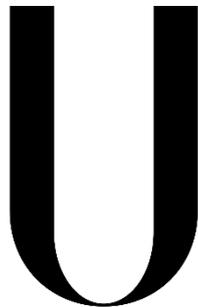


Universidade de Lisboa
Faculdade de Medicina Dentária



LISBOA

UNIVERSIDADE
DE LISBOA

Desvios no protocolo de aplicação de um sistema adesivo
universal em modo self-etch e a sua influência na
permeabilidade

Madalena Machado da Graça Paes Afonso

Orientadores:

Professor Doutor Alexandre Cavalheiro

Professora Doutora Rosário Mexia

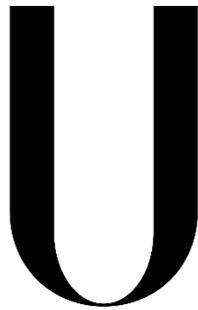
Dissertação

Mestrado Integrado em Medicina Dentária

2020

Desvios no protocolo de aplicação do sistema adesivo universal em modo self-etch e a sua influência na permeabilidade

Universidade de Lisboa
Faculdade de Medicina Dentária



LISBOA

UNIVERSIDADE
DE LISBOA

Desvios no protocolo de aplicação de um sistema adesivo
universal em modo self-etch e a sua influência na
permeabilidade

Madalena Machado da Graça Paes Afonso

Orientadores:

Professor Doutor Alexandre Cavalheiro

Professora Doutora Rosário Mexia

Dissertação

Mestrado Integrado em Medicina Dentária

2020

AGRADECIMENTOS

A conclusão desta etapa só é possível graças ao contributo de algumas pessoas a quem quero agradecer.

Ao Professor Doutor Alexandre Cavalheiro, pela orientação, apoio e conhecimento transmitido.

À Beatriz Nogueira, pelo companheirismo e amizade durante esta fase, sem os quais não teria conseguido superar este desafio, as horas no laboratório e as peripécias deste estudo.

À Professora Doutora Joana Cruz, pela disponibilidade e ajuda indispensável durante o trabalho laboratorial.

À Doutora Catarina Coito e ao Doutor Bernardo Romão, por toda a boa disposição, tempo e atenção dedicados a este projeto.

Esta tese é o culminar de 5 anos de trabalho, um período marcado tanto por momentos difíceis de esforço, bem como inúmeros momentos de felicidade e crescimento. Pelo que quero agradecer a todos os que me acompanharam ao longo deste percurso, e me deram o apoio, amor e amizade indispensáveis para o concluir: a minha família e os meus amigos.

Aos meus pais, por me apoiarem incondicionalmente, pelos valores que me transmitiram e por sempre me proporcionarem tudo o que podiam para eu ter sucesso.

Às minhas irmãs, por me ouvirem sempre, me aturarem nos momentos de desespero e me ajudarem a ver o lado positivo quando mais preciso.

Aos meus amigos, por estarem sempre presentes e por todos os momentos que passámos juntos.

RESUMO

Objetivo: Analisar a influência na permeabilidade dentinária da alteração do tempo de aplicação e do tempo de secagem do sistema adesivo universal em modo *self-etch* “Prime & Bond active” (Dentsply Sirona) em relação ao protocolo de aplicação indicado pelo fabricante.

Métodos: 30 espécimes foram aleatoriamente distribuídos por 3 grupos de estudo: Grupo I – aplicação do adesivo conforme as instruções do fabricante; Grupo II – redução do tempo de aplicação do adesivo; Grupo III – aumento do tempo de secagem do adesivo. Após o condicionamento ácido de cada espécime, foi medida a permeabilidade máxima. De seguida, foi aplicado o adesivo, conforme o protocolo estipulado para cada grupo, e medida novamente a permeabilidade. As diferenças na redução da permeabilidade após a aplicação do adesivo foram analisadas com os testes *Kolmogorov-Smirnov*, *Levene* e *one-way ANOVA*.

Resultados: Verificou-se redução de permeabilidade após a aplicação do adesivo em todos os grupos de estudo, sendo esta maior no grupo I ($71 \pm 33\%$), seguindo-se o grupo III ($68 \pm 31\%$), e, por último, o grupo II ($57 \pm 30\%$). Não se verificaram diferenças significativas entre os três grupos estudados ($p=0,572$).

Conclusão: Não existiram diferenças estatisticamente significativas entre grupos. Assim, aceita-se a hipótese nula de que a permeabilidade dentinária não é influenciada pela diminuição do tempo de aplicação para 5 segundos ou pelo aumento do tempo de secagem para 10 segundos.

Palavras-chave: Sistema adesivo, adesivo universal, *self-etch*, estudo laboratorial, permeabilidade dentinária.

ABSTRACT

Objective: To analyze the influence in dentin permeability of alterations to the application time or drying time of the *self-etch* universal adhesive system, “Prime & Bond active” (Dentsplay Sirona), in comparison to the application protocol given by the manufacturer.

Methods: The 30 specimens were randomly assigned to 3 study groups: group I - adhesive application according to the instructions provided by the manufacturer; group II - reduction of the adhesive application time; group III - increase of the adhesive drying time. After etching each specimen, maximum permeability was measured. Next, the adhesive was applied, according to the protocol established for each group, and permeability was measured again. The differences in permeability reduction after adhesive application were analyzed with the *Kolmogorov-Smirnov* test, the *Levene* test and the *one-way* ANOVA test.

Results: There was a reduction in dentin permeability after adhesive application in all three study groups. The highest reduction was observed in group I ($71\pm 33\%$), followed by group III ($68\pm 31\%$), and, at last, group II ($57\pm 30\%$). There were no significant differences between the three study groups ($p=0,572$).

Conclusion: There were no significant differences found between groups. Therefore, we must accept the null hypothesis that dentin permeability is not influenced by the reduction of the adhesive application time to 5 seconds or increase of the drying time to 10 seconds.

Keywords: Adhesive system, universal adhesive, *self-etch*, laboratory study, dentin permeability.

ÍNDICE

AGRADECIMENTOS	III
RESUMO	V
ABSTRACT	VII
ÍNDICE	IX
LISTA DE FIGURAS E TABELAS	XI
LISTA DE ABREVIATURAS	XIII
I. INTRODUÇÃO	1
1. Adesão Dentária	1
1.1. Adesão	1
1.2. Substratos dentários	2
1.2.1. Esmalte	2
1.2.2. Dentina	2
1.3. Sistemas Adesivos.....	3
1.3.1. Adesivos etch-and-rinse	4
1.3.2. Adesivos self-etch	5
1.3.3. Adesivos Universais	7
2. Permeabilidade.....	8
3. Desvios no protocolo do fabricante	8
II. OBJETIVOS	10
III. MATERIAL E MÉTODOS	11
1. Tipo de investigação	11
2. Desenho do estudo	11
3. Preparação dos espécimes	11
4. Ensaio de Permeabilidade.....	12
5. Distribuição dos espécimes nos vários grupos	13
6. Cálculos para determinar a permeabilidade dentinária	15
7. Análise estatística.....	15
IV. RESULTADOS	16

V. DISCUSSÃO	18
VI. CONCLUSÕES.....	24
VII. REFERÊNCIAS	25
VIII. ANEXOS.....	34
ANEXO 1 – Instruções do Fabricante do sistema adesivo universal Prime & Bond Active (Dentsplay Sirona)	34

LISTA DE FIGURAS E TABELAS

Figura 1 a) – Dente colado ao suporte acrílico com cera colante.

Figura 1 b) – Secção do espécime.

Figura 1 c) – Disco de dentina.

Figura 1 d) – Aplicação de ácido fosfórico na porção pulpar.

Figura 1 e) – Selamento com godiva nas peças acrílicas.

Figura 2 – Máquina de polimento.

Figura 3 – Diagrama esquemático do aparelho utilizado nas medições da permeabilidade dentinária.

Figura 4 – Aparelho utilizado nas medições da permeabilidade dentária.

Figura 5 – Adesivo Prime & Bond active Universal (Dentsplay Sirona)

Figura 6 – Extremos e quartis da redução de permeabilidades (%) dos três grupos de estudo.

Tabela 1 – Valores de média, desvio padrão, mínimo e máximo de redução de permeabilidade, em percentagem, por grupo de estudo.

Tabela 2 – Teste de *Kolmogorov-Smirnov* para avaliação da normalidade da distribuição de valores.

Tabela 3 – Teste de *Levene* para avaliação de homogeneidade da variância.

Tabela 4 – Teste paramétrico *one-way* ANOVA para análise da variância.

Tabela 5 – Correlação de Bonferroni para comparações múltiplas.

LISTA DE ABREVIATURAS

Abreviaturas:

HEMA – 2-Hidroxiethyl Metacrilato

Bis-GMA – Bisfenol Glicidil Metacrilato

UDMA – Uretano Dimetacrilato

TEG-DMA – Trietilenoglicol Dimetacrilato

10-MDP – 10-Metacriloxidecil Dihidrogeno Fosfato

H₂O – Água

ANOVA – Análise Multivariada da Variância (*Multivariate Analyse of Variance*)

P_a – Permeabilidade de cada espécime após aplicação e Fotopolimerização do adesivo

P_b – Permeabilidade máxima de cada espécime

Símbolos:

% – Percentagem

n – Tamanho da amostra

p – Significância estatística

Unidades:

µm – Micrómetro

mm – Milímetro

G – Gauge

rpm – Rotações por minuto

mW/cm² – Miliwatts por centímetro quadrado

I. INTRODUÇÃO

1. Adesão Dentária

Desde o desenvolvimento dos primeiros sistemas adesivos, há cerca de 65 anos, que estes têm sido alvo de estudo e evolução.^(1, 2) Hagger desenvolveu o primeiro sistema adesivo para adesão entre resinas e dentes em 1949, e Buonocore introduziu o condicionamento ácido com ácido ortofosfórico em 1955.⁽³⁾

A técnica adesiva permitiu que a Dentisteria se tornasse mais conservadora, preservando mais estrutura dentária nas preparações para restaurações, e atualmente apresenta resultados efetivos e duradouros.⁽³⁻⁵⁾ No entanto, continua a haver procura de melhores resultados, principalmente na adesão à dentina, sendo necessário continuar a investigar neste sentido.⁽⁶⁾

No processo de adesão à estrutura dentária, devemos considerar três pontos chave: a adesão, o substrato e o sistema adesivo.

1.1. Adesão

A adesão é a união de duas superfícies por forças intermoleculares.⁽⁷⁾

A adesão dentária baseia-se, resumidamente, num processo de troca, no qual os monómeros do sistema adesivo substituem minerais da estrutura dentária.⁽⁸⁾ Este processo envolve duas fases. Primeiro, há desmineralização do esmalte e dentina, o fosfato de cálcio é removido e formam-se microporosidades na estrutura remanescente. De seguida, há a infiltração dos monómeros de resina nas microporosidades recém-formadas e subsequente polimerização in situ, formando-se a camada híbrida, promovendo assim uma retenção micromecânica.^(5, 9-11)

A interface adesiva estabelece uma união entre o material restaurador e o substrato dentário⁽¹²⁾, da sua integridade está dependente a longevidade clínica e biológica dos sistemas adesivos.⁽¹³⁻¹⁵⁾ Esta é uma tarefa difícil, uma vez que os processos de adesão ao esmalte e à dentina são diferentes, por estes apresentarem composição e propriedades diferentes.⁽⁶⁾

1.2. Substratos dentários

Vários aspetos devem ser tidos em consideração relativamente à força e durabilidade da adesão aos tecidos duros dentários, o esmalte e a dentina, incluindo a heterogeneidade e composição da estrutura dentária, as características da superfície após instrumentação, e as características do próprio adesivo, tais como a interação com o substrato e as propriedades físico-químicas do mesmo.⁽⁹⁾

1.2.1. Esmalte

O esmalte é um tecido composto aproximadamente por 96% de matéria inorgânica, contendo cristais de hidroxiapatite (dispostos de forma regular e organizada), e 4% de matéria orgânica e água.^(16, 17)

Neste substrato, a adesão é baseada na retenção micromecânica conseguida através da infiltração dos monómeros do adesivo pelas porosidades e microporosidades criadas pela desmineralização seletiva dos cristais de hidroxiapatite obtida pelo condicionamento com ácido fosfórico.^(18, 19)

Como o esmalte é um substrato homogéneo, maioritariamente mineral e com uma percentagem mínima de água, a interface adesiva forma-se de forma eficiente e bem-sucedida, diminuindo a passagem de água entre as zonas de hibridização e adesivas, o que permite obter resultados de adesão mais previsíveis, eficazes e duradouros.^(5, 12, 17)

1.2.2. Dentina

A dentina é um tecido composto aproximadamente por: 50% de matéria inorgânica, contendo carbonato de cálcio e cristais de hidroxiapatite dispostos de forma aleatória e irregular, 30% de matéria orgânica, maioritariamente colagénio, e 20% de água e fluidos.^(19, 20) Comparativamente ao esmalte apresenta menor dureza e energia de superfície, o que dificulta a adesão.⁽²¹⁾

A dentina caracteriza-se pela sua organização porosa, com túbulos dentinários.⁽²¹⁻²³⁾ Estes túbulos são revestidos e separados por dentina peritubular e intertubular, e contêm os prolongamentos odontoblásticos e fluído dentinário, conferindo à dentina humidade e permeabilidade.^(20, 21) Uma vez que o diâmetro e o número por área dos túbulos dentinários

aumentam com a proximidade da polpa, a humidade e permeabilidade do tecido também aumentará, e consequentemente a adesão será menos eficaz em cavidades mais profundas.^(19-22, 24-26)

Devido à heterogeneidade, à natureza orgânica e tubular, e à humidade e permeabilidade intrínseca deste tecido, a adesão à dentina é mais complexa e imprevisível, sendo por isso um desafio ainda a superar.^(6, 10, 11, 26, 27)

Outro desafio associado à dentina é a *smear layer*, uma camada de bactérias, detritos inorgânicos, orgânicos e fluido dentinário, depositados na superfície dentária durante a preparação da mesma com instrumentos rotatórios, que apresenta aproximadamente entre 0,5 e 5µm de espessura.^(23, 28) Embora a *smear layer* possa dificultar a adesão ao impedir a resina de atingir o substrato, simultaneamente leva à diminuição da permeabilidade dentinária, ao penetrar nos túbulos dentinários e obliterando-os, formando *smear plugs*.^(19, 29) O condicionamento ácido remove a *smear layer*, permitindo um contacto direto da resina com a dentina desmineralizada.^(22, 30)

1.3. Sistemas Adesivos

Um sistema adesivo é um material que une os substratos e solidifica, permitindo desta forma a distribuição de forças entre superfícies.⁽³¹⁾

Os sistemas adesivos são constituídos por diversos componentes, nomeadamente monómeros resinosos com viscosidades e pesos moleculares diferentes, solventes orgânicos e diluentes resinosos.^(6, 32, 33) Os monómeros resinosos podem ser hidrofílicos, permitindo que o adesivo seja compatível com a humidade intrínseca do substrato dentinário, ou hidrofóbicos, apresentando maior viscosidade e peso molecular, conferindo assim maior resistência mecânica e estabilidade ao material.^(32, 34)

Há uma enorme variedade de sistemas adesivos no mercado. No passado, os sistemas adesivos foram classificados por gerações, consoante a composição e cronologia, no entanto esta classificação é confusa e desatualizada.^(2, 35)

Atualmente é utilizada uma classificação baseada na interação do sistema adesivo com a *smear layer* e nas etapas clínicas necessária à sua aplicação.^(6, 12) Segundo esta classificação, há adesivos de 1, 2 e 3 passos⁽²⁾, e pode haver remoção total da *smear layer* (*total-etch* ou *etch-and-rinse*) ou modificação da *smear layer* (*self-etch* ou *etch-and-dry*).⁽¹⁰⁾

1.3.1. Adesivos *etch-and-rinse*

Os sistemas *etch-and-rinse* podem ser de 3 passos (ácido + *primer* + adesivo) ou 2 passos (ácido + *primer*/adesivo), consoante o *primer* e o adesivo se encontrarem separados ou combinados num único frasco.⁽¹⁰⁾

O sistema adesivo clássico é o *etch-and-rinse* de 3 passos. O primeiro passo é o condicionamento ácido do esmalte e da dentina com ácido fosfórico (concentração entre 35 e 40%) e é o passo determinante destes sistemas adesivos.^(10,11) O seu mecanismo de ação baseia-se na remoção total da *smear layer* e na desmineralização da dentina intertubular e peritubular, levando à abertura dos túbulos dentinários e exposição da rede de colagénio, criando uma superfície microporosa.^(2, 9, 35) A profundidade de desmineralização varia entre 5 e 8µm e é influenciada pelo pH, tempo de aplicação, e concentração do agente condicionante.^(10, 36) De seguida, o ácido deve ser removido através da lavagem com água, e a superfície dentária deve ser seca, sendo importante evitar a secagem excessiva, de modo a manter a dentina húmida e evitar o colapso das fibras de colagénio (o que promove a ação do *primer*).^(34, 36-38)

O segundo passo é a aplicação do *primer* na superfície desmineralizada. Este penetra na rede de colagénio exposta e aumenta a energia de superfície, e, portanto, a molhabilidade da dentina.^(2, 19) O *primer* é constituído por um solvente orgânico, tal como a acetona, etanol e/ou água⁽⁸⁾, e monómeros bifuncionais de resina específicos, nomeadamente o HEMA (2-hidroxietil metacrilato). Estes monómeros apresentam propriedades simultaneamente hidrofílicas, com afinidade para a dentina, e hidrofóbicas, com afinidade para a resina composta restauradora, o que permite transformar a superfície da dentina hidrofílica numa superfície hidrofóbica.^(13, 19, 39, 40) O *primer* tem como efeito a diminuição da viscosidade, o aumento da impregnação do adesivo e a estabilização da rede de colagénio, resultando numa maior resistência da adesão.⁽³⁹⁾

O último passo consiste na aplicação do adesivo. Este é constituído por monómeros hidrofóbicos, tais como Bis-GMA (bisfenol glicidil metacrilato), UDMA (uretano dimetacrilato) e TEG-DMA (trietilenoglicol dimetacrilato), que penetram na matriz de colagénio exposta e nos túbulos dentinários abertos e formam extensões de resina dentro dos túbulos denominadas de prolongamentos dentinários (*resin tags*).^(20, 41) Com a copolimerização do adesivo com as estruturas circundantes, forma-se então a muito importante camada híbrida, contendo colagénio, resíduos de hidroxiapatite, *primer* e resina.^(11, 41, 42) A camada híbrida

proporciona retenção micromecânica e estabilidade na adesão à dentina, sendo que os *resin tags* têm um papel importante na estabilidade.^(2, 9, 11, 13, 32, 43-45)

Os sistemas de 2 passos são mais simples e rápidos, porém menos eficazes, pois ao combinarem o *primer* com o adesivo não se forma uma verdadeira camada hidrofóbica na interface adesiva, resultando em maior hidrofília e degradação da camada híbrida.^(2, 44)

Os adesivos *etch-and-rinse* apresentam alguns problemas, nomeadamente a sensibilidade pós-operatória.⁽¹⁹⁾ Este processo resulta da existência de espaços nanométricos dentro da camada híbrida, quando existe excessivo condicionamento ácido da dentina, que provoca uma desmineralização muito profunda, originando espaços não preenchidos pelo adesivo, com zonas de colagénio desmineralizado não suportado e não protegido por resina.^(46, 47) Nesta situação pode haver degradação da interface adesiva, nanoinfiltração e comprometimento da longevidade da restauração.^(13, 14, 47, 48)

Outro problema frequentemente encontrado, é a particular dificuldade em estabelecer a humidade ideal na dentina, pois tanto o excesso de água como a ausência de humidade provocam alterações na interface adesiva.^(26, 49, 50) Os adesivos são aplicados sobre dentina húmida, e por um lado, não deve haver excesso de humidade, que poderá causar a diluição do *primer* e diminuir o grau de conversão dos monómeros da resina fluída, interferindo com a sua polimerização.^(48, 51-53) Por outro lado, uma secagem excessiva da dentina pós condicionamento pode resultar no colapso as fibras de colagénio, impedindo a penetração da resina.^(10, 34, 54-56) Esta tarefa é clinicamente difícil, pois depende do tipo de solvente presente no *primer* e está sujeita à interpretação do clínico das instruções do fabricante.^(55, 57)

1.3.2. Adesivos *self-etch*

Os adesivos *self-etch* surgiram com o intuito de evitar a nanoinfiltração e reduzir complexidade e demora dos sistemas adesivos.^(2, 39, 46, 47) Os sistemas *self-etch* podem ser de 1 passo (ácido/*primer*/adesivo) ou de 2 passos (ácido/*primer* + adesivo), consoante o adesivo se encontrar combinado ao ácido e *primer* num único frasco ou o adesivo se encontrar num frasco separado.^(2, 12, 34, 58)

Uma vez que o ácido e o *primer* se encontram combinados, os adesivos *self-etch* não removem a *smear layer* completamente, mas sim modificam-na tornando-a permeável.^(6, 12) Assim sendo, o mecanismo de ação destes adesivos baseia-se simultaneamente na dissolução

ou modificação da *smear layer* e na penetração na dentina.^(13, 59) Ocorre fixação das fibras de colagénio pelo *primer* e posterior penetração do adesivo (união química e micromecânica), formando uma camada híbrida com uma espessura de aproximadamente 1 µm, sem exposição dos túbulos dentinários e com incorporação da *smear layer*.^(2, 10, 60)

Os *self-etch* são constituídos por monómeros funcionais acídicos que têm a capacidade de desmineralizar e infiltrar os tecidos da dentina e esmalte, simultaneamente.^(10, 35, 58, 61)

Estes adesivos podem ser classificados consoante o seu poder de desmineralização em: fracos (pH>2,5), moderados (pH ≈ 1-2) e fortes (pH≤1).^(6, 10, 41, 60) Os adesivos mais fortes apresentam um comportamento semelhante ao condicionamento produzido pelo ácido fosfórico, com desmineralização em maior profundidade, dissolvendo quase toda a hidroxiapatite e expondo o colagénio.^(6, 41, 59) Os adesivos mais fracos só permitem a desmineralização da superfície da dentina (até cerca de 1µm de profundidade), permanecendo um remanescente de cristais de hidroxiapatite em torno das fibras de colagénio expostas, resultando numa camada híbrida muito fina sem prolongamentos de resina.^(6, 8, 10) Apesar disto, os adesivos *self-etch* fracos podem apresentar bons resultados de adesão, dado que a espessura da camada híbrida e os prolongamentos de resina não são determinantes da eficácia e estabilidade da adesão.^(8, 10)

A adesão nos adesivos *self-etch* resulta de retenções mecânicas e retenções químicas entre grupo funcional dos monómeros de fosfato de carboxilo e a hidroxiapatite remanescente através ligações iónicas.^(35, 37, 62)

Os *self-etch* simplificaram a aplicação dos sistemas adesivos, apresentando diversas vantagens a nível clínico, reduzindo o tempo de aplicação clínica, a sensibilidade da técnica e a sensibilidade pós-operatória.⁽¹⁰⁾ Outra vantagem destes sistemas é que a simultânea desmineralização do substrato e infiltração da resina resulta numa diminuição do colapso das fibras de colagénio, principal problema apresentado pelos sistemas *etch-and-rinse*, permitindo uma completa penetração do adesivo.^(6, 8, 10, 63)

No entanto, os adesivos *self-etch* de 1 passo apresentam algumas desvantagens, nomeadamente a menor eficácia na adesão ao esmalte devido ao menor aumento da área de superfície do esmalte, e a maior suscetibilidade à sorção de água, devido à sua elevada hidrofiliabilidade.^(8, 35, 44, 64) Isto resulta numa rápida degradação e menor longevidade e, conseqüentemente, menores taxas de sucesso clínico e laboratorial.^(28, 35, 37, 63-66) Estes problemas podem ser resolvidos, respetivamente, com o condicionamento seletivo do esmalte

ou com a aplicação de uma camada adicional de resina hidrofóbica, no entanto com o acrescento de um passo adicional anula-se o benefício do sistema *self-etch* de 1 passo.^(35, 44)

Torna-se, portanto, pertinente, submeter estes adesivos, a variações do protocolo de aplicação do fabricante, com o intuito de se verificar a existência de alterações na sua eficácia.

1.3.3. Adesivos Universais

Os adesivos universais, também conhecidos por “*Multi-purpose*” ou “*Multi-mode*” são sistemas promissores e apelativos pela sua versatilidade^(33, 57), possibilitando ao médico dentista a decisão de qual a técnica adesiva mais adequada a cada situação clínica: *self-etch* de 1 passo ou *etch-and-rinse* de 2 passos, podendo este incluir um condicionamento total (esmalte e dentina) ou condicionamento seletivo (apenas esmalte).^(33, 34, 57, 67-69) O condicionamento seletivo do esmalte permite combinar os benefícios da técnica *etch-and-rinse* no esmalte com a técnica *self-etch* na dentina.^(67, 70, 71)

Estes novos sistemas adesivos podem, portanto, ser usados no esmalte e na dentina, e têm a capacidade de se ligar a diversos substratos tais como resina, cerâmica e metal.⁽⁷⁰⁾

Relativamente à sua composição, estes sistemas incluem na sua formulação monómeros funcionais e de ligação cruzada, como o 10-MDP (10- metacriloxidecil dihidrogeno fosfato).^(34, 56) Estes monómeros têm simultaneamente um carácter hidrofílico, para se adequarem à dentina, e um carácter hidrofóbico, para que após a polimerização possam prevenir a absorção de água e diminuir a permeabilidade, evitando a degradação da camada híbrida.^(70, 72) Têm também propriedades acídicas, com capacidade de condicionar e desmineralizar o esmalte e a dentina, de modo a serem eficazes no modo de autocondicionamento.^(33, 72) Os sistemas adesivos universais devem também conter água, e a adição de etanol ou acetona como solventes facilitam o molhamento e a infiltração da resina nos tecidos dentários, bem como a remoção e evaporação de água durante o passo de secagem.^(33, 70)

Assim, a partir do processo de adesão química, os adesivos universais criam uma interface adesiva mais íntegra e estável, que tem demonstrado resultados bastante promissores nos estudos feitos com este inovador sistema adesivo. No entanto ainda é preciso mais estudos que avaliem o desempenho de sistemas adesivos universais.^(35, 40, 44, 56, 69)

2. Permeabilidade

A permeabilidade dentinária pode ser dividida em dois tipos: permeabilidade transdentinária e permeabilidade intradentinária.⁽³⁸⁾ A permeabilidade transdentinária depende do movimento do fluido dentinário dentro dos túbulos dentinários e é responsável pela sensibilidade dentária e pela humidade constante das superfícies dentinárias expostas.⁽⁷³⁾ A permeabilidade intradentinária permite que o adesivo infiltre tanto a dentina intertubular desmineralizada, substituindo a água existente em torno das fibras de colagénio expostas e protegendo-a dos ataques hidrolíticos, como a dentina intratubular, para formar os *resin tags* e uma camada híbrida contínua e uniforme.^(42, 73, 74) Tanto a permeabilidade transdentinária como a permeabilidade intradentinária são determinantes na obtenção de adesão ideal e adequado selamento da superfície dentinária.^(38, 73)

A permeabilidade dentinária é variável, estando dependente de vários fatores: a área de superfície e espessura da dentina, a proximidade da polpa, o comprimento, diâmetro e número de túbulos dentinários, a presença ou ausência de *smear layer* e a temperatura, carga, concentração e solubilidade das espécies de difusão.^(22, 25, 28, 75) A permeabilidade na dentina oclusal é maior na zona dos cornos pulpaes do que no centro da face oclusal, a dentina proximal é mais permeável do que a dentina oclusal e a dentina coronária é mais permeável do que a dentina radicular.⁽¹⁹⁾

O estudo da permeabilidade dentinária é de grande importância pois permite compreender o mecanismo responsável por falhas na adesão⁽⁷⁶⁾, uma vez que é essencial eliminar a permeabilidade dentinária e efetuar um bom selamento para se obter bons resultados clínicos.^(48, 77, 78) Este estudo pode ser feito através da avaliação do movimento de fluido através da dentina, e para isso avalia-se a condutividade hidráulica, que mede quantitativamente a facilidade com que o fluido passa através de uma unidade de superfície, sob uma unidade de pressão, por unidade de tempo.^(74, 75, 79)

Ainda há muitos tópicos controversos relativos à permeabilidade dentinária e adesão que precisam de ser esclarecidos e estudados.⁽⁷³⁾

3. Desvios no protocolo do fabricante

Desde que os sistemas adesivos simplificados surgiram que se tem procurado melhorar os resultados clínicos dos mesmos.^(66, 74) Têm sido realizados vários estudos neste âmbito,

nomeadamente na procura da técnica ideal de aplicação dos sistemas adesivos. No entanto a maioria destes estudos têm manipulado os materiais estritamente de acordo com as instruções do fabricante, enquanto que na prática clínica diária ocorrem frequentemente erros e variações do protocolo de aplicação, que podem afetar a qualidade da adesão dentária.^(78, 80-82) Tais alterações ao protocolo podem abranger: a técnica de aplicação do *primer*, o tempo de aplicação do adesivo, tempo de secagem do adesivo, a aplicação de várias camadas de adesivo, o tempo de polimerização, entre outros.^(48, 74, 75)

Mas os estudos existentes são ainda poucos, sendo necessário mais investigação neste âmbito, que avalie e clarifique o efeito destes desvios ao protocolo do fabricante na permeabilidade dentinária.

II. OBJETIVOS

O objetivo deste estudo *in vitro* foi analisar a influência na permeabilidade dentinária de alterações ao protocolo de aplicação indicado pelo fabricante do sistema adesivo universal em modo *self-etch*, “Prime & Bond active” (Dentsply Sirona). Para este objetivo, foram formuladas as seguintes hipóteses nulas:

H₁₀: Não existem diferenças na redução de permeabilidade dentinária após a aplicação de um sistema *self-etch* com redução do tempo de aplicação do adesivo para 5 segundos comparado com o tempo de aplicação recomendado pelo fabricante (20 segundos).

H₁₁: Existem diferenças na redução de permeabilidade dentinária após a aplicação de um sistema *self-etch* com redução do tempo de aplicação do adesivo para 5 segundos comparado com o tempo de aplicação recomendado pelo fabricante (20 segundos).

H₂₀: Não existem diferenças na redução de permeabilidade dentinária após a aplicação de um sistema *self-etch* com aumento do tempo de secagem para 10 segundos comparado com o tempo de aplicação recomendado pelo fabricante (5 segundos).

H₂₁: Existem diferenças na redução de permeabilidade dentinária após a aplicação de um sistema *self-etch* com aumento do tempo de secagem para 10 segundos comparado com o tempo de aplicação recomendado pelo fabricante (5 segundos).

III. MATERIAL E MÉTODOS

1. Tipo de investigação

Estudo experimental *in vitro* realizado com o objetivo de avaliar a permeabilidade dentinária medida em termos de condução hidráulica (variável dependente), de um sistema adesivo universal “Prime&Bond active” (Dentsply Sirona) aplicado na dentina com a técnica *self-etch* de 1 passo, comparando diferentes desvios no protocolo de aplicação do fabricante (variável independente), utilizado um aparelho para medir a permeabilidade dentinária (constante independente).

2. Desenho do estudo

Usou-se uma amostra de 30 terceiros molares humanos, recentemente extraídos, sem restaurações ou lesões macroscópicas de cárie. Foram removidos todos os tecidos aderentes e sangue em água corrente e armazenados numa solução de cloramina T (Sigma Chemical Co., St Louis, MO, EUA) a 0,5% durante uma semana, sendo depois colocados em água destilada a uma temperatura de 4°C por um período máximo de 6 meses, de acordo com as normas ISO/TS 11405 (ISO/TS 11405:2003).

3. Preparação dos espécimes

As coroas dos dentes foram fixadas a um suporte acrílico, usando cera colante, perpendicularmente ao longo eixo do dente (figura 1a)

Os dentes foram seccionados 2 vezes (figura 1b), paralelamente à superfície oclusal, usando um disco de diamante a baixa rotação (350rpm) (Isomet 1000, Buehler Ltd. Ltd., Lake Buff, IL, EUA), obtendo segmentos de coroa. O primeiro corte foi feito 1-2 mm abaixo da junção amelo-cementária para remover as raízes. O segundo corte foi feito paralelamente ao primeiro de forma a obter um segmento de coroa (figura 1c) que contivesse pelo menos 0,7mm de dentina profunda.

A porção pulpar foi condicionada com ácido fosfórico a 37% (Total Etch; Ivoclar Vivadent AG, Schaan, Liechtenstein) durante 1 minuto (figura 1d), tendo sido colada de seguida em peças acrílicas standardizadas (1cmx0,5cmx1cm) com godiva. Estas peças de acrílico têm um canal central que permite a passagem de uma agulha 18G conectada a um sistema hidráulico (figura 1e).



Figura 1 – a) Dente colado ao suporte acrílico com cera colante; b) Secção do espécime; c) Disco de dentina; d) Aplicação de ácido fosfórico na porção pulpar; e) Selamento com godiva nas peças acrílicas

Com o objetivo de criar uma camada uniforme de *smear layer*, semelhante à existente em condições clínicas, a superfície oclusal dos segmentos de dentina foi polida com discos de polimento de grão 600 (Ultra-Prep, Buehler Ltd., Lake Bluff, IL, EUA) numa máquina de polimento (Ecomet 3, Buehler Ltd., Lake Buff, IL, EUA) (Figura 2) com 1rpm de velocidade durante 1 minuto cada, sob refrigeração com água.⁽⁸³⁾



Figura 2 – Máquina de polimento.

4. Ensaio de Permeabilidade

Cada espécime na sua placa de suporte foi ligado a um sistema de pressão hidráulica, tal como esquematizado na Figura 3 e ilustrado na Figura 4, com 37 cm H₂O.^(84, 85)

Uma bolha de ar foi introduzida no sistema e levada até à zona do capilar de vidro, com 0,7mm de diâmetro, que se encontrava sobre uma escala milimétrica entre o reservatório de pressão e o disco de dentina.⁽⁸⁶⁾

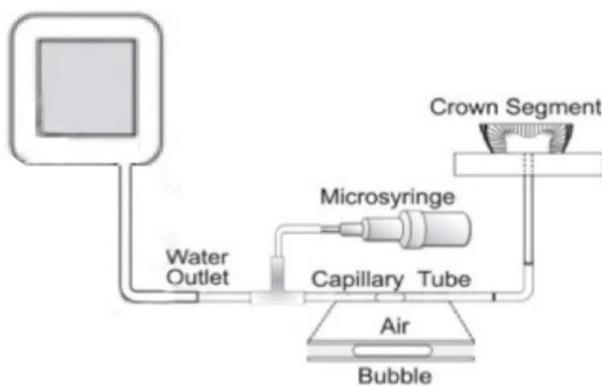


Figura 3 – Diagrama esquemático do aparelho utilizado nas medições da permeabilidade dentinária (adaptado de ⁽⁸⁷⁾).



Figura 4 – Aparelho utilizado nas medições da permeabilidade dentária.

Para avaliar a permeabilidade máxima de cada espécime, a qual é definida como 100% da permeabilidade, a *smear layer* da face oclusal foi removida com ácido ortofosfórico 37% (Total Etch; Ivoclar Vivadent AG, Schaan, Liechtenstein), aplicado durante 15 segundos com pressão de 0 cmH₂O, após o que a superfície foi lavada com água destilada durante 5 segundos.⁽⁴⁸⁾ A progressão da bolha de ar foi medida a cada 2 minutos, ao longo de um intervalo de 6 minutos, para determinar a taxa de fluxo em milímetros por minuto.

Como o adesivo foi aplicado pela técnica *self-etch*, a *smear layer* foi novamente recriada com lixa (Buehler – grão 600) na superfície oclusal do espécime⁽⁸³⁾, e o adesivo foi aplicado também com o sistema sem pressão (0 cmH₂O).

Após a aplicação do adesivo, o sistema foi novamente colocado sob pressão de 37 cmH₂O e foi medida a progressão da bolha de ar, a cada dois minutos, durante um intervalo de 6 minutos.

5. Distribuição dos espécimes nos vários grupos

Os 30 segmentos foram aleatoriamente divididos em 3 grupos com 10 segmentos de coroa cada, nos quais foi aplicado o adesivo (figura 5), das diferentes formas estipuladas.

5.1 Grupo I (Instruções do fabricante - detalhadas (Anexo 1))

1. Preparou-se a cavidade, lavou-se abundantemente, e secou-se até ficar húmida e brilhante;
2. Agitou-se o frasco de adesivo levemente;
3. Colocou-se 2 gotas de adesivo Prime & Bond active Universal em um bloco de mistura limpo, recolocando a tampa imediatamente após o uso;
4. Com um pincel aplicador descartável, aplicou-se Prime & Bond active Universal na superfície do esmalte/dentina através de uma camada com 1 mm de espessura e 1 mm além das margens da cavidade, esfregando a superfície por 20 segundos;
5. Aplicou-se um jato de ar leve sobre o adesivo, até que este deixasse de evidenciar movimento e o solvente se tivesse evaporado completamente. Começando a uma distância de cerca de 10 cm e a baixa pressão, aumentando a pressão à medida que diminui a distância até perto de 1-2 mm da superfície, durante 5 segundos;



Figura 5 – Adesivo Prime & Bond active Universal (Dentsply Sirona)

6. Fotopolimerizou-se por 10 segundos com fotopolimerizador Elipar S10 (Elipar™ S10 LED Curing Light, 3M ESPE, MN, USA), com intensidade mínima de 800mW/cm², medida periodicamente com um radiómetro (Curing Radiometer P/N 10503, EUA).

5.2 Grupo II (redução do tempo de aplicação do adesivo para 5 segundos)

1. Preparou-se a cavidade, lavou-se abundantemente, e secou-se até ficar húmida e brilhante;
2. Agitou-se o frasco de adesivo levemente;
3. Colocou-se 2 a 3 gotas de adesivo Prime & Bond active Universal em um bloco de mistura limpo, recolocando a tampa imediatamente após o uso;
4. Com um pincel aplicador descartável, aplicou-se Prime & Bond active Universal na superfície do esmalte/dentina através de uma camada com 1 mm de espessura e 1 mm além das margens da cavidade, esfregando a superfície por 5 segundos;
5. Aplicou-se um jato de ar leve sobre o adesivo, até que este deixasse de evidenciar movimento e o solvente se tivesse evaporado completamente. Começando a uma distância de cerca de 10 cm e a baixa pressão, aumentando a pressão à medida que diminui a distância até perto de 1-2 mm da superfície, durante 5 segundos.
6. Fotopolimerizou-se por 10 segundos com fotopolimerizador Elipar S10 (Elipar™ S10 LED Curing Light, 3M ESPE, MN, USA), com intensidade mínima de 800mW/cm², medida periodicamente com um radiómetro (Curing Radiometer P/N 10503, EUA).

5.3 Grupo III (aumento do tempo de secagem do adesivo para 10 segundos)

1. Preparou-se a cavidade, lavou-se abundantemente, e secou-se até ficar húmida e brilhante;
2. Agitou-se o frasco de adesivo levemente;
3. Colocou-se 2 gotas de adesivo Prime & Bond active Universal em um bloco de mistura limpo, recolocando a tampa imediatamente após o uso;
4. Com um pincel aplicador descartável, aplicou-se Prime & Bond active Universal na superfície do esmalte/dentina através de uma camada com 1 mm de espessura e 1 mm além das margens da cavidade, esfregando a superfície por 20 segundos;
5. Aplicou-se um jato de ar leve sobre o adesivo, até que este deixasse de evidenciar movimento e o solvente se tivesse evaporado completamente. Começando a uma

distância de cerca de 10 cm e a baixa pressão, aumentando a pressão à medida que diminui a distância até perto de 1-2 mm da superfície, durante 10 segundos;

6. Fotopolimerizou-se por 10 segundos com fotopolimerizador Elipar S10 (Elipar™ S10 LED Curing Light, 3M ESPE, MN, USA), com intensidade mínima de 800mW/cm^2 , medida periodicamente com um radiómetro (Curing Radiometer P/N 10503, EUA).

6. Cálculos para determinar a permeabilidade dentinária

A permeabilidade dentinária de cada espécime foi medida duas vezes:

- 1) Após o condicionamento ácido, servindo esta medição como permeabilidade máxima ($P_b = 100\%$)
- 2) Após a aplicação e fotopolimerização do adesivo (P_a).

Estas duas medidas são utilizadas para calcular a redução da permeabilidade da dentina. Ao valor inicial de permeabilidade dentinária, medido após o condicionamento ácido (P_b), foi atribuído um valor de 100%. Uma vez que para cada espécime foi determinada a sua permeabilidade antes da aplicação do adesivo e que o sistema adesivo foi aplicado com o espécime colocado no aparelho, a redução da permeabilidade da dentina após a polimerização do adesivo (P_a) é expressa como uma percentagem de valor máximo [$100 - (P_a / P_b \times 100)$]. Deste modo, cada espécime serviu como controlo de si próprio.

7. Análise estatística

Os resultados foram analisados estatisticamente usando teste de *Kolmogorov-Smirnov* para analisar a normalidade, o teste de *Levene* para avaliar a homogeneidade das variâncias, e o teste *one-way* ANOVA (IBM SPSS Statistics ver. 23.0; IBM, Armonk, NY, EUA) para comparar a redução de permeabilidade dos diferentes grupos de estudo. O nível de significância estatística foi 5%.

IV. RESULTADOS

Os resultados relativos à redução de permeabilidade são apresentados na Tabela 1 e Figura 6, apresentando-se listados os valores médios da redução de permeabilidade de cada grupo, as medianas, os desvios padrão, os mínimos e máximos.

	N	Média	Desvio Padrão	Mínimo	Máximo
APLIC 20s/SEC 5s	10	71%	33%	0%	100%
APLIC 5s	10	57%	30%	0%	100%
SEC 10s	10	68%	31%	20%	100%

Tabela 1: Valores de média, desvio padrão, mínimo e máximo de redução de permeabilidade, em percentagem, por grupo de estudo.

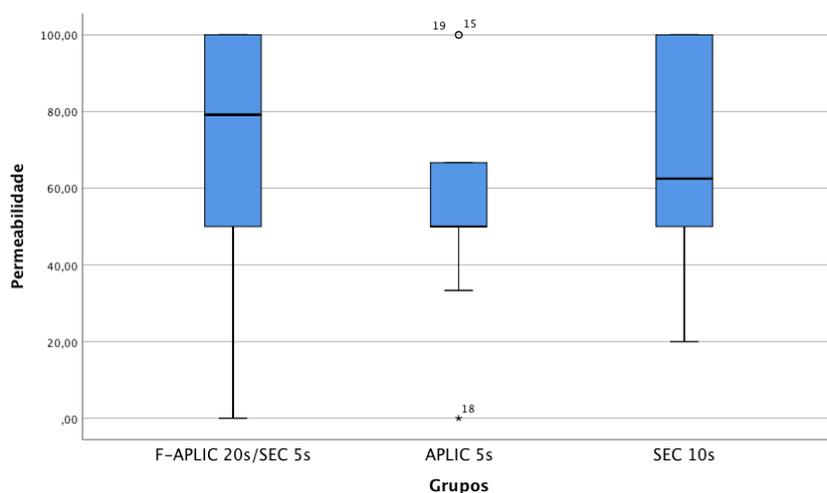


Figura 6: Extremos e quartis da redução de permeabilidades (%) dos três grupos de estudo.

Na Tabela 1, podemos observar que em todos os grupos de estudo houve redução da permeabilidade após aplicação do adesivo, sendo que esta foi maior no grupo I (controle, sistema adesivo aplicado conforme indicado pelo fabricante) e foi menor no grupo II (redução do tempo de aplicação do adesivo para 5 segundos). O desvio padrão foi semelhante nos 3 grupos. Pela observação dos mínimos, nos grupos I e II houve espécimes em que a permeabilidade não se alterou após a aplicação do adesivo, e pela observação dos máximos, em todos os grupos houve espécimes que a permeabilidade reduziu em 100%.

O teste de normalidade de *Kolmogorov-Smirnov* (Tabela 2) para um $\alpha = 0,05$ revelou que os dados apresentam uma distribuição normal, e o teste *Levene* (Tabela 3) garantiu a

homogeneidade de variâncias. Desta forma, foi possível realizar uma análise paramétrica com o teste *one-way* ANOVA (Tabela 4), não se tendo verificado diferenças significativas entre os grupos, $p = 0,572$.

		Statistic	df	Sig.
Permeabilidade	APLIC 20s/SEC 5s	,210	10	,200
	APLIC 5s	,211	10	,200
	SEC 10s	,251	10	,075

Tabela 2: Teste de *Kolmogorov-Smirnov* para avaliação da normalidade.

		Statistic	df1	df2	Sig.
Permeabilidade	Based on Mean	,383	2	27	,685
	Based on Median	,401	2	27	,673
	Based on Median and with adjusted df	,401	2	23,602	,674
	Based on trimmed mean	,329	2	27	,723

Tabela 3: Teste de *Levene* para avaliação de homogeneidade da variância.

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	1114,855	2	557,427	,570	,572
Within Groups	26407,258	27	978,047		
Total	27522,113	29			

Tabela 4: Teste paramétrico *one-way* ANOVA para análise da variância.

V. DISCUSSÃO

Ao longo dos anos, os sistemas adesivos têm sido estudados com a finalidade de tornar a adesão cada vez mais duradoura e eficaz e tornar a prática clínica mais eficiente e simplificada.⁽⁷⁰⁾ Neste sentido, com a evolução dos sistemas adesivos, surgiram os sistemas adesivos universais. Estes podem ser utilizados, alegadamente, tanto pela técnica *self-etch* como pela técnica *etch-and-rinse*, e podem ser utilizados com diversos substratos, o que os torna uma opção apelativa.^(56, 88, 89) O adesivo utilizado neste estudo, o Prime & Bond active Universal (Dentsply Sirona) faz parte desta nova família de sistemas adesivos.

Em estudos anteriores foi demonstrada uma relação entre a permeabilidade dentinária e a resistência do sistema adesivo aplicado.⁽⁹⁰⁾ Assim, estudos que explorem esta relação e permitam avaliar a taxa de penetração e durabilidade do sistema adesivo, podem ajudar a compreender as razões para o insucesso dos procedimentos adesivos ou das restaurações.^(76, 78, 86, 91)

Há vários fatores que podem afetar a permeabilidade da camada híbrida, nomeadamente fatores relacionados com a técnica utilizada, tais como: insuficiente tempo de aplicação do adesivo, resultando na inadequada penetração do adesivo; insuficiente tempo de secagem do adesivo, resultando na sua retenção na interface adesiva, tornando-a excessivamente hidrofílica; excessiva humidade do substrato ao aplicar o adesivo, comprometendo o grau de conversão e penetração da resina; insuficiente tempo de polimerização, resultando na presença de grande quantidade de monómero residual.^(48, 64, 78, 92-94) Por estes motivos, é relevante estudar o efeito deste tipo de desvios ao protocolo do fabricante, que frequentemente ocorrem na prática clínica.

A permeabilidade dentinária pode ser estudada por métodos qualitativos, através de estudos morfológicos em microscopia eletrónica de varrimento e microscopia eletrónica de transmissão, ou por métodos quantitativos, através da medição rigorosa da extensão do movimento da água através da interface resina-dentina.⁽⁹⁵⁾

Neste estudo, a permeabilidade dentinária foi estudada quantitativamente pelo método de medição da condutividade hidráulica descrito por Outhwaite em 1974 e Pashley em 1990.^(96, 97) Este sistema apresenta algumas vantagens, tais como: 1) obter uma medida quantitativa da falha na interface, 2) avaliar se os túbulos dentinários são efetivamente selados, 3) permitir múltiplas medições no mesmo espécime de forma longitudinal e não destrutiva e 4) permitir que cada espécime seja controlo de si próprio, ao medir a permeabilidade inicialmente (após condicionamento ácido) e depois da polimerização do adesivo.^(94, 97) No entanto, apresenta

também algumas desvantagens, tais como: 1) não ser possível determinar a localização exata da infiltração; 2) poder ocorrer passagem de água pela zona de selagem do dente, resultando em valores de permeabilidade sobrestimados e 3) não permitir realizar medições em longos períodos de tempo (meses ou anos) para avaliar a degradação da interface resina-dentina, sem ter de atribuir exclusivamente um aparelho por cada espécime durante toda a duração da experiência.^(94, 97, 98)

Em estudos anteriores, foram usados discos de dentina de diferentes espessuras, nomeadamente 0,5mm, 0,7mm, 0,8mm ou 1mm^(77, 85, 86, 91, 99), neste estudo usou-se 0,7mm de dentina profunda, uma vez que a condutância hidráulica diminui com o aumento da espessura da dentina e com o aumento da distância à câmara pulpar.⁽¹⁰⁰⁾

A *smear layer*, que na prática clínica se forma com brocas dentárias durante a preparação das cavidades, desempenha um papel importante na adesão, principalmente ao usar a técnica *self-etch*.⁽⁶⁾ Em estudos anteriores foi comprovado que a *smear layer* pode ser reproduzida em estudos laboratoriais de forma adequada com o uso de lixa.⁽⁹⁰⁾ Assim, neste estudo a *smear layer* foi criada numa polidora (Lunn Major, Struers, Denmark), usando uma lixa de carbetto de silício de grão 600 (Buehler, Lunn Major, Struers Denmark) sob refrigeração com água durante 60 segundos.^(12, 57)

As instruções fornecidas pelo fabricante do sistema adesivo devem ser apresentadas de forma clara e detalhada, procurando diminuir a sensibilidade da técnica e ambiguidade na interpretação.⁽⁸⁰⁾ Apesar do protocolo do fabricante do sistema adesivo usado neste estudo estar bem formulado, alguns pormenores não são suficientemente detalhados. Assim, procurou-se detalhar alguns passos de modo a que o protocolo de cada grupo fosse o mais consistente e padronizado possível.

A pressão hidráulica usada anteriormente neste tipo de estudos tem sido muito variável. Neste estudo, durante a medição da permeabilidade foi usada uma pressão baixa de 37 cmH₂O, próxima do valor da pressão pulpar fisiológica (14 cmH₂O), de modo a evitar qualquer perturbação do conteúdo intertubular.^(78, 101) Durante a aplicação do sistema adesivo foi usada uma pressão de 0 cmH₂O, de modo a simular a situação clínica e evitar interferências provocadas pela pressão hidrostática na quantidade de água na superfície do substrato.^(76, 86)

Neste estudo cada espécime foi usado como o seu próprio controlo. Inicialmente foi efetuado o condicionamento ácido do espécime, obtendo-se a permeabilidade de 100%, que equivale ao controlo. Os valores de permeabilidade obtidos após a aplicação do adesivo foram

sempre uma proporção desse valor.^(75, 86) Isto também permitiu controlar variações de permeabilidade que pudessem existir entre espécimes, devido às diferenças de permeabilidade inerentes a cada dente.

Após a aplicação do sistema adesivo, a permeabilidade dentinária deve reduzir ou, pelo menos, não aumentar.⁽¹⁰²⁾ Assim, a redução da permeabilidade verificada em todos os grupos após a aplicação do sistema adesivo universal *self-etch* está de acordo com estudos anteriores semelhantes.^(87, 103-105) Segundo a literatura, todos os sistemas adesivos são permeáveis à água, mas a graus diferentes ⁽¹⁰⁶⁾, sendo que os sistemas adesivos *self-etch* comportam-se como membranas permeáveis após a sua polimerização.^(8, 86, 91)

Tal pode ser explicado pela composição química dos sistemas adesivos universais, que são constituídos por monómeros acídicos, hidrofílicos e hidrofóbicos, solventes e água.^(40, 70) É necessário que sejam incorporados monómeros hidrofílicos e solventes para que haja um bom molhamento e penetração do adesivo entre as fibras de colagénio na dentina desmineralizada, permitindo a formação de uma adequada camada híbrida.⁽⁴⁰⁾ Contudo, a resultante hidrofília dos polímeros formados por estes sistemas adesivos pode permitir a difusão de água, tanto da dentina como do meio externo, através da camada híbrida, tornando-a assim permeável.^(64, 94, 107)

A análise estatística dos resultados obtidos neste estudo revelou que as médias de redução de permeabilidade após aplicação do sistema adesivo foram semelhantes nos diferentes grupos de estudo, não havendo diferenças estatisticamente significativas entre eles. Assim, podemos verificar que as hipóteses nulas propostas não podem ser rejeitadas, ou seja, os desvios ao protocolo do fabricante estudados parecem não influenciar a permeabilidade dentinária.

A falta de diferenças significativas entre os grupos de estudo poderá ter como explicação o facto de o sistema adesivo ter sido aplicado em modo *self-etch*. Quando o sistema adesivo é aplicado em modo *etch-and-rinse*, o condicionamento ácido leva à desmineralização da dentina e remoção da *smear layer* e *smear plugs* ^(52, 95), pelo que alterações no protocolo de aplicação do sistema adesivo podem resultar na inadequada infiltração de adesivo em áreas desmineralizadas e, conseqüentemente, em maiores alterações na permeabilidade dentinária.⁽⁴⁸⁾ Tal não sucede quando o sistema adesivo é aplicado em modo *self-etch*, pois a dentina é desmineralizada e infiltrada simultaneamente e sem haver remoção da *smear layer*, e desta forma alterações ao protocolo podem resultar, comparativamente, em menores alterações na permeabilidade dentinária.⁽¹⁰⁸⁾

Isto está de acordo com o verificado por Cavalheiro, que, usando um sistema adesivo *total-etch* de 2 passos e uma metodologia semelhante à do presente estudo, avaliou a influência de vários desvios ao protocolo do fabricante na permeabilidade dentinária.⁽⁹⁸⁾ Concluiu que uma redução do tempo de aplicação do adesivo impossibilita a total infiltração do mesmo na dentina desmineralizada e resulta numa redução da permeabilidade significativamente menor. Concluiu também que uma secagem do adesivo mais agressiva e prolongada permite uma melhor evaporação da água e solventes antes da polimerização do adesivo, havendo uma redução da permeabilidade significativamente maior.⁽⁹⁸⁾

Estudos anteriores que avaliaram a influência do tempo de aplicação do adesivo na eficácia de sistemas adesivos universais em modo *self-etch* obtiveram diferentes resultados.⁽¹⁰⁹⁻¹¹²⁾ Miyazaki *et al.* e Pashaev *et al.* realizaram estudos em que se avaliou a influência do tempo de aplicação de sistemas adesivos universais *self-etch* de 1 passo na força de adesão. Em diferentes grupos, aplicaram o sistema adesivo conforme as instruções do fabricante ou com alterações no tempo de aplicação do adesivo (5, 10, 20, 30 ou 60 segundos no estudo de Miyazaki⁽¹⁰⁹⁾ e o dobro do tempo recomendado pelo fabricante no estudo de Pashaev⁽¹¹⁰⁾). Ambos concluíram que o tempo de aplicação não tem influência na força de adesão, tanto ao fim de 24h como a longo prazo.^(109, 110)

Todavia, em estudos semelhantes aos anteriores, Saikaew *et al.* aplicaram o adesivo conforme as instruções do fabricante ou com redução do tempo de aplicação e concluíram que o tempo de aplicação não tem influência na força de adesão, tanto ao fim de 24h como a longo prazo.^(111, 112)

Por outro lado, Saito *et al.* avaliaram simultaneamente a influência do tempo de aplicação e o modo de aplicação de sistemas adesivos universais, concluindo que o tempo de aplicação tem influência na força de adesão independentemente de ser aplicado em modo *self-etch* ou *etch-and-rinse*.⁽¹¹³⁾

Relativamente ao tempo de secagem do adesivo, estudos anteriores que avaliaram a influência desta variável usando sistemas adesivos *self-etch* de 1 passo também obtiveram diferentes resultados.⁽¹¹⁴⁻¹¹⁷⁾ Chiba *et al.* e Samimi *et al.* avaliaram a influência do tempo de secagem do adesivo na força de adesão, aplicando o sistema adesivo conforme as instruções do fabricante e secando-o durante diferentes intervalos de tempo em cada grupo (5 ou 10 segundos e 3 ou 10 segundos, respetivamente). Ambos concluíram que a alteração desta variável não influencia significativamente a força de adesão.^(114, 115)

Todavia, outros estudos com o mesmo objetivo obtiveram resultados contrários: Lee e Park aplicaram o sistema adesivo conforme as instruções do fabricante e secaram o adesivo durante 0, 5, 10 ou 20 segundos, tendo concluído que a força de adesão aumenta significativamente com o aumento do tempo de secagem do adesivo (10 segundos ou mais); e Werle *et. al.* alteraram o tempo de secagem para 20-30 segundos, obtendo a mesma conclusão.^(116, 117)

Tendo em conta os estudos anteriores, é possível que o aumento do tempo de secagem do presente estudo (de 5 para 10 segundos) não tenha sido suficiente para obter diferenças significativas entre os grupos de estudo.

Os resultados obtidos neste estudo dentro de cada grupo foram altamente variáveis, refletindo-se nos elevados desvios padrão (33, 31 e 30%) e nos mínimos e máximos (0% e 100%, respetivamente, em dois grupos). Isto mostra-nos que o protocolo de aplicação do sistema adesivo usado é tecnicamente muito sensível, e que mesmo pequenos desvios ao protocolo podem resultar em alterações imprevisíveis na permeabilidade dentinária.

Este estudo apresenta algumas limitações. Não foi possível controlar algumas variáveis relacionadas com o próprio dente, tais como as diferenças regionais de permeabilidade dentinária, o envelhecimento ou a esclerose da dentina.^(99, 118, 119) De modo a padronizar a amostra, os espécimes usados eram constituídos por dentina sã proveniente de dentes livres de cárie, no entanto, na prática clínica os procedimentos adesivos são frequentemente realizados em dentes afetados por lesões de cárie.⁽²⁶⁾ A dentina que permanece após a remoção de tecido cariado é um substrato diferente da dentina sã, tanto a nível químico como morfológico, sendo que o processo adesivo resulta numa camada híbrida mais espessa e menos permeável.^(26, 118) Tanto a presença de lesões de cárie como a idade têm influência na permeabilidade dentinária, sendo esta menor em dentina mais velha e/ou cariada.⁽¹¹⁸⁾ Estudos futuros devem favorecer o uso de substratos encontrados em situação clínica, como dentina cariada ou esclerótica.

Este trabalho é um estudo *in vitro* o que não permite a extrapolação direta dos resultados para uma situação *in vivo*. Nos ensaios laboratoriais as condições diferem da cavidade oral, designadamente humidade, tensões e hábitos mastigatórios, alterações de temperatura e de pH, pelo que os resultados obtidos são limitados e podem não se correlacionar com o desempenho clínico. Os estudos laboratoriais são, no entanto, fundamentais, pois são o primeiro passo na análise de materiais permitindo aos investigadores avaliar o verdadeiro desempenho de um material, através de testes laboratoriais rigorosos. Contudo, não substituem a realização de

estudos clínicos para comprovar o seu desempenho, pelo que é pertinente realizar estudos clínicos complementares.^(6, 9, 98)

Foram realizados poucos estudos sobre estes sistemas adesivos, sendo necessário mais investigação que, minimizando as limitações presentes neste estudo, procure clarificar a influência destes desvios ao protocolo do fabricante na permeabilidade dentinária, e também outros desvios ao protocolo do fabricante e outros sistemas adesivos.

VI. CONCLUSÕES

No presente estudo, e tendo em conta as suas limitações, pode concluir-se que apesar de se verificar uma redução da permeabilidade dentinária em todos os grupos estudados, não existem diferenças significativas eles. Assim, aceita-se a hipótese nula proposta de que a diminuição do tempo de aplicação para 5 segundos ou o aumento do tempo de secagem para 10 segundos do sistema adesivo universal estudado aplicado em modo *self-etch* não altera significativamente a redução da permeabilidade que ocorre após a aplicação do adesivo conforme as indicações do fabricante.

VII. REFERÊNCIAS

1. Baier RE. Principles of adhesion. *Oper Dent.* 1992;Suppl 5:1-9.
2. Bayne SC. Dental biomaterials: where are we and where are we going? *J Dent Educ.* 2005;69(5):571-85.
3. Soderholm KJ. Dental adhesives how it all started and later evolved. *J Adhes Dent.* 2007;9 Suppl 2:227-30.
4. Zheng L, Pereira PN, Nakajima M, Sano H, Tagami J. Relationship between adhesive thickness and microtensile bond strength. *Oper Dent.* 2001;26(1):97-104.
5. Kugel G, Ferrari M. The science of bonding: from first to sixth generation. *J Am Dent Assoc.* 2000;131 Suppl:20S-5S.
6. Van Meerbeek B, Yoshihara K, Yoshida Y, Mine A, De Munck J, Van Landuyt KL. State of the art of self-etch adhesives. *Dent Mater.* 2011;27(1):17-28.
7. Anusavice KJ, Chen C, Rowls HR. *Phillips' Science of Dental Materials.* 12th ed: Saunders; 2012. 592 p.
8. Van Meerbeek B, Van Landuyt K, De Munck J, Hashimoto M, Peumans M, Lambrechts P, et al. Technique-sensitivity of contemporary adhesives. *Dent Mater J.* 2005;24(1):1-13.
9. Van Meerbeek B, Peumans M, Poitevin A, Mine A, Van Ende A, Neves A, et al. Relationship between bond-strength tests and clinical outcomes. *Dent Mater.* 2010;26(2):e100-21.
10. Van Meerbeek B, De Munck J, Yoshida Y, Inoue S, Vargas M, Vijay P, et al. Buonocore memorial lecture. Adhesion to enamel and dentin: current status and future challenges. *Oper Dent.* 2003;28(3):215-35.
11. Nakabayashi N, Kojima K, Masuhara E. The promotion of adhesion by the infiltration of monomers into tooth substrates. *J Biomed Mater Res.* 1982;16(3):265-73.
12. Perdigao J. New developments in dental adhesion. *Dent Clin North Am.* 2007;51(2):333-57, viii.
13. Van Meerbeek B, Perdigao J, Lambrechts P, Vanherle G. The clinical performance of adhesives. *J Dent.* 1998;26(1):1-20.
14. Pashley DH, Sano H, Ciucchi B, Yoshiyama M, Carvalho RM. Adhesion testing of dentin bonding agents: a review. *Dent Mater.* 1995;11(2):117-25.

15. Hashimoto M, Ohno H, Kaga M, Endo K, Sano H, Oguchi H. In vivo degradation of resin-dentin bonds in humans over 1 to 3 years. *J Dent Res.* 2000;79(6):1385-91.
16. Retief DH, Cleaton-Jones PE, Austin JC. Pulpal response to a new composite dental restorative material. *J Oral Pathol.* 1973;2(4):215-21.
17. Park S, Wang DH, Zhang D, Romberg E, Arola D. Mechanical properties of human enamel as a function of age and location in the tooth. *J Mater Sci Mater Med.* 2008;19(6):2317-24.
18. Hannig M, Bock H, Bott B, Hoth-Hannig W. Inter-crystallite nanoretention of self-etching adhesives at enamel imaged by transmission electron microscopy. *Eur J Oral Sci.* 2002;110(6):464-70.
19. Swift EJ, Jr. Dentin/enamel adhesives: review of the literature. *Pediatr Dent.* 2002;24(5):456-61.
20. Marshall GW, Jr., Marshall SJ, Kinney JH, Balooch M. The dentin substrate: structure and properties related to bonding. *J Dent.* 1997;25(6):441-58.
21. Pashley DH. Dynamics of the pulpo-dentin complex. *Crit Rev Oral Biol Med.* 1996;7(2):104-33.
22. Pashley DH. Dentin: a dynamic substrate--a review. *Scanning Microsc.* 1989;3(1):161-74; discussion 74-6.
23. Perdigao J. Dentin bonding as a function of dentin structure. *Dent Clin North Am.* 2002;46(2):277-301, vi.
24. Marchetti C, Piacentini C, Menghini P. Morphometric computerized analysis on the dentinal tubules and the collagen fibers in the dentine of human permanent teeth. *Bull Group Int Rech Sci Stomatol Odontol.* 1992;35(3-4):125-9.
25. Fogel HM, Marshall FJ, Pashley DH. Effects of distance from the pulp and thickness on the hydraulic conductance of human radicular dentin. *J Dent Res.* 1988;67(11):1381-5.
26. Perdigao J. Dentin bonding-variables related to the clinical situation and the substrate treatment. *Dent Mater.* 2010;26(2):e24-37.
27. Haller B. Recent developments in dentin bonding. *Am J Dent.* 2000;13(1):44-50.
28. Pashley DH, Michelich V, Kehl T. Dentin permeability: effects of smear layer removal. *J Prosthet Dent.* 1981;46(5):531-7.
29. Barros JA, Myaki SI, Nor JE, Peters MC. Effect of bur type and conditioning on the surface and interface of dentine. *J Oral Rehabil.* 2005;32(11):849-56.

30. Perdigao J, Lambrechts P, Van Meerbeek B, Braem M, Yildiz E, Yucel T, et al. The interaction of adhesive systems with human dentin. *Am J Dent*. 1996;9(4):167-73.
31. Sofan E, Sofan A, Palaia G, Tenore G, Romeo U, Migliau G. Classification review of dental adhesive systems: from the IV generation to the universal type. *Ann Stomatol (Roma)*. 2017;8(1):1-17.
32. Garcia G, Fernandes KB, Garcia FC, D'Alpino PH, da Rocha Svizero N, Wang L. Solvent retention of contemporary commercial dentin bonding agents in a demineralized dentin matrix. *Eur J Dent*. 2010;4(3):293-7.
33. Perdigao J, Munoz MA, Sezinando A, Luque-Martinez IV, Staichak R, Reis A, et al. Immediate adhesive properties to dentin and enamel of a universal adhesive associated with a hydrophobic resin coat. *Oper Dent*. 2014;39(5):489-99.
34. Sezinando A. Looking for the ideal adhesive – A review. *Revista Portuguesa de Estomatologia, Medicina Dentária e Cirurgia Maxilofacial*. 2014;55(4):194-206.
35. De Munck J, Van Landuyt K, Peumans M, Poitevin A, Lambrechts P, Braem M, et al. A critical review of the durability of adhesion to tooth tissue: methods and results. *J Dent Res*. 2005;84(2):118-32.
36. Pashley DH, Tay FR, Breschi L, Tjaderhane L, Carvalho RM, Carrilho M, et al. State of the art etch-and-rinse adhesives. *Dent Mater*. 2011;27(1):1-16.
37. Peumans M, Kanumilli P, De Munck J, Van Landuyt K, Lambrechts P, Van Meerbeek B. Clinical effectiveness of contemporary adhesives: a systematic review of current clinical trials. *Dent Mater*. 2005;21(9):864-81.
38. Pashley DH, Ciucchi B, Sano H, Horner JA. Permeability of dentin to adhesive agents. *Quintessence Int*. 1993;24(9):618-31.
39. Van Landuyt KL, De Munck J, Snauwaert J, Coutinho E, Poitevin A, Yoshida Y, et al. Monomer-solvent phase separation in one-step self-etch adhesives. *J Dent Res*. 2005;84(2):183-8.
40. Van Landuyt KL, Snauwaert J, De Munck J, Peumans M, Yoshida Y, Poitevin A, et al. Systematic review of the chemical composition of contemporary dental adhesives. *Biomaterials*. 2007;28(26):3757-85.
41. Cardoso MV, de Almeida Neves A, Mine A, Coutinho E, Van Landuyt K, De Munck J, et al. Current aspects on bonding effectiveness and stability in adhesive dentistry. *Aust Dent J*. 2011;56 Suppl 1:31-44.
42. Nakabayashi N, Nakamura M, Yasuda N. Hybrid layer as a dentin-bonding mechanism. *J Esthet Dent*. 1991;3(4):133-8.

43. Gwinnett AJ. Quantitative contribution of resin infiltration/hybridization to dentin bonding. *Am J Dent.* 1993;6(1):7-9.
44. Breschi L, Mazzoni A, Ruggeri A, Cadenaro M, Di Lenarda R, De Stefano Dorigo E. Dental adhesion review: aging and stability of the bonded interface. *Dent Mater.* 2008;24(1):90-101.
45. Van Meerbeek B, Peumans M, Verschueren M, Gladys S, Braem M, Lambrechts P, et al. Clinical status of ten dentin adhesive systems. *J Dent Res.* 1994;73(11):1690-702.
46. Schulze KA, Oliveira SA, Wilson RS, Gansky SA, Marshall GW, Marshall SJ. Effect of hydration variability on hybrid layer properties of a self-etching versus an acid-etching system. *Biomaterials.* 2005;26(9):1011-8.
47. Sano H. Microtensile testing, nanoleakage, and biodegradation of resin-dentin bonds. *J Dent Res.* 2006;85(1):11-4.
48. Hashimoto M, Tay FR, Svizero NR, de Gee AJ, Feilzer AJ, Sano H, et al. The effects of common errors on sealing ability of total-etch adhesives. *Dent Mater.* 2006;22(6):560-8.
49. Pereira PN, Okuda M, Sano H, Yoshikawa T, Burrow MF, Tagami J. Effect of intrinsic wetness and regional difference on dentin bond strength. *Dent Mater.* 1999;15(1):46-53.
50. Tay FR, Gwinnett AJ, Pang KM, Wei SH. Resin permeation into acid-conditioned, moist, and dry dentin: a paradigm using water-free adhesive primers. *J Dent Res.* 1996;75(4):1034-44.
51. Jacobsen T, Soderholm KJ. Some effects of water on dentin bonding. *Dent Mater.* 1995;11(2):132-6.
52. Gregoire G, Guignes P, Nasr K. Effects of dentine moisture on the permeability of total-etch and one-step self-etch adhesives. *J Dent.* 2009;37(9):691-9.
53. Tay FR, Pashley DH. Have dentin adhesives become too hydrophilic? *J Can Dent Assoc.* 2003;69(11):726-31.
54. Kanca J, 3rd. Resin bonding to wet substrate. II. Bonding to enamel. *Quintessence Int.* 1992;23(9):625-7.
55. Perdigao J, Frankenberger R. Effect of solvent and rewetting time on dentin adhesion. *Quintessence Int.* 2001;32(5):385-90.
56. Chen C, Niu LN, Xie H, Zhang ZY, Zhou LQ, Jiao K, et al. Bonding of universal adhesives to dentine--Old wine in new bottles? *J Dent.* 2015;43(5):525-36.

57. Munoz MA, Luque I, Hass V, Reis A, Loguercio AD, Bombarda NH. Immediate bonding properties of universal adhesives to dentine. *J Dent*. 2013;41(5):404-11.
58. Van Landuyt KL, Kanumilli P, De Munck J, Peumans M, Lambrechts P, Van Meerbeek B. Bond strength of a mild self-etch adhesive with and without prior acid-etching. *J Dent*. 2006;34(1):77-85.
59. Yoshida Y, Nagakane K, Fukuda R, Nakayama Y, Okazaki M, Shintani H, et al. Comparative study on adhesive performance of functional monomers. *J Dent Res*. 2004;83(6):454-8.
60. Tay FR, Pashley DH. Aggressiveness of contemporary self-etching systems. I: Depth of penetration beyond dentin smear layers. *Dent Mater*. 2001;17(4):296-308.
61. Carvalho RM, Chersoni S, Frankenberger R, Pashley DH, Prati C, Tay FR. A challenge to the conventional wisdom that simultaneous etching and resin infiltration always occurs in self-etch adhesives. *Biomaterials*. 2005;26(9):1035-42.
62. Moszner N, Salz U, Zimmermann J. Chemical aspects of self-etching enamel-dentin adhesives: a systematic review. *Dent Mater*. 2005;21(10):895-910.
63. Tay FR, Pashley DH, Yoshiyama M. Two modes of nanoleakage expression in single-step adhesives. *J Dent Res*. 2002;81(7):472-6.
64. Tay FR, Pashley DH, Suh BI, Carvalho RM, Itthagarun A. Single-step adhesives are permeable membranes. *J Dent*. 2002;30(7-8):371-82.
65. Perdigao J, Reis A, Loguercio AD. Dentin adhesion and MMPs: a comprehensive review. *J Esthet Restor Dent*. 2013;25(4):219-41.
66. Hashimoto M, De Munck J, Ito S, Sano H, Kaga M, Oguchi H, et al. In vitro effect of nanoleakage expression on resin-dentin bond strengths analyzed by microtensile bond test, SEM/EDX and TEM. *Biomaterials*. 2004;25(25):5565-74.
67. Hanabusa M, Mine A, Kuboki T, Momoi Y, Van Ende A, Van Meerbeek B, et al. Bonding effectiveness of a new 'multi-mode' adhesive to enamel and dentine. *J Dent*. 2012;40(6):475-84.
68. Mena-Serrano A, Kose C, De Paula EA, Tay LY, Reis A, Loguercio AD, et al. A new universal simplified adhesive: 6-month clinical evaluation. *J Esthet Restor Dent*. 2013;25(1):55-69.
69. Perdigao J, Loguercio AD. Universal or Multi-mode Adhesives: Why and How? *J Adhes Dent*. 2014;16(2):193-4.
70. Alex G. Universal adhesives: the next evolution in adhesive dentistry? *Compend Contin Educ Dent*. 2015;36(1):15-26; quiz 8, 40.

71. Perdigao J, Swift EJ, Jr. Universal Adhesives. *J Esthet Restor Dent.* 2015;27(6):331-4.
72. Lawson NC, Robles A, Fu CC, Lin CP, Sawlani K, Burgess JO. Two-year clinical trial of a universal adhesive in total-etch and self-etch mode in non-cariou cervical lesions. *J Dent.* 2015;43(10):1229-34.
73. Pashley DH, Carvalho RM. Dentine permeability and dentine adhesion. *J Dent.* 1997;25(5):355-72.
74. Pashley DH, Pashley EL, Carvalho RM, Tay FR. The effects of dentin permeability on restorative dentistry. *Dent Clin North Am.* 2002;46(2):211-45, v-vi.
75. Cadenaro M, Antonioli F, Sauro S, Tay FR, Di Lenarda R, Prati C, et al. Degree of conversion and permeability of dental adhesives. *Eur J Oral Sci.* 2005;113(6):525-30.
76. Prati C. What is the clinical relevance of in vitro dentine permeability tests? *J Dent.* 1994;22(2):83-8.
77. Kolker JL, Vargas MA, Armstrong SR, Dawson DV. Effect of desensitizing agents on dentin permeability and dentin tubule occlusion. *J Adhes Dent.* 2002;4(3):211-21.
78. Cavalheiro A, Vargas MA, Armstrong SR, Dawson DV, Gratton DG. Effect of incorrect primer application on dentin permeability. *J Adhes Dent.* 2006;8(6):393-400.
79. Ghazali FB. Permeability of dentine. *Malays J Med Sci.* 2003;10(1):27-36.
80. Frankenberger R, Kramer N, Petschelt A. Technique sensitivity of dentin bonding: effect of application mistakes on bond strength and marginal adaptation. *Oper Dent.* 2000;25(4):324-30.
81. Peschke A, Blunck U, Roulet JF. Influence of incorrect application of a water-based adhesive system on the marginal adaptation of Class V restorations. *Am J Dent.* 2000;13(5):239-44.
82. Peutzfeldt A, Asmussen E. Adhesive systems: effect on bond strength of incorrect use. *J Adhes Dent.* 2002;4(3):233-42.
83. Pashley DH, Tao L, Boyd L, King GE, Horner JA. Scanning electron microscopy of the substructure of smear layers in human dentine. *Arch Oral Biol.* 1988;33(4):265-70.
84. Goodis HE, Marshall GW, Jr., White JM, Gee L, Hornberger B, Marshall SJ. Storage effects on dentin permeability and shear bond strengths. *Dent Mater.* 1993;9(2):79-84.
85. Ozok AR, Wu MK, Wesselink PR. The effects of post-extraction time on the hydraulic conductance of human dentine in vitro. *Arch Oral Biol.* 2002;47(1):41-6.
86. Sauro S, Pashley DH, Montanari M, Chersoni S, Carvalho RM, Toledano M, et al. Effect of simulated pulpal pressure on dentin permeability and adhesion of self-etch adhesives. *Dent Mater.* 2007;23(6):705-13.

87. Sahin C, Cehreli ZC, Yenigul M, Dayangac B. In vitro permeability of etch-and-rinse and self-etch adhesives used for immediate dentin sealing. *Dent Mater J*. 2012;31(3):401-8.
88. Trevor Burke FJ, Lawson A, Green DJB, Mackenzie L. What's New in Dentine Bonding?: Universal Adhesives. *Dent Update*. 2017;44(4):328-30, 32, 35-8, 40.
89. Perdigo J, Kose C, Mena-Serrano AP, De Paula EA, Tay LY, Reis A, et al. A new universal simplified adhesive: 18-month clinical evaluation. *Oper Dent*. 2014;39(2):113-27.
90. Pashley DH. Smear layer: overview of structure and function. *Proc Finn Dent Soc*. 1992;88 Suppl 1:215-24.
91. Chersoni S, Suppa P, Grandini S, Goracci C, Monticelli F, Yiu C, et al. In vivo and in vitro permeability of one-step self-etch adhesives. *J Dent Res*. 2004;83(6):459-64.
92. Van Landuyt KL, Snauwaert J, De Munck J, Coutinho E, Poitevin A, Yoshida Y, et al. Origin of interfacial droplets with one-step adhesives. *J Dent Res*. 2007;86(8):739-44.
93. Tay FR, Pashley DH, Hiraishi N, Imazato S, Rueggeberg FA, Salz U, et al. Tubular occlusion prevents water-treeing and through-and-through fluid movement in a single-bottle, one-step self-etch adhesive model. *J Dent Res*. 2005;84(10):891-6.
94. Cruz J. Avaliação laboratorial e clínica do desempenho dos adesivos universais. Faculdade de Medicina Dentária: Universidade de Lisboa; 2019.
95. Hashimoto M, Ito S, Tay FR, Svizero NR, Sano H, Kaga M, et al. Fluid movement across the resin-dentin interface during and after bonding. *J Dent Res*. 2004;83(11):843-8.
96. Outhwaite WC, McKenzie DM, Pashley DH. A versatile split-chamber device for studying dentin permeability. *J Dent Res*. 1974;53(6):1503.
97. Pashley DH. Mechanisms of dentin sensitivity. *Dent Clin North Am*. 1990;34(3):449-73.
98. Cavalheiro AJCCdS. Effect of Deviations on the Application of Dentin Adhesives: Permeability, Ultramorphology and Nanoleakage Studies. Lisbon: Faculty of Dentistry of the Lisbon University; 2008.
99. Ozok AR, Wu MK, Wesselink PR. Comparison of the in vitro permeability of human dentine according to the dentinal region and the composition of the simulated dentinal fluid. *J Dent*. 2002;30(2-3):107-11.
100. Tagami J, Tao L, Pashley DH. Correlation among dentin depth, permeability, and bond strength of adhesive resins. *Dent Mater*. 1990;6(1):45-50.

101. Ciucchi B, Bouillaguet S, Holz J, Pashley D. Dentinal fluid dynamics in human teeth, in vivo. *J Endod.* 1995;21(4):191-4.
102. Tao L, Pashley DH. The relationship between dentin bond strengths and dentin permeability. *Dent Mater.* 1989;5(2):133-9.
103. Gregoire G, Guignes P, Millas A. Effect of self-etching adhesives on dentin permeability in a fluid flow model. *J Prosthet Dent.* 2005;93(1):56-63.
104. Gregoire G, Sharrock P, Prigent Y. Performance of a universal adhesive on etched and non-etched surfaces: Do the results match the expectations? *Mater Sci Eng C Mater Biol Appl.* 2016;66:199-205.
105. Pucci CR, Gu LS, Zhang HY, Song Q, Xia VW, Davis LB, et al. Water-associated attributes in the contemporary dentin bonding milieu. *J Dent.* 2018;74:79-89.
106. Hashimoto M, Tay FR, Ito S, Sano H, Kaga M, Pashley DH. Permeability of adhesive resin films. *J Biomed Mater Res B Appl Biomater.* 2005;74(2):699-705.
107. Tay FR, Pashley DH, Garcia-Godoy F, Yiu CK. Single-step, self-etch adhesives behave as permeable membranes after polymerization. Part II. Silver tracer penetration evidence. *Am J Dent.* 2004;17(5):315-22.
108. Tay FR, King NM, Chan KM, Pashley DH. How can nanoleakage occur in self-etching adhesive systems that demineralize and infiltrate simultaneously? *J Adhes Dent.* 2002;4(4):255-69.
109. Miyazaki M, Tsubota K, Onose H, Hinoura K. Influence of adhesive application duration on dentin bond strength of single-application bonding systems. *Oper Dent.* 2002;27(3):278-83.
110. Pashaev D, Demirci M, Tekce N, Tuncer S, Baydemir C. The effect of double-coating and times on the immediate and 6-month dentin bonding of universal adhesives. *Biomed Mater Eng.* 2017;28(2):169-85.
111. Saikaew P, Matsumoto M, Chowdhury A, Carvalho RM, Sano H. Does Shortened Application Time Affect Long-Term Bond Strength of Universal Adhesives to Dentin? *Oper Dent.* 2018;43(5):549-58.
112. Saikaew P, Chowdhury AF, Fukuyama M, Kakuda S, Carvalho RM, Sano H. The effect of dentine surface preparation and reduced application time of adhesive on bonding strength. *J Dent.* 2016;47:63-70.
113. Saito T, Takamizawa T, Ishii R, Tsujimoto A, Hirokane E, Barkmeier WW, et al. Influence of Application Time on Dentin Bond Performance in Different Etching Modes of Universal Adhesives. *Oper Dent.* 2020;45(2):183-95.

114. Chiba Y, Yamaguchi K, Miyazaki M, Tsubota K, Takamizawa T, Moore BK. Effect of air-drying time of single-application self-etch adhesives on dentin bond strength. *Oper Dent*. 2006;31(2):233-9.
115. Samimi P, Ghodrati M, Shirban F, Khoroushi M. Comparison of the Dentin Bond Strength of Two Self-Etch Adhesives After Prolonged Air-Drying and Additional Light-Curing. *J Dent (Tehran)*. 2017;14(5):292-8.
116. Lee Y, Park JW. Effect of moisture and drying time on the bond strength of the one-step self-etching adhesive system. *Restor Dent Endod*. 2012;37(3):155-9.
117. Werle SB, Steglich A, Soares FZ, Rocha RO. Effect of prolonged air drying on the bond strength of adhesive systems to dentin. *Gen Dent*. 2015;63(6):68-72.
118. Tagami J, Hosoda H, Burrow MF, Nakajima M. Effect of aging and caries on dentin permeability. *Proc Finn Dent Soc*. 1992;88 Suppl 1:149-54.
119. Kusunoki M, Itoh K, Hisamitsu H, Wakumoto S. The efficacy of dentine adhesive to sclerotic dentine. *J Dent*. 2002;30(2-3):91-7.

VIII. ANEXOS

Anexo 1 – Instruções do Fabricante do sistema adesivo universal Prime & Bond Active (Dentsplay Sirona)

1. Isolamento, limpeza e acondicionamento do esmalte e da dentina
 - 1.1. Utilize um isolamento adequado, como o dique de borracha.
 - 1.2. Limpe o esmalte e a dentina não preparados com uma taça de borracha e pedrapomes ou com uma pasta profilática sem flúor como a pasta Nupro®.
 - 1.3. Lave bem o esmalte e a dentina preparados e não preparados com o spray de água e seque as superfícies com papel ou com um pouco de ar. Não desidratar a dentina.
2. Proteção da polpa
 - 2.1. Em cavidades profundas, pode cobrir a dentina próxima da polpa com um hidróxido de cálcio de endurecimento rápido (Dycal® calcium hydroxide liner, ver instruções de utilização), deixando o resto da superfície da cavidade livre para aplicar o adesivo.
3. Ataque ácido do esmalte e da dentina
 - 3.1. O adesivo universal Prime&Bond active® oferece aos operadores a opção de pré-tratamento do esmalte e da dentina:
 - 3.1.1. Modo de autogravação
 - 3.1.1.1. Proceda diretamente à aplicação do adesivo sem gravar previamente com ácido fosfórico.
 - 3.1.2. Modo de gravação seletiva de esmalte
 - 3.1.2.1. Aplicar ácido fosfórico (p.ex. Conditioner 36) seguindo as instruções do fabricante.
 - 3.1.2.2. Aplique com cuidado o gel condicionador unicamente sobre as superfícies em esmalte (margens).
 - 3.1.2.3. Para melhores resultados acondicione o esmalte durante pelo menos 15 segundos. Os possíveis contactos acidentais do gel condicionador com a dentina não devem prolongar-se por mais de 15 segundos.
 - 3.1.2.4. Remova o gel com a cânula de aspiração, lave a cavidade com água, durante aproximadamente 15 segundos.

- 3.1.2.5. Remova o excesso de água soprando suavemente com a seringa de água ou com papel.
- 3.1.2.6. Não desidratar a dentina.
- 3.1.2.7. Prossiga imediatamente para a aplicação do adesivo.
- 3.1.3. Modo de gravação e lavagem
 - 3.1.3.1. Aplicar ácido fosfórico (p.ex. Conditioner 36) seguindo as instruções do fabricante.
 - 3.1.3.2. Aplique com cuidado o gel condicionador sobre as superfícies da cavidade começando pelas margens de esmalte.
 - 3.1.3.3. Para melhores resultados, acondicione o esmalte durante, pelo menos, 15 segundos e a dentina durante 15 segundos ou menos.
 - 3.1.3.4. Remova o gel com a cânula de aspiração, lave a cavidade com água, durante aproximadamente 15 segundos.
 - 3.1.3.5. Remova o excesso de água soprando suavemente com a seringa de água ou com papel.
 - 3.1.3.6. Não desidratar a dentina.
 - 3.1.3.7. Prossiga imediatamente para a aplicação do adesivo.

4. Dosagem

4.1. Embalagem monodose:

- 4.1.1. Segure o recipiente em cada uma das extremidades, colocando o polegar ao longo da marcação central.
- 4.1.2. Pressione firmemente e gire a tampa até que o recipiente se separe.
- 4.1.3. Descarte a tampa separada. Pode colocar-se a embalagem monodose no tampo da mesa ou segurá-la entre os dedos para maior comodidade.
- 4.1.4. Insira o aplicador descartável na abertura para saturar a ponta aplicadora.

4.2. Frasco de abertura rápida

- 4.2.1. Retire o selo de garantia.
- 4.2.2. Para abrir o frasco, segure-o com uma mão, coloque o polegar na cavidade para o dedo e pressione a tampa para cima até que se abra.

- 4.2.3. Mantenha o frasco invertido em posição vertical e dispense 1-2 gotas de adesivo num poço de mistura CliXdish™ ou num recipiente de vidro ou num poço de mistura standard.
 - 4.2.4. Se for necessário, limpe a abertura do frasco com um lenço suave de papel.
 - 4.2.5. Volte a fechar o frasco com cuidado exercendo pressão sobre a tampa desde a parte de cima. A tampa fica encaixada no seu sítio quando se ouve um “clic” ao aperta para fechar.
5. Aplicação do adesivo ao esmalte e à dentina
- 5.1. Use uma ponta aplicadora nova para aplicar o adesivo e molhar por completo as superfícies a tratar. Caso seja necessário, molhe de novo a ponta aplicadora. Evite que se produzam acumulações do adesivo.
 - 5.2. Remexa ligeiramente o adesivo durante 20 segundos.
 - 5.3. Estenda o adesivo e elimine o solvente com ar seco e limpo com uma seringa de ar/água. Aplique sobre todas as superfícies um suave jato de ar durante pelo menos 5 segundos até conseguir uma camada brilhante e uniforme. Não aplique um jato de ar demasiado forte que provoque zonas secas ou salpicos do adesivo.
6. Fotopolimerização do adesivo
- 6.1. Fotopolimerize o adesivo com uma luz de fotopolimerização adequada¹. Fotopolimerize o adesivo durante 10 segundos quando utilizar uma luz de fotopolimerização como SmartLite® PS ou SmartLite® Focus® Dentsply Sirona com uma irradiância mínima de 800mW/cm². Fotopolimerize o adesivo durante 20 segundos se a irradiância mínima for entre 550mW/cm² e 800mW/cm². Consulte as recomendações do fabricante do aparelho de polimerização no respeitante à compatibilidade e aos parâmetros de polimerização.
- ¹ Fotopolimerização destinada a polimerizar materiais que contenham iniciador de canforquinona (CQ). Pico do espectro no intervalo entre 440-480nm.