

DANIEL JOSÉ BRAGA DUTRA

**AVALIAÇÃO DA RESISTÊNCIA DE UNIÃO DE SISTEMAS ADESIVOS
UNIVERSAIS À DENTINA HUMANA, UTILIZANDO DIFERENTES
ESTRATÉGIAS DE ADESÃO**

**Universidade Federal de Minas Gerais
Faculdade de Odontologia
Belo Horizonte
2018**

Daniel José Braga Dutra

**AVALIAÇÃO DA RESISTÊNCIA DE UNIÃO DE SISTEMAS ADESIVOS
UNIVERSAIS À DENTINA HUMANA, UTILIZANDO DIFERENTES
ESTRATÉGIAS DE ADESÃO**

Dissertação apresentada ao Colegiado do Programa de Pós-graduação da Faculdade de Odontologia da Universidade Federal de Minas Gerais, como requisito parcial à obtenção do grau de Mestre em Odontologia.

Área de Concentração: Clínica Odontológica.

Linha de Pesquisa: Propriedades físicas, químicas e biológicas dos materiais odontológicos.

Orientador: Prof. Dr. Allyson Nogueira Moreira

Coorientador: Prof. Dr. Ricardo Reis Oliveira

**Belo Horizonte
2018**

Ficha Catalográfica

D978a Dutra, Daniel José Braga.
2018 Avaliação da resistência de união de sistemas adesivos
T universais à dentina humana, utilizando diferentes
estratégias de adesão / Daniel José Braga Dutra. -- 2018.

65 f. : il.

Orientador: Allyson Nogueira Moreira.

Coorientador: Ricardo Reis Oliveira.

Dissertação (Mestrado) -- Universidade Federal de Minas Gerais, Faculdade de Odontologia.

1. Colagem dentária. 2. Dentina. 3. Adesivos dentários.
4. Microscopia eletrônica de varredura. 5. Resistência à tração. I. Moreira, Allyson Nogueira. II. Oliveira, Ricardo Reis. III. Universidade Federal de Minas Gerais. Faculdade de Odontologia. IV. Título.

BLACK - D047



UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS

PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ODONTOLOGIA



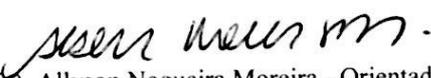
FOLHA DE APROVAÇÃO

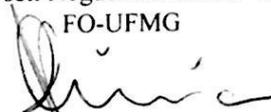
AVALIAÇÃO DA RESISTÊNCIA DE UNIÃO DE SISTEMAS ADESIVOS UNIVERSAIS À DENTINA HUMANA, UTILIZANDO DIFERENTES ESTRATÉGIAS DE ADESÃO

DANIEL JOSÉ BRAGA DUTRA

Dissertação submetida à Banca Examinadora designada pelo Colegiado do Programa de Pós-Graduação em ODONTOLOGIA, como requisito para obtenção do grau de Mestre, área de concentração Clínica Odontológica.

Aprovada em 06 de julho de 2018, pela banca constituída pelos membros:


Prof(a). Allyson Nogueira Moreira - Orientador
FO-UFMG


Prof(a). Ricardo Reis Oliveira - Coorientador
FO-UFMG


Prof(a). Paulo Sérgio Quagliatto
Universidade Federal de Uberlândia


Prof(a). Hugo Henriques Alvim
FO-UFMG

Belo Horizonte, 6 de julho de 2018.

Dedico este trabalho às pessoas mais importantes em minha vida: minha FAMÍLIA!

Aos meus pais, Maurício e Angélica, minha base.

Ao Tadeu, meu irmão querido.

À minha amada namorada, Bárbara.

Essa conquista não seria possível sem o apoio incondicional de todos eles.

AGRADECIMENTOS

A Deus, Senhor da minha vida, que me permite trilhar esse caminho, me orienta e mostra a sua bondade e misericórdia todos os dias.

À Nossa Senhora, minha mãe e mestra, por me conduzir e proteger com seu manto sagrado sempre.

Aos meus pais, Mauricio e Angélica, por abdicarem de tantas coisas em prol dos filhos, pelo amor incondicional, carinho, dedicação, por serem meu porto seguro e me ensinarem que só se conquista algo com fé e coragem para lutar.

À minha companheira de todos os momentos, meu amor, Bárbara, pelo carinho, parceria, paciência, por me ajudar a ser melhor a cada dia e a ter garra e persistência. “Te amo!”

Ao meu irmão, meu melhor amigo, companheiro de todos os momentos, grande incentivador e intercessor: meu exemplo.

À minha cunhada, Clara, uma irmã, pelo carinho e apoio, especialmente para a conclusão deste trabalho.

Ao meu orientador, professor Dr. Allyson Nogueira Moreira, por ter me ajudado com enorme competência, carinho, pelo incentivo, palavras positivas, por acreditar e defender com tanto vigor seus alunos. Obrigado, professor, por me acolher, pela presença e apoio na realização deste trabalho. O senhor foi muito importante para mim.

Ao meu coorientador, professor Dr. Ricardo Reis Oliveira, exemplo de profissionalismo e competência, pela grande ajuda no desenvolvimento desse trabalho, pelas conversas incentivadoras, ensinamentos de vida, por confiar no meu trabalho profissional e me desafiar a mostrar a minha capacidade. Obrigado pela amizade.

À Universidade Federal de Minas Gerais, pela graduação e pelo mestrado.

À Faculdade de Odontologia da UFMG (FO-UFMG), representada pelo Diretor, Prof. Dr. Henrique Pretti e Vice-diretora Prof^a. Dr^a. Rogéli Tibúrcio.

Ao colegiado do Programa de Pós-graduação da FO-UFMG, na pessoa da coordenadora, professora Dra. Isabela Almeida Pordeus.

Ao corpo docente da área de Clínica Odontológica da Faculdade de Odontologia, em especial às professoras Cláudia Silami e Mônica Yamauti que muito contribuíram no desenvolvimento deste estudo.

Ao departamento de Odontologia Restauradora (ODR) da FO-UFMG.

Aos professores, mestres, exemplos a serem seguidos, em especial ao Thadeu Poletto, Lincoln Lanza e Hugo Alvim. Agradeço a todos o apoio, paciência e amizade. Guardarei para sempre os preciosos ensinamentos. Foi admirando a dedicação pela Odontologia e o profissionalismo de cada um que resolvi ingressar no mestrado.

A todos os funcionários da FO-UFMG, em especial, Luciene, Laís, Letícia, Giovane (Gió) e Thais, por me tratarem com carinho, sempre alegres e dispostos a servir.

À minha sogra, Lourdinha, minha segunda mãe, pelo amor, incentivo e orações.

Aos meus tios, tias e primos pelo apoio, em especial, minha madrinha Dulce e primas, Ana Paula e Virgínia, sempre presentes.

A todos os amigos, de forma especial à “Comu” e aos “Amigos de Verdade”, pela amizade e compreensão nos momentos de ausência.

Ao meu grande amigo, afilhado e companheiro inseparável, Ighor Augusto.

A todos os colegas e amigos do mestrado, em especial ao Leonardo Franchini, Luiz Novy, Lígia Cristelli e Danilo. Obrigado por estarem comigo nesses dois anos.

Ao Gustavo de Cristofaro Almeida, amigo e grande colaborador.

Monize, Ivison, Ricardo e Amandinha por estarem sempre dispostos a me ajudar nos momentos de incertezas.

Camilinha e Virgínia, grandes amigas e colaboradoras.

Ao amigo Thales Oliveira, quem primeiro me incentivou a fazer o mestrado, meu obrigado.

Aos alunos de graduação da FO-UFMG.

À Capes e FAPEMIG pelo apoio financeiro.

À 3M ESPE, pela doação do sistema adesivo usado neste estudo.

À FGM, pela doação do sistema adesivo, ácido fosfórico e *microbush* utilizados na pesquisa.

Obrigado a todos que estiveram comigo durante a realização deste trabalho, me incentivando e torcendo por mim.

RESUMO

Na Odontologia, observam-se constantes inovações no campo da adesão. Os sistemas adesivos universais *multi-mode* foram concebidos sob o conceito *all-in-one* do já existente sistema adesivo autocondicionante de um passo, porém incorporando versatilidade quanto à forma de aplicação e interação com o substrato dentinário. O adesivo universal permite ao dentista decidir qual estratégia adesiva utilizar: técnica convencional (condicionamento ácido prévio), técnica autocondicionante (sem condicionamento ácido prévio) ou ainda técnica de condicionamento ácido seletivo em esmalte. Esse novo sistema, apesar de representar uma interessante inovação no campo da adesão, ainda levanta questionamentos sobre seu desempenho clínico e laboratorial, devido principalmente às diferentes possibilidades de protocolo apresentadas pelos fabricantes. O presente trabalho tem como objetivo avaliar, através de teste de microtração, a resistência de união à dentina humana de dois sistemas adesivos universais: Single Bond Universal (3M ESPE) (SBU) e Ambar Universal (FGM) (AU), comparando-os em diferentes estratégias adesivas: condicionamento ácido prévio da dentina e manutenção de dentina seca, condicionamento ácido prévio da dentina e manutenção de dentina úmida e modo autocondicionante. Neste estudo laboratorial *in vitro* quantitativo, 36 dentes foram preparados nas diferentes estratégias adesivas, utilizando-se as duas marcas comerciais. Eles foram divididos aleatoriamente em 6 grupos (n=6), obtendo-se no mínimo 7 palitos por dente. Os dados foram analisados por meio do ANOVA ($p < 0,05$). As comparações individuais foram realizadas com teste de diferença significativa de Tukey (HSD) ($p < 0,05$). Os resultados revelaram que houve diferença estatística entre os grupos 1 (SBU em dentina seca) e 2 (SBU em dentina úmida); também entre os grupos 1 e 3 (SBU no modo autocondicionante) em relação aos valores de microtração. O adesivo AU demonstrou resultados desfavoráveis quando utilizado nas estratégias autocondicionante e com condicionamento ácido prévio da dentina e manutenção da dentina seca. A análise microscópica revelou que as falhas coesivas e mistas predominaram nos grupos com condicionamento ácido do SBU. Em contrapartida, no grupo autocondicionante observou-se predominância de falhas adesivas. A estratégia adesiva convencional em dentina úmida demonstrou melhor desempenho no teste à tração para ambos os adesivos, já a utilização da estratégia autocondicionante com o adesivo SBU demonstrou resultados promissores, fazendo-se necessárias futuras análises.

Palavras-chave: Colagem dentária. Dentina. Adesivos.

ABSTRACT

Evaluation of resistance of union of universal adhesive systems to human dentine, using different adhesion strategies

In dentistry, innovations in the field of adhesion are observed. Universal multi-mode adhesive systems have been designed under the all-in-one concept of an existing one-step self-etching adhesive system, but incorporating versatility in how it is applied and interacted with the dentin substrate. The universal adhesive allows the dentist to make an adhesive strategy decision: conventional preconditioning method, self-etching technique (without prior acid conditioning) or selective acidification in enamel. This new system, despite representing an interesting innovation in the field of adhesion, still raises questions about its clinical and laboratory performance, mainly due to the different possibilities of protocol presented by the manufacturers. The objective of the present work was to evaluate, through the microtensile test, a bond strength to the human dentin of two universal adhesive systems: Single Bond Universal (3M ESPE) (SBU) and Ambar Universal (FGM) in different therapeutic steps (preconditioning the dentin and maintenance of dry dentin, preconditioning the dentin and maintenance of wet dentin and self-etching mode). In this in vitro laboratory quantitative study, 36 teeth were prepared in the most diverse adhesive strategies and with the use of two commercial brands. They were randomly divided into 6 groups ($n = 6$), obtaining at least 7 sticks per tooth. Data were considered by the ANOVA test ($p < 0.05$). The individual comparisons were performed with the Tukey's Difference Test (HSD) ($p < 0.05$). The results revealed the difference between groups 1 and 2 (SBU in wet dentin) and also between groups 1 and 3 (SBU in self-etching mode) in relation to the values of microtraction. The adhesive AU did not demonstrate good performance when used in self-etching strategies and with prior acid etching of the dentin and maintenance of the dry dentin. The AU adhesive did not demonstrate good performance when used in the self-etching strategies and with preconditioning the dentin and maintenance of dry dentin. Microscopic analysis revealed that the cohesive and mixed faults predominated in the groups with the acidic conditioning groups of the SBU. In contrast, the self-etching group showed a predominance of adhesive failures. The conventional strategy adhesive in wet dentin demonstrated better performance in the tensile test in both adhesives, the use of the self-etching strategy with the SBU demonstrated promising results, making future analysis necessary.

Keywords: Dental bonding. Dentin. Adhesives.

LISTA DE FIGURAS

Figura 01 - Molares extraídos, seleccionados com dimensões e formatos similares	32
Figura 02 - Exposição da dentina coronária média	33
Figura 03 - Padronização da camada de esfregaço	34
Figura 04 - Aplicação do sistema adesivo de acordo com a estratégia adesiva: procedimento restaurador	37
Figura 05 - Dispositivo de resina acrílica acoplado à Isomet para a realização dos cortes no dente para obtenção dos palitos	38
Figura 06 - Preparo dos espécimes para o teste de microtração	40
Figura 07 - Ensaio de microtração executado na máquina de ensaio universal (EZ – Test, Shimadzu, Japan)	40
Figura 08 - Microscópio óptico Stemi DV4 (Zeiss)	41
Figura 09 - MEV Grupo 1: Adesivo Single Bond Universal – modo convencional em dentina seca	45
Figura 10 - MEV Grupo 2: Adesivo Single Bond Universal – modo convencional em dentina úmida	46
Figura 11 - MEV Grupo 3: Adesivo Single Bond Universal – modo autocondicionante	47
Figura 12 - MEV Grupo 5: Adesivo Ambar Universal – modo convencional em dentina úmida	48

LISTA DE GRÁFICOS

- Gráfico 01** - Média da resistência à tração (MPa) dos diferentes grupos experimentais 44
- Gráfico 02** - Número e porcentagem de espécimes (%) de acordo com o modo de fratura de todos os grupos experimentais 44

LISTA DE QUADROS

Quadro 01 - Composição química dos materiais utilizados	34
Quadro 02 - Distribuição dos grupos, de acordo com o sistema adesivo e a estratégia adesiva	35

LISTA DE TABELAS

Tabela 01 - Média e desvio padrão dos resultados de microtração (MPa) dos diferentes grupos experimentais	43
--	----

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	15
2	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	18
2.1	Adesivos convencionais (<i>etch-and-rinse (ER)/lava-e-seca</i>)	19
2.2	Auto condicionantes (<i>self-etch (SE)</i>)	23
2.3	Adesivos universais <i>multi-mode</i>	27
3	OBJETIVOS	29
3.1	Objetivo geral	29
3.2	Objetivos específicos	29
4	HIPÓTESE NULA	30
5	METODOLOGIA	31
5.1	Delineamento experimental	31
5.2	Cálculo amostral	31
5.3	Seleção, limpeza e armazenamento dos dentes	32
5.4	Preparo dos dentes	33
5.5	Distribuição dos grupos e tratamento restaurador	34
5.6	Confecção dos espécimes para o teste	38
5.7	Ensaio de microtração	39
5.8	Análise do modo de fratura utilizando microscópio óptico	41
5.9	Preparo para microscopia eletrônica de varredura	41
5.10	Análise estatística	42

6	RESULTADOS	43
7	DISCUSSÃO	49
8	CONCLUSÃO	56
	REFERÊNCIAS	57
	ANEXO A	65

1 INTRODUÇÃO

A odontologia adesiva foi introduzida, em 1955, por Buonocore, quando se aplicou ácido fosfórico para condicionar o esmalte dentário, aumentando a adesão de resinas acrílicas ativadas quimicamente às superfícies dentais (BUONOCORE, 1955; DE GOES, SHINOHARA e FREITAS, 2014; MC LEAN *et al.*, 2015). Desde então, houve uma evolução nesse processo da adesão dentária, com constante introdução de novas gerações de adesivos no mercado. A busca pela qualidade e eficácia dos sistemas adesivos demonstra a intenção dos pesquisadores de minimizar a sensibilidade da técnica operatória, melhorar sua praticidade e aumentar a resistência de união dos adesivos à estrutura dentária. Mais recentemente os estudos se voltaram para resistência de união à dentina.

Adesão em Odontologia é um processo crítico que depende de inúmeros fatores, como, por exemplo, o tipo de substrato, o tipo de adesivo, umidade do meio e capacidade operacional do profissional (ISOLAN *et al.*, 2014; PASHLEY *et al.*, 2011).

Espera-se que um adesivo seja capaz de promover uma ligação igualmente efetiva tanto no esmalte quanto na dentina, apesar de serem estruturas completamente diferentes em suas composições. O esmalte é composto basicamente por 86% de matéria inorgânica (hidroxiapatita), 12% de água e 2% de matéria orgânica, o que torna o protocolo adesivo nesse substrato menos susceptível a erros. A adesão ocorrerá em consequência de microrretenções produzidas na superfície do esmalte após o condicionamento ácido, que serão preenchidas pelo sistema adesivo. Já a dentina é composta por 50% de matéria inorgânica, 30% de matéria orgânica, e 20% de água (ISOLAN *et al.*, 2014; MC LEAN *et al.*, 2015; NAKABAYASHI e PASHLEY, 1998; SUMMIT *et al.*, 2006), o que a torna um substrato heterogêneo, pois depende de uma série de fatores: idade do paciente, quantidade e tamanho de túbulos dentinários e a presença de estímulos progressos como trauma e cárie. Consequentemente, a adesão nesse substrato se torna um desafio, já que uma condição de umidade ideal deve ser mantida para permitir a infiltração adequada do adesivo no substrato desmineralizado (ISOLAN *et al.*, 2014; PASHLEY *et al.*, 2011). O ressecamento da dentina desmineralizada causa o colapso da matriz de colágeno, impedindo a penetração do adesivo (KANCA, 1992), e o excesso de umidade promove

a sua diluição: em ambas situações a resistência da união ficará prejudicada (NAKAJIMA *et al.*, 2000).

Atualmente os adesivos disponíveis no mercado são classificados em duas categorias: 1) convencional (*etch-and-rinse*) e 2) autocondicionante (*self-etch*) (TJÄDERHANE, 2015).

Os sistemas adesivos convencionais podem se apresentar em três ou dois passos. No sistema de três passos realiza-se o condicionamento ácido: aplicação do *primer* e aplicação do agente de união (*bond*) separadamente. O condicionamento ácido desmineraliza a superfície na qual foi aplicado e em seguida se aplica o *primer* para preparar a superfície condicionada para receber o *bond*. Quando o sistema de dois passos é utilizado, primeiro realiza-se o condicionamento ácido para então aplicar *primer* e *bond* que estão juntos em um mesmo frasco. (ISOLAN *et al.*, 2014; PASHLEY *et al.*, 2011; SUMMIT *et al.*, 2006).

A região de maior deterioração de um sistema adesivo convencional ocorre na área de dentina desmineralizada, pois o total preenchimento da área condicionada pelos monômeros resinosos é crítica. Considera-se a microinfiltração como o fator que mais afeta a longevidade de uma restauração dental. Outro ponto crítico nesses sistemas é o controle da umidade. A adesão à dentina úmida, apesar de bastante consolidada na literatura, pode trazer consequências desfavoráveis, como a impregnação incompleta das fibras colágenas (HASHIMOTO *et al.*, 2000) e com o objetivo de minimizá-las, foram desenvolvidos os sistemas autocondicionantes.

Os adesivos autocondicionantes apresentam-se de duas formas: *primer* ácido e *bond* separados ou em apenas um frasco (*all-in-one*). A desmineralização e infiltração do *primer* ocorrem simultaneamente (MIYAZAKI, ONOSE e MOORE, 2002). Esse sistema trouxe como inovação a interação química entre o adesivo e o tecido dentário, o que torna essa interface mais resistente à biodegradação quando comparada à interface obtida pelos sistemas adesivos convencionais, principalmente no substrato dentinário (DE GOES, SHINOHARA e FREITAS, 2014). Embora esses sistemas adesivos não necessitem de umidade para que ocorra sua união, eles possuem água em sua composição para a ionização dos monômeros ácidos hidrofílicos. Esses monômeros são os responsáveis pela disponibilização de íons minerais para a união química com o substrato dental. (CHEN *et al.*, 2015; LUQUE-MARTINEZ *et al.*, 2014; PERDIGÃO, LOGUERCIO, 2014).

Recentemente, introduziu-se um novo sistema adesivo no mercado. Intitulado de "universal" (*multi-mode*), ele representa a última geração (LOGUERCIO *et al.*, 2015a; LOGUERCIO *et al.*, 2015b; ROSA, PIVA e SILVA, 2015). Foi concebido sob o conceito *all-in-one* do já existente adesivo autocondicionante de um passo, mas incorpora a versatilidade, segundo o fabricante, de ser utilizado de acordo com a situação clínica existente (dentina profunda, dentina rasa, grande quantidade de esmalte remanescente), dando ao profissional a oportunidade de decidir qual estratégia adesiva a se utilizar: técnica de dois passos (condicionamento ácido prévio), técnica autocondicionante ou ainda técnica de condicionamento ácido seletivo em esmalte (ISOLAN *et al.*, 2014; PERDIGÃO *et al.*, 2014; LUQUE-MARTINEZ *et al.*, 2014; MARCHESI *et al.*, 2014; LAWSON *et al.*, 2015; MC LEAN *et al.*, 2015). Quando utilizado como autocondicionante de passo único, ele se torna mais simples e menos susceptível a erros de técnica do operador (PERDIGÃO, 2007; ROSA, PIVA e SILVA, 2015), porém apresenta como desvantagem a baixa adesão ao esmalte, já que o aumento da área de superfície obtido com o *primer* ácido é menor que o obtido com ácido fosfórico (PASHLEY e TAY, 2001).

Os adesivos universais tendem a minimizar a sensibilidade em dentina, pois nesse substrato não se faz necessária a desmineralização em profundidade. Alguns estudos, porém, mostram que em esmalte o condicionamento ácido seletivo melhora o desempenho da adesão (CHEN *et al.*, 2015; DE GOES, SHINOHARA e FREITAS, 2014; LOGUERCIO *et al.*, 2015a; LUQUE-MARTINEZ *et al.*, 2014; ROSA, PIVA e SILVA, 2015).

Esse novo sistema, apesar de representar uma interessante inovação no campo da adesão, ainda levanta questionamentos sobre seu desempenho clínico e laboratorial, devido principalmente às diferentes possibilidades de protocolo apresentadas pelos fabricantes (MIYAZAKI, *et al.*, 2012). Sendo assim, o objetivo deste trabalho é avaliar a resistência de união à dentina humana de sistemas adesivos universais aplicados de acordo com diferentes estratégias adesivas.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

A odontologia restauradora foi reinventada com o advento da adesão, tendo como marco referencial o trabalho de Buonocore (1955), quando afirmou que o ácido fosfórico poderia ser usado para modificar a superfície do esmalte de modo a torná-la mais susceptível à adesão. A aplicação prévia de ácido fosfórico a 85% por 30 segundos sobre a superfície de esmalte aumentou significativamente a adesão de resinas acrílicas ativadas quimicamente.

O surgimento dos sistemas de união na Odontologia possibilitou o desenvolvimento de inúmeras técnicas clínicas objetivando a maior conservação da estrutura dental hígida. Os preparos cavitários tradicionais, idealizados por GV Black, que preconizava abertura e contornos seguidos de extensão preventiva, sem considerar a quantidade de estrutura dental removida, foram gradualmente substituídos por procedimentos restauradores menos invasivos, graças ao desenvolvimento dos materiais adesivos e de novas técnicas restauradoras. Essa evolução significativa que ocorreu na área dos sistemas adesivos, especialmente nos últimos anos, proporcionou uma completa modificação na prática da Odontologia restauradora (ALEX, 2015).

A evolução dos sistemas adesivos se deve em grande parte ao desenvolvimento de metodologias que facilitam o estudo desses materiais. O teste de microtração, proposto por Sano *et al.* (1994), permitiu avaliar de forma mais pura a interface adesiva e possibilitou o estudo de diferentes regiões de um mesmo dente. Além disso, a dimensão reduzida dos espécimes facilitou a análise das fraturas em microscopia eletrônica de varredura ou transmissão (PASHLEY *et al.*, 1995).

Os sistemas adesivos fazem parte da maioria dos procedimentos clínicos odontológicos atualmente. O profissional deve estar apto não somente a utilizar adequadamente os materiais disponíveis no mercado, mas também a ser capaz de entender o mecanismo de ação de cada um deles, para que esse conhecimento o guie na escolha do sistema adesivo adequado a cada caso clínico em particular.

Para que um sistema adesivo seja considerado eficaz do ponto de vista funcional, deve cumprir algumas exigências que vão além de reter a restauração por um período de tempo significativo. Ele deve selar completamente as margens da cavidade, prevenindo, assim, a infiltração marginal, que leva à descoloração marginal

da restauração, sensibilidade pós-operatória, reincidência de cárie e possível reação pulpar, que são sinais e sintomas mais comuns associados ao fracasso clínico das restaurações adesivas. (VAN MEERBEEK *et al.*, 1998).

Durante algum tempo os sistemas adesivos foram classificados por gerações, porém, com a profusão de sistemas desenvolvidos, essa classificação tornou-se complexa e confusa, ficando obsoleta (VAN MEERBEEK *et al.*, 2003). Atualmente, os sistemas adesivos disponíveis no mercado podem ser classificados de acordo com a estratégia utilizada, dividindo-se em dois grandes grupos: aqueles nos quais se faz condicionamento ácido antes da aplicação do adesivo, os chamados adesivos convencionais (*etch-and-rinse/lava-e-seca*), e os que não necessitam desse passo operatório, os adesivos autocondicionantes (*self-etch*) (VAN MEERBEEK *et al.*, 2003; SUMMIT *et al.*, 2006; PASHLEY *et al.*, 2011; MUÑOZ *et al.*, 2013; ISOLAN *et al.*, 2014). As estratégias adesivas variam conforme o sistema adesivo interage com a *smear layer*: removendo ou modificando (SEZINANDO, 2014).

2.1 Adesivos convencionais (*etch-and-rinse (ER)/lava-e-seca*)

NAKABAYASHI, KOJIMA E MASUHARA (1982) descobriram que o mecanismo básico de ligação do sistema adesivo ao esmalte e à dentina ocorre essencialmente por um processo de troca, no qual há substituição de tecido mineral por monômeros resinosos líquidos, que se infiltram e são polimerizados nas porosidades criadas, promovendo uma retenção micromecânica à estrutura dental. Isso forneceu uma nova e importante visão sobre os mecanismos de ligação. Essa zona de interdifusão composta de matriz de colágeno entremeada por resina polimerizada, tornou-se um híbrido de dois materiais muito diferentes, sendo então chamada de camada híbrida. A primeira vez que ela foi descrita na literatura, embora não com este termo, foi no estudo de Gwinnett e Matsui (1967). Eles examinaram a superfície de esmalte condicionada e perceberam que a resina adesiva poderia penetrar entre os prismas de esmalte e envolver os cristais de apatita formando assim uma nova estrutura.

Fusayama *et al.* (1979) introduziram o conceito revolucionário de condicionamento total de cavidades (condicionamento ácido de esmalte e dentina

simultâneo). Porém, esse conceito foi utilizado na época pela técnica de “adesão seca”. Após o condicionamento ácido, esmalte e dentina eram lavados e secos, para confirmar que as margens de esmalte estavam foscas, com cor semelhante a giz, significando que esse substrato foi bem condicionado (PASHLEY *et al.*, 2011). Observando alguns resultados insatisfatórios como: sensibilidade pós operatória, cárie secundária e perda de restauração por falta de adesão ao se utilizar a técnica de “adesão seca”, Kanca (1992) descobriu que a água era um excelente agente de reumidificação. Isso o levou a introduzir o conceito de “adesão úmida”. Essa técnica melhorou consideravelmente as forças de ligação entre resina/dentina permitindo um melhor vedamento da dentina e menos sensibilidade pós operatória. A partir daí começou a era da adesão segura e reproduzível (TAY, GWINNETT e WEI, 1996; PASHLEY *et al.*, 2007; PASHLEY *et al.*, 2011).

Em dentina, a adesão é um processo mais complexo, pois, quando comparada ao esmalte, a dentina tem menor volume de material inorgânico, maior volume de material orgânico e água (NAKABAYASHI e PASHLEY, 1998; ISOLAN *et al.*, 2014). Devido às características histológicas desse substrato, os sistemas adesivos são compostos por monômeros hidrofílicos, compatíveis com a umidade presente neste substrato e com a fluidez necessária à sua penetração nas microporosidades criadas pelo condicionamento ácido, além de monômeros hidrofóbicos, de maior peso molecular e maior viscosidade, responsáveis pela estabilidade e resistência mecânica do produto (CARVALHO *et al.*, 2004).

Os sistemas adesivos convencionais estão disponíveis no mercado em três ou dois passos clínicos. Quando em três passos, *primer* e adesivo são aplicados separadamente; nos sistemas de dois passos, *primer* e adesivo encontram-se em uma única solução (VAN MEERBEEK *et al.*, 2003). Quanto mais passos possui um sistema adesivo convencional, mais eficaz e duradouro ele é (DE MUNCK *et al.*, 2005; PASHLEY *et al.*, 2011).

Os adesivos *etch-and-rinse* caracterizam-se pela aplicação prévia e isolada de um ácido forte (ácido fosfórico 30-37%) sobre as estruturas dentais. Pelo condicionamento ácido a *smear layer* (camada amorfa de restos de esmalte, dentina, bactérias, saliva e processos odontoblásticos que se forma após o uso de um instrumento na remoção de tecido dentário) é completamente removida e a subsuperfície dentinária intacta é desmineralizada cerca de 5-8 µm de profundidade, resultando na formação de porosidades de tamanho nanométrico (TAY e PASHLEY,

2001). Em seguida, realiza-se o procedimento obrigatório de lavagem, responsável pela remoção completa do condicionador e dos produtos da reação. A água remanescente sobre a dentina pós lavagem preserva a arquitetura da rede de fibrilas colágenas mantendo espaços entre elas, permitindo que o monômero resinoso permeie a trama colágena (PERDIGÃO *et al.*, 1999; PASHLEY *et al.*, 2011).

Após o condicionamento ácido, lavagem e remoção do excesso de umidade da dentina, aplica-se um *primer* contendo monômeros específicos de propriedades hidrofílicas, como HEMA, que têm afinidade com as fibras colágenas e vêm dissolvidos em solventes orgânicos como etanol, acetona ou água. Enquanto o composto HEMA é responsável por transformar a superfície dentinária hidrofílica numa superfície hidrofóbica, permitindo que a resina fluida possa penetrar na malha de colágeno exposta, os solventes deslocam a água da superfície da dentina, preparando a rede de colágeno para a subsequente infiltração dos monômeros hidrofóbicos e carregam os monômeros hidrófilos do *primer*, facilitando sua penetração na dentina desmineralizada (PASHLEY *et al.*, 2011).

Idealmente, o solvente deve penetrar na dentina e facilitar a evaporação de toda água residual, permitindo que o *bond* (parte inorgânica) se infiltre completamente por toda dentina desmineralizada (PERDIGÃO *et al.*, 1999), porém, a completa substituição de água presente na dentina por adesivo está longe de ser ideal. Isso se deve à presença de solvente residual não volatilizado e da permeabilidade dentinária (HASHIMOTO *et al.*, 2004). Quando em excesso, a umidade dilui o adesivo reduzindo o grau de conversão dos monômeros, o que resulta em subpolimerização, diminuindo assim as propriedades mecânicas do polímero com conseqüente enfraquecimento das forças de ligação (PAUL *et al.*, 1999).

Sabe-se que a completa remoção da *smear layer* e abertura dos túbulos dentinários ocasionadas pelo condicionamento ácido aumentam a permeabilidade dentinária e a condutância hidráulica de origem pulpar, o que afeta diretamente o grau de umidade da superfície de dentina condicionada. Conseqüentemente, o controle da umidade dentinária para o estabelecimento de uma adequada adesão representa um desafio para clínicos e pesquisadores (MUÑOZ *et al.*, 2013; LOGUERCIO *et al.*, 2015a). A umidade ideal depende de uma série de fatores: habilidades do operador, interpretação das instruções do fabricante, tipo de solvente na composição adesiva (REIS *et al.*, 2003; HASHIMOTO *et al.*, 2006; LOGUERCIO *et al.*, 2015a).

Quando o adesivo é aplicado em situações extremas (dentina com excesso de água ou ressecada), espaços vazios não preenchidos pelo adesivo formam-se na camada híbrida e nos túbulos dentinários, deixando uma via para o fluxo de água extrínseco e intrínseco ao longo do tempo. Ao não impregnar toda a superfície desmineralizada, pode haver o desenvolvimento de mecanismos de degradação presentes na cavidade oral, além de favorecer a microinfiltração e sensibilidade pós operatória (HASHIMOTO *et al.*, 2000; HOSAKA *et al.*, 2009).

PASHLEY *et al.* (2004) e HEBLING *et al.* (2005) confirmaram que fibras de colágeno, não infiltradas por monômeros resinosos na camada híbrida, são susceptíveis à degradação ao longo do tempo quando condicionadas, devido à ação de enzimas, metaloproteinases, que degradam o colágeno e também pela degradação hidrolítica. A decomposição do colágeno gera perda de continuidade entre a camada híbrida e as fibras colágenas mineralizadas que estão ancoradas na dentina subjacente. Isso ocasiona em perda de retenção da resina na dentina, resultando na diminuição significativa da resistência adesiva à microtração (PASHLEY *et al.*, 2011). O ideal seria preencher toda a superfície condicionada, selando a matriz colágena para protegê-la contra a degradação hidrolítica e ação das collagenases endógenas (HOSAKA *et al.*, 2009).

A possibilidade de se obter adesão aos tecidos dentais mineralizados sem a necessidade de condicionamento ácido prévio à aplicação do sistema adesivo, que pode vir a comprometer a impregnação dentinária pelo monômeros resinosos, motivou a formulação dos sistemas adesivos autocondicionantes (HASHIMOTO *et al.*, 2000; MUÑOZ *et al.*, 2013).

2.2 Auto condicionantes (*self-etch* (SE))

A ligação adesiva à dentina pode ser realizada utilizando-se adesivos convencionais ou autocondicionantes. Uma das diferenças entre esses dois tipos de adesivos é que os primeiros promovem a remoção da *smear layer* e os segundos promovem a sua incorporação no processo adesivo (PASHLEY *et al.*, 2011; GIANNINI *et al.*, 2015; MUÑOZ *et al.*, 2015). Já o desafio comum para ambos é criar uma rota para a infiltração dos monômeros adesivos na matriz de colágeno. Enquanto nos adesivos convencionais essa via se dá pelo condicionamento ácido, responsável por dissolver os minerais e deixar a rede de colágeno altamente porosa, os adesivos

autocondicionantes contêm monômeros resinosos ácidos que simultaneamente condicionam e preparam o substrato dentário (a hibridização ocorre paralela ao condicionamento). Com o aumento da profundidade, os monômeros ácidos são gradativamente tamponados pelo conteúdo mineral do substrato, perdendo sua capacidade de condicionar ainda mais a dentina (VAN MEERBEEK *et al.*, 2011).

Cronologicamente esses sistemas são recentes, mas o conceito de autocondicionamento é antigo e foi utilizado quando ainda não se recomendava o condicionamento com ácido fosfórico em dentina. Esses produtos são constituídos de *primers* ácidos autocondicionantes, água, solventes orgânicos para deixar a solução fluida o suficiente para infiltrar-se nos tecidos dentais, e de uma resina de baixa viscosidade com características hidrofóbicas, semelhante ao sistema adesivo convencional de três passos (GIANNINI *et al.*, 2015).

Os sistemas adesivos autocondicionantes atuais são classificados tomando como base o número de etapas de sua aplicação clínica: adesivos de um passo ou de dois passos. Quando de dois passos, mantêm-se separados os conteúdos “ativos” do adesivo, aumentando a vida útil do produto. Já os adesivos monocomponentes podem ser considerados como verdadeiros adesivos *all-in-one*, pois combinam os passos de condicionamento, *priming* e aplicação da resina adesiva, sem necessitar de mistura prévia, porém, apresentam desempenho clínico inferior, confirmado por achados laboratoriais menos favoráveis. Isso vem melhorando com o desenvolvimento de novos produtos (VAN MEERBEEK *et al.*, 2011).

Os adesivos *self-etch* também podem ser classificados de acordo com o seu pH ou capacidade de desmineralizar em: forte (pH ≤ 1), intermediário forte (pH $\approx 1,5$), suave (pH ≈ 2) e ultra suave (pH $\geq 2,5$) (VAN MEERBEEK *et al.*, 2010). Essa “agressividade de desmineralização” está fortemente associada à profundidade de interação na dentina, que varia de poucos nanômetros no *SE* ultra suave a vários micrômetros, no *SE* forte (WAGNER *et al.*, 2014). Os sistemas mais agressivos (pH ≤ 1), promovem uma dissolução de praticamente toda a *smear layer*, mas como não há etapa de lavagem, os fosfatos de cálcio dissolvidos não são removidos. Quanto mais intenso o autocondicionamento, mais fosfatos de cálcio dissolvidos são incorporados dentro da camada híbrida. Esses fosfatos de cálcio encapsulados na resina dentro da malha de colágeno exposta possuem baixa resistência à hidrólise, além de serem quimicamente instáveis na sua interação com o colágeno exposto, o que provoca um enfraquecimento na interface de ligação, afetando a longevidade

dessa ligação (VAN MEERBEEK *et al.*, 2010; VAN MEERBEEK *et al.*, 2011). Por isso, os adesivos autocondicionantes fortes perderam lugar no mercado e praticamente não são mais usados.

Ao utilizar um adesivo contendo monômeros ácidos que simultaneamente desmineralizam e penetram na dentina, os procedimentos de aplicação tornaram-se tecnicamente mais simples, pois não envolvem os passos de lavagem do ácido e remoção do excesso de água, que geralmente é o passo mais susceptível a erro nos sistemas que utilizam ácido fosfórico como pré-tratamento. Dessa forma, previne-se contra possíveis dificuldades técnicas inerentes aos adesivos convencionais, como: sobrecondicionar, deixar excessivamente umedecida ou ressecar a dentina, o que resultaria em uma incompleta penetração do adesivo. Isso contribui para a redução da sensibilidade pós-operatória e melhoria do selamento dentinário. (LAXE *et al.*, 2007).

Estudos constataram que abaixo da camada híbrida formada por alguns adesivos autocondicionantes existem zonas parcialmente infiltradas na dentina desmineralizada, indicando que o conceito geral de que os adesivos autocondicionantes desmineralizam e se infiltram na mesma extensão na dentina pode não se aplicar a todos os adesivos dessa categoria (CARVALHO *et al.*, 2005).

Busca-se sempre, não importando o tipo de sistema adesivo, a formação de uma camada híbrida qualitativamente boa, compacta e homogênea. Miyazaki *et al.* (2003) enfatizaram que sua qualidade é mais importante que a sua espessura. Isso se reflete diretamente na resistência adesiva e na habilidade de selamento dos sistemas adesivos. No entanto, independentemente do material utilizado, a criação de uma camada híbrida perfeita é difícil de ser alcançada (VAN MEERBEEK *et al.*, 2011; PASHLEY *et al.*, 2011). A heterogeneidade morfológica, fisiológica e patológica da dentina, tempo limitado para o procedimento, água necessária para manter a rede de colágeno expandida para penetração da resina e um grau limitado de conversão dos monômeros são os principais obstáculos para se obter uma adesão perfeita (TJÄDERHANE, 2015).

Os adesivos autocondicionantes apresentam-se clinicamente como um sistema adesivo mais prático (menor tempo de aplicação, menos etapas) e menos sensível a técnica (PEUMANS, *et al.* 2005; PEUMANS *et al.*, 2010). Além disso, apresentam menos sensibilidade pós operatória quando comparados aos adesivos convencionais. Isso se deve ao fato de possuírem uma ação menos agressiva, já que

interagem mais superficialmente com a dentina (não há desmineralização em grande profundidade), não havendo remoção total da *smear layer* e dos *smear plugs*. Tudo isso contribuiu para o aumento da popularidade e crescente uso dos adesivos autocondicionantes (PERDIGÃO, GERALDELI e HODGES, 2003; VAN MEERBEEK *et al.*, 2011).

Embora os adesivos *self-etch* sejam mais fáceis e rápidos de usar por exigirem menor perícia por parte do dentista, também apresentam desvantagens. Principalmente nos sistemas adesivos autocondicionantes mais simplificados, a solução adesiva é mais hidrofílica, e isso se deve à maior concentração de monômeros funcionais ácidos dependentes de água. Esse aumento na concentração desses monômeros compromete a ligação resina-dentina, uma vez que resulta na formação de uma camada híbrida que funciona como uma membrana semipermeável, com bolhas de água aprisionadas no seu interior. Uma camada híbrida mais permeável à água compromete o selamento dentinário, causando uma degradação prematura das ligações resina-dentina (PERDIGÃO, 2010; DE SÁ *et al.*, 2012; TJÄDERHANE, 2015).

Outra desvantagem do uso de adesivos *SE* é sua incapacidade de condicionar o esmalte na mesma profundidade que o ácido fosfórico. Para suprir essa deficiência e melhorar o desempenho desse sistema adesivo nesse substrato, o condicionamento seletivo das margens do esmalte com ácido fosfórico tem sido recomendado por diferentes autores antes da aplicação do adesivo *SE* (GIANNINI *et al.*, 2008; ERICKSON, BARKMEIER e LATTA, 2009; LOGUERCIO *et al.*, 2015a). Considerada essa adaptação técnica, perde-se a vantagem da redução de passos operatórios.

Os adesivos autocondicionantes trouxeram como inovação, a adesão química aos substratos dentários graças ao desenvolvimento de novos monômeros quimicamente ativos, em especial um monômero que foi incorporado no *primer* e na resina adesiva: o 10-metacrilóiloxidecil dihidrogenofosfato (10-MDP). Esse monômero tem a capacidade de formar uma ligação estável com a hidroxiapatita do esmalte e dentina, aumentando a longevidade da interface de ligação (YOSHIKAWA *et al.*, 2012). Inicialmente sintetizado pela Kuraray (Osaka, Japão), é atualmente considerado como o monômero funcional mais promissor na adesão química ao esmalte e dentina (VAN LANDUYT *et al.*, 2007; MATSUI *et al.*, 2015).

A adesão micromecânica ainda é um pré-requisito para a obtenção de uma adesão adequada, mas a adesão química, tem potencial benéfico adicional nas forças adesivas, além de melhorar a longevidade da adesão (VAN MEERBEEK *et al.*, 2011).

As modificações dos sistemas adesivos e o desenvolvimento de novas estratégias baseiam-se no conhecimento crescente dos pesquisadores e dos fabricantes quanto à composição dos adesivos, bem como no conhecimento do mecanismo de adesão ao substrato dentário, o que leva ao surgimento de novos produtos cada vez mais versáteis.

2.3 Adesivos universais *multi-mode*

A partir de 2011, com o lançamento da mais nova geração de sistemas adesivos, o dentista passou a fazer uso de apenas um adesivo para situações clínicas diversas, considerando a estratégia adesiva mais adequada para a cavidade preparada especificamente. Esses novos produtos são conhecidos como adesivos *multi-mode* ou universais e derivam-se dos adesivos autocondicionantes de um passo (LOGUERCIO *et al.*, 2015a; LOGUERCIO *et al.*, 2015b). Recebem esse nome por suas versáteis instruções de uso (SEZINANDO, 2014). Adesivos universais oferecerem aos clínicos a escolha de optar pela técnica de condicionamento ácido total (*etch-and-rinse*), técnica de condicionamento ácido seletivo do esmalte ou ainda pela técnica autocondicionante (MARCHESI *et al.*, 2014; CHEN *et al.*, 2015). Esse novo sistema, está sendo amplamente estudado (MANFROI *et al.*, 2016; LEITE *et al.*, 2018; SIQUEIRA *et al.*, 2018) por ainda levantar questionamentos sobre seu desempenho clínico e laboratorial, devido principalmente às diferentes possibilidades de protocolo apresentadas pelos fabricantes.

Os adesivos universais têm uma interação dupla com o dente: (1) interação micromecânica devido à polimerização *in situ* dos monômeros adesivos infiltrados, e (2) interação química. Os monômeros funcionais, como 10-MDP, 4-MET e fenil-P são os responsáveis por interagirem quimicamente com o dente (VAN MEERBEEK *et al.*, 2011). A formação da ligação iônica dos grupos carboxila/fosfato desses monômeros funcionais ao cálcio da hidroxiapatita (HAp) foi primeiramente comprovada por Yoshida *et al.* (2004), pela espectroscopia de fotoelétrons de raio-x. Por esse estudo definiu-se que apenas o potencial de ligação química é insuficiente para atestar a qualidade de um monômero funcional. Além de ter potencial de ligação química, ele também deve se manter estável em meio aquoso. Nesse aspecto, a ligação química promovida pelo 10-MDP, além de mais eficaz, é mais estável em água que a fornecida pelos demais (YOSHIDA, *et al.*, 2012).

O principal desafio para os atuais adesivos autocondicionantes é dissolver a camada de *smear layer* sem desmineralizar a superfície do dente em profundidade, por isso os adesivos universais entram na classificação de “ultra suave”, eles desmineralizam a dentina apenas parcialmente, deixando uma quantidade substancial de cristais de hidroxiapatita (HAp) ao redor das fibrilas de colágeno, mantendo o

colágeno encapsulado, protegido contra agressões químicas. A hidroxiapatita também fornece cálcio para ligação química ao monômero funcional, produzindo uma zona de interação nanométrica com a formação de nano camadas de sais de monômero-cálcio (VAN MEERBEEK *et al.*, 2003).

A eficácia de um adesivo autocondicionante (ultra suave) pode ser aumentada pelo condicionamento ácido seletivo do esmalte com ácido fosfórico (HANABUSA *et al.*, 2012). Pesquisas laboratoriais e clínicas comprovam que o condicionamento do esmalte com ácido fosfórico se faz necessário, principalmente na manutenção da integridade marginal ao longo do tempo (PEUMANS, 2010).

Em dentina, a aplicação ativa do adesivo, intensificou a formação de nano-camadas de HAp e monômero funcional, o que pode explicar por que essa técnica melhora a qualidade adesiva, imediata e a longo prazo, de adesivos universais (LOGUERCIO *et al.*, 2011; VAN MEERBEEK *et al.*, 2011).

Independente da estratégia adesiva, o uso de uma camada final de um monômero hidrofóbico, antes da polimerização, é válido para prevenir a degradação hidrolítica e melhorar a resistência adesiva ao se usar o sistema adesivo universal (MUÑOZ *et al.*, 2014).

3 OBJETIVOS

3.1 Objetivo geral

Avaliar a resistência de união de sistemas adesivos universais à dentina humana, aplicados de acordo com diferentes estratégias adesivas.

3.2 Objetivos específicos

- Testar e comparar os adesivos Single Bond Universal (3M ESPE) e Ambar Universal (FGM) por meio do teste de microtração, utilizando diferentes estratégias adesivas: dentina condicionada e seca; dentina condicionada e úmida; dentina não condicionada.
- Observar, por microscopia eletrônica de varredura, a interface adesiva após a fratura em ensaio mecânico das amostras dos grupos experimentais Single Bond Universal (3M ESPE) e Ambar Universal (FGM) nas diversas estratégias adesivas: dentina condicionada e seca; dentina condicionada e úmida; dentina não condicionada.

4 HIPÓTESE NULA

Hipótese nula testada: as diferentes estratégias adesivas não influenciam na resistência de união à dentina humana dos dois sistemas adesivos universais utilizados na pesquisa.

5 METODOLOGIA

5.1 Delineamento experimental

O presente trabalho consiste em um estudo laboratorial *in vitro* quantitativo. As variáveis independentes analisadas foram sistemas adesivos universais em 2 níveis: Single Bond Universal (3M ESPE) e Ambar Universal (FGM) e estratégias adesivas em 3 níveis: condicionamento ácido prévio da dentina e manutenção da dentina seca, condicionamento ácido prévio da dentina e manutenção da dentina úmida e modo autocondicionante conforme instruções dos fabricantes.

A variável-resposta analisada foi a resistência de união dos sistemas adesivos à dentina humana.

5.2 Cálculo amostral

Arias (2007) concluiu em sua pesquisa que, para se ter uma probabilidade do erro tipo II inferior a 20% nesse tipo de estudo, devem-se utilizar 6 dentes por grupo e, independente do número de dentes utilizados por grupo, o número mínimo de palitos utilizado por dente deve ser 7. Portanto, neste estudo, os dentes preparados nas diferentes estratégias adesivas e utilizando as duas marcas comerciais de sistemas adesivos foram divididos aleatoriamente em 6 grupos, cada grupo contendo 6 dentes, para se conseguir no mínimo 42 espécimes (palitos) por grupo.

5.3 Seleção, limpeza e armazenamento dos dentes

Foram utilizados 36 terceiros molares humanos íntegros, recém extraídos, obtidos do Banco de Dentes da Faculdade de Odontologia da Universidade Federal de Minas Gerais (FO-UFMG), com aprovação pelo Comitê de Ética em Pesquisa com Seres Humanos (COEP) (CAAE – 68999817.4.0000.5149) (Anexo A).

Os dentes com dimensões coronárias similares foram selecionados para o desenvolvimento desta pesquisa. Todo o tecido gengival, restos de ligamento periodontal e cálculo dentário foram removidos com lâmina de bisturi nº 12, montada em cabo de bisturi ou curetas periodontais. Em seguida, foram limpos em baixa rotação com escova Robinson e pedra pomes. Após essa etapa, os dentes foram examinados com o auxílio de uma lupa com aumento de 10X (Leica Zoom 2000 – Leica Microsystems®, Wetzlar, Alemanha) para verificar se estavam livres de trincas ou defeitos estruturais. Foram armazenados em solução de Cloramina 0,5% para desinfecção por 24 horas (MUÑOZ *et al.*, 2013) (Figura 1). Os dentes permaneceram em recipientes plásticos contendo água destilada, para evitar desidratação, até o início dos procedimentos experimentais.

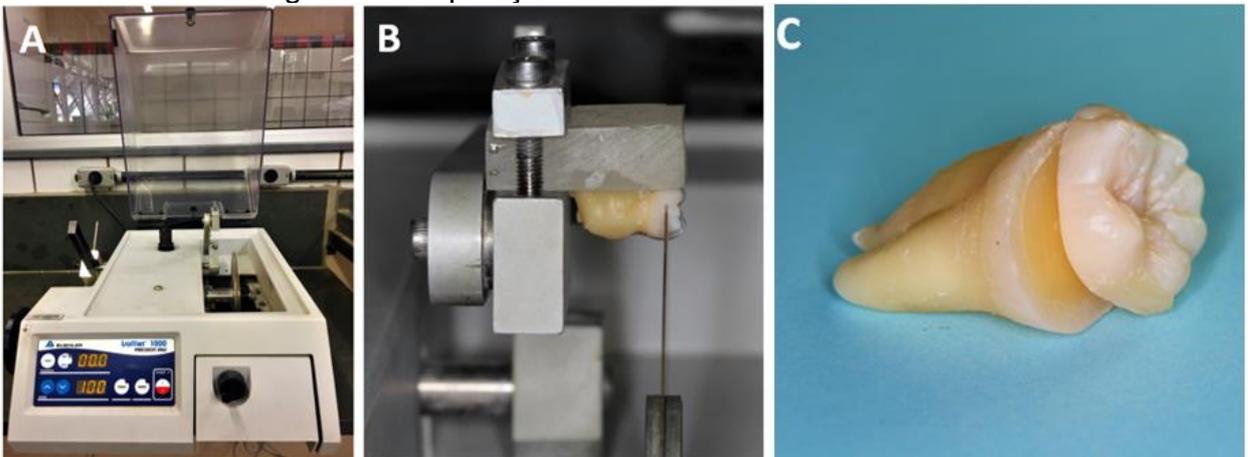
Figura 1 – Molares extraídos, selecionados com dimensões e formatos similares



5.4 Preparo dos dentes

Para a padronização do corte em dentina coronária média, foi feita uma secção coronária com um corte perpendicular ao longo eixo dos dentes utilizando-se um disco de diamante (Diamond Wafer Blade, Series 15 HC, Lake Bluff, Illinois, EUA) posicionado na máquina de cortes (IsoMet®, Buehler, Lake Bluff, Illinois, EUA) sob irrigação, estabelecendo-se a superfície definitiva de dentina após remover o terço oclusal da coroa (Figura 2).

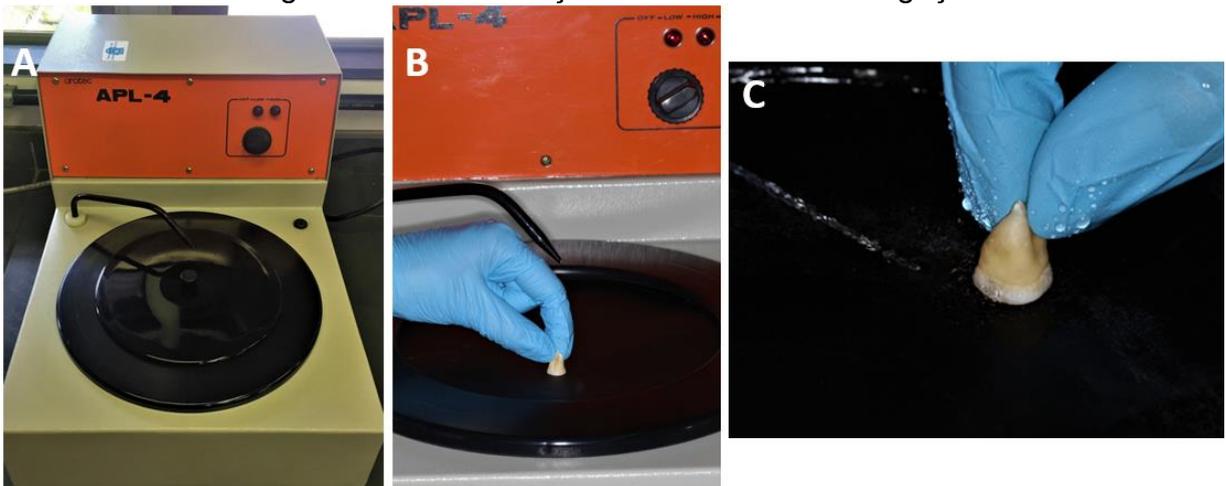
Figura 2 – Exposição da dentina coronária média



Legenda: (A) Máquina de corte Isomet. (B) Acesso coronário realizado com o disco de corte perpendicular ao longo eixo do dente. (C) Dentina exposta.

Para se obter a planificação da superfície do substrato dental e formar a camada de esfregaço padrão, todas as superfícies dentinárias foram lixadas em uma politriz metalográfica APL-4 (Arotec Indústria e Comércio, Cotia, SP, Brasil) com lixas d'água de carbetto de silício de granulação #600 (3M, Brasil) sob irrigação aquosa, num tempo predeterminado de 60 segundos para cada dente (LU *et al.*, 2013) (Figura 3). Em seguida, os dentes foram lavados e armazenados em água destilada à temperatura ambiente até a realização dos procedimentos adesivos.

Figura 3 – Padronização da camada de esfregaço



Legenda: (A) Máquina Politriz. (B) Dente posicionado sobre a Politriz. (C) Superfície dentinária sendo planificada sob irrigação aquosa.

5.5 Distribuição dos grupos e tratamento restaurador

Os dentes foram divididos aleatoriamente em 6 grupos, cada grupo com 6 dentes, de acordo com as três diferentes estratégias adesivas utilizadas para os dois sistemas adesivos: Single Bond Universal (3M ESPE) e Ambar Universal (FGM). O Quadro 1 apresenta a composição química dos sistemas adesivos, bem como, dos demais materiais utilizados.

Quadro 1 – Composição química dos materiais utilizados

MATERIAL (fabricante, lote)	COMPOSIÇÃO
Single Bond Universal (3M ESPE, Seefeld Alemanha, lote 612979)	Bisfenol-A diglicidil éter dimetacrilato (BIS-GMA), metacrilato de 2-hidroxieta (HEMA), sílica tratada de silício, álcool etílico, decametileno dimetacrilato, água, 1,10-decanodiol fosfato metacrilato, copolímero de acrílico e ácido itacônico, canforoquinona, N,N-dimetilbenzocaína, metacrilato de 2-dimetilamonoetilo, metil etil cetona.

Continua

MATERIAL (fabricante, lote)	COMPOSIÇÃO
--------------------------------	------------

Ambar Universal (FGM, Joinville, SC, Brasil, lote 260917)	<p>Ingredientes ativos: MDP (10-Metacrilóiloxidecil dihidrogênio fosfato), monômeros metacrílicos, fotoiniciadores, co-iniciadores e estabilizante.</p> <p>Ingredientes inativos: carga inerte (nanopartículas de sílica) e veículo (etanol).</p>
Filtek Z350 XT (3M ESPE, St Paul, MN, EUA, lote 881395)	<p>Cerâmica tratada com silano, bisfenol A diglicil éter dimetacrilato (BIS-GMA), bisfenol A polietileno glicol diéter dimetacrilato (BIS-EMA), sílica tratada com silano, sílica-óxido de zircônia tratado com silano, diuretano dimetacrilato polietilenoglicol, dimetacrilato de trietileno glicol (TEG-DMA), 2,6-di terc-butil-p-cresol (BHT) e pigmentos.</p>
Gel de Ácido Fosfórico a 37% (FGM, Joinville, SC, Brasil, lote 201117)	<p>Ácido fosfórico a 37%, espessante, corante e água deionizada.</p>

A aplicação dos sistemas adesivos na dentina foi realizada seguindo as instruções do fabricante, conforme Quadro 2:

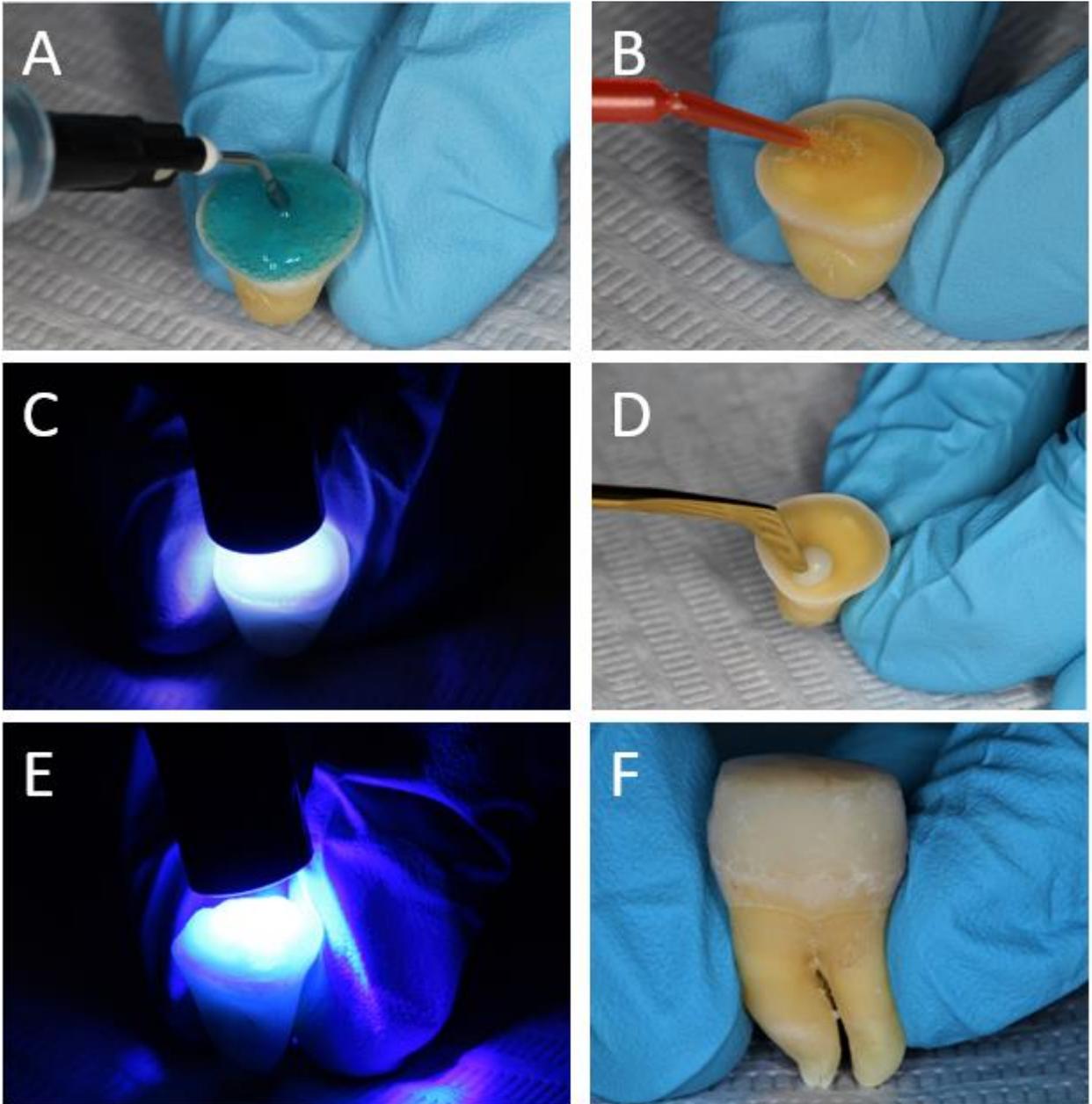
Quadro 2 – Distribuição dos grupos, de acordo com o sistema adesivo e a estratégia adesiva

GRUPO	MATERIAL E ESTRATÉGIA ADESIVA	DESCRIÇÃO DA ESTRATÉGIA ADESIVA
Grupo 1	Single Bond Universal (3M ESPE) no modo convencional em dentina seca (SBU - DS)	A dentina superficial foi condicionada com ácido fosfórico a 37% por 15s, enxaguada por 30s e seca por 10s com jato de ar. Com o auxílio de um aplicador descartável, o adesivo foi aplicado ativamente na dentina durante 20s, em seguida leve jato de ar por 10s e o excesso do adesivo removido com papel absorvente seguido de fotoativação por 10s.
Grupo 2	Single Bond Universal (3M ESPE) no modo convencional em dentina úmida (SBU - DU)	A dentina superficial foi condicionada com ácido fosfórico a 37% por 15s, enxaguada por 30s e o excesso de umidade removido com papel absorvente. Com o auxílio de um aplicador descartável, o adesivo foi aplicado ativamente na dentina durante 20s, em seguida, um leve jato de ar por 10s e o excesso do adesivo removido com papel absorvente seguido de fotoativação por 10s.
<i>Continua</i>		
GRUPO	MATERIAL E ESTRATÉGIA ADESIVA	DESCRIÇÃO DA ESTRATÉGIA ADESIVA
Grupo 3	Single Bond Universal (3M ESPE) no modo autocondicionante (SBU - A)	O adesivo foi aplicado ativamente na dentina superficial durante 20s, em seguida um leve jato de ar por 10s e o excesso do adesivo removido

		com papel absorvente seguido de fotoativação por 10s.
Grupo 4	Ambar Universal (FGM) no modo convencional em dentina seca (AU - DS)	A dentina superficial foi condicionada com ácido fosfórico a 37% por 15s, enxaguada por 30s e seca por 10s com jato de ar. Com o auxílio de um aplicador descartável, o adesivo foi aplicado ativamente na dentina durante 10s, em seguida, nova aplicação de adesivo por 10s seguida por leve jato de ar por 10s, o excesso do adesivo removido com papel absorvente e fotoativado por 10s.
Grupo 5	Ambar Universal (FGM) no modo convencional em dentina úmida (AU - DU)	A dentina superficial foi condicionada com ácido fosfórico a 37% por 15 s, enxaguada por 30s e o excesso de umidade removido com papel absorvente. Com o auxílio de um aplicador descartável, o adesivo foi aplicado ativamente na dentina durante 10s, em seguida, nova aplicação de adesivo por 10s seguida por leve jato de ar por 10s, o excesso do adesivo removido com papel absorvente e fotoativado por 10s.
Grupo 6	Ambar Universal (FGM) no modo autocondicionante (AU - A)	O adesivo foi aplicado ativamente na dentina superficial com o auxílio de um aplicador descartável durante 10s, em seguida, nova aplicação de adesivo por 10s seguida por leve jato de ar por 10s, o excesso do adesivo removido com papel absorvente e fotoativado por 10s.

Após a fotopolimerização do sistema adesivo, foi confeccionada para cada dente uma reconstrução da porção coronária com resina composta nanoparticulada (Filtek Z350 XT, cor A1B, 3M ESPE). Cada incremento de aproximadamente 2 mm foi fotopolimerizado por 20 segundos, com uma intensidade de 800 mW/cm², controlada por meio de um radiômetro, totalizando uma altura aproximada de 6 mm (Figura 4). O aparelho fotopolimerizador utilizado em todos os passos foi o Bluephase (Ivoclar Vivadent – Schaan, Liechtenstein). Terminado o procedimento restaurador, os corpos de prova foram imersos em recipientes contendo água destilada e armazenados em estufa a 37°C por 24 horas.

Figura 4 – Aplicação do sistema adesivo de acordo com a estratégia adesiva: procedimento restaurador

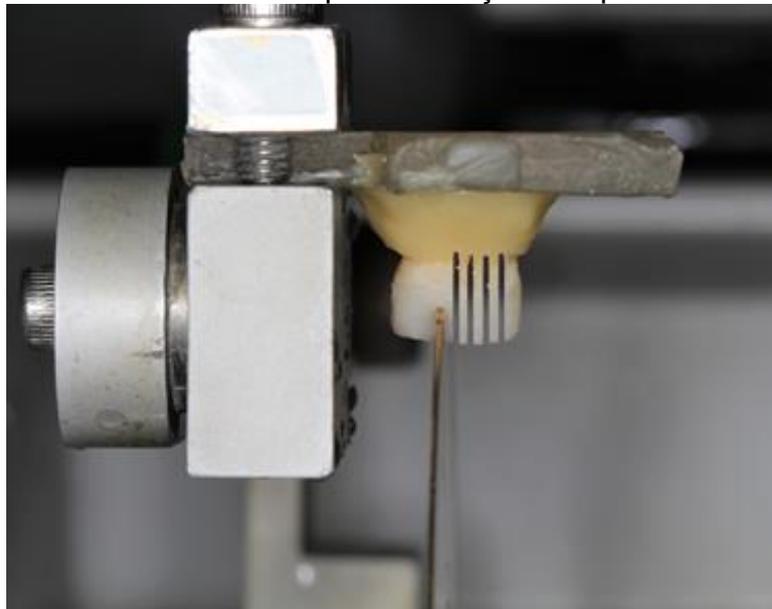


Legenda: (A) Aplicação do ácido fosfórico a 37% na dentina. (B) Aplicação do adesivo na dentina. (C) Fotopolimerização do adesivo. (D) Aplicação dos incrementos de resina. (E) Fotopolimerização dos incrementos de resina. (F) Porção coronal reconstruída de resina medindo aproximadamente $\pm 6\text{mm}$.

5.6 Confeção dos espécimes para o teste

Após 24 horas, os dentes restaurados foram estabilizados com cera pegajosa sobre um dispositivo de resina acrílica acoplado à máquina de corte. Com o auxílio de um disco de diamante (Diamond Wafer Blade, Series 15 HC, Buehler, EUA) de 15,2 cm de diâmetro, com uma espessura de 0,3 mm, sob constante irrigação aquosa, pressão de 50 g e velocidade de 250 rpm, foram feitos cortes sequenciais no sentido vestibulo/palatal deixando espessura suficiente para a obtenção de fatias de aproximadamente 1 mm de espessura cada, considerando a espessura do disco de 0,3 mm. Em seguida, realizaram-se cortes no sentido mesio/distal, mantendo-se também a espessura de 1 mm. Um corte paralelo ao plano oclusal foi realizado em seguida, obtendo-se corpos de prova em formato de palito com aproximadamente 1,0 mm² de área (Figura 5). Os espécimes íntegros foram armazenados em umidade relativa a 100% à temperatura ambiente até serem submetidos ao teste.

Figura 5 – Dispositivo de resina acrílica acoplado à Isomet para a realização dos cortes no dente para obtenção dos palitos



5.7 Ensaio de microtração

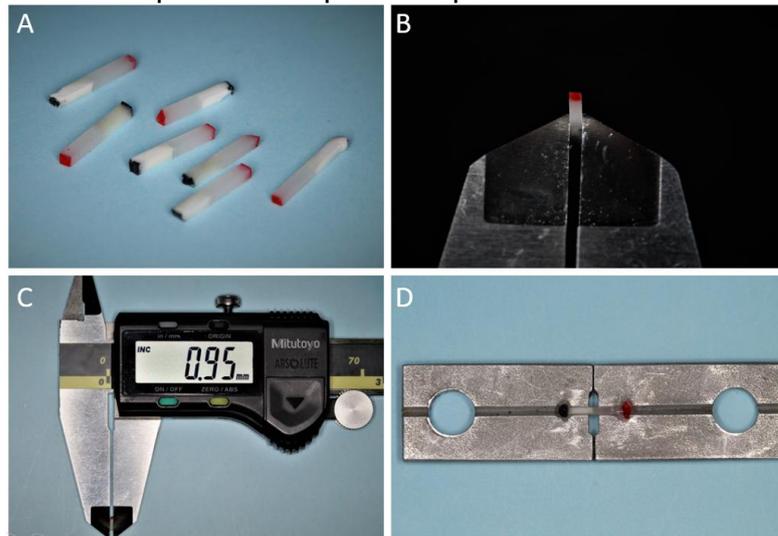
Os espécimes íntegros (palitos) de cada grupo foram mensurados com paquímetro eletrônico digital Mitutoyo (Kawasaki, Kanagawa, Japão), com precisão de 0,01 mm, estando a largura e a espessura de cada palito em torno de 1,0 mm, totalizando uma área de superfície aproximada de 1,0 mm². Os palitos com suspeita de qualquer falha adesiva foram descartados. Os palitos selecionados tiveram suas porções de resina composta identificadas com caneta hidrocor vermelha e a porção de dentina com a cor preta, (Figura 6 – A, B e C). Esse procedimento facilitou a identificação das partes após a fratura.

Os palitos foram individualmente fixados pelas suas extremidades com um adesivo em gel à base de cianoacrilato de polimerização rápida (Super Bonder, Henkel Loctite Adesivos Ltda.) à garra de Geraldeli (PERDIGÃO *et al.*, 2002), dispositivo de microtração que se adapta ao acessório específico usado na máquina de ensaios universal (Figura 6 – D).

Para realização dos testes de microtração, o painel da máquina de ensaio universal (EZ –Test, Shimadzu, Japão) foi previamente programado com uma velocidade constante de 0,5 mm/min e ajustado para detectar o valor máximo de carga necessária para a fratura do espécime (em quilonewton – Kn) e retornar à posição zero (inicial), permitindo que novo espécime fosse posicionado para o teste (Figura 7 – A, B, C e D). Os resultados de resistência a microtração obtidos foram expressos em MPa e registrados em planilha.

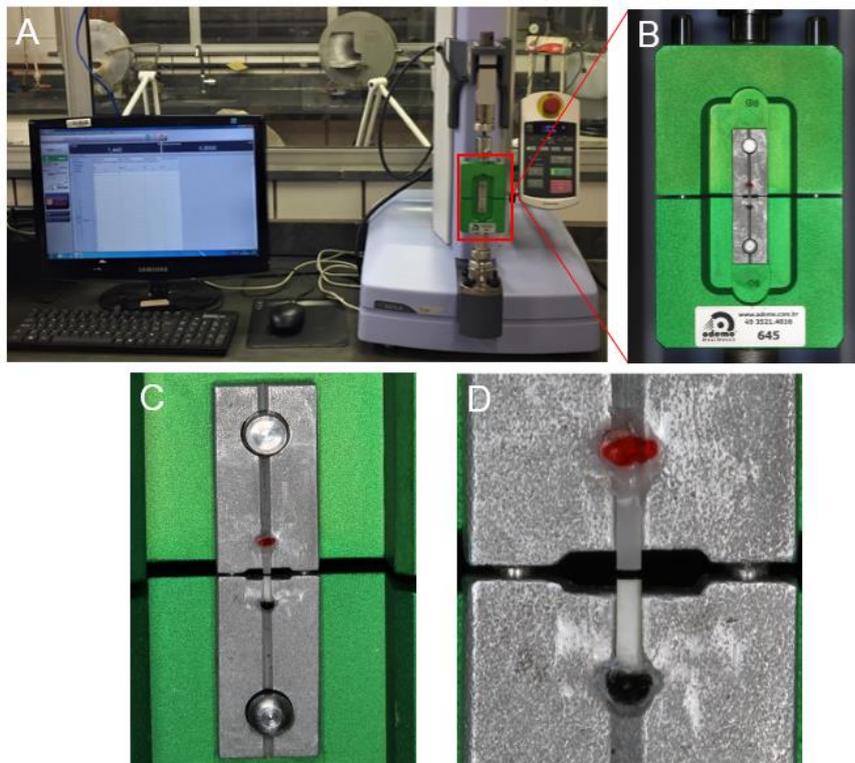
O número de palitos prematuramente descolados em cada grupo foi registrado, mas esses valores não foram incluídos na análise estatística. Isso ocorreu porque todas as falhas prematuras aconteceram durante o procedimento de corte e não excederam 3% do número total de amostras testadas, além de estarem distribuídas de maneira semelhante nos grupos.

Figura 6 – Preparo dos espécimes para o teste de microtração



Legenda: (A) Espécimes para teste de microtração com as extremidades de resina composta e de dentina identificadas. (B) Mensuração da largura e espessura do palito. (C) Mensuração registrada em aproximadamente 1,0mm. (D) Palitos montados no dispositivo de Geraldeli.

Figura 7 – Ensaio de microtração executado na máquina de ensaio universal (EZ – Test, Shimadzu, Japan)

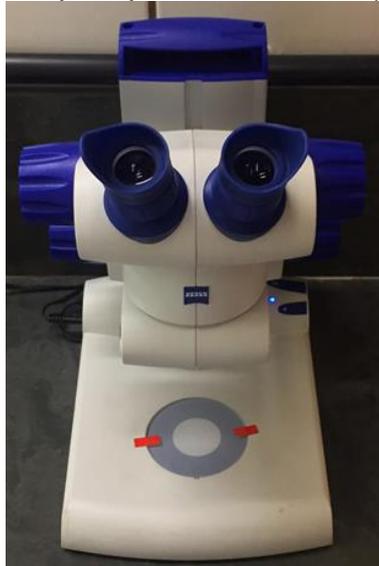


Legenda: (A) Máquina de Ensaio Universal (EZ –Test, Shimadzu, Japan) (B) Espécime montado no dispositivo de Geraldeli que foi adaptado ao acessório específico para teste de microtração. (C) Espécime fraturado após teste de microtração. (D) Visão aproximada do espécime fraturado.

5.8 Análise do modo de fratura utilizando microscópio óptico

Após os espécimes serem submetidos ao ensaio de microtração, a interface fraturada foi analisada à luz do microscópio óptico Stemi DV4 (Zeiss, Oberkochen, Alemanha), por dois profissionais diferentes daquele que executou o teste de microtração, com aumento de 32X (Figura 8), e o modo de fratura classificado em: adesivo (A); misto (M); coesivo na resina (CC) ou coesivo na dentina (CD). A porcentagem de padrão de falha foi calculada de acordo com a frequência observada em cada grupo experimental.

Figura 8 – Microscópio óptico Stemi DV4 (Zeiss)



5.9 Preparo para Microscopia eletrônica de varredura

Após o teste de microtração, foi empregado 1 palito de cada grupo para análise da superfície fraturada. As amostras foram fixadas em álcool em uma bateria ascendente (25%, 50%, 75%, 90% e absoluto) por 1 hora em cada álcool, seguida da imersão em HMDS por 10 minutos. Depois da desidratação, os corpos de prova foram fixados em suportes tipo *stubs* com auxílio de uma fita adesiva dupla-face de carbono, e realizou-se a metalização com carbono em aparelho de metalização a vácuo (SDC 050, Bal-Tec AG, Balzers, Liechtenstein). Posteriormente, os conjuntos foram levados ao Microscópio Eletrônico de Varredura (Quanta Fei 200) no Centro de Microscopia da UFMG.

5.10 Análise estatística

Para a análise estatística dos dados, com o objetivo de verificar possíveis diferenças entre os grupos, foi empregada análise de variância (ANOVA) ($p < 0,05$). As comparações individuais foram realizadas com teste de diferença significativa de Tukey (HSD) ($p < 0,05$). Foi usado o software GraphPad Prism 7 (La Jolla, Califórnia, EUA).

6 RESULTADOS

Verificou-se que houve diferenças estatísticas entre os grupos 1 (SBU em dentina seca) e 2 (SBU em dentina úmida); também entre os grupos 1 e 3 (SBU no modo autocondicionante) em relação aos valores de microtração. A Tabela 1 e o Gráfico 1 expõem as médias e os desvios padrões do teste de microtração em todos os grupos. Todos os testes foram aplicados com nível de significância de 5% ($p < 0,05$).

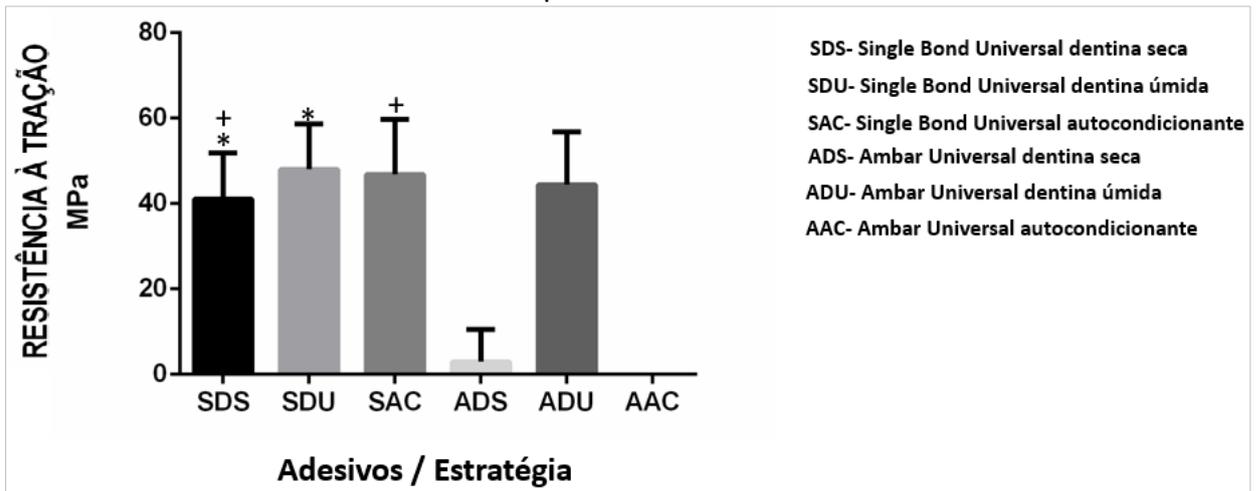
Não foi possível obter espécimes do grupo 6, pois, em todos os dentes desse grupo, a resina se descolou durante a fase de confecção dos espécimes. No grupo 4 foram obtidos apenas oito espécimes a partir de apenas um dente, nos demais dentes desse grupo a restauração de resina se descolou durante a fase de confecção dos espécimes.

Tabela 1 – Média e desvio padrão dos resultados de microtração (MPa) dos diferentes grupos experimentais

GRUPOS	NÚMEROS DE ESPÉCIMES	Média±dp
Grupo 1	71	41,12(10,72)**
Grupo 2	77	48,05(10,27)*
Grupo 3	61	46,83(12,87)+
Grupo 4	8	02,95(//)
Grupo 5	72	44,46(12,36)
Grupo 6	0	0

(+ *) Símbolos iguais indicam médias estatisticamente diferentes (ANOVA e Teste de Tukey; $p < 0,05$).

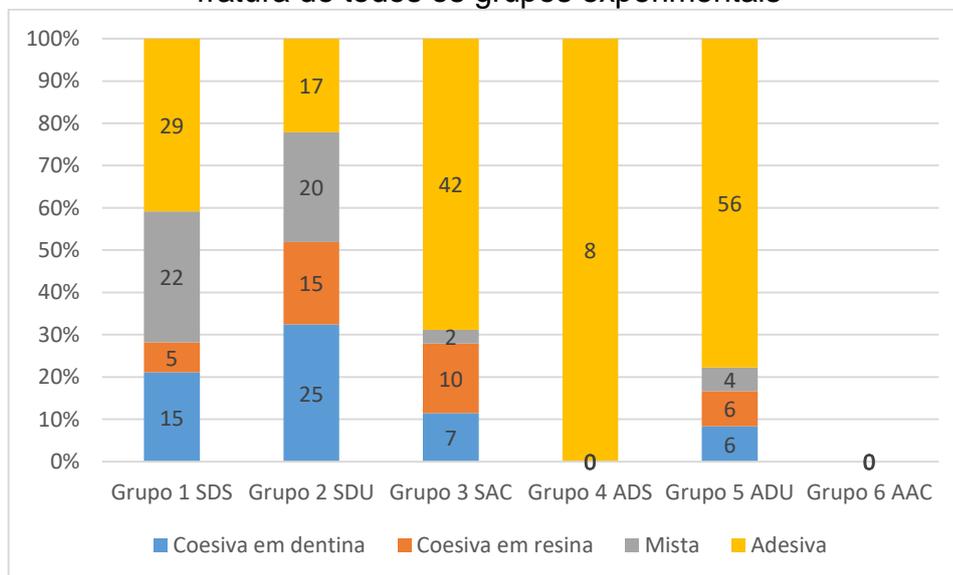
Gráfico 1 – Média da resistência à tração (MPa), dos diferentes grupos experimentais



(+ *) Símbolos iguais indicam médias estatisticamente diferentes (ANOVA e Teste de Tukey; $p < 0,05$)

Todos os espécimes submetidos ao teste de microtração foram analisados ao microscópio óptico e classificados quanto ao modo de falha. Os modos de fratura observados em cada grupo estão apresentados no Gráfico 2.

Gráfico 2 – Número e porcentagem de espécimes (%) de acordo com o modo de fratura de todos os grupos experimentais



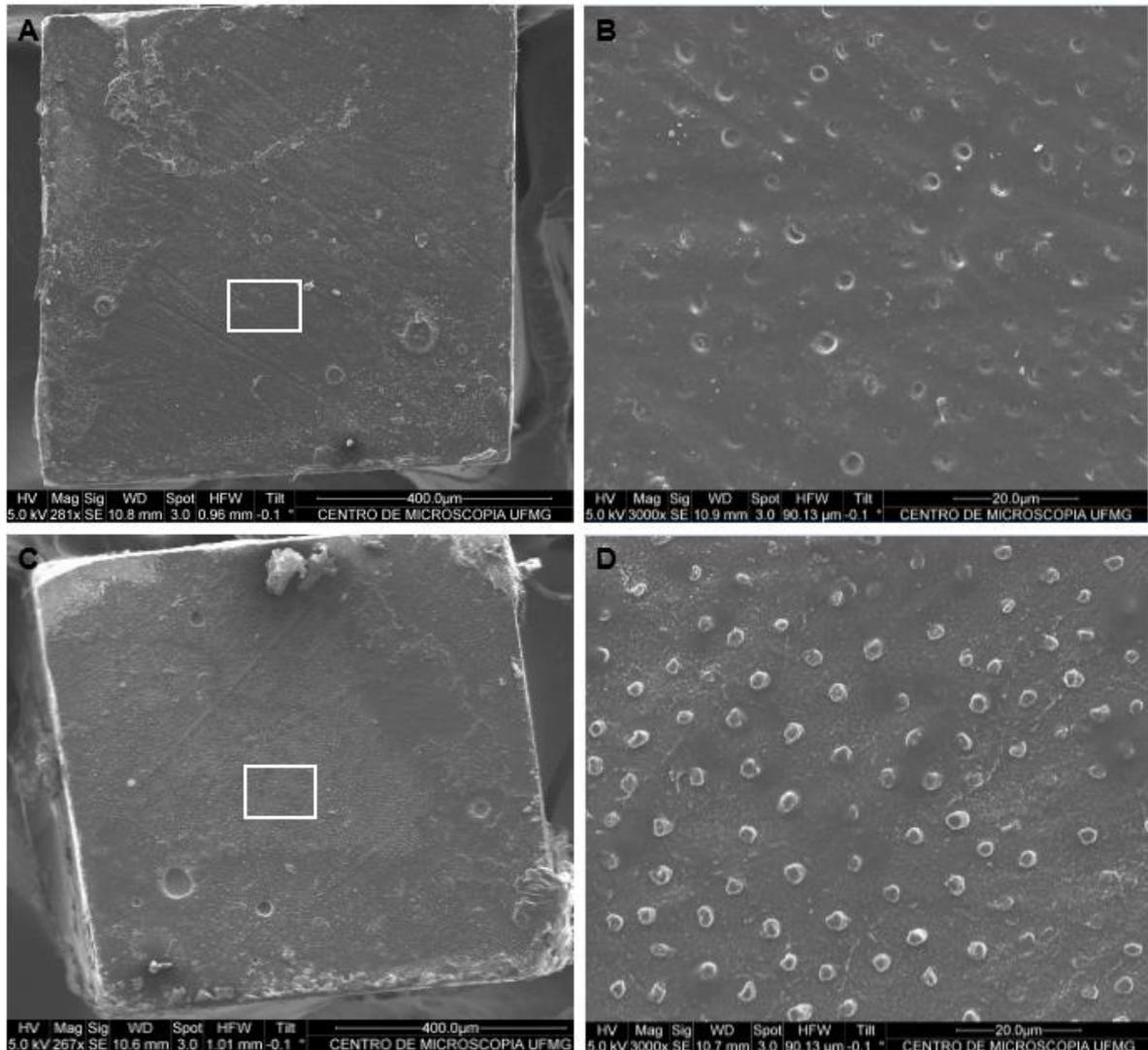
Legenda: SDS = Single Bond Universal dentina seca; SDU = Single Bond Universal dentina úmida; SAC = Single Bond Universal autocondicionante; ADS = Ambar Universal dentina seca; ADU = Ambar Universal dentina úmida; AAC = Ambar Universal autocondicionante.

Para o adesivo Single Bond Universal, o modo predominante de falha para amostras no modo autocondicionante foi a adesiva, bem como, para o Ambar

Universal no modo convencional em dentina úmida. Observou-se aumento de fraturas coesivas e mistas em espécimes do SBU quando houve condicionamento da dentina com ácido fosfórico.

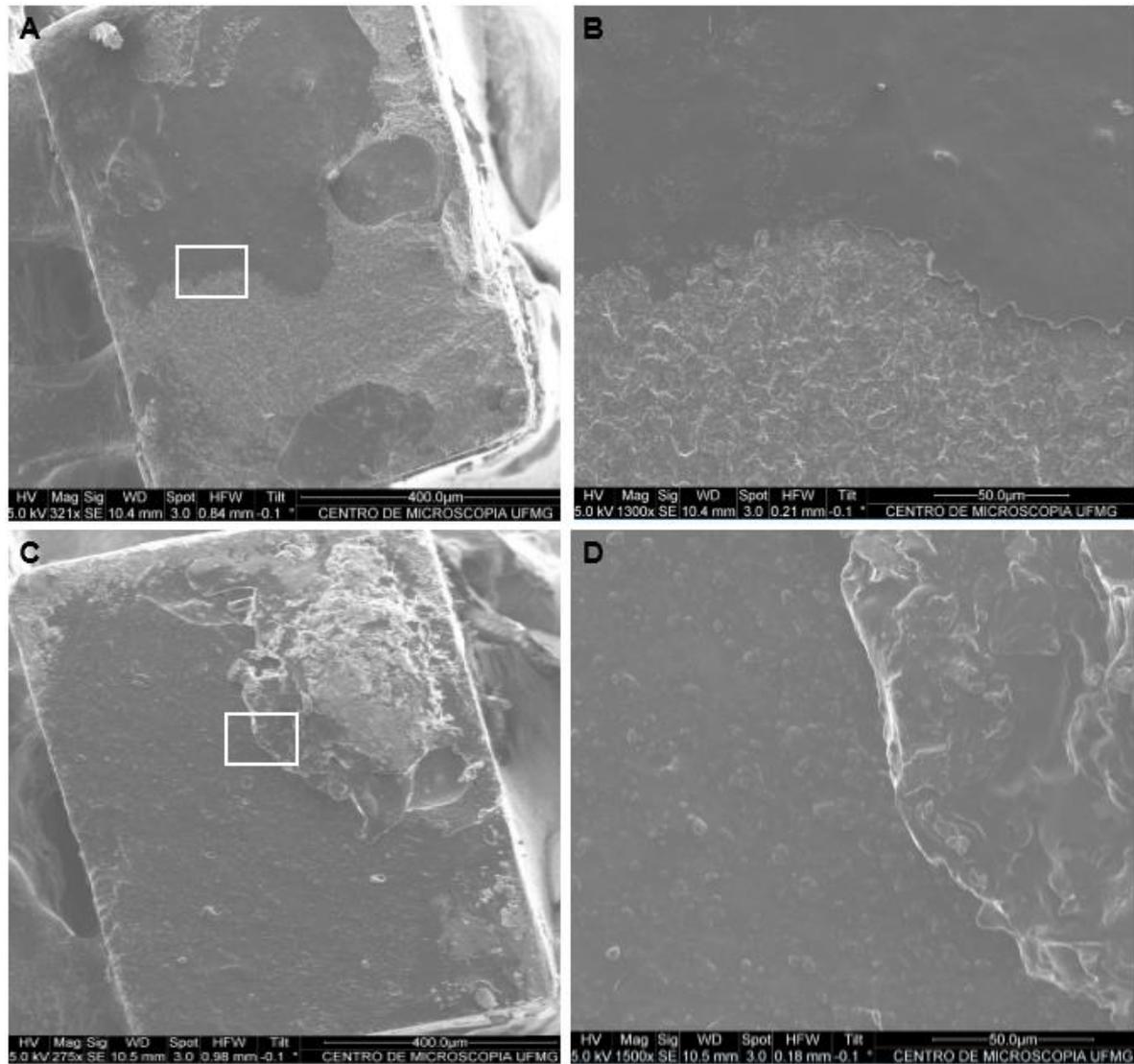
As figuras de 9 a 12 mostram o tipo representativo de fratura dos grupos.

Figura 9 – MEV Grupo 1: Adesivo Single Bond Universal – modo convencional em dentina seca



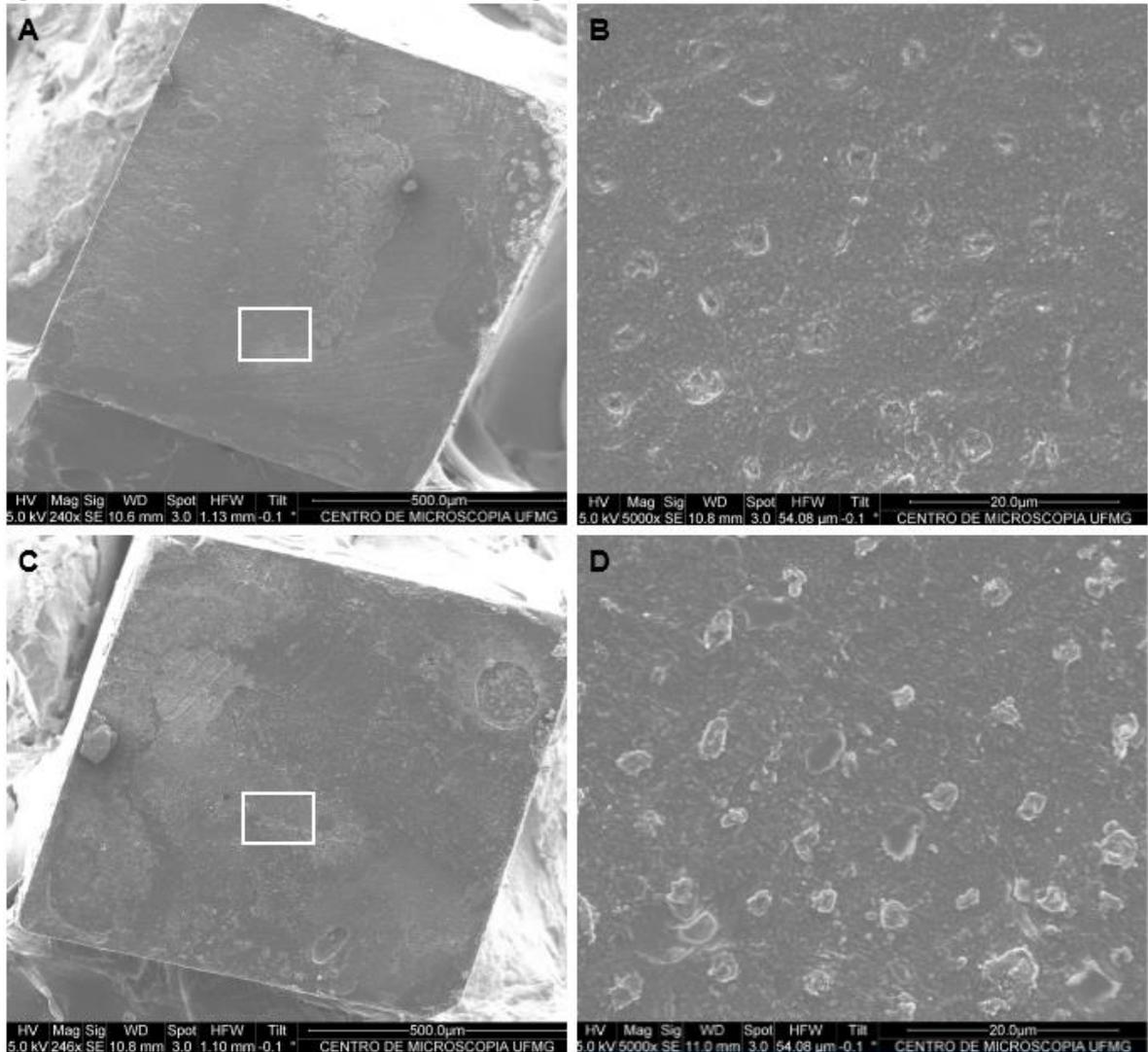
Legenda: A) Fotomicrografia do topo do palito, porção dentinária, após fratura do tipo adesiva. B) Maior aumento da fotografia 9A. C) Fotomicrografia do topo do filete, porção resinosa. D) Maior aumento da fotografia 9C.

Figura 10 – MEV Grupo 2: Adesivo Single Bond Universal – modo convencional em dentina úmida



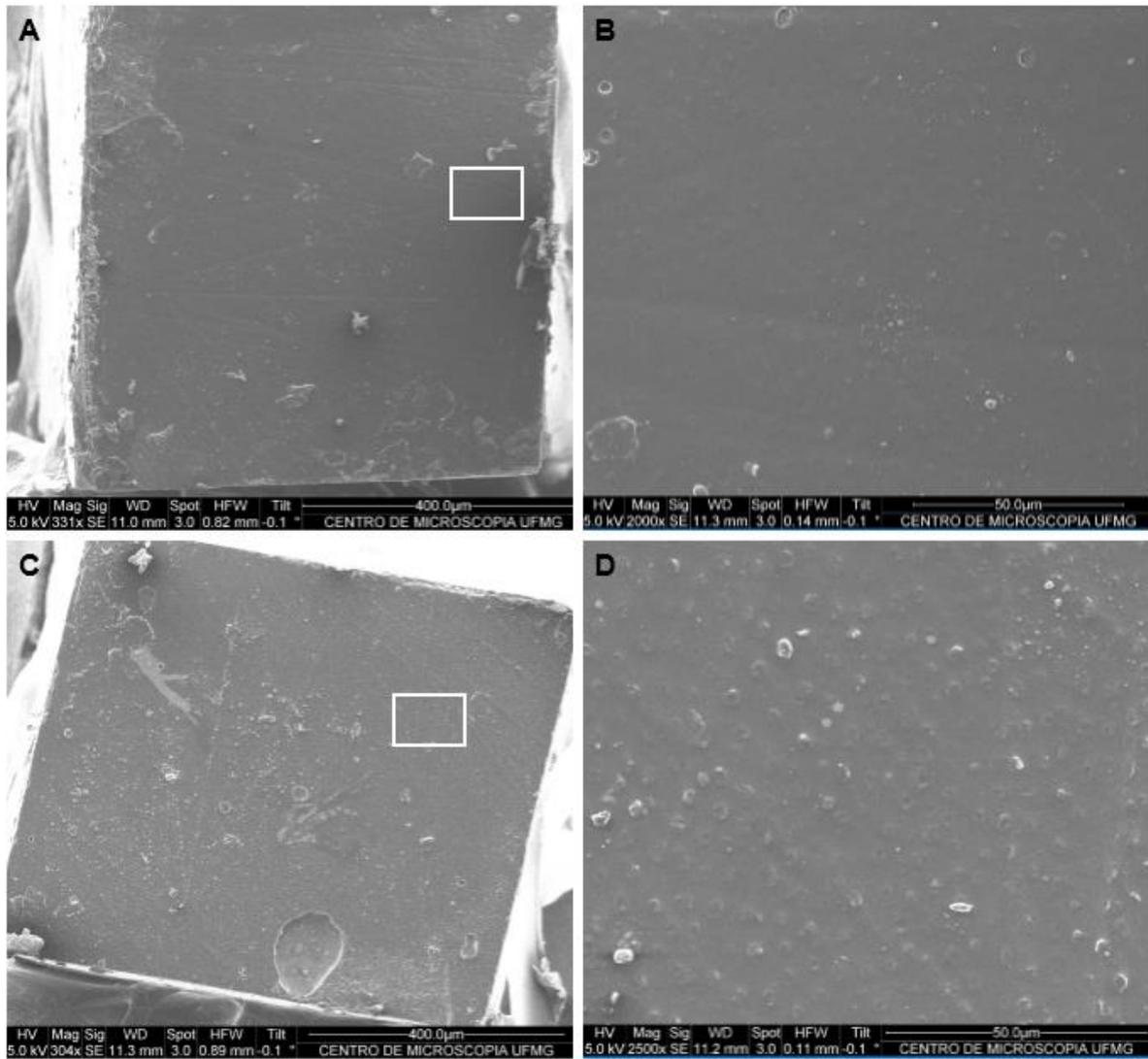
Legenda: A) Fotomicrografia do topo do palito, porção dentinária, após fratura do tipo mista.
 B) Maior aumento da fotografia 10A. C) Fotomicrografia do topo do filete, porção resinosa.
 D) Maior aumento da fotografia 10C.

Figura 11 – MEV Grupo 3: Adesivo Single Bond Universal – modo autocondicionante



Legenda: A) Fotomicrografia do topo do palito, porção dentinária, após fratura do tipo adesiva. B) Maior aumento da fotografia 11A. C) Fotomicrografia do topo do filete, porção resinosa. D) Maior aumento da fotografia 11C.

Figura 12 – MEV Grupo 5: Adesivo Ambar Universal – modo convencional em dentina úmida



Legenda: A) Fotomicrografia do topo do palito, porção dentinária, após fratura do tipo adesiva. B) Maior aumento da fotografia 12A. C) Fotomicrografia do topo do filete, porção resinosa. D) Maior aumento da fotografia 12C.

7 DISCUSSÃO

A principal motivação para o desenvolvimento deste estudo foi verificar a eficácia dos adesivos *multi-mode*, permitindo ao clínico utilizar essa categoria de adesivos dentários com diferentes possibilidades de protocolo. De acordo com o julgamento do cirurgião dentista em diferentes situações clínicas, as estratégias autocondicionante ou convencional poderiam ser escolhidas sem prejuízos à integridade adesiva do procedimento restaurador. Neste estudo selecionamos os adesivos ditos universais, Single Bond Universal – 3M (SBU) e Ambar Universal – FGM (AU) para examinarmos o seu desempenho no quesito resistência à microtração. Com base nessa premissa, além de testá-los no seu protocolo autocondicionante, testamos também seu comportamento sob o protocolo adesivo convencional, mediante condicionamento prévio com ácido fosfórico (37%), variando a umidade do substrato dentinário. A resistência adesiva foi medida após 24 horas de armazenamento em água, por isso deve ser considerada como força adesiva "imediate".

Os ensaios de microtração permitem a análise da união entre superfícies em áreas reduzidas e foram desenvolvidos inicialmente por Sano *et al.* (1994). No presente estudo elegemos esse teste para nossas análises, pois ele nos possibilita a utilização de um número reduzido de dentes, já que múltiplos espécimes podem ser obtidos a partir de um único dente, o que também possibilita uma boa padronização do desenho do estudo. Adicionalmente, além de nos fornecer uma análise quantitativa sobre a resistência adesiva dos materiais testados até o momento de falha, ele permite, em conjunto com técnicas de microscopia, a identificação e qualificação dos tipos de fratura, na interface dos espécimes dentários e materiais empregados (PASHLEY *et al.*, 1995). Outra justificativa para a escolha dos testes de microtração neste trabalho é a sua versatilidade em comparação aos testes convencionais, mesmo sendo os primeiros mais trabalhosos (PASHLEY *et al.*, 1999).

Em nosso estudo para a obtenção dos corpos de prova, utilizamos blocos formados por tecido dentinário humano de mesma profundidade e resina composta Z350 XT (3M) unidos pelos adesivos Single Bond Universal e Ambar Universal. Durante o seccionamento dos blocos de dentina/resina composta para confecção dos corpos de prova (palitos), observamos a soltura da dentina/resina nos grupos cuja

união foi realizada com o Ambar Universal sobre dentina sem condicionamento ácido (grupo 6) e no grupo cujo condicionamento ácido foi realizado e a dentina foi ressecada (grupo 4), obtendo-se respectivamente 0 (zero) e 8 (oito) espécimes em cada. Esse resultado, a princípio, nos frustrou, pois esse adesivo recém chegado no mercado é comercializado, justamente, promovendo sua utilização em protocolo autocondicionante. Tivemos então o cuidado de solicitar às empresas responsáveis pela fabricação desses adesivos que nos fornecessem exemplares com procedência confiável. Fica um questionamento sobre a interferência de nosso método sobre a integridade adesiva desse material em ambos os protocolos em que se observou esse resultado. Essa hipótese, apesar de possível pode ser rejeitada, pois os protocolos da pesquisa foram atenciosamente executados conforme descrito em literatura. Além do mais, o que poderia interferir nos grupos nos quais se utilizou o Ambar Universal deveria interferir também nos grupos nos quais se utilizou o Single Bond Universal, o que não foi observado por nós. O fato a ser ressaltado é que, independente do que aconteceu, esse adesivo não promoveu uma união satisfatória da dentina à resina composta nessas duas estratégias adesivas, não nos possibilitando os testes propostos. Na literatura disponível, encontramos apenas um trabalho que testou a resistência à microtração do adesivo Ambar Universal. Nesse, Siqueira *et al.* (2018) observaram valores similares de resistência adesiva nos protocolos convencional e autocondicionante. Adicionalmente observaram que, na estratégia autocondicionante, esse adesivo (AU) demonstrou valores de resistência adesiva significativamente semelhante aos resultados do Single Bond Universal, dentre outros adesivos também testados por eles. No decorrer da nossa pesquisa, quando nos deparamos com o problema acima relatado, na tentativa de eliminar a possibilidade de defeito com o lote trabalhado, solicitamos sua substituição. Prontamente fomos atendidos pela empresa FGM, mas infelizmente os resultados não se mostraram diferentes.

Em razão do citado acima, nossa análise passou a ser direcionada para as três estratégias adesivas utilizando o adesivo SBU e para a forma convencional em dentina úmida para o adesivo AU. Os resultados demonstraram que houve diferença estatisticamente significativa entre os grupos 1 (SBU em dentina seca) e 2 (SBU em dentina úmida) e também entre os grupos 1 e 3 (SBU autocondicionante), sendo esses resultados em ambas as comparações inferiores para o grupo 1. Esses achados nos permitem rejeitar parcialmente a hipótese nula na qual as diferentes estratégias adesivas empregadas não interfeririam nos valores de resistência à microtração,

entretanto, vale ressaltar que esses valores não se mostraram muito díspares. Esses resultados parcialmente são corroborados pelos encontrados por Marchesi *et al.* (2014) que apesar de não terem encontrado diferença entre os três protocolos adesivos, utilizando o SBU, obtiveram valores de resistência à microtração numericamente próximos aos nossos. Também verificamos concordância de nossos resultados com os dos trabalhos de Muñoz *et al.* (2015) e de Manfroi *et al.* (2016). Ambos utilizaram o Single Bond Universal nos seus protocolos autocondicionante e convencional, não observando diferença entre os grupos. Seus valores de resistência adesiva foram também semelhantes aos observados por nós. Em contrapartida, Leite *et al.* (2018) verificaram valores inferiores de resistência à microtração, utilizando Single Bond Universal na estratégia autocondicionante em comparação com os modos convencionais em dentina úmida e seca. Tal fato talvez possa ser explicado pela maior velocidade de ensaio empregada por esses autores para o teste de microtração. Enquanto nós e os demais trabalhos citados anteriormente utilizamos uma velocidade de 0,5 e 1,0 mm/min, os autores deste estudo de 2018 utilizaram uma velocidade de ensaio de 5,0 mm/min.

Os adesivos usados no modo autocondicionante são projetados para se ligarem a substratos dentários pelo autocondicionamento e simultânea substituição por resina, nos espaços recém criados pela dissolução do componente mineral, integrando a camada de *smear layer* na interface adesiva (VAN MEERBEEK *et al.*, 2011). A capacidade desses adesivos de se infiltrar na camada de *smear layer* e de hibridizar a dentina subjacente é um processo que depende tanto da agressividade do adesivo autocondicionante quanto da espessura da camada de *smear layer* (TAY e PASHLEY, 2001).

O SBU e o AU possuem composição semelhante. Ambos contêm MDP (di-hidrogenofosfato de 10-metacriloxidecilo) como um monômero funcional. Embora compartilhem semelhança na composição e na versatilidade da indicação de uso, tanto na abordagem convencional quanto na autocondicionante, eles podem diferir um do outro em muitos aspectos, como: na quantidade de água, solvente, MDP, dimetacrilatos resinosos e na acidez. Essas diferenças podem influenciar na viscosidade e na molhabilidade do adesivo, afetando sua capacidade de penetrar e agir na dentina desmineralizada ou não. Observou-se no presente estudo que o AU, quando aplicado na forma autocondicionante e na forma convencional em dentina seca, não ofereceu resultados positivos. Supõe-se que seus monômeros ácidos não

foram suficientemente capazes de interagir com o substrato dentinário no modo autocondicionante, para promover uma desmineralização e hibridização adequadas, e a sua quantidade de água foi insuficiente para promover uma reidratação da dentina ressecada, permitindo que o adesivo permeasse a trama colágena no modo convencional em dentina seca, após condicionamento com ácido fosfórico (REIS *et al.*, 2003).

Já para o SBU os resultados encontrados no grupo 1 corroboram grande parte da literatura que considera a manutenção da umidade como fundamental para se obter uma adesão bem sucedida em dentina condicionada (KANCA, 1992; TAY, GWINNETT e WEI, 1996; PERDIGÃO *et al.*, 1999). Apesar disso esses resultados se mostraram bastante satisfatórios numericamente, como demonstrado por Marchesi *et al.* (2014) e Leite *et al.* (2018), o que nos permite inferir sobre a boa capacidade desse adesivo em promover reidratação da dentina condicionada e ressecada. O SBU contém um sistema de solventes à base de etanol/água com 10 a 15% em peso para cada um (3M, 2017). Assim ele pode ter água suficiente para modelar a rede de colágeno, promovendo a reexpansão e reabertura dos espaços interfibrilares da dentina colapsada, permitindo a infiltração de monômeros de resina (PASHLEY *et al.*, 2007). Além disso, o perfil técnico do SBU indica que em sua composição está presente o copolímero do ácido polialcenóico (copolímero Vitrebond™), capaz de favorecer uma adesão satisfatória à dentina sob diferentes níveis de umidade (3M, 2018). Não é relatada a presença dessa substância no AU. Estudos clínicos não mostraram diferença significativa no desempenho da técnica convencional com o SBU na dentina seca e úmida, uma vez que alguns autores encontraram adaptação marginal e descoloração similares por até 36 meses de acompanhamento (PERDIGÃO *et al.*, 2014; LOGUERCIO *et al.*, 2015a). O desempenho do SBU em dentina seca, nesse estudo, sugere que esse modo de aplicação pode ser uma opção valiosa na prática clínica, já que a manutenção de umidade de forma ideal em dentina desmineralizada é difícil de ser alcançada.

É digno de nota que, para os dois adesivos testados, os fabricantes recomendam sua aplicação com um movimento de fricção de pelo menos 20 segundos. Essa aplicação ativa e seu tempo mínimo de aplicação podem facilitar a penetração dos monômeros de resina na dentina. Estudos mostram que o método de fricção ou aplicação ativa melhora a ligação induzindo a interação de monômeros ácidos com a dentina (MUÑOZ *et al.*, 2014; SEZINANDO, 2014; LOGUERCIO *et al.*,

2015b). Portanto, sugere-se que, para se obter um melhor desempenho adesivo, a fricção ou a aplicação ativa pode desempenhar um papel importante nos adesivos universais. Como já comentado no presente estudo, essa estratégia não se demonstrou muito eficiente para o adesivo Ambar Universal.

O comportamento apresentado pelo Single Bond Universal, bem como sua composição, sugerem que ele apresenta habilidade de se unir quimicamente à hidroxiapatita. Íons cálcio, liberados por meio da dissolução parcial da hidroxiapatita, se difundem dentro da camada híbrida e fazem com que o MDP se organize em nano-camadas. Essa interação química entre MDP e a hidroxiapatita cria nano-camadas estáveis que aumenta a resistência da interface adesiva desses sistemas (YOSHIDA *et al.*, 2004; YOSHIDA, *et al.*, 2012; YOSHIKAWA *et al.*, 2012). Essa interação química é possível, pois o SBU é um adesivo autocondicionante ultra-suave (pH=2,7): ele desmineraliza parcialmente a dentina, mantendo a hidroxiapatita ao redor do colágeno exposto (VAN MEERBEEK *et al.*, 2010). Yoshida *et al.* (2004) demonstraram que as ligações promovidas pelo 10-MDP não são apenas mais eficazes, mas são também mais estáveis em água em comparação com outros monômeros funcionais.

Neste estudo, quando avaliamos microscopicamente os padrões de falha, foi possível estabelecer algumas interessantes correlações. Os grupos testados com SBU, em modo convencional dentina seca e modo autocondicionante, demonstraram prevalência por padrões de fratura adesivas e/ou mistas. Esses dados coincidem com os relatos de Siqueira *et al.* (2018), Leite *et al.* (2018) e Marchesi *et al.* (2014) (nesse último, apenas para o grupo autocondicionante, em que os resultados divergiram desse padrão quanto ao grupo com condicionamento ácido e dentina seca, em que predominaram as fraturas coesivas). De forma geral os trabalhos, também o nosso, que testaram o Single Bond Universal no seu modo convencional com dentina úmida encontraram prevalência de falhas coesivas em dentina ou no compósito. Esses resultados são coerentes, pois a maior retenção micromecânica obtida após condicionamento ácido explica os valores mais altos de resistência adesiva, pelo menos em caráter “imediate”. Considerando-se que o adesivo universal SBU avaliado não demonstrou ser diferente na força de união dentinária entre a abordagem convencional em dentina úmida e autocondicionante, a interação mais superficial desse adesivo com o substrato dentinário, sem condicionamento prévio com ácido fosfórico, pode reduzir o risco de sensibilidade pós-operatória e a chance de que as fibrilas de colágeno passem por fenômenos de degradação, o que poderia

comprometer a estabilidade adesiva ao longo do tempo (MARCHESI *et al.*, 2014). Acredita-se que essa seja a grande vantagem desses novos sistemas adesivos: o seu desempenho a longo prazo.

Para tornar a camada adesiva menos propensa aos efeitos da degradação ao longo do tempo, estudos recomendam a aplicação de uma camada hidrofóbica adicional. Essa camada adicional incorpora monômeros hidrofóbicos não solventes na interface de ligação, o que diminui a concentração relativa de solventes retidos e monômeros não reagidos na camada adesiva, tornando-a menos permeável (MUÑOZ *et al.*, 2014).

Com relação ao único grupo avaliado por nós do AU (modo convencional com dentina úmida), apesar dele ter mostrado valores de resistência à microtração semelhantes estaticamente a todos os outros testados com o adesivo SBU, é interessante frisar que as falhas neste grupo foram predominantemente adesivas. Estranhamente esse comportamento nesse quesito é semelhante ao observado no grupo do outro adesivo em modo autocondicionante. Esperava-se que, no modo convencional, os padrões de falha fossem predominantemente coesivos e/ou mistos. Esse padrão de fraturas, entretanto, foi parcialmente demonstrado por Siqueira *et al.* (2018), quando descreveram uma predominância de falhas adesivas/mistas.

Na extensa revisão de literatura conduzida por ocasião da apresentação/estudo de Van Meerbeek *et al.* (2010), na reunião da Academia de Materiais Odontológicos de Portland (ADM), os autores afirmaram que os ajustes finos dos diferentes testes de resistência de união determinam a força de ligação absoluta, portanto, não faz muito sentido afirmar que um certo valor absoluto em MPa é necessário para que um produto seja clinicamente eficaz. Da mesma forma, não faz sentido eleger um teste padrão de resistência de união, permitindo que a força adesiva seja medida como uma propriedade real do material, sem levar em consideração a configuração de cada teste e que ele seja reproduzido em diferentes centros de pesquisa pelo mundo. Muito embora esses aspectos sejam relevantes para uma coerente análise do desempenho dos materiais testados em pesquisas laboratoriais, os resultados de resistência adesiva obtidos no nosso estudo estão dentro da média ponderada elencada nessa sistemática revisão para cada classe de adesivo dentinário: 26 MPa para adesivos convencionais de 2 passos, e 20 MPa para adesivos autocondicionantes de 1 passo.

Apesar das limitações deste estudo e de termos avaliado apenas dois quesitos sobre o comportamento desses adesivos, podemos inferir que clinicamente o SBU pode ser aplicado em dentina como adesivo autocondicionante ou convencional, sem grande preocupação com a umidade do substrato. Do ponto de vista mecânico, a resistência adesiva imediata à dentina pouco variou entre as abordagens convencional e autocondicionante. Quanto ao AU, seu uso não é recomendável no modo convencional em dentina seca e no modo autocondicionante.

Rosa, Piva e Silva (2015), em uma revisão sistemática, demonstraram que o condicionamento prévio com ácido fosfórico não influenciou na força de adesão dentinária para adesivos universais. No entanto, o teor de monômeros ácidos presente em cada sistema adesivo pode afetar a força dessa adesão.

O ataque ácido remove o cálcio da dentina, o que pode impedir qualquer potencial ligação química entre o cálcio e os grupos fosfato nos adesivos universais. Espera-se, dessa forma, que a estabilidade da ligação a longo prazo seja menor do que a produzida quando aplicado no modo autocondicionante. Pode-se ressaltar também que, após condicionamento ácido, o poder autocondicionante desse grupo de adesivos tenderia a sobrepor-se à prévia desmineralização, acarretando danos não reparáveis pela camada adesiva aplicada. As possíveis consequências, apesar de especulações, devem ser alvo de mais estudos principalmente clínicos a médio e longo prazo. Uma vez que os resultados, já discutidos em seu protocolo autocondicionante, mostram-se satisfatórios, não há, a princípio, justificativa para a utilização desses adesivos universais em modo convencional em dentina.

8 CONCLUSÃO

De acordo com o objetivo inicial, nas condições em que foi desenvolvido este experimento e após análise estatística dos resultados obtidos, podemos elaborar as seguintes conclusões:

- Para ambos os adesivos testados, as diferentes estratégias adesivas interferiram nos resultados de resistência à microtração
- O sistema adesivo AU apresentou bom desempenho no teste de resistência à microtração no modo convencional em dentina úmida
- O sistema adesivo SBU pode ser utilizado nas três estratégias adesivas

REFERÊNCIAS

- 3M. **3M Scotchbond Universal Adhesive**. North Ryde: [s.n.], 2017. Disponível em: <<https://multimedia.3m.com/mws/media/922700O/scotchbond-universal-adhesive.pdf>>. Acesso em: 31 mai. 2018.
- 3M. **Safety data sheet: 3M ESPE Scotchbond Universal**, version n. 5.01. Saint Paul: [s.n.], 2018. Disponível em: <https://multimedia.3m.com/mws/mediawebserver?mwsId=SSSSSuUn_zu8l00xMY_eN8mGov70k17zHvu9lxtD7SSSSSS-->. Acesso em: 31 mai. 2018.
- ALEX, G. Universal adhesives: the next evolution in adhesive dentistry? **Compendium of Continuing Education in Dentistry**, v. 36, n. 1, p. 15-26, 2015.
- ARIAS, V. G. **Determinação do número de dentes, palitos e influência da localização dos palitos na dentina para o ensaio de microtração**. 2007. 96 f. Tese (Doutorado) – Faculdade de Odontologia de Piracicaba, Universidade Estadual de Campinas, Piracicaba, 2007.
- BUONOCORE, M. G. A simple method of increasing the adhesion of acrylic filling materials to enamel surfaces. **Journal of Dental Research**, v. 34, n. 6, p. 849-853, Dec. 1955.
- CARVALHO, R. M. *et al.* A challenge to the conventional wisdom that simultaneous etching and resin infiltration always occurs in self-etch adhesives. **Biomaterials**, v. 26, n. 9, p. 1035-1042, 2005.
- CARVALHO, R.M. *et al.* Sistemas adesivos: fundamentos para a compreensão de sua aplicação e desempenho em clínica. Rev. **Biodonto**, Bauru, v. 2, n. 1, p. 1-86, 2004.
- CHEN, C. *et al.* Bonding of universal adhesives to dentine – Old wine in new bottles? **Journal of Dentistry**, v. 43, n. 5, p. 525-36, May. 2015.
- DE GOES, M. F.; SHINOHARA, M. S.; FREITAS, M. S. Performance of a new one-step multi-mode adhesive on etched vs non-etched wnamel on bond strength and interfacial morphology. **Journal of Adhesive Dentistry**, v. 16, n. 3, p. 243-250, 2014.

DE MUNCK, J. *et al.* A critical review of the durability of adhesion to tooth tissue: methods and results. **Journal of Dental Research**, v. 84 n. 2, p. 118-132, 2005.

DE SÁ, R. B. *et al.* Effects of water storage on bond strength and dentin sealing ability promoted by adhesive systems. **The Journal of Adhesive Dentistry**, v. 14, n. 6, p. 543-549, 2012.

ERICKSON, R. L.; BARKMEIER, W. W.; LATTA, M. A. The role of etching in bonding to enamel: a comparison of self-etching and etch-and-rinse adhesive systems. **Dental Materials**, v. 5, p. 1459-1467, 2009.

FUSAYAMA, T. *et al.* Non-pressure adhesion of a new adhesive restorative resin. **Journal of Dental Research**, v. 58, n. 4, p. 1364-1370, 1979.

GIANNINI, M. *et al.* Self-etch adhesive systems: a literature review. **Brazilian Dental Journal**, v. 26, n. 1, p. 3-10, 2015.

GWINNETT, A. J.; MATSUI, A. A study of enamel adhesives. The physical relationship between enamel and adhesives. **Archives of Oral Biology**, v. 12, n. 12, p. 1615-1620, 1967.

HANABUSA, M. *et al.* Bonding effectiveness of a new “multi-mode” adhesive to enamel and dentine. **Journal of Dentistry**, v. 40, n. 6, p. 475-484, 2012.

HASHIMOTO, M. *et al.* Fluid movement across the resin-dentin interface during and after bonding. **Journal of Dental Research**, v. 83, n. 11, p. 843-848, 2004.

HASHIMOTO, M. *et al.* In vivo degradation of resin-dentin bonds in humans over 1 to 3 years. **Journal of Dental Research**, v. 79, n. 6, p.1385-1391, 2000.

HASHIMOTO, M. *et al.* The effects of common errors on sealing ability of total-etch adhesives. **Dental Materials**, v. 22, p. 560-568, 2006.

HEBLING, J. *et al.* Chlorhexidine arrests subclinical degradation of dentin hybrid layers *in vivo*. **Journal of Dental Research**, v. 84, n. 8, p. 741-746, 2005.

HOSAKA, K. *et al.* Durability of resin-dentin bonds to water- vs. ethanol-saturated dentin. **Journal of Dental Research**, v. 88, p. 146-151, 2009.

ISOLAN, C.P. *et al.* Bond strength of a universal bonding agent and other contemporary dental adhesives applied on enamel, dentin, composite, and porcelain. **Applied Adhesion Science**, v. 2, p. 25, 2014.

KANCA J. Improving bond strength through acid-etching of dentin and bonding to wet dentin surfaces. **The Journal of the American Dental Association**, v. 123, p. 35-43, 1992.

LAWSON, N. C. *et al.* Two-year clinical trial of a universal adhesive in total-etch and self-etch mode in non-carious cervical lesions. **Journal of Dentistry**, v. 43, p. 1229-1234, 2015.

LAXE, L. A. C. *et al.* Sistemas adesivos autocondicionantes. **International Journal of Dentistry**, v. 6, n. 1, p. 25-29, 2007.

LEITE, M. L. A. S. *et al.* Bond strength and cytotoxicity of a universal adhesive according to the hybridization strategies to dentin. **Brazilian Dental Journal**, v. 29, p. 68-75, 2018.

LOGUERCIO, A. D. *et al.* A new universal simplified adhesive: 36-Month randomized double-blind clinical trial. **Journal of Dentistry**, v. 43, n. 9, p. 1083-1092, 2015a.

LOGUERCIO, A. D. *et al.* Does active application of universal adhesives to enamel in self-etch mode improve their performance? **Journal of Dentistry**, v. 43, p. 1060-1070, 2015b.

LOGUERCIO, A. D. *et al.* Effect of 3-year water storage on the performance of one-step self-etch adhesives applied actively on dentine. **Journal of Dentistry**, v. 39, n. 8, p. 578-587, 2011.

LU, S. *et al.* A new fixation method for stick-shaped specimens in microtensile tests: laboratory tests and FEA. **The Journal of Adhesive Dentistry**, v. 15, n.6, p. 511-518, 2013.

LUQUE-MARTINEZ, I. V. *et al.* Effects of solvent evaporation time on immediate adhesive properties of universal adhesives to dentin. **Dental Materials**, v. 30, p. 1126-1135, 2014.

MANFROI, F. B. *et al.* Bond Strength of a Novel One Bottle Multi-mode Adhesive to Human Dentin After Six Months of Storage. **The Open Dentistry Journal**, v. 10, n. 1, p. 268-277, 2016.

MARCHESI, G. *et al.* Adhesive performance of a multi-mode adhesive system: 1-Year in vitro study. **Journal of Dentistry**, v. 42, p. 603-612, 2014.

MATSUI, N. *et al.* The role of MDP in a bonding resin of a two-step self-etching adhesive system. **Dental Materials Journal**, v. 34, n. 2, p. 227-233, 2015.

MC LEAN, D. E. *et al.* Enamel Bond Strength of New Universal Adhesive Bonding Agents. **Operative Dentistry**, v. 40, p. 410-417, 2015.

MIYAZAKI, M. *et al.* Determination of residual double bonds in resin-dentin interface by Raman spectroscopy. **Dental Materials**, v. 19, n. 3, p. 245-251, 2003.

MIYAZAKI, M. *et al.* Factors affecting the in vitro performance of dentin-bonding systems. **Japanese Dental Science Review**, v. 48, p. 53-60, 2012.

MIYAZAKI, M.; ONOSE, H.; MOORE, B. K. Analysis of the dentin-resin interface by use of laser Raman spectroscopy. **Dental Materials**, v. 18, n. 8, p. 576-580, 2002.

MUÑOZ, M. A. *et al.* Immediate bonding properties of universal adhesives to dentine. **Journal of Dentistry**, v. 41, n.5, p. 404-411, 2013.

MUÑOZ M. A. *et al.* Influence of a hydrophobic resin coating on the bonding efficacy of three universal adhesives. **Journal of Dentistry**, v. 42, p. 595-602, 2014.

MUÑOZ, M. A., *et al.* *In vitro* longevity of bonding properties of universal adhesives to dentin. **Operative Dentistry**, v. 40, n. 3, p. 282–292, 2015.

NAKABAYASHI, N.; KOJIMA, K.; MASUHARA, E. The promotion of adhesion by the infiltration of monomers into tooth substrates. **Journal of Biomedical Materials Research**, v. 16, n. 3, p. 265-273, 1982.

NAKABAYASHI, N.; PASHLEY, D. H. **Hybridization of Dental Hard Tissues**. Tokyo: Quintessence Publishing Company, 1998, 129 p.

NAKAJIMA, M. *et al.* Comparative microtensile bond strength and SEM analysis of bonding to wet and dry dentin. **American Journal of Dentistry**, v. 13, p. 324-328, 2000.

PASHLEY, D. H. *et al.* Adhesion testing of dentin bonding agents: a review. **Dental Materials**, v. 11, p. 117-125, 1995.

PASHLEY, D. H. *et al.* Collagen degradation by host-derived enzymes during aging. **Journal of Dental Research**, v. 83, n. 3, p. 216-221, 2004.

PASHLEY, D. H. *et al.* From dry bonding to water-wet bonding to ethanol-wet bonding: a review of the interactions between dentin matrix and solvated resins using a macromodel of the hybrid layer. **American Journal of Dentistry**, v. 20, p. 7-20, 2007.

PASHLEY, D. H. *et al.* State of the art etch-and-rinse adhesives. **Dental Materials**, v. 27, n. 1, p. 1-16, 2011.

PASHLEY, D. H. *et al.* The microtensile bond test: a review. **The Journal of Adhesive Dentistry**, v. 1, n. 4, p. 299-309, 1999.

PASHLEY, D. H.; TAY, F. R. Aggressiveness of contemporary self-etching adhesives. Part II: Etching effects on unground enamel. **Dental Materials**, v. 17, n. 5, p. 430-444, 2001.

PAUL, S. J. *et al.* Effect of water content on the physical properties of model dentin primer and bonding resins. **Journal of Dentistry**, v. 27, n. 3, p. 209-214, 1999.

PERDIGÃO, J. Dentin bonding-Variables related to the clinical situation and the substrate treatment. **Dental Materials**, v. 26, n. 2, p. 24-37, 2010.

PERDIGÃO, J. New developments in dental adhesion. **Dental Clinics of North America**, v. 51, p. 333-357, 2007.

PERDIGÃO, J. *et al.* A new universal simplified adhesive: 18-month clinical evolution. **Operative Dentistry**, v. 39, p. 113-127, 2014.

PERDIGAO, J. *et al.* *In vivo* influence of residual moisture on microtensile bond strengths of one-bottle adhesives. **Journal of Esthetic and Restorative Dentistry**, v. 14, n. 1, p. 31-38, 2002.

PERDIGÃO, J. *et al.* The effect of a re-wetting agent on dentin bonding. **Dental Materials**, v. 15, p. 282-295, 1999.

PERDIGÃO, J.; GERALDELI, S.; HODGES, J. S. Total-etch versus self-etch adhesive. **The Journal of the American Dental Association**, v. 134, n. 12, p. 1621-1629, 2003.

PERDIGÃO, J.; LOGUERCIO, A. D. Universal or Multi-mode Adhesives: Why and How? **Journal of Adhesive Dentistry**, v. 16, p. 193-194, 2014.

PEUMANS, M. *et al.* Clinical effectiveness of contemporary adhesives: a systematic review of current clinical trials. **Dental Materials**, v. 21, n. 9, p. 864-881, 2005.

PEUMANS, M. *et al.* Eight-year clinical evaluation of a 2-step self-etch adhesive with and without selective enamel etching. **Dental Materials**, v. 26, n. 12, p. 1176-1184, 2010.

REIS, A. *et al.* Moisture spectrum of demineralized dentin for adhesive systems with different solvent bases. **Journal of Adhesive Dentistry**, v. 5, p. 183-192, 2003.

ROSA, W. L. O.; PIVA, E.; SILVA, A. F. Bond strength of universal adhesives: a systematic review and meta-analysis. **Journal of Dentistry**, v. 43, p. 765-776, 2015.

SANO, H. *et al.* Relationship between surface area for adhesion and tensile bond strength: evaluation of a micro-tensile bond test. **Dental Materials**, v. 10, p. 236-240, 1994.

SEZINANDO, A. Looking for the ideal adhesive: a review. **Revista Portuguesa de Estomatologia, Medicina Dentária e Cirurgia Maxilofacial**, v. 55, n. 4, p. 194-206, 2014.

SIQUEIRA, F. S. F. *et al.* Bonding Performance of Universal Adhesives to Eroded Dentin. **The Journal of Adhesive Dentistry**, p. 1-12, 2018.

SUMMIT, J. B. *et al.* **Fundamentals of operative dentistry**: a Contemporary approach. 3rd ed. Chicago: Quintessence Publishing Company, 2006, 612 p.

TAY, F. R.; GWINNETT, J. A.; WEI, S. H. Y. Micromorphological spectrum from overdrying to overwetting acid-conditioned dentin in water-free, acetone-based, single-bottle primer/adhesives. **Dental Materials**, v. 12, n.4, p. 236-244, 1996.

TAY, F. R.; PASHLEY, D.H. Aggressiveness of contemporary selfetching systems. Part I: Depth of penetration beyond dentin smear layers. **Dental Materials**, v. 17, n. 4, p. 296-308, 2001.

TJÄDERHANE, L. Dentin Bonding: can we make it last? **Operative Dentistry**, v. 40 n.1, p. 4-18, 2015.

VAN LANDUYT, K. L. *et al.* Systematic review of the chemical composition of contemporary dental adhesives. **Biomaterials**, v. 28, n. 26, p. 3757-3785, 2007.

VAN MEERBEEK B. *et al.* Adhesion to enamel and dentin: current status and future challenges. Buonocore memorial lecture. **Operative Dentistry**, v. 28, n. 3, p. 215-235, 2003.

VAN MEERBEEK, B. *et al.* Relationship between bond-strength tests and clinical outcomes. **Dental Materials**, v. 26, n. 2, p. e100-e121, 2010.

VAN MEERBEEK, B. *et al.* State of the art of self-etch adhesives. **Dental Materials**, v. 27, n.1, p. 17-28, 2011.

VAN MEERBEEK, B. *et al.* The clinical performance of adhesives. **Journal of Dentistry**, v. 26, n. 1, p. 1-20, 1998.

WAGNER, A. *et al.* Bonding performance of universal adhesives in different etching modes. **Journal of Dentistry**, v. 42, n. 7, p. 800-807, 2014.

YOSHIDA, Y. *et al.* Comparative study on adhesive performance of functional monomers. **Journal of Dental Research**, v. 83, n. 6, p. 454-458, 2004.

YOSHIDA, Y. *et al.* Self-assembled nano-layering at the adhesive interface. **Journal of Dental Research**, v. 91, n. 4, p. 376-381, 2012.

YOSHIKAWA, T. *et al.* Effect of remaining dentin thickness on bond strength of various adhesive systems to dentin. **Dental Materials**, v. 31, n. 6, p. 1033-1038, 2012.

ANEXO A – Aprovação do Comitê de Ética em Pesquisa (COEP) da UFMG

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS
COMITÊ DE ÉTICA EM PESQUISA - COEP**

Projeto: CAAE – 68999817.4.0000.5149

**Interessado (a): Prof. Ricardo Reis Oliveira
Departamento de Odontologia Restauradora
Faculdade de Odontologia - UFMG**

DECISÃO

O Comitê de Ética em Pesquisa da UFMG – COEP aprovou, no dia 21 de junho de 2017, o projeto de pesquisa intitulado: "Avaliação da resistência de união de sistemas adesivos universais à dentina humana, utilizando diferentes estratégias de adesão".

O relatório final ou parcial deverá ser encaminhado ao COEP um ano após o início do projeto.

**Prof. Dra. Vivian Resende
Coordenadora do COEP-UFMG**