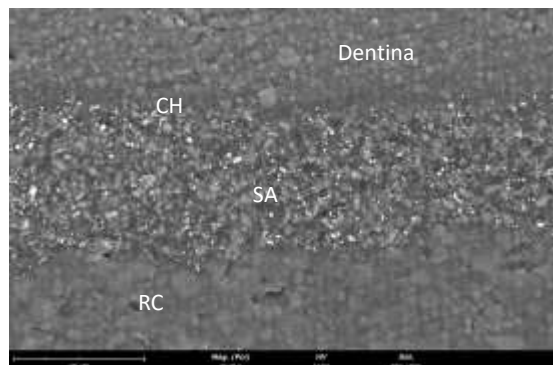


Figura 19 – Grupo CP_24H (1500x)

Nas Figuras 18 e 19 observa-se uma das amostras do Grupo CP_24H – IDS com Clearfil™ SE Protect às 24 horas – com uma ampliação de 1000x e 1500x, respetivamente. Nestas Figuras visualiza-se a interface adesiva e as estruturas ao seu redor de cima para baixo, a dentina, a camada híbrida (CH), o sistema adesivo (SA) e a resina composta (RC).

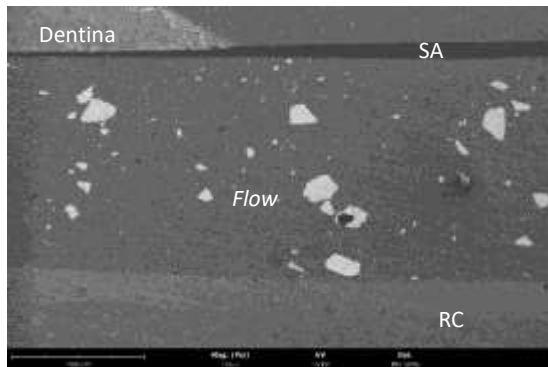


Figura 20 – Grupo CPF_24H (200x)

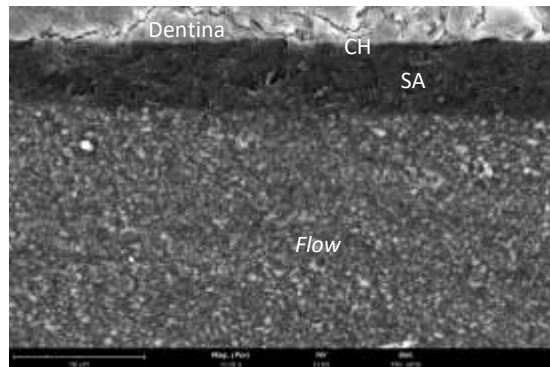


Figura 21 – Grupo CPF_24H (1500x)

Na Figura 20 está presente uma das amostras do Grupo CPF_24H – IDS com Clearfil™ SE Protect mais resina *flow* às 24 horas – com uma ampliação de 200x, onde se observa a presença de uma interface adesiva e se identifica a presença, de cima para baixo, de dentina, do sistema adesivo (SA), da resina *flow* e da resina composta (RC), correspondente à restauração indireta. Para além disso, é possível observar partículas de grandes dimensões em coexistência com partículas menores na camada de resina *flow*, uma vez que este é um compósito nano-híbrido.

Na Figura 21 encontra-se a mesma amostra da Figura 20, mas com uma ampliação de 1500x, sendo possível observar em pormenor as estruturas referidas anteriormente. Nesta imagem, para além da dentina, do sistema adesivo (SA) e da camada de resina *flow*, é possível identificar a camada híbrida (CH), situada entre a dentina e o sistema adesivo.

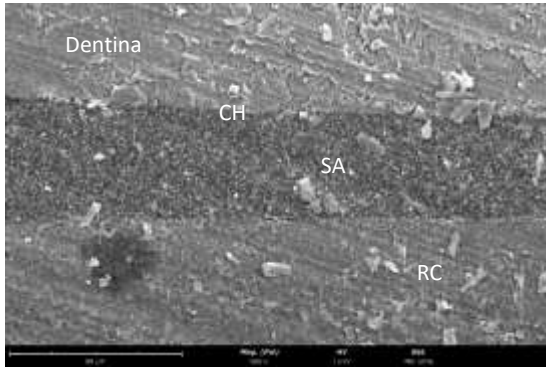


Figura 22 – Grupo controlo aos 3 meses (500x)

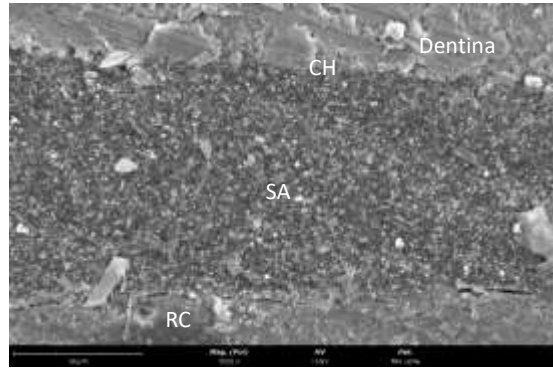


Figura 23 – Grupo controlo aos 3 meses (1000x)

Nas Figuras 22 e 23 observa-se uma das amostras do Grupo controlo aos 3 meses – IDS com Optibond™ FL (OFL_3M) – com uma ampliação de 500x e 1000x, respetivamente, onde se identifica, de cima para baixo, a dentina, a camada híbrida (CH), o sistema adesivo (SA) e a resina composta (RC), todos elementos envolventes da interface adesiva.

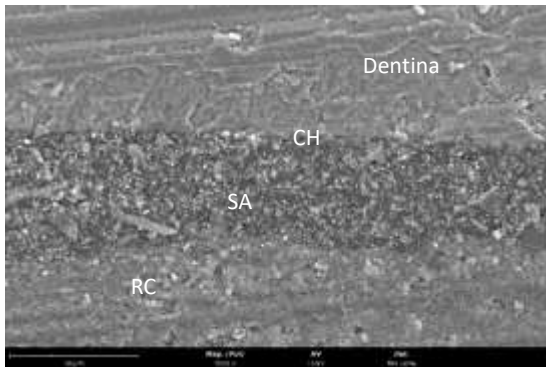


Figura 24 – Grupo controlo aos 3 meses (1000x)

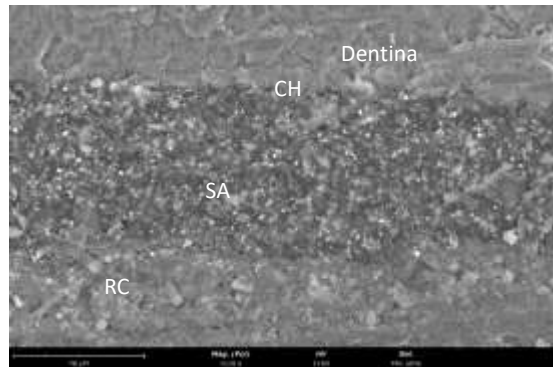


Figura 25 – Grupo controlo aos 3 meses (1500x)

Nas Figuras 24 e 25 observa-se outra amostra do Grupo controlo aos 3 meses – IDS com Optibond™ FL (OFL_3M) – com uma ampliação de 1000x e 1500x, respetivamente, onde é possível identificar a interface adesiva e as estruturas que a envolvem, sendo elas, a dentina, a camada híbrida (CH), o sistema adesivo (SA) e a resina composta (RC) da restauração indireta.

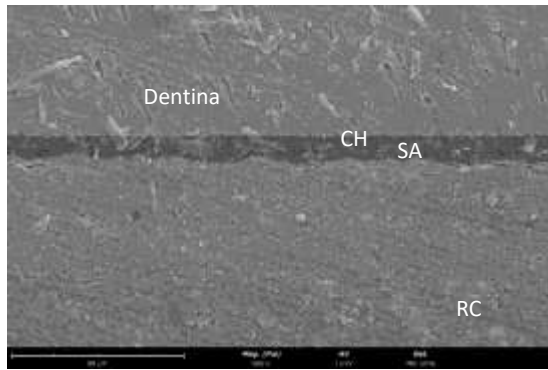


Figura 26 – Grupo CP_3M (500x)

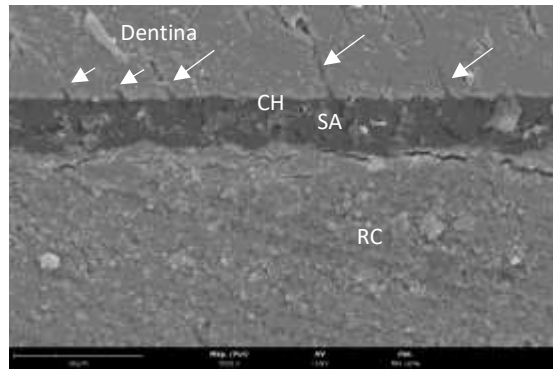


Figura 27 – Grupo CP_3M (1000x)

Na Figura 26 observa-se uma das amostras do Grupo CP_3M – IDS com Clearfil™ SE Protect aos 3 meses – com uma ampliação de 500x, onde é possível identificar, de cima para baixo, a presença de dentina, da camada híbrida (CH), do sistema adesivo (SA) e, por fim, a resina composta (RC).

Na Figura 27 observa-se a mesma amostra da Figura 26, mas com uma ampliação de 1000x, possibilitando a observação das estruturas mencionadas anteriormente, mas em pormenor. Para além destas estruturas identifica-se ainda a presença de prolongamentos do adesivo nos túbulos dentinários – *resin tags* (identificados com as setas em branco).

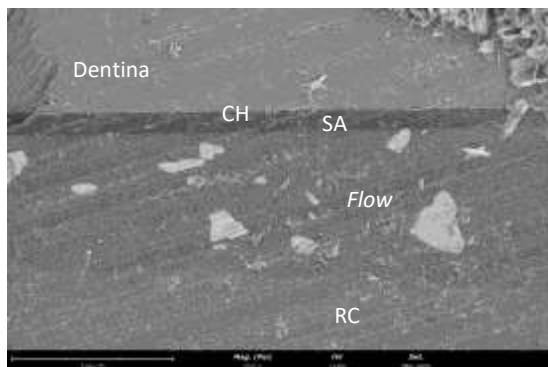


Figura 28 – Amostra 1 Grupo CPF_3M (250x)

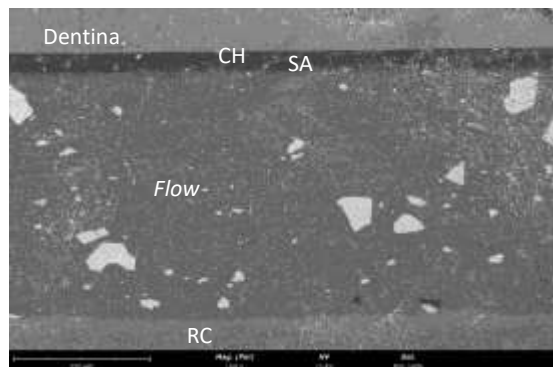


Figura 29 – Amostra 2 Grupo CPF_3M (160x)

Nas Figuras 28 e 29 estão presentes imagens das duas amostras do Grupo CPF_3M – IDS com Clearfil™ SE Protect mais resina *flow* aos 3 meses – com uma ampliação de 200x e 160x, respetivamente, de forma a possibilitar a visualização de todas as estruturas envolventes da interface adesiva, sendo elas, de cima para baixo, a dentina,

a camada híbrida (CH), o sistema adesivo (SA), a resina *flow* e a resina composta (RC) correspondente à restauração indireta.

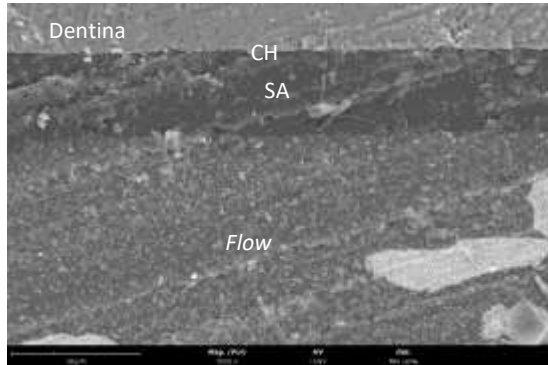


Figura 30 – Amostra 1 Grupo CPF_3M (1000x)

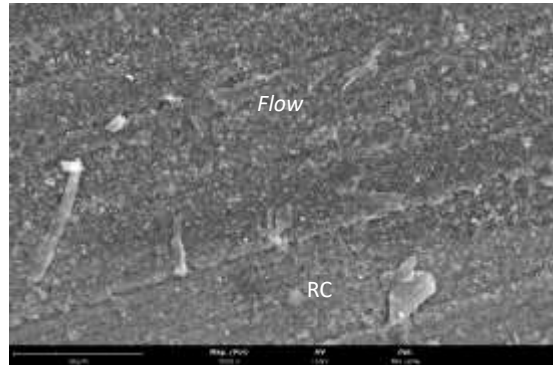


Figura 31 – Amostra 1 Grupo CPF_3M (1000x)

Nas Figuras 30 e 31 observa-se a amostra 1 do Grupo CPF_3M – IDS com Clearfil™ SE Protect mais resina *flow* aos 3 meses – com uma ampliação de 1000x, para permitir visualizar o início e o fim, respetivamente, da interface adesiva em pormenor. Na Figura 30 identifica-se a dentina, a camada híbrida (CH), o sistema adesivo (SA) e o início da camada de resina *flow*, enquanto que, na Figura 31 é possível observar o fim da camada de resina *flow* e a resina composta (RC) da restauração indireta.

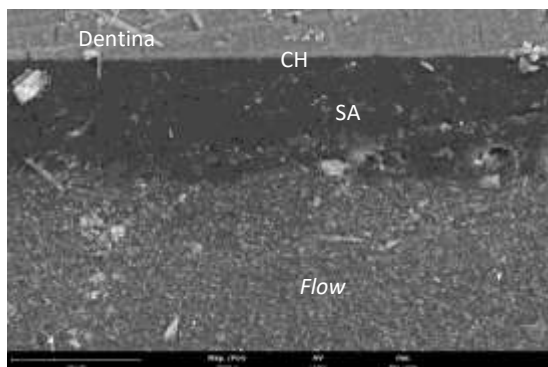


Figura 32 – Amostra 2 Grupo CPF_3M (1000x)

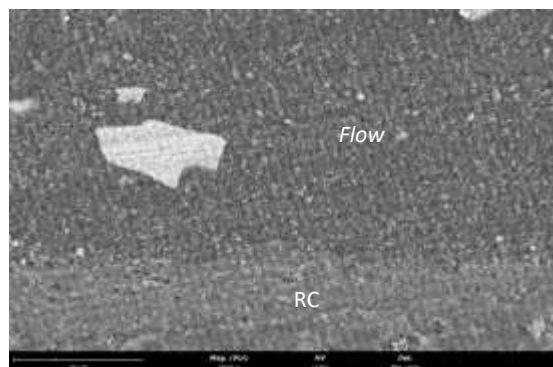


Figura 33 – Amostra 2 Grupo CPF_3M (1000x)

Nas Figuras 32 e 33 observa-se a amostra 2 do Grupo CPF_3M – IDS com Clearfil™ SE Protect mais resina *flow* aos 3 meses – com uma ampliação de 1000x, de forma a possibilitar a visualização pormenorizada do início e do fim da interface adesiva. Na Figura 32 identifica-se, de cima para baixo, a dentina, a camada híbrida (CH), o

sistema adesivo (SA) e parte da camada de resina *flow*, enquanto que na Figura 33 observa-se a continuação da camada de resina *flow* e a resina composta (RC) constituinte da restauração indireta.

V. DISCUSSÃO

O sistema adesivo Optibond™ FL *etch-and-rinse* de três passos foi escolhido como grupo controlo por ser particularmente indicado para a técnica de selamento imediato da dentina pelo facto de conter partículas de carga inorgânica e, por isso, ser capaz de formar uma camada híbrida espessa, uniforme e consistente, permitindo a hibridização da dentina, a melhor adaptação à mesma e um ótimo alívio de tensões de contração produzidas pela resina composta restauradora (Albaladejo et al., 2010; A. O. Carvalho et al., 2016; Magne, 2005; Magne et al., 2007; K. L. Van Landuyt et al., 2007). O mesmo pode ser evidenciado a partir das imagens obtidas através da microscopia eletrónica de varrimento, onde se encontra presente uma interface adesiva bem hibridizada e uma camada híbrida espessa (Figuras 16, 17, 22 e 23). Tais características mantêm-se, não existindo diferenças significativas da avaliação imediata às 24h (Figuras 16 e 17) para a avaliação após envelhecimento em saliva artificial durante três meses (Figuras 22 e 23), tal como acontece no estudo de Carvalho et al. (2016) e de Bumrungruan & Sakoolnamarka (2016).

O protocolo de utilização do Optibond™ FL é extremamente sensível devido à sua etapa de condicionamento ácido, que é seguida de lavagem obrigatória (K. Van Landuyt et al., 2005). A etapa referida, desmineraliza a dentina removendo a *smear layer* e os *smear plugs*, de forma a obter uma superfície microporosa com maior capacidade de adesão (K. Van Landuyt et al., 2005). Porém, as fibras de colagénio, aquando deste condicionamento, ficam suspensas na água, pelo que é necessário o controlo do grau de hidratação da dentina para impedir o colapso da rede de colagénio por desidratação da mesma (Sezinando, 2014). Como resultado, obtém-se uma camada híbrida mais suscetível à degradação hidrolítica e enzimática ao longo do tempo (Beltrami et al., 2016). (Van Meerbeek et al., 2011). No entanto, mesmo após a exposição direta da interface adesiva em saliva artificial, na estufa a 37°C durante três meses, a camada híbrida correspondente a este grupo experimental não sofreu alterações visíveis.

Os adesivos *self-etch* apresentam três categorias consoante o seu grau de acidez: ultra-suave ($\text{pH} \geq 2,5$), suave ($\text{pH} \approx 2$), intermediariamente forte ($\text{pH} \approx 1,5$) e forte ($\text{pH} < 1$)

(Giannini et al., 2015). Os *self-etch* suaves, como é o caso do Clearfil™ SE Protect, desmineralizam a dentina apenas superficialmente, deixando cristais de hidroxiapatite ao redor das fibras de colágeno disponíveis para estabelecer ligação química com monómeros funcionais. Normalmente, o smear plug não é completamente removido do túbulo dentinário. Como resultado das características descritas anteriormente (Giannini et al., 2015; Inoue et al., 2012; Kirihaara et al., 2013; K. Van Landuyt et al., 2005) e do facto deste sistema adesivo possuir uma reduzida quantidade de carga na sua constituição (M. A. de Carvalho et al., 2021), uma camada híbrida fina é formada com medidas submicrônicas. Tal como se observa no presente estudo tanto nas imagens às 24h (Figuras 18-21), como nas imagens aos três meses (Figuras 26-33), onde a camada híbrida não pode ser claramente identificada na interface, tal como acontece nos estudos de Nikaido et al. (2021), Kirihaara et al. (2013) e Inoue et al. (2012), onde as camadas híbridas apresentam uma espessura de aproximadamente 1µm. No entanto, verifica-se a presença de *resin tags* (Figura 27) completamente hibridizados com os túbulos dentinários, o que confirma a interação entre o substrato e o adesivo em questão, sendo um indicativo de boa adesão.

Para além da camada híbrida, aquando da utilização do sistema adesivo Clearfil™ SE Protect, dá-se a formação de uma camada de resistência ácido-base, denominada ABRZ, que surge abaixo da camada híbrida após um novo desafio ácido (Giannini et al., 2015; Inoue et al., 2012; Nikaido et al., 2021), sendo um mecanismo importante na resistência à desmineralização (Inoue et al., 2012).

O agente de ligação do Clearfil™ SE Protect contém fluoreto de sódio de superfície tratada (NaF) capaz de liberar iões de flúor (Kirihaara et al., 2013; Nikaido et al., 2021) essenciais para o processo de mineralização e resistência da dentina à desmineralização por um futuro ataque ácido (Giannini et al., 2015; Kirihaara et al., 2013). A libertação destes iões é afetada pela quantidade de fluoreto inicial no sistema adesivo, espessura, grau de polimerização e tempo (Kirihaara et al., 2013).

A espessura da ABRZ é influenciada pela concentração de libertação de flúor do sistema adesivo, aumentando com o aumento da concentração de NaF no mesmo (Kirihaara et al., 2013; Nikaido et al., 2021). Logo, a concentração de fluoreto vai influenciar a morfologia da ABRZ e, conseqüentemente, as características morfológicas

da interface adesiva (Kirihaara et al., 2013; Nikaido et al., 2021). Assim, a formação da ABRZ é altamente dependente do sistema adesivo, mas também da capacidade de infiltração dos monómeros do adesivo na dentina desmineralizada (Giannini et al., 2015; Inoue et al., 2012).

Na observação das interfaces adesivas, com recurso a MEV, correspondentes aos grupos experimentais CP_24H, CPF_24H, CP_3M e CPF_3M, onde foi aplicado este sistema adesivo, não foi possível visualizar a ABRZ. O que pode ter acontecido pelo facto de o armazenamento ter sido feito em saliva artificial e, por isso, não se ter sujeitado a interface adesiva a um meio desmineralizante. Nos estudos de Nikaido et al. (2021), Giannini et al. (2015) e Kirihaara et al. (2013), onde as amostras foram sujeitas a uma solução desmineralizante, observou-se a formação de uma ABRZ, abaixo da camada híbrida, onde a presença de cristais de apatite era escassa e dispersa no topo, mas em maior quantidade e melhor arranjo no meio desta camada de resistência ácido-base. Estes cristais de apatite apresentavam características diferentes daquelas visualizadas na camada híbrida e, pareciam estar protegidos contra o ataque ácido. Outro motivo para não se identificar esta camada nas imagens com MEV pode ter sido a baixa libertação de fluoreto, visto que a formação da ABRZ está dependente deste (Giannini et al., 2015; Inoue et al., 2012; Kirihaara et al., 2013; Nikaido et al., 2021).

De forma a melhorar as características do sistema adesivo Clearfil™ SE Protect, associou-se ao mesmo uma camada de resina *flowable* (Synergy D6 Flow), com capacidade de proteger, reforçar e fortalecer a interface adesiva e a dentina subjacente a esta, incorporando carga ao IDS e, conseqüentemente, aumentando a resistência de união a longo prazo (M. A. de Carvalho et al., 2021; Hardan et al., 2022; F. N. Medeiros et al., 2021; Samartzi et al., 2021; K. L. Van Landuyt et al., 2007).

Para além das vantagens anteriormente referidas, a Synergy D6 Flow fornece, ainda, radiopacidade à interface, importante no diagnóstico diferencial em radiologia (K. L. Van Landuyt et al., 2007). O que não é possível por parte do Clearfil™ SE Protect, pelo facto de possuir uma reduzida quantidade de carga e, por isso, ser radiotransparente (Kuraray, 2014).

O Synergy D6 Flow é um compósito líquido nano-híbrido radiopaco, composto por partículas de carga com uma gama de tamanho entre 0,04 e 2,5 µm (Figura 34) (Coltene,

2010). O mesmo é possível de se verificar a partir das imagens com MEV (Figuras 20, 28-33), onde se identifica a presença de partículas com uma grande variedade de tamanhos na camada correspondente à resina *flow*. Esta combinação de nano partículas e cargas pré-polymerizadas tem como vantagens a diminuição da contração de polimerização e a melhoria das características de manuseamento (Coltene, 2010).

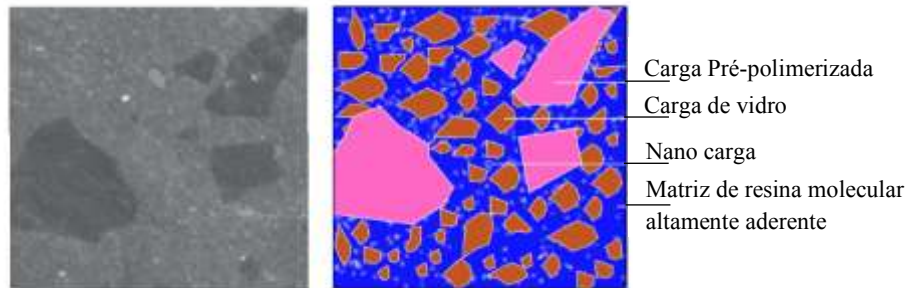


Figura 34 – Constituição do Synergy D6 Flow com partículas de diversas dimensões
(Adaptado de Coltene, 2010)

Ao longo da experiência laboratorial realizada neste estudo, tentou-se replicar ao máximo o que acontece na prática clínica. Sujeitando o IDS realizado, ao material de impressão, à cimentação de restaurações provisórias e ao jateamento. No entanto, e mesmo com estes procedimentos, observou-se a manutenção de uma camada híbrida íntegra tanto às 24h como aos 3 meses para os diferentes grupos experimentais.

VI. CONCLUSÃO

Perante as imagens observadas com MEV, resultantes deste estudo, qualquer protocolo de IDS estudado parece ser competente.

VII. PERSPECTIVAS FUTURAS

Tendo em conta o estudo desenvolvido, em investigações futuras será importante:

- Utilizar um período de armazenamento superior (5 anos ou mais), de forma a igualar o período de sobrevivência média de um procedimento restaurador;
- Estudar a relação entre a libertação de fluoreto e a área da ABRZ, utilizando diferentes sistemas adesivos que contenham partículas de flúor reativas, de forma a estudar o mecanismo de ação do fluoreto na interface adesiva;
- Realizar ciclos de pH, com o intuito de estudar a reação e resistência da ABRZ formada, face a um novo desafio ácido;
- Realizar a análise das imagens obtidas com MEV através da espectroscopia de raios X dispersivos de energia;
- Utilizar um meio de armazenamento desmineralizante, de forma a possibilitar um melhor estudo da ABRZ.

VIII. 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>
- Aguiar, T. R., Cavalcanti, A. N., Fontes, C. M., Marchi, G. M., Muniz, L., & Mathias, P. (2009). 24 hours and 3-months bond strength between dual-cured resin cements and simplified adhesive systems. *Acta Odontológica Latinoamericana*, 22(3), 171–176. http://www.scielo.org.ar/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1852-48342009000300003&lng=es&nrm=iso&tlng=en
- Albaladejo, A., Osorio, R., Toledano, M., & Ferrari, M. (2010). Hybrid layers of etch-and-rinse versus self-etching adhesive systems. *Medicina Oral, Patologia Oral y Cirugia Bucal*, 15(1), 112–118. <https://doi.org/10.4317/medoral.15.e112>
- Alex, G. (2015). Universal adhesives: the next evolution in adhesive dentistry? *Compendium of Continuing Education in Dentistry (Jamesburg, N.J. : 1995)*, 36(1), 15–26.
- Amaral, F. L. B., Colucci, V., Palma-Dibb, R. G., & Corona, S. A. M. (2007). Assessment of In Vitro Methods Used to Promote Adhesive Interface Degradation : A Critical Review. *J Esthet Restor Dent*, 19(6), 340–354. <https://doi.org/10.1111/j.1708-8240.2007.00134.x>
- Amaral, R., Özcan, M., Valandro, L. F., Balducci, I., & Bottino, M. A. (2007). Effect of Conditioning Methods on the Microtensile Bond Strength of Phosphate Monomer-Based Cement on Zirconia Ceramic in Dry and Aged Conditions. *Journal of Biomedical Materials Research*, 85(1), 1–9. <https://doi.org/10.1002/jbm.b.30908>
- Armstrong, S., Breschi, L., Özcan, M., Pfefferkorn, F., Ferrari, M., & Meerbeek, B. Van. (2017). Academy of Dental Materials guidance on in vitro testing of dental

- composite bonding effectiveness to dentin / enamel using micro-tensile bond strength (μ TBS) approach. *Dental Materials*, 33(2), 133–143.
<https://doi.org/10.1016/j.dental.2016.11.015>
- Badini, S. R. G., Tavares, A. C. S., Guerra, M. A. L., Dias, N. F., & Vieira, C. D. (2008). Cimentação Adesiva – Revisão de Literatura. *Odonto*, 16(32), 105–115.
<https://doi.org/10.15603/2176-1000/odonto.v16n32p105-115>
- Bahillo, J., Roig, M., Bortolotto, T., & Krejci, I. (2013). Self-etching aspects of a three-step etch-and-rinse adhesive. *Clinical Oral Investigations*, 17(8), 1893–1900.
<https://doi.org/10.1007/s00784-012-0878-y>
- Belmar da Costa, M., Delgado, A. H. S., Amorim Afonso, T., Proença, L., Ramos, A. S., & Mano Azul, A. (2021). Investigating a commercial functional adhesive with 12-mdpb and reactive filler to strengthen the adhesive interface in eroded dentin. *Polymers*, 13(20). <https://doi.org/10.3390/polym13203562>
- Beltrami, R., Chiesa, M., Scribante, A., Allegretti, J., & Poggio, C. (2016). Comparison of shear bond strength of universal adhesives on etched and nonetched enamel. *Journal of Applied Biomaterials and Functional Materials*, 14(1), e78–e83.
<https://doi.org/10.5301/jabfm.5000261>
- Breschi, L., Mazzoni, A., Ruggeri, A., Cadenaro, M., Di Lenarda, R., & De Stefano Dorigo, E. (2008). Dental adhesion review: Aging and stability of the bonded interface. *Dental Materials*, 24(1), 90–101.
<https://doi.org/10.1016/j.dental.2007.02.009>
- Brigagão, V. C., Barreto, L. F. D., Gonçalves, K. A. S., Amaral, M., Vitti, R. P., Neves, A. C. C., & Silva-Concílio, L. R. (2017). Effect of interim cement application on bond strength between resin cements and dentin: Immediate and delayed dentin sealing. *Journal of Prosthetic Dentistry*, 117(6), 792–798.
<https://doi.org/10.1016/j.prosdent.2016.09.015>
- Brigagão, V. C., Saliba, F. M. P., Bernardo, H. D. P., Amaral, M., Neves, A. C. C., & Silva-Concílio, L. R. (2016). Selamento Dentinário Imediato : Proposição de Protocolos Clínicos. *International Journal of Brazilian Dentistry*, 12(2), 186–191.
- Bumrungruan, C., & Sakoolnamarka, R. (2016). Microshear bond strength to dentin of self-adhesive flowable composite compared with total-etch and all-in-one

- adhesives. *Journal of Dental Sciences*, 11(4), 449–456.
<https://doi.org/10.1016/j.jds.2016.08.003>
- Carrigan, P. J., Morse, D. R., Furst, M. L., & Sinai, I. H. (1984). A Scanning Electron Microscopic Evaluation of Human Dentinal Tubules According to Age and Location. *Journal of Endodontics*, 10(8), 359–363.
- Carvalho, A. O., Bacelar-Sá, R., Wodevotzky, O., Ambrosano, G. M. B., Magne, P. C., & Giannini, M. (2016). Bond strength and micromorphology of resin-dentin interface of etch-and-rinse dentin bonding agents after 1-year of water storage. *Applied Adhesion Science*, 4(16). <https://doi.org/10.1186/s40563-016-0073-5>
- Carvalho, M. A. de, Lazari-Carvalho, P. C., Polonial, I. F., Souza, J. B. de, & Magne, P. (2021). Significance of immediate dentin sealing and flowable resin coating reinforcement for unfilled/lightly filled adhesive systems. *Journal of Esthetic and Restorative Dentistry*, 33(1), 88–98. <https://doi.org/10.1111/jerd.12700>
- Chen, C., Niu, L.-N., Xie, H., Zhang, Z.-Y., Zhou, L.-Q., Jiao, K., Chen, J.-H., Pashley, D. H., & Tay, F. R. (2015). Bonding of universal adhesives to dentin – old wine in new bottles? C. Chen. *Journal of Dentistry*, 43(5), 525–536.
- Choi, Y. S., & Cho, I. H. (2010). An effect of immediate dentin sealing on the shear bond strength of resin cement to porcelain restoration. *Journal of Advanced Prosthodontics*, 2(2), 39–45. <https://doi.org/10.4047/jap.2010.2.2.39>
- Coltene. (2010) “Synergy D6 Flow”. Retirado da página:
<http://www.coltene.com/synergyd6flow> (Acesso no dia 5 de outubro de 2022).
- Denk, W., & Horstmann, H. (2004). Serial block-face scanning electron microscopy to reconstruct three-dimensional tissue nanostructure. *PLoS Biology*, 2(11), 1900–1909. <https://doi.org/10.1371/journal.pbio.0020329>
- Donassollo, T., Lima, F., Rodrigues-Junior, S., Coelho-de-Souza, F., & Demarco, F. (2010). Adesão aos substratos dentários e seus principais aspectos: uma revisão da literatura. *Somatos*, 16(31), 55–68.
- Donmez, N., Belli, S., Pashley, D. H., & Tay, F. R. (2005). Ultrastructural correlates of in vivo/in vitro bond degradation in self-etch adhesives. *Journal of Dental Research*, 84(4), 355–359. <https://doi.org/10.1177/154405910508400412>

- Drobac, M., Stojanac, I., Ramić, B., Premović, M., & Petrović, L. (2015). Micromorphological characterization of adhesive interface of sound dentin and total-etch and self-etch adhesives. *Medicinski Pregled*, 68(1–2), 10–16. <https://doi.org/10.2298/MPNS1502010D>
- El-Deeb, H. A., Daifalla, L. E., Badran, I., & Mobarak, E. H. (2016). Bond Strength Durability of Different Adhesives to Dentin After Aging in Two Different Solutions. *The Journal of Adhesive Dentistry*, 18(4), 303–309. <https://doi.org/10.3290/j.jad.a36153>
- Eren, D., Doğan, C. A., & Bektaş, Ö. Ö. (2019). Effect of Different Surface Treatments and Roughness on the Repair Bond Strength of Aged Nanohybrid Composite. *Photobiomodulation, Photomedicine, and Laser Surgery*, 37(8), 473–482. <https://doi.org/10.1089/photob.2018.4585>
- Giannini, M., Makishi, P., Ayres, A. P. A., Vermelho, P. M., Fronza, B. M., Nikaido, T., & Tagami, J. (2015). Self-Etch adhesive systems: A literature review. *Brazilian Dental Journal*, 26(1), 3–10. <https://doi.org/10.1590/0103-6440201302442>
- Green, D. J., & Banerjee, A. (2011). Contemporary Adhesive Bonding: Bridging the Gap between Research and Clinical Practice. *Dental Materials*, 38(7), 439–450.
- Guedes, A. P. A., Moda, M. D., Suzuki, T. Y. U., Godas, A. G. de L., Sundfeld, R. H., Briso, A. L. F., & dos Santos, P. H. (2016). Effect of fluoride-releasing adhesive systems on the mechanical properties of eroded dentin. *Brazilian Dental Journal*, 27(2), 153–159. <https://doi.org/10.1590/0103-644020160635>
- Hardan, L., Devoto, W., Bourgi, R., Cuevas-Suárez, C. E., Lukomska-Szymanska, M., Fernández-Barrera, M. Á., Cornejo-Ríos, E., Monteiro, P., Zarow, M., Jakubowicz, N., Mancino, D., Haikel, Y., & Kharouf, N. (2022). Immediate Dentin Sealing for Adhesive Cementation of Indirect Restorations: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Gels*, 8(3), 1–17. <https://doi.org/10.3390/gels8030175>
- Hashimoto, M., Hirose, N., Kitagawa, H., Yamaguchi, S., & Imazato, S. (2018). Improving the durability of resin-dentin bonds with an antibacterial monomer mdpb. *Dental Materials Journal*, 37(4), 620–627. <https://doi.org/10.4012/dmj.2017-209>
- Imazato, S., Kinomoto, Y., Tarumi, H., Ebisu, S., & Tay, F. R. (2003). Antibacterial

- activity and bonding characteristics of an adhesive resin containing antibacterial monomer MDPB. *Dental Materials*, 19(4), 313–319.
[https://doi.org/10.1016/S0109-5641\(02\)00060-X](https://doi.org/10.1016/S0109-5641(02)00060-X)
- Imazato, S., Kuramoto, A., Takahashi, Y., Ebisu, S., & Peters, M. C. (2006). In vitro antibacterial effects of the dentin primer of Clearfil Protect Bond. *Dental Materials*, 22(6), 527–532. <https://doi.org/10.1016/j.dental.2005.05.009>
- Inoue, G., Nikaido, T., Sadr, A., & Tagami, J. (2012). Morphological categorization of acid-base resistant zones with self-etching primer adhesive systems. *Dental Materials Journal*, 31(2), 232–238. <https://doi.org/10.4012/dmj.2011-132>
- Inoue, G., Tsuchiya, S., Nikaido, T., Foxton, R. M., & Tagami, J. (2006). Morphological and mechanical characterization of the acid-base resistant zone at the adhesive-dentin interface of intact and caries-affected dentin. *Operative Dentistry*, 31(4), 466–472. <https://doi.org/10.2341/05-62>
- Jang, J. H., Lee, M. G., Woo, S. U., Lee, C. O., Yi, J. K., & Kim, D. S. (2016). Comparative study of the dentin bond strength of a new universal adhesive. *Dental Materials Journal*, 35(4), 606–612. <https://doi.org/10.4012/dmj.2015-422>
- Kerr. (1995) “Optibond FL”. Retirado da pagina:
<https://www.kerrdental.com/optibondfl> (Acesso no dia 4 de Setembro de 2022).
- Kirihara, M., Inoue, G., Nikaido, T., Ikeda, M., Sadr, A., & Tagami, J. (2013). Effect of fluoride concentration in adhesives on morphology of acid-base resistant zones. *Dental Materials Journal*, 32(4), 578–584. <https://doi.org/10.4012/dmj.2013-041>
- Kuraray. (2014) “Clearfil SE Protect”. Retirado da página:
<https://kuraraydental.com/clearfil> (Acesso no dia 4 de setembro de 2022).
- Lee, Y., Chae, M., Kim, K. H., & Kwon, T. Y. (2015). Effect of dental silane primer activation time on resin-ceramic bonding. *Journal of Adhesion Science and Technology*, 29(11), 1155–1167. <https://doi.org/10.1080/01694243.2015.1022498>
- Leloup, G., D’Hoore, W., Bouter, D., Degrange, M., & Vreven, J. (2001). Meta-analytical review of factors involved in dentin adherence. *Journal of Dental Research*, 80(7), 1605–1614. <https://doi.org/10.1177/00220345010800070301>
- Loguercio, A. D., Luque-Martinez, I., Muñoz, M. A., Szesz, A. L., Cuadros-Sánchez, J.,

- & Reis, A. (2014). A comprehensive laboratory screening of three-step etch-and-rinse adhesives. *Operative Dentistry*, *39*(6), 652–662. <https://doi.org/10.2341/13-236>
- Loomans, B. A. C., & Özcan, M. (2016). Intraoral repair of direct and indirect restorations: Procedures and guidelines. *Operative Dentistry*, *41*, S68–S78. <https://doi.org/10.2341/15-269-LIT>
- Lung, C. Y. K., & Matinlinna, J. P. (2012). Aspects of silane coupling agents and surface conditioning in dentistry: An overview. *Dental Materials*, *28*(5), 467–477. <https://doi.org/10.1016/j.dental.2012.02.009>
- Magne, P. (2005). Immediate dentin sealing: A fundamental procedure for indirect bonded restorations. *Journal of Esthetic and Restorative Dentistry*, *17*(3), 144–154. <https://doi.org/10.1111/j.1708-8240.2005.tb00103.x>
- Magne, P., & Douglas, W. H. (1999). Porcelain veneers: dentin bonding optimization and biomimetic recovery of the crown. *The International Journal of Prosthodontics*, *12*(2), 111–121. <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/10371912>
- 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*, *124*(4), 487.e1-487.e7. <https://doi.org/10.1016/j.prosdent.2020.03.011>
- Magne, P., So, W. S., & Cascione, D. (2007). Immediate dentin sealing supports delayed restoration placement. *Journal of Prosthetic Dentistry*, *98*(3), 166–174. [https://doi.org/10.1016/S0022-3913\(07\)60052-3](https://doi.org/10.1016/S0022-3913(07)60052-3)
- 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>
- Medeiros, A. F., Avelar, W. V., Lima, D. A. da S., Queiroz, A. M. de, Campos, F., Vasconcelos, R. G., & Vasconcelos, M. G. (2019). Os efeitos das Metaloproteinasas da matriz extracelular - MMPS e clorexidina no mecanismo de

- adesão dentária TT - The effects of metalloproteinases of the extracellular matrix - MMPs and clorexidine in the dental adhesion mechanism. *Rev. Salusvita (Online)*, 38(4), 1127–1149.
https://secure.unisagrado.edu.br/static/biblioteca/salusvita/salusvita_v38_n4_2019/salusvita_v38_n4_2019_art_17.pdf
- Medeiros, F. N., Bettinelli, N., & Piardi, C. C. (2021). A influência do selamento imediato da dentina na reabilitação oral através de restaurações indiretas: Uma revisão de literatura / The influence of immediate dentine sealing on oral rehabilitation through indirect restorations: A literature review. *Brazilian Journal of Development*, 7(12), 111897–111912. <https://doi.org/10.34117/bjdv7n12-127>
- Mendes, L. T., Loomans, B. A. C., Opdam, N. J. M., Silva, C. L. D., Casagrande, L., & Lenzi, T. L. (2020). Silane Coupling Agents are Beneficial for Resin Composite Repair: A Systematic Review and Meta-Analysis of In Vitro Studies. *The Journal of Adhesive Dentistry*, 22(5), 443–453. <https://doi.org/10.3290/j.jad.a45175>
- Muratovska, I., Kitagawa, H., Hirose, N., Kitagawa, R., & Imazato, S. (2018). Antibacterial activity and dentin bonding ability of combined use of clearfil SE protect and sodium hypochlorite. *Dental Materials Journal*, 37(3), 460–464. <https://doi.org/10.4012/dmj.2017-294>
- Nikaido, T., Ichikawa, C., Li, N., Takagaki, T., Sadr, A., Yoshida, Y., Suzuki, K., & Tagami, J. (2011). Effect of functional monomers in all-in-one adhesive systems on formation of enamel/dentin acid-base resistant zone. *Dental Materials Journal*, 30(5), 576–582. <https://doi.org/10.4012/dmj.2010-214>
- Nikaido, T., Takagaki, T., Sato, T., Burrow, M. F., & Tagami, J. (2021). Fluoride-Releasing Self-Etch Adhesives Create Thick ABRZ at the Interface. *BioMed Research International*, 1–5. <https://doi.org/10.1155/2021/9731280>
- Nikaido, T., Weerasinghe, D. D. S., Waidyasekera, K., Inoue, G., Foxton, R. M., & Tagami, J. (2009). Assessment of the nanostructure of acid-base resistant zone by the application of all-in-one adhesive systems: Super dentin formation. *Bio-Medical Materials and Engineering*, 19(2–3), 163–171. <https://doi.org/10.3233/BME-2009-0576>
- Oro, A., & Carlini, B. (2008). Adesão à dentina úmida e seca : resistência de união à

- microtração e infiltração marginal. *Revista de Odontologia Da UNESP*, 2008; 37(1):91-96., 37(1), 91–96.
- 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), 1–15.
<https://doi.org/10.3390/ma13040981>
- Pashley, D. H., Tay, F. R., Breschi, L., Tjäderhane, L., Carvalho, R. M., Carrilho, M., & Tezvergil-Mutluay, A. (2011). State of the art etch-and-rinse adhesives. *Dental Materials*, 27(1), 1–16. <https://doi.org/10.1016/j.dental.2010.10.016>
- Perdigão, J. (2010). Dentin bonding-Variables related to the clinical situation and the substrate treatment. *Dental Materials*, 26(2), 24–37.
<https://doi.org/10.1016/j.dental.2009.11.149>
- Perdigão, J. (2020). Current perspectives on dental adhesion: (1) Dentin adhesion – not there yet. *Japanese Dental Science Review*, 56(1), 190–207.
<https://doi.org/10.1016/j.jdsr.2020.08.004>
- Perdigão, J., Kose, C., Mena-Serrano, A. P., De Paula, E. A., Tay, L. Y., Reis, A., & Loguercio, A. D. (2014). A new Universal simplified adhesive: 18-month clinical evaluation. *Operative Dentistry*, 39(2), 113–127. <https://doi.org/10.2341/13-045-C>
- Perdigão, J., Reis, A., & Loguercio, A. D. (2013). Dentin adhesion and MMPs: A comprehensive review. *Journal of Esthetic and Restorative Dentistry*, 25(4), 219–241. <https://doi.org/10.1111/jerd.12016>
- Perdigão, J., & Swift, E. J. (2015). Universal Adhesives. *Journal of Esthetic and Restorative Dentistry*, 27(6), 331–334. <https://doi.org/10.1111/jerd.12185>
- Qanungo, A., Aras, M. A., Chitre, V., Mysore, A., Amin, B., & Daswani, S. R. (2016). Immediate dentin sealing for indirect bonded restorations. *Journal of Prosthodontic Research*, 60(4), 240–249.
<https://doi.org/10.1016/j.jpor.2016.04.001>
- Rosa, W. L. de O. da, Piva, E., & Silva, A. F. da. (2015). Bond strength of universal adhesives: A systematic review and meta-analysis. *Journal of Dentistry*, 43(7), 765–776. <https://doi.org/10.1016/j.jdent.2015.04.003>

- Saboia, V., Silva, F., Nato, F., Mazzoni, A., Cadenaro, M., Mazzotti, G., Giannini, M., & Breschi, L. (2009). Analysis of differential artificial ageing of the adhesive interface produced by a two-step etch-and-rinse adhesive. *European Journal of Oral Sciences*, *117*, 618–624.
<https://doi.org/10.4028/www.scientific.net/AMM.271-272.710>
- Sahin, C., Cehreli, Z. C., Yenigul, M., & Dayangac, B. (2012). In vitro permeability of etch-and-rinse and self-etch adhesives used for immediate dentin sealing. *Dental Materials Journal*, *31*(3), 401–408. <https://doi.org/10.4012/dmj.2011-217>
- Samartzi, T. K., Papalexopoulos, D., Sarafianou, A., & Kourtis, S. (2021). Immediate dentin sealing: A literature review. *Clinical, Cosmetic and Investigational Dentistry*, *13*, 233–256. <https://doi.org/10.2147/CCIDE.S307939>
- Sano, H. (2006). Microtensile testing, nanoleakage, and biodegradation of resin-dentin bonds. *Journal of Dental Research*, *85*(1), 11–14.
<https://doi.org/10.1177/154405910608500102>
- Santana, V. B., De Alexandre, R. S., Rodrigues, J. A., Ely, C., & Reis, A. F. (2016). Effects of immediate dentin sealing and pulpal pressure on resin cement bond strength and nanoleakage. *Operative Dentistry*, *41*(2), 189–199.
<https://doi.org/10.2341/15-150-L>
- Sarr, M., Kane, A. W., Vreven, J., Mine, A., Van Landuyt, K. L., Peumans, M., Lambrechts, P., Van Meerbeek, B., & De Munck, J. (2010). Microtensile bond strength and interfacial characterization of 11 contemporary adhesives bonded to bur-cut dentin. *Operative Dentistry*, *35*(1), 94–104. <https://doi.org/10.2341/09-076-L>
- 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>
- Silva e Souza, M. H., Kato Carneiro, K. G., Figueiredo Lobato, M., De Almeida Rodrigues Silva e Souza, P., & De Góes, M. F. (2010). Adhesive systems: important aspects related to their composition and clinical use. *Journal of Applied Oral Science*, *18*(3), 207–214.
- Sirisha, K., Rambabu, T., Ravishankar, Y., & Ravikumar, P. (2014). Validity of bond

- strength tests: A critical review-Part II. *Journal of Conservative Dentistry*, 17(5), 420–426. <https://doi.org/10.4103/0972-0707.139823>
- Spencer, P., Ye, Q., Park, J., Topp, E. M., Misra, A., Marangos, O., Wang, Y., Bohaty, B. S., Singh, V., Sene, F., Eslick, J., Camarda, K., & Katz, J. L. (2010). Adhesive/dentin interface: The weak link in the composite restoration. *Annals of Biomedical Engineering*, 38(6), 1989–2003. <https://doi.org/10.1007/s10439-010-9969-6>
- Tay, F. R., & Pashley, D. H. (2003). Have dentin adhesives become too hydrophilic? *Journal of the Canadian Dental Association*, 69(11), 726–731.
- Tezvergil-Mutluay, A., Agee, K. A., Mazzoni, A., Carvalho, R. M., Carrilho, M., Tersariol, I. L., Nascimento, F. D., Imazato, S., Tjäderhane, L., Breschi, L., Tay, F. R., & Pashley, D. H. (2015). Can quaternary ammonium methacrylates inhibit matrix MMPs and cathepsins? *Dental Materials*, 31(2), e25–e32. <https://doi.org/10.1016/j.dental.2014.10.006>
- Tezvergil-Mutluay, A., Agee, K. A., Uchiyama, T., Imazato, S., Mutluay, M. M., Cadenaro, M., Breschi, L., Nishitani, Y., Tay, F. R., & Pashley, D. H. (2011). The inhibitory effects of quaternary ammonium methacrylates on soluble and matrix-bound MMPs. *Journal of Dental Research*, 90(4), 535–540. <https://doi.org/10.1177/0022034510389472>
- Tian, F., Zhou, L., Zhang, Z., Niu, L., Zhang, L., Chen, C., Zhou, J., Yang, H., Wang, X., Fu, B., Huang, C., Pashley, D. H., & Tay, F. R. (2016). Paucity of nanolayering in resin-dentin interfaces of MDP-based adhesives. *Journal of Dental Research*, 95(4), 380–387. <https://doi.org/10.1177/0022034515623741>
- Tjäderhane, L., Nascimento, F. D., Breschi, L., Mazzoni, A., Tersariol, I. L. S., Geraldeli, S., Tezvergil-Mutluay, A., Carrilho, M., Carvalho, R. M., Tay, F. R., & Pashley, D. H. (2013). Strategies to prevent hydrolytic degradation of the hybrid layer - A review. *Dental Materials*, 29(10), 999–1011. <https://doi.org/10.1016/j.dental.2013.07.016>
- Toledano, M., Osorio, R., Osorio, E., Aguilera, F. S., Yamauti, M., Pashley, D. H., & Tay, F. (2007). Durability of resin-dentin bonds: Effects of direct/indirect exposure and storage media. *Dental Materials*, 23(7), 885–892.

<https://doi.org/10.1016/j.dental.2006.06.030>

- Tsuchiya, S., Nikaido, T., Sonoda, H., Foxton, R. M., & Tagami, J. (2004). Ultrastructure of the dentin-adhesive interface after acid-base challenge. *The Journal of Adhesive Dentistry*, 6(3), 183–190.
<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/15536847>
- Van den Breemer, C. R., Özcan, M., Cune, M. S., Almeida, A. P., Van Meerbeek, B., & Gresnigt, M. M. M. (2019). Effect of Immediate Dentin Sealing and Surface Conditioning on the Microtensile Bond Strength of Resin-Based Composite to Dentin. *Operative Dentistry*, 44(6), E289–E298.
- Van den Breemer, C. R., Özcan, M., Pols, M. R., Postema, A. R., Cune, M. S., & Gresnigt, M. M. (2019). Adhesion of resin cement to dentin: effects of adhesive promoters, immediate dentin sealing strategies, and surface conditioning. *The International Journal of Esthetic Dentistry*, 14(1), 52–63.
- Van Landuyt, K., De Munck, J., Coutinho, E., Peumans, M., Lambrechts, P., & Van Meerbeek, B. (2005). Bonding to dentin: Smear layer and the process of hybridization. In *Dental Hard Tissues and Bonding: Interfacial Phenomena and Related Properties*. https://doi.org/10.1007/3-540-28559-8_5
- Van Landuyt, K. L., Snauwaert, J., De Munck, J., Peumans, M., Yoshida, Y., Poitevin, A., Coutinho, E., Suzuki, K., Lambrechts, P., & Van Meerbeek, B. (2007). Systematic review of the chemical composition of contemporary dental adhesives. *Biomaterials*, 28(26), 3757–3785.
<https://doi.org/10.1016/j.biomaterials.2007.04.044>
- Van Meerbeek, B., Peumans, M., Poitevin, A., Mine, A., Van Ende, A., Neves, A., & De Munck, J. (2010). Relationship between bond-strength tests and clinical outcomes. *Dental Materials*, 26(2), 100–121.
<https://doi.org/10.1016/j.dental.2009.11.148>
- Van Meerbeek, B., Yoshihara, K., Van Landuyt, K., Yoshida, Y., & Peumans, M. (2020). From Buonocore’s Pioneering Acid-Etch Technique to Self-Adhering Restoratives. A Status Perspective of Rapidly Advancing Dental Adhesive Technology. *The Journal of Adhesive Dentistry*, 22(1), 7–34.
<https://doi.org/10.3290/j.jad.a43994>

- Van Meerbeek, B., Yoshihara, K., Yoshida, Y., Mine, A., De Munck, J., & Van Landuyt, K. L. (2011). State of the art of self-etch adhesives. *Dental Materials*, 27(1), 17–28. <https://doi.org/10.1016/j.dental.2010.10.023>
- Vasconcelos e Cruz, J., Polido, M., Brito, J., & Gonçalves, L. L. (2020). Dentin bonding and SEM analysis of a new experimental universal adhesive system containing a dendrimer. *Polymers*, 12(2). <https://doi.org/10.3390/polym12020461>
- Viana, Í. E. L., Alania, Y., Feitosa, S., Borges, A. B., Braga, R. R., & Scaramucci, T. (2020). Bioactive materials subjected to erosion/abrasion and their influence on dental tissues. *Operative Dentistry*, 45(3), E114–E123. <https://doi.org/10.2341/19-102-L>
- Waidyasekera, K., Nikaido, T., Weerasinghe, D. S., Ichinose, S., & Tagami, J. (2009). Reinforcement of dentin in self-etch adhesive technology: A new concept. *Journal of Dentistry*, 37(8), 604–609. <https://doi.org/10.1016/j.jdent.2009.03.021>
- Walter, R. D., & Raigrodski, A. J. (2008). Immediate dentin sealing improves bond strength of indirect restorations. *Journal of Esthetic and Restorative Dentistry*, 20(4), 277–278. <https://doi.org/10.1111/j.1708-8240.2008.00192.x>
- Yoshiyama, M., Carvalho, R. M., Sano, H., Horner, J. A., Brewer, P. D., & Pashley, D. H. (1996). Regional bond strengths of resins to human root dentine. *Journal of Dentistry*, 24(6), 435–442. [https://doi.org/10.1016/0300-5712\(95\)00102-6](https://doi.org/10.1016/0300-5712(95)00102-6)
- 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>

ANEXOS

Anexo I



Comissão de Ética EGAS MONIZ

Processo Interno n.º 1130

PLATAFORMA

Ex.ma Senhora
Maria Sena-Esteves

Monte de Caparica, 25 de outubro de 2022.

Ex.ma Senhora,

Em resposta ao Pedido de Parecer que submeteu à apreciação da Comissão de Ética da Egas Moniz, com o tema denominado: **"IDS com um novo sistema adesivo – Caracterização morfológica"**, foi aprovado.

A Presidente da Comissão de Ética da Egas Moniz


Professora Doutora Maria Fernanda de Mesquita

Anexo II



Declaração da Direção Clínica para cedência de dentes do BDH para realização do trabalho de projeto final do Mestrado Integrado de Medicina Dentária

Código | IMP.CDEM.04_01

IDENTIFICAÇÃO DO ESTUDANTE: Maria Castel-Branco da Silveira de Sena-Esteves

TÍTULO DO TRABALHO: IDS com um novo sistema adesivo - Caracterização morfológica

Excelentíssima Professora Doutora Fernanda de Mesquita – Presidente da Comissão de Ética,

O(a) aluno(a) Maria Castel-Branco da Silveira de Sena-Esteves pode utilizar dentes molares hígidos permanentes do Banco de Dentes Humanos (BDH) da Clínica Dentária Egas Moniz (CDEM).

Aguardo a aprovação da Comissão Científica e da Comissão de Ética, para cedência dos dentes.

Atenciosamente, com os melhores cumprimentos

Monte da Caparica, 4 de abril de 2022

Direção Clínica

Anexo III



Pedido de Autorização para realização do trabalho de projeto final do MIMD no Biomaterials Lab

Identificação do Estudante: Maria Castel-Branco da Silveira de Sena-Esteves , nº 113096

Título do Trabalho: IDS com um novo sistema adesivo - Caracterização morfológica

Excelentíssimo Professor Doutor Mário Cruz Polido,

A aluna Maria Sena-Esteves, vem por este meio solicitar o acesso ao Biomaterials Lab para realização do projeto final do Mestrado Integrado em Medicina Dentária, intitulado de: IDS com um novo sistema adesivo - Caracterização morfológica, orientado pela Professora Doutora Alexandra Franco Montalegre Pinto Rodrigues.

Com os melhores cumprimentos,

Monte da Caparica, 29 de Abril de 2022

Assinado por: MÁRIO HUMBERTO DOS SANTOS
CRUZ POLIDO
Num. de Identificação: 05329287
Data: 2022.05.13 11:03:45+01'00'

