UNIVERSIDADE DE PASSO FUNDO

Bárbara Facco Rauber

COMPARAÇÃO DE MÉTODOS DE HIBRIDIZAÇÃO DE DENTINA RADICULAR E MENSURAÇÃO DA RESIS-TÊNCIA DE UNIÃO APÓS CIMENTAÇÃO DE PINOS DE FIBRA DE VIDRO

Passo Fundo 2021 Bárbara Facco Rauber

COMPARAÇÃO DE MÉTODOS DE HIBRIDIZAÇÃO DE DENTINA RADICULAR E MENSURAÇÃO DA RESISTÊN-CIA DE UNIÃO APÓS CIMENTAÇÃO DE PINOS DE FIBRA DE VIDRO

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Odontologia da Faculdade de Odontologia da UPF, para obtenção do título de Doutora em Odontologia – Área de Concentração em Clínica Odontológica, sob orientação da prof^a. Dra. Ana Paula Farina e co-orientação do prof. Dr. Doglas Cecchin

Passo Fundo 2021

Folha reservada para

Ata de aprovação da Banca Examinadora

Observação:

Mantenha esta página no seu arquivo, imprimindo-a. Após, faça a substituição pela Ata de aprovação fornecida pela Secretaria para manter a correta numeração do seu trabalho. Folha reservada para

Ficha catalográfica

Observação:

Mantenha esta página no seu arquivo, imprimindo-a. Após, faça a substituição pela Ficha Catalográfica fornecida pela Secretaria para manter a correta numeração do seu trabalho.

BIOGRAFIA DO AUTOR

Bárbara Facco Rauber, nascida no dia 29/01/1994 em Fortaleza dos Valos - Rio Grande do Sul - Brasil.

Em 2015/1 concluiu a Graduação em Odontologia pela Faculdade Especializada na Área da Saúde do Rio Grande do Sul – FA-SURGS.

Ainda em 2015/1 iniciou nos cursos de Mestrado em Clínica Odontológica na UPF, concluído em 2017/1, e Pós-graduação em Ortodontia na FASURGS, concluído em 2018/1.

Em 2018/1 iniciou o Doutorado em Clínica Odontológica na UPF.

Em 2019/1 iniciou o curso de Especialização em Odontopediatria na UPF, concluído em 2021/1.

Durante o mestrado e doutorado foi bolsista CAPES/CNPQ.

Atualmente é professora convidada da Pós-graduação em Odontopediatria, do Curso de imersão em Ortodontia Preventiva, e do Curso de Auxiliar em Saúde Bucal, ambos na UPF. Além de atuar como Ortodontista e Odontopediatra no consultório BH Odontologia onde é proprietária.

AGRADECIMENTOS

Ao meu marido, Huriel, pelo apoio, dedicação e parceria durante todos esses anos.

Aos meus pais, Ana e Rui, e ao meu irmão Murilo, por todo incentivo e apoio em todos os momentos da minha vida.

A minha orientadora, Professora Dra. Ana Paula Farina, pelos ensinamentos ao longo do curso.

A todos os professores do doutorado pelo ensinamento e incentivo.

Aos colegas que dividiram comigo esta etapa tão importante.

Aos funcionários da Universidade de Passo Fundo, que colaboraram na execução da pesquisa.

À Universidade de Passo Fundo e a CAPES por me proporcionar uma pós-graduação.

SUMÁRIO

9
10
11
13
15
23
78
80
99
116
117
138
179

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Propriedades dos materiais necessárias para análi-
se de elementos finitos95
Tabela 2. Propriedades dos pinos de fibra de vidro necessá-
rias
para análise de elementos finitos
Tabela 3. Média (desvio-padrão) dos valores de resistência
de união por push out (MPa) para os grupos experimentais
100
Tabela 4. Médias de resistência de união por push out (MPa)
para cada fator avaliado separadamente e para a interação
entre fatores (ácido vs. dentina)101
Tabela 5. Tipos de falha encontrados para teste de push out
após análise de falha em microscópio óptico105
Tabela 6. Resistência de união dos grupos. Tabela apresenta
a resistência máxima, mínima e média nos diferentes terços
do canal radicular110
Tabela 7. Médias de resistência de união em MPa para os
diferentes grupos111

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Amostras padronizadas em 2mm de diâmetro interno, 5mm de diâmetro externo e 2mm de espessura......82 Figura 2. Desenho esquemático da cimentação dos pinos de fibra de vidro. A. Corte da porção coronária; B. Prova do pino de fibra de vidro; C. Reembasamento do pino de fibra de vidro com resina composta; D. Corte horizontal para pre-Figura 4. Área do cilindro.....92 Figura 7. Apresenta a quantidade de nós e elementos da ma-Figura 8. Amostra contendo os componentes utilizados no teste de CD e o local onde foram avaliados os resultados de Figura 9. Tensão Von Mises durante o teste de compressão diametral......107 Figura 10. Modelo 3D mostrando a linha onde foi avaliada a tensão de tração da amostra107 Figura 11. Tensão máxima e mínima de tração ao longo da Figura 12. Distribuição de tensão ao longo da amostra109

LISTA DE ABREVIATURAS

AD	Água destilada
SB	Adpter Single Bond 2
OSP	One Step Plus
Mpa	Mega Pascal
N	Newton
CD	Compressão diametral
PO	Push out
FEA	Análise de elementos finitos
DUA L	Cimento resinoso de dupla polimerização
MEV	Microscópio eletrônico de varredura
NaOC l	Hipoclorito de sódio
mm	Milímetros
min	Minutos
0	Graus
EDTA	Ácido etilenodiaminatetracético
CHX	Clorexidina

RESUMO¹

Os protocolos para a cimentação dos pinos de fibra de vidro ainda geram falhas na interface adesiva, e para avaliar essa resistência de união não há um consenso na literatura de qual é o protocolo adesivo ideal. Dessa forma, o objetivo desse estudo foi comparar dois métodos de mensuração da resistência de união e hibridização da dentina radicular. Para isso foram preparados oitenta dentes bovinos unirradiculares divididos em oito grupos: G1- ácido glicólico 37%, dentina úmida, Adaper SingleBond/RelyX-ARC; G2- ácido glicólico 37%, dentina úmida, One Step Plus/ Duo-Link Bisco; G3- ácido glicólico 37%, dentina molhada, Adaper SingleBond/RelyXARC; G4- ácido glicólico 37%, dentina molhada, One Step Plus/ Duo-Link Bisco; dos grupos 5 ao 8 foram utilizados os mesmos graus de umidade e sistemas adesivos, no entanto o condicionamento ácido foi realizado com ácido fosfórico à 37%. De cada dente foram obtidos dois discos de cada terço do canal radicular, com diâmetro interno de 2mm, diâmetro externo de 5mm e altura de 2mm.Uma amostra de cada terço foi utili-

¹ Bárbara Facco Rauber

zada para cada um dos testes de *push out* e compressão diametral, ambos em uma máquina de ensaio universal à 0,5mm/min. Os resultados demonstraram significância estatística para o ácido glicólico (p=0,004), dentina úmida (p<0,001) e interação entre os fatores tipo de ácido e tratamento da dentina (p<0,001) nos valores de resistência de união para o teste de *push out*. Para ambos os testes não houve correlação entre os métodos. Portanto, pode-se concluir que o ácido glicólico apresenta valores de resistência de união superiores ao ácido fosfórico em dentina úmida, e apesar de o teste de *push out* não ser o melhor teste apresentado na literatura para avaliação da dentina do canal radicular, ele pode detectar alterações mais sensíveis nos valores de resistência quando comparado ao teste de compressão diametral.

Palavras-chave: *push-out*, compressão diametral, ácido glicólico, ácido fosfórico, umidade dentinária, sistemas adesivos.

ABSTRACT²

The protocols for cementing fiberglass posts still generate failures at the adhesive interface, and to assess this bond strength there is no consensus in the literature on which is the ideal adhesive protocol. Thus, the aim of this study was to compare two methods of measuring bond strength and hybridization of root dentin. For this, eighty single-rooted bovine teeth were prepared, divided into eight groups: G1- 37% glycolic acid, wet dentin, Adaper SingleBond/RelyX-ARC; G2- 37% glycolic acid, wet dentin, One Step Plus/ Duo-Link Bisco; G3- 37% glycolic acid, wet dentin, Adaper SingleBond/RelyXARC; G4- glycolic acid 37%, wet dentin, One Step Plus/Duo-Link Bisco; from groups 5 to 8, the same degrees of humidity and adhesive systems were used, however the acid etching was carried out with 37% phosphoric acid. From each tooth, two discs were obtained from each third of the root canal, with an internal diameter of 2 mm, an external diameter of 5 mm and a height of 2 mm. A sample of each third was used for each of the push out and diametral compression tests, both in a universal testing machine at 0.5mm/min. The re-

²COMPARISON OF ROOT DENTIN HYBRIDIZATION METHODS AND MEASUREMENT OF JOIN STRENGTH AFTER CEMENTA-TION OF GLASS FIBER POST

sults showed statistical significance for glycolic acid (p=0.004), wet dentin (p<0.001) and interaction between the acid type and dentin treatment factors (p<0.001) in the bond strength values for the push test out For both tests there was no correlation between the methods. Therefore, it can be concluded that glycolic acid presents higher bond strength values than phosphoric acid in wet dentin, and although the push out test is not the best test presented in the literature for the evaluation of root canal dentin, it can detect more sensitive changes in resistance values when compared to the diametral compression test.

Palavras-chave: push-out, diametral compression, glycolic acid, phosphoric acid, dentin moisture, adhesive systems.

1 INTRODUÇÃO

Dentes com perda acentuada de estrutura coronária devido à lesão cariosa e/ou traumas geralmente necessitam de tratamento endodôntico e restaurações indiretas (BITTER & KIELBASSA, 2007; SAKER & ÖZCAN, 2015; SCOTTI et al., 2016). A utilização de retentores intrarradiculares é recomendada quando o dente não apresenta estrutura coronária suficiente para receber uma restauração final (SALA-MEH et al., 2008; SCOTTI et al., 2016). Os núcleos metálicos fundidos foram, por muito tempo, os retentores mais utilizados (BACCHI et al., 2019). Porém, o seu alto módulo de elasticidade pode resultar em fratura irreparável do remanescente dental (ASMUSSEN et al., 1999). Já os pinos de fibra de vidro, oferecem resistência à flexão entre 1339,96 -1153,41 MPa e módulo de elasticidade (30-40 Gpa) semelhante à dentina (15-25 GPa), minimizando as tensões transmitidas à raiz e reduzindo a possibilidade de falhas irreparáveis do elemento dental (LASSILA *et al.*, 2004; CO-ELHO *et al.*, 2009; BARCELLOS *et al.*, 2013).

Para cimentação desse retentor de fibra de vidro no interior do canal é necessário um correto condicionamento da dentina radicular, seguido do uso de um sistema adesivo que permita a formação de uma camada híbrida homogênea (MALQUARTI et al., 1990; CALDAS et al., 2018). Essa etapa de hibridização dentinária envolve procedimentos que podem ser afetados por inúmeros fatores (BOUILLAGUET et al., 2003; DE SOUZA et al., 2011; MUSHASHE et al., 2016) que acabam tornando difícil a sua obtenção (DE MUNCK et al., 2005; YENISEY & KULUNK, 2008; OHLMANN et al., 2008; BRESCHI et al. 2010; TJA-DERHANE et al., 2013 [a]), como a incompatibilidade entre resíduos ácidos e cimentos resinosos com polimerização dual, a alta tensão de contração dos cimentos, o controle de umidade intracanal, as diferentes características do substrato dentinário radicular e a dificuldade de remoção da smear layer (SHAHRAVAN et al., 2007; SCOTTI et al., 2016).

A capacidade de desmineralização do agente condicionador de superfície está relacionada à sua acidez, a qual é

mensurada por meio de seu pH. A substância mais empregada em odontologia para este fim é o ácido fosfórico (TAY et al., 2000). Nakabayashi et al. (1982) já indicavam a aplicacão de um agente corrosivo como o ácido fosfórico, relatando ser importante no caso de adesão ao esmalte e recomendada para adesão à dentina. O condicionamento com esse ácido segue sendo utilizado para eliminar a camada de smear layer resultante da preparação dos canais e para realização do procedimento de cimentação dos pinos de fibra, porém pode ocasionar uma desmineralização excessiva da dentina (PRADO et al., 2011; BAENA et al., 2016; CECCHIN et al., 2018). Outros ácidos são relatados na literatura como alternativas ao ácido fosfórico, porém estudos na odontologia ainda são escassos (BRODY, 1997; KATAOKA et al., 2001; CECCHIN et al., 2018).

Problemas na interface adesiva ainda são considerados as causas mais frequentemente encontradas em reabilitações com uso de pinos intrarradiculares (DALEPRANE *et al.,* 2016). Essa interface pode ser influenciada por fatores como o condicionamento ácido e secagem excessivos, alterando assim a permeabilidade dos agentes adesivos na dentina (IWASAKI *et al.*, 2004; SPAZZIN *et al.*, 2007). Como uma alternativa para reduzir a desmineralização excessiva das fibras dentinárias causada pelo ácido fosfórico, estudos iniciais estão sendo realizados utilizando o ácido glicólico, que foi considerado adequado para o condicionamento de esmalte e dentina para procedimentos restauradores (CEC-CHIN *et al.*, 2018; CECCHIN *et al.*, 2019; BELLO *et al*, 2019; TREVELIN *et al.* 2019). O ácido glicólico que apresenta-se como um Alfa Hidroxiáxidos (AHAs) de estrutura simples derivado da cana-de-açúcar e outros vegetais doces (BRODY, 1997). É um componente químico utilizado principalmente na indústria farmacêutica, em especial, como ingrediente de cosméticos (KATAOKA *et al.*, 2001).

O excesso de desmineralização somado a uma secagem demasiada da dentina, após o processo de condicionamento, pode provocar um colapso ou coalescência das fibras colágenas (SPAZZIN *et al.*, 2007). A dentina perde grande parte de sua permeabilidade dificultando a infiltração dos monômeros adesivos (IWASAKI *et al.*, 2004).

Uma alternativa para evitar o ressecamento e colapso das fibrilas seria a técnica de adesão úmida (NAKA-

18

BAYASHI *et al.*, 1982; NAKABAYASHI *et al.*, 2003). Muitas vezes a utilização de bolinha de algodão umedecida para remover o excesso de água presente após o condicionamento ácido, acaba absorvendo demasiadamente a umidade dentinária, gerando o colabamento das fibrilas e redução na resistência adesiva. Para o sucesso das restaurações finais essa umidade deve ser avaliada e controlada a fim de manter as fibras colágenas em condição adequada, possibilitando a infiltração dos monômeros resinosos e a formação de uma camada híbrida adequada (SPAZZIN *et al.*, 2007).

Diferentes sistemas adesivos estão disponíveis no mercado, deixando mais difícil identificar qual seria a umidade dentinária ideal, dependendo do sistema adesivo a ser utilizado. Para isso deve-se considerar as características hidrofílicas e a compatibilidade com o substrato dentinário úmido (OLIVEIRA *et al.*, 2010). Outra característica importante é a baixa viscosidade dos sistemas adesivos com a finalidade de aumentar a penetração dos monômeros na rede de colágeno da dentina desmineralizada. Para isso são utilizados substâncias capazes de dissolver ou dispersar uma ou mais substâncias, em adesivos, os solventes mais comumente usados são água, etanol e acetona. No caso de ligação à dentina seca ao ar, o solvente também deve ser capaz de expandir a rede colapsada e por isso o uso de água é indispensável para garantir a ionização dos monômeros ácidos, quando associada ao etanol o resultado é uma melhor evaporação desses agregados. Já aos adesivos a base de acetona são uma boa opção de solvente, pois combinam componentes hidrofóbicos e hidrofílicos, e é indicada para aplicação em dentina desmineralizada que é mantida em estado úmido (VAN LANDUYT *et al.*, 2007).

Além da dificuldade de se obter uma camada híbrida homogênea, a correta avaliação da resistência de união dos materiais adesivos intrarradiculares é um ponto a ser questionado. Para avaliar a resistência de união intrarradicular o teste de *push out* (PO) é frequentemente utilizado. Porém, sua utilização vem sendo questionada devido a tensão que ocorre através do deslizamento dos materiais para fora do canal gerando um movimento de cisalhamento (HUANG *et al.*, 2012 [a]; ZHU *et al.*, 2018).

Além dos fatores que envolvem a técnica adesiva, o método para verificar a resistência de união de pinos de fi-

bra de vidro ao canal radicular deve ser analisado. Para a avaliação da resistência adesiva o teste de compressão diametral (CD) está sendo utilizado em comparação ao teste de PO. Isso porquê o teste de CD induz uma tensão de tração, na direção transversal à carga compressiva aplicada, que divide a amostra redonda em duas metades ao longo do diâmetro. A tração é o método mais adequado para avaliar a resistência de união das amostras (HUANG et al., 2012[a]; ZHU et al., 2018). Quando comparado com o teste PO, a CD é mais fácil de realizar para determinar a resistência de união entre os pinos e a dentina, pois nenhum alinhamento de amostra é necessário e produz um desvio padrão menor (ZHU et al., 2018). Li et al. (2017) relataram que na posição interfacial dos discos compósitos de dentina onde ocorreu a descolagem, a tensão foi sempre de tração quando utilizado CD.

Não há relatos definitivos na literatura a cerca da utilização do ácido glicólico e a umidade ideal da dentina radicular para receber os pinos de fibra de vidro e método de avaliação da resistência de união. No entanto, é necessária a busca por protocolos adesivos que preservem a estrutura dentinária melhorando a adesão dos materiais adesivos à dentina radicular, tais como diferentes condicionadores de dentina e umidade ideal dentinária. Além disso, torna-se importante avaliar o melhor método de determinação da resistência de união à dentina radicular.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1. Retentores intrarradiculares

Cerny *et al.* (2018) descreveram em seu estudo prospectivo que existem três fatores importantes para restauração de dentes tratados endodonticamente: (1) Preservar todo o tecido dentinário possível é benéfico para a força e longevidade da restauração; (2) Os materiais devem ter propriedades físicas semelhantes às da dentina natural; e (3) Um aumento no número de paredes dentinárias residuais reduz o risco de falha na restauração.

Núcleos metálicos fundidos e/ou pinos de fibra de vidro são muitas vezes utilizados em dentes tratados endodonticamente devido a extensa perda de estrutura coronária que pode existir em consequência de lesões cariosas e/ou traumas (BOONE *et al.*, 2001; MOHAMMADI *et al.*, 2009; CECCHIN *et al.*, 2011 [a]; SCOTTI *et al.*, 2016). No entanto, problemas na interface adesiva são frequentemente encontradas em reabilitações com uso de pinos intrarradiculares (DALEPRANE *et al.*, 2016). Afim de minimizar essas intercorrências, os fabricantes dos pinos propõe o uso de brocas especificas que permitem um melhor ajuste às paredes do canal (FARIA-E-SILVA *et al.*, 2009). Alem disso, os pinos de fibra de vidro permitem que se realize um recobrimento com resina composta reduzindo a espessura do cimento resinoso e consequentemente problemas inerentes à polimerização (RODRIGUES *et al.*, 2017). Quando ajustados ao canal com resina, os pinos apresentaram maior retenção em todos os terços dos canais radiculares (FARIA-E-SILVA *et al.*, 2009).

Pinto *et al.* (2018) avaliaram o comportamento biomecânico de diferentes restaurações com retentor intracanal em dentes com perda severa da estrutura coronária remanescente. Para isso, cinquenta dentes bovinos foram padronizados e restaurados conforme cada grupo (n= 10): núcleo metálico fundido (CPC), pino metálico pré-fabricado (PFM), pino de fibra de vidro paralelo (P-FP) pino de fibra de vidro cônico (C-FP) ou somente o núcleo, sem a presença de pino intrarradicular (sem pino, CC). A taxa de sobrevivência durante o

teste termomecânico (TC), a forca de fratura (FS) e os padrões de falha (FP) foram avaliados. Modelos de elementos finitos avaliaram a distribuição de tensões após a aplicação de uma carga de 100 N. Todos os espécimes sobreviveram ao TC, a FS foi semelhante entre os grupos com pino intracanal. Os grupos P-FP e CC apresentaram 100% de fraturas reparáveis. A análise de von Mises mostrou as tensões máximas no canal radicular em grupos restaurados com pinos metálicos. Pinos de fibra de vidro e CC apresentaram as tensões máximas no ponto de contato de carga. P-FP e C-FP apresentaram menores tensões na análise da pressão máxima de contato; CPC levou aos maiores valores de pressão de contato. Com isso, os autores concluíram que o tipo de retentor intrarradicular influenciou de maneira relevante o comportamento biomecânico dos dentes com pouca estrutura coronal remanescente.

Karteva *et al.* (2018) avaliaram o desempenho clínico de dentes restaurados com ou sem pinos radiculares aos 6 e 12 meses em 22 pacientes com tratamento endodôntico em pré-molares com perda de uma ou duas paredes proximais. Os pré-molares foram divididos em grupos de acor-

25

do com o método de restauração: grupo pino metálico (MP), grupo pino de fibra (FP) e nenhum pino (NP). O teste de McNemar, teste de homogeneidade marginal e o teste de Kruskal-Wallis foram utilizados na análise estatística. Na avaliação de 6 meses, não houve diferença estatisticamente significativa nas categorias de "cor apropriada", "cáries secundárias" e "integridade da obturação". Esse não foi o caso da "descoloração marginal", "adaptação marginal", "contato proximal" e "suavidade da superfície". Aos 12 meses mostrou diminuição significativa na categoria de "cor adequada". Os dentes restaurados sem pino mostraram taxas de sobrevivência comparáveis àquelas dos dentes restaurados com pino no período de 12 meses de observação. As mudanças observadas foram atribuídas à deterioração progressiva das restaurações.

2.2. Condicionamento dentário x Umidade ideal da dentina

A dentina é uma estrutura orgânica complexa, composta por 70% de material inorgânico, 18% de matriz orgânica e 12% de água. Dentes com tratamento endodôntico apresentam fragilidade devido à perda de estrutura durante o preparo da cavidade de acesso endodôntico, instrumentação e técnica de preenchimento de canais radiculares, irrigação do canal radicular que é fundamental para o sucesso clínico do tratamento endodôntico e ainda o preparo para receber uma restauração adesiva. No entanto, os irrigantes intracanal com a função de eliminar os microrganismos, restos de polpa e a *smear layer* para melhorar a adesão das restaurações podem estar relacionados às alterações físicas e mecânicas da dentina principalmente devido à remoção da matriz de colágeno (SOARES *et al.,* 2018).

Para uma boa reabilitação é necessário assegurar união entre pino, cimento e o substrato dentinário. As técnicas adesivas utilizadas envolvem condicionamento ácido total e/ ou a utilização de *primers* autocondicionantes, e esse condicionamento, associado as substâncias utilizadas durante o preparo do canal radicular, pode alterar ainda mais a matriz orgânica do substrato (CECCHIN *et al.*, 2010; CECCHIN *et al.*, 2015). A substância mais empregada em odontologia para este fim é o ácido fosfórico (TAY *et al.*, 2000).

O ácido glicólico (AG), muito utilizado na dermatologia está sendo estudado como alternativa para utilização em odontologia (CECCHIN et al., 2018). Diversos ativos dermatológicos que fazem dos cosméticos cada vez mais eficazes, se destacam os Alfa Hidroxiáxidos (AHAs). Dentre os AHAs, o AG apresenta a estrutura mais simples e é derivado da cana-de-açúcar (BRODY 1997). É incolor, inodoro, tem apenas dois carbonos em sua estrutura molecular, por ser hidrossolúvel se torna mais difuso na fase intracelular. Tem maior poder de penetração do que os outros ácidos e rápida absorção no local da aplicação devido ao tamanho molecular menor (ALMEIDA, 2007). Estudos in vitro e in vivo tem demonstrado ainda que esta substância tem capacidade de induzir síntese de colágeno e a proliferação de fibroblastos seria uma alternativa para minimizar essa desmineralização excessiva (KIM et al., 1998; KIM & WON, 1998; THI-BAULT et al., 1998; STOJICIC et al., 2012; HASHIM et al., 2014). Outro estudo investigou as alterações na indução gênica do colágeno e na produção do ácido hialurônico na derme e epiderme com administração do ácido glicólico, o aumento desses marcadores quando administrado em concentração de 20% sugeriu a ocorrência de uma remodelação da matriz extracelular da derme e epiderme como resultado da ação do ácido (BERNSTEIN *et al.*, 2001). Podendo ter efeito direto sobre a pele, especialmente na produção de colágeno. Na dermatologia é utilizado para remodelação da epiderme e aceleração de descamação (USUKI *et al.*, 2003; OKANO *et al.*, 2003; COUCH *et al.*, 2002; HASHIM *et al.*, 2014).

Moon *et al.* (1999) investigaram o mecanismo de ação do AG para melhorar o antienvelhecimento da pele. Os autores concluíram que a aplicação tópica do AG pode favorecer o antienvelhecimento através da produção de colágeno. Funasaka *et al.* (2001) ao avaliarem a eficácia do AG na melhora na formação de colágeno determinaram a concentração do ácido de acordo com a reação do eritema de cada paciente. Considerando que o eritema induz liberação de citocinas e as citocinas a partir de células endoteliais ou de células inflamatórias infiltrantes podem melhorar indiretamente as rugas. Em outro estudo, de Furukawa *et al.* (2006) comprovaram que o AG também é altamente eficaz para o tratamento de acne. Para reafirmar os benefícios do AG, Hashim *et* *al.* (2014) estimularam a síntese de colágeno e fibronectina nas células de fibroblasto humanas cultivadas, e concluíram que o AG estimulou a síntese de colágeno em células de fibroblastos.

Bello et al. (2019) investigaram os efeitos do ácido glicólico (AG) na microdureza, rugosidade, distribuição de conteúdo mineral da dentina; remoção da camada de smear e citotoxicidade. Para isso foram utilizados cem dentes humanos divididos em seis grupos: água destilada (grupo controle), 17% EDTA, 10% ácido cítrico (CA), 5% AG, 10% AG, e 17% AG. Microdureza e rugosidade foram medidas no lúmen do canal. Imagens de microscopia eletrônica de varredura (MEV) (2000 ×) para avaliação da remoção da smear layer; Espectroscopia de raios X por dispersão de energia (EDS) para análise química. O ensaio de viabilidade celular foi feito em células de fibroblastos. AG 17% apresentou a menor microdureza e maior rugosidade. Demonstrou também capacidade para remover a camada de smear semelhante ao EDTA e CA, porém sem diferença estatística entre as concentrações utilizadas. AG e CA eram citotóxicos de uma maneira dependente da dose. AG apresentou ainda potencial como agente endodôntico para irrigação final em endodontia.

Cecchin et al. (2019) realizaram um estudo para investigar o uso de ácido α-hidroxi glicólico como um condicionador de dentina para procedimentos adesivos no canal radicular. Como métodos de avaliação do padrão de condicionamento e a distribuição do conteúdo mineral da dentina do canal radicular utilizaram MEV e espectroscopia de energia dispersiva (EDS), respectivamente. Para verificar o efeito do condicionamento sobre a força de adesão do pino de fibra à dentina radicular foram utilizados três sistemas adesivos: Single Bond Universal [SBU], Scotchbond Multipurpose [SBMP] e Ambar [AM]. O ácido fosfórico a 37% foi utilizado como grupo controle. Os valores de resistência de união foram comparados estatisticamente pelos testes ANO-VA / Fisher LSD ($\alpha = 0.05$). Os padrões de condicionamento foram semelhantes para ácido fosfórico e ácido glicólico. Ambos os ácidos também compartilhavam morfologia interfacial similar da camada híbrida. EDS mostrou níveis semelhantes de Ca e Mg após o tratamento com ácido glicólico, quando comparado com o ácido fosfórico. Quando o nível de P foi comparado, observou-se que o ácido fosfórico causou maior remoção de P. As forças de adesão foram estatisticamente semelhantes entre os ácidos em todos os grupos (p> 0,05). Comparações usando o teste *post hoc* de Fisher LSD mostraram que as forças de adesão nos grupos SBU e SBMP não foram significativamente diferentes entre si (p> 0,05). A força de adesão no grupo AM foi semelhante à do grupo SBMP (p> 0,05); no entanto, foi significativamente menor do que no grupo SBU (p <0,05). Levando a concluir que o ácido glicólico foi efetivo no condicionamento da superfície da dentina radicular, podendo ser recomendado como um adequado condicionador de superfície dentinária para procedimentos restauradores adesivos.

No estudo de Trevelin *et al.* (2019) a eficácia de cinco hidroxiácidos (AHAs) como condicionadores de superfície de esmalte e dentina foi investigada utilizando molares humanos com a finalidade de determinar a profundidade de desmineralização por perfilometria óptica (z), a resistência adesiva em esmalte e dentina (TBS), a micro-permeabilidade da interfaces dentina-resina e a atividade gelatinolítica da dentina condicionada com AHAs [glicólico (GA), láctico

32

(LA), cítrico (CA), málico (MI) e tartárico (TA)] e controles [fosfórico (PA) e maleico (MA)]. Todos os ácidos foram preparados a uma concentração de 35%, e Adper Single Bond Plus foi utilizado como sistema adesivo. A análise foi por ANOVA, testes post-hoc e correlações de Pearson (= 0,05). O AHA foi estatisticamente menor quanto a profundidade de desmineralização do esmalte e dentina (média 4x) do que o controle (p <0,001). No esmalte, o MA e PA resultaram em maior TBS do que nos grupos AHA (p <0,001). Na dentina, GA, TA, CI e condicionamento com LA resultaram em TBS estatisticamente similar ao PA (p <0,05). Quanto a espessura da camada híbrida (HL) e micro-permeabilidade interfacial foram estatisticamente menores para os grupos AHA (p <0.05). Observou-se uma correlação positiva significativa entre a intensidade da micro-permeabilidade e a espessura da PA (p <0,05). AHA provocaram menor atividade enzimática da dentina do que os controles (p < 0.05).

Para investigar a influência da desproteinização e da condição do substrato dentinário (úmido ou seco) na microinfiltração marginal de restaurações em resina composta, Spazzin *et al.* (2007) confeccionaram oitenta cavidades classe V em quarenta terceiros molares humanos divididos aleatoriamente em quatro grupos: G1 (controle) - sistema adesivo (Prime & Bond 2.1, Dentsply) aplicado à dentina úmida; G2 – sistema adesivo aplicado à dentina seca; G3 – dentina desproteinizada com hipoclorito de sódio (NaOCl 10%, 60s) e o sistema adesivo aplicado à dentina úmida; G4 - dentina desproteinizada e o sistema adesivo aplicado à dentina seca. Após a restauração, as amostras passaram por termociclagem. Foram isolados, imersos em corante, incluídos em resina acrílica e seccionados. Para a análise um microscópico óptico e escores foram utilizados. Os dados foram submetidos ao teste Kruskal Wallis/1%; Ho = 0,69%, sendo que G3 e G4 apresentaram diferenca estatística entre si. Como conclusão, a camada de colágeno não tem influência na infiltração marginal e um índice de microinfiltração significativamente menor foi encontrado após a remoção do colágeno em substrato dentinário seco.

Prado *et al.* (2011) relataram que a *smear layer* adere à superfície dentinária ocluindo os túbulos dentinários. Essa camada impede a penetração de soluções irrigantes e interfere na obturações do canal radicular devendo ser removida. O

34

objetivo deste estudo foi comparar a eficácia do ácido fosfórico a 37%, EDTA 17%, e ácido cítrico 10% na remoção da smear layer. Para isso cinquenta e dois caninos humanos unirradiculares foram acessados e instrumentados. Entre cada instrumento utilizado, os canais foram irrigados com NaOCl. Após a instrumentação, os dentes foram irrigados com água destilada e divididos em grupos de acordo com o tempo e as substâncias empregadas. As substâncias utilizadas foram EDTA a 17%, ácido cítrico a 10% e ácido fosfórico a 37%. Os períodos de tempo experimentais foram de 30 segundos, 1 minuto e 3 minutos. As amostras foram preparadas e observadas por meio de microscopia eletrônica de varredura. Três fotomicrógrafos (2.000) foram registrados para cada amostra em relação aos terços apical, médio e cervical. Um sistema de escore foi utilizado para avaliar as imagens. Nenhuma das substâncias analisadas neste estudo foi eficaz na remoção da smear layer aos 30 segundos. No período de 1 minuto, o ácido fosfórico apresentou melhores resultados que as demais substâncias avaliadas. No período de 3 minutos, todas as substâncias funcionaram bem nos terços médio e cervical, embora o ácido fosfórico tenha apresentado excelentes resultados, mesmo no terço apical. Esses resultados levam a concluir que a solução de ácido fosfórico possa ser um agente promissor na remoção da *smear layer*.

Para avaliar se diferentes protocolos de condicionamento da dentina com diferentes ácidos [ácido fosfórico, ácido etilenodiaminatetracético (EDTA) e ácido poliacrílico (PAA)] influenciam a resistência de união de pinos de fibras ao longo da profundidade radicular quando cimentados com cimento resinoso autoadesivo, Baena et al. (2016) prepararam vinte dentes uniradiculares que foram aleatoriamente divididos em quatro grupos experimentais (n=5) de acordo com o tratamento dentinário: Grupo 1: sem tratamento; Grupo 2: condicionamento com ácido fosfórico a 35% por 10 s; Grupo 3: aplicação de EDTA a 17% durante 60 s; e Grupo 4: condicionamento com PAA 25% por 30 s. Os pinos de fibra foram revestidos com o cimento resinoso autoadesivo RelyX Unicem 2 Automix (3M ESPE). As raízes foram seccionadas transversalmente em nove amostras de 1 mm de espessura, três correspondentes a cada terço radicular para posterior teste de PO. Os dados foram analisados por ANOVA *two-way* e teste de Tukey (p < 0.05). O modo de
falha foi determinado e espécimes com falhas representativas para cada grupo foram observados em MEV. De acordo com os resultados, o tratamento da dentina influenciou a resistência de união (p=0,001), enquanto o terço radicular não influenciou (p <0,05). Pinos de fibra após o tratamento da dentina com ácido fosfórico, e PAA demonstraram os maiores valores de resistência de união, enquanto os menores foram obtidos após a aplicação do EDTA. Em conclusão, a resistência adesiva do cimento resinoso autoadesivo RelyX Unicem 2 melhora quando a dentina radicular é preparada com ácido fosfórico 35% ou PAA 25%, independentemente da profundidade da raíz.

Saker e Özcan (2015) estudaram *in vitro* o efeito da estrutura coronária remanescente na retenção de pinos intrarradiculares. Para isso, cento e cinquenta dentes humanos uniradiculares extraídos foram tratados endodonticamente e divididos em 3 grupos: grupo CEJ: dentes seccionados ao nível da junção amelocementária (JAC); grupo CEJ1: dentes seccionados 1 mm acima do CEJ; grupo CEJ2: dentes seccionados 2 mm acima do CEJ. Cada grupo foi subdividido em 5 subgrupos (n=10 por grupo) de acordo com os tratamentos

do canal radicular da seguinte forma: grupo C: sem condicionamento (controle); grupo PH: condicionamento com gel de ácido fosfórico a 37% por 15 segundos; grupo E: condicionamento com EDTA 17% por 60 segundos; grupo CHX: condicionamento com clorexidina a 2% (CHX) por 60 segundos; grupo O: condicionamento com combinação de 2% de CHX com 17% de EDTA e uma solução de surfactante por 60 segundos. Pinos de fibra de vidro reforçados com resina composta foram cimentados à dentina do canal radicular com cimento resinoso auto-adesivo (RelyX Unicem). A força retentiva foi testada aplicando uma carga de tração paralela ao longo eixo dos pinos a uma velocidade de 2 mm/ min. ANOVA e o teste post hoc de Tukey HSD foram usados para analisar os dados. A maior retenção (N) foi obtida com o grupo condicionado CHX-EDTA (374,7 ± 29,8) seguido por condicionamento com EDTA a 17% (367,9 ± 33,3) quando a estrutura coronal remanescente de 2 mm estava disponível. O condicionamento com o CHX-EDTA mostrou valores de retenção comparáveis a grupos condicionados com EDTA a 17% quando a estrutura coronal de 0 ou 1 mm estava presente que diferiu significativamente em comparação com 37% de PH e 2% de condicionamento com CHX (P <0,05). O condicionamento do canal radicular com CHX-EDTA ou 17% EDTA forneceu valores de retenção superiores para pinos de fibra reembasados com resina composta comparados com núcleos de resina composta cimentados com cimento resinoso autoadesivo a dentes tratados endodonticamente com estrutura coronal remanescente de 2 mm.

Galler *et al.* (2016) avaliaram o efeito do condicionamento dentinário na migração, adesão e diferenciação de células-tronco da polpa dentária. Discos de dentina foram preparados a partir de molares humanos extraídos e pré-tratados com EDTA (10%), NaOCl (5,25%) ou H₂O. O tratamento da dentina com H₂O ou EDTA permitiu a adesão celular, diferente do NaOCl (P = 0,000). Além disso, o condicionamento EDTA induziu a migração celular em direção à dentina. A expressão de genes associados à mineralização foi aumentada nas células da polpa dentária cultivadas na dentina após o condicionamento com EDTA em comparação com os discos de dentina pré-tratados com H₂O. Com isso, os autores concluíram que o condicionamento da dentina com EDTA promoveu a adesão, migração e diferenciação das células-tronco da polpa dentária.

Mushashe et al. (2016) avaliaram o efeito do tratamento da superfície do esmalte e dentina sobre a resistência de micro-cisalhamento do cimento autoadesivo. Setenta e dois terceiros molares extraídos foram preparados com uma superficie plana de esmalte ou dentina. Posteriormente foram distribuídos aleatoriamente em 8 grupos (n=12) baseados em tratamento superficial (solução de ácido poliacrílico 11,5% ou nenhum tratamento), condição do substrato (úmido ou seco) e período de armazenamento (1 dia ou 90 dias). Cilindros (1×1 mm) foram fabricados com cimento resinoso autoadesivo (RelyX U200). Os espécimes foram armazenados em água destilada a 37 ° C por 1 dia ou 90 dias e submetidos ao teste de resistência ao micro-cisalhamento (EMIC DL 2000 a 0,5 mm / min). Depois disso, o tipo de falha dos espécimes foi determinado. Os dados foram submetidos a análise estatística (α =0,05). A aplicação de ácido poliacrílico a 11,5% diminuiu a resistência de união nas amostras de esmalte e dentina. Os grupos úmidos apresentaram maior resistência de união que os secos, independentemente do substrato e do tratamento de superfície. O período de armazenamento não influenciou a resistência de união. Em conclusão, o tratamento superfícial com 11,5% de ácido poliacrílico e a ausência de umidade diminuíram a resistência de união, independentemente do período de armazenamento.

Choi et al. (2017) avaliaram os efeitos da umidade da dentina na resistência de união e na morfologia da interface adesiva de adesivos universais utilizando o teste de resistência de união por micro-tração (µTBS) e a microscopia confocal de varredura a laser (CLSM). Setenta e dois terceiros molares humanos, preparados para expor superfícies dentinárias planas, foram divididos em três grupos de acordo com o tempo de secagem ao ar das superfícies dentinárias: 0 (sem secagem ao ar), 5s e 10s. As superfícies dentinárias foram então tratadas com três adesivos universais: G-Preme Bond, Single Bond Universal e All-Bond Universal no modo autocondicionante ou convencional. Após a aplicação de compostos, um teste de µTBS foi realizado. Um dente adicional foi preparado para cada grupo utilizando corante fluorescente Rodamina B para análise de CLSM. Os dados foram analisados estatisticamente com ANOVA e *post hoc* de Tukey ($\alpha = 0,05$). Diferenças significativas entre os sistemas adesivos e as condições de umidade da dentina foram observadas (p<0,05). All-Bond Universal foi o único material influenciado pela umidade das superfícies dentinárias. Sendo então a umidade da superfície da dentina um fator que influencia a resistência à micro-tração dos adesivos universais.

Rödig et al. (2017) avaliaram o efeito do teor de umidade na dentina de canal radicular na detecção de microtrincas utilizando tomografia computadorizada. Dez raízes com e sem linhas ou rachaduras foram selecionadas e escaneadas seis vezes com diferentes condições de umidade da dentina radicular usando um scanner micro-CT em alta resolução de 10,5 µm. O escaneamento foi realizado nas amostras após 48 horas e 30 dias de armazenamento úmido; e em amostras após 2 horas e 24 horas de secagem. De cada exame, imagens transversais foram obtidas em intervalos de 1 mm (total n=708) e avaliadas quanto à presença de microtrincas dentinárias duas vezes por 5 observadores cegos calibrados. A análise estatística foi realizada por análise não paramétrica de variância para dados longitudinais (P <0,05). Não houve

diferenças significativas entre os grupos úmidos, bem como entre os dois grupos com 2 h de tempo de secagem (P> 0,05). Quase nenhuma rachadura foi observada após o armazenamento úmido e um aumento significativo de fissuras foi observado após 2 horas de secagem (P <0,001). Significativamente mais microtrincas foram identificadas após 24 h do que após 2 horas de secagem (P <0,004). Contudo, o teor de umidade da dentina influenciou na detecção de microtrincas quando avaliado por micro-CT. Devendo a digitalização ser realizada em amostras secas para permitir a identificação confiável de defeitos dentinários.

Amaral *et al.* (2018) realizaram um estudo para avaliar o efeito do pH na ativação de metaloproteinases (MMPs) de matriz de dentina humana coronal (CD) e radicular (RD). CD e RD foram transformados em pó e as proteínas foram extraídas com ácido fosfórico a 1%. As proteínas extraídas e o pó desmineralizado foram incubados separadamente nas seguintes soluções: acetato 4-aminofenilmercúrico (controle) ou solução tampão em diferentes pHs (2,5, 4,5, 5,0, 6,0 e 7,0). Após a incubação, as proteínas foram separadas por eletroforese para mensurar as atividades de MMP por zimo-

grafia. Para avaliar o colágeno dentinário solubilizado, o pó de dentina desmineralizado foi mantido em tampão de incubação e a quantidade de hidroxiprolina (HYP) liberada foi medida. A zimografia revelou atividades gelatinolíticas de MMP-2 para CD e RD em todos os grupos experimentais. Para ambos os substratos, o pH mais baixo (2,5, 4,5 e 5,0) produziu maior atividade gelatinolítica do que aquelas obtidas pelas soluções de pH mais altas (6,0 e 7,0). Na análise de HYP não foram observados valores de absorbância detectáveis para pHs de 2,5 e 4,5. A quantidade de HYP foi maior para pH 7,0 do que para todos os outros grupos (p < 0.05), exceto para pH 6,0. Não foram encontradas diferenças estatísticas entre os pHs 6.0 e 5.0 e controle (p > 0.05). A enzima MMP-2 da CD e RD humana é dinamicamente influenciada pelo pH, sendo que em pH baixo a enzima extraída ativa essa forma latente, enquanto a degradação do colágeno pela enzima ligada à matriz só é observada quando os pHs estão próximos do neutro.

Cecchin *et al.* (2018) testaram a microdureza de dentina e esmalte e a resistência de união de materiais restauradores ao esmalte e dentina após o condicionamento superficial com ácido glicólico (AG) 35% e ácido fosfórico (AF) 35% durante 30 segundos. A análise ultra-estrutural da interação superficial e interfacial foi qualitativamente realizada usando MEV e possibilitou concluir que o AG condicionou de forma eficaz o esmalte e a dentina mostrando aspectos ultraestruturais semelhantes ao tecido condicionado com o AF. Além disso, os resultados de resistência de união foram similares quando o AF foi utilizado. Dessa forma, AG parece ser um agente condicionante superficial de esmalte e dentina adequado para procedimentos restauradores adesivos.

Stape *et al.* (2018) estudaram a efetividade da adesão e a integridade da camada híbrida na dentina desidratada condicionada com dimetilsulfóxido (DMSO). Superfícies de dentina de molares extraídos foram aleatoriamente separadas em condições úmidas ou secas (30 s de secagem ao ar) com DMSO / etanol ou DMSO / H₂O como pré-tratamentos usando um adesivo simplificado (Scotchbond Universal Adhesive, 3M ESPE: SU) e um multi-passo (Adper Scotchbond Multi-Purpose, 3M ESPE: SBMP). Os dentes foram armazenados em água destilada por 24 horas e seccionados em resina-dentina (0,8mm²) para teste de resistência à mi-

crotração e análise quantitativa de nanoinfiltração interfacial em MEV (n=8). Dentes adicionais (n=2) foram preparados para avaliação de micropermeabilidade por microscopia confocal de varredura a laser sob pressão pulpar simulada (20 cm H₂O) usando fluoresceína 5 mM como marcador. Os dados de microtração foram analisados por ANOVA de três fatores, seguido pelo Teste de Tukey e nanoinfiltração pelo teste de comparação múltipla de Kruskal-Wallis e Dunn-Bonferroni (p=0,05). Enquanto a adesão seca de SBMP produziu resistência de união significativamente menores do que a adesão úmida (p <0,05), DMSO / H₂O e DMSO / etanol produziram forças de adesão significativamente maiores para SBMP, independentemente da condição da dentina (p <0,05). O SU apresentou níveis de nanoinfiltração significativamente mais altos (p <0,05) e micropermeabilidade do que o SBMP. Melhoria na integridade da camada híbrida ocorreu para SBMP e SU para ambos os pré-tratamentos, embora mais proeminentemente para DMSO / etanol, independentemente da umidade da dentina. Em conclusão, os pré-tratamentos com DMSO podem ser usados como uma nova estratégia adequada para melhorar a ligação de adesivos à base de água à dentina desmineralizada seca ao ar, além da adesão úmida convencional. Foram obtidas interfaces menos porosas de resina-dentina com maior força de adesão na dentina condicionada seca ao ar. No entanto, a eficiência geral variou de acordo com o tipo de solvente e adesivo do DMSO.

2.3. Sistemas adesivos e Cimentos resinosos

Sistemas adesivos são usados para unir os pinos de fibra de vidro à dentina do canal radicular por assegurarem união micro-mecânica através da formação de uma camada híbrida (CECCHIN *et al.*, 2011 [b]). Porém as técnicas de cimentação adesiva são consideradas complexas e sensíveis, principalmente quando envolvem múltiplos passos (FER-REIRA-FILHO *et al.*, 2018). Na sua composição há monômeros hidrofílicos/hidrofóbicos, solventes e fotoiniciadores. No ambiente oral úmido os adesivos sofrem separação de fases e mudança composicional concomitante, essa separação de fases compromete a qualidade da camada híbrida na interface adesivo/dentina (PARTHASARATHY *et al.*, 2018). Pesquisas avaliando sistemas adesivos e o desenvolvimento de diferentes técnicas de união vem melhorando a retenção dos pinos de fibra de vidro aos canais radiculares promovendo maior durabilidade a longo prazo (FERRARI *et al.*, 2000). Essas técnicas adesivas que envolvem condicionamento ácido total e/ou a utilização de *primers* autocondicionantes apresentam adequada resistência de união imediata (DE MUNCK *et al.*, 2005; CECCHIN *et al.*, 2010; CEC-CHIN *et al.*, 2015). No entanto, esse valor diminui significativamente com o passar do tempo, em virtude dos danos mecânicos desencadeados pelas forças oclusais ou pela degradação da interface adesivo-dentina (HASHIMOTO *et al.*, 2003; BITTER *et al.*, 2007).

Shadman *et al.* (2018) avaliaram o efeito da clorexidina na resistência adesiva ao armazenamento de 6 meses. Os lados vestibular e lingual de 72 molares humanos extraídos recentemente foram desgastados com broca até atingir a dentina superficial e divididos aleatoriamente em 6 grupos e 12 subgrupos. Como sistemas adesivos foram utilizados Scotchbond Universal (SBU) ou Scotchbond Multi-purpose (SBMP) com/sem clorexidina CHX). Grupo 1: SBU, grupo 2: SBU + CHX, grupo 3: Condicionamento + SBU, grupo 4: Condicionamento + CHX + SBU, grupo 5: Condicionamento + SBMP, grupo 6: Condicionamento + CHX + SBMP. Após a cura dos compósitos, foi realizado o armazenamento em água e termociclagem. Cada grupo foi dividido em dois subgrupos, sendo um testado imediatamente e o outro foi termociclado por 5000 ciclos (5-55°C) (equivalente a 6 meses de armazenamento em água destilada). O teste de resistência ao cisalhamento foi realizado e os modos de falha foram determinados por estereomicroscópio. Os dados foram analisados por ANOVA one-way, teste post-hoc de Tukey e teste Paired Two (P<0,05). A resistência ao cisalhamento no SBU tardio (autocondicionante) foi significativamente menor que no SBU tardio [Condicionamento e enxágue (ER)], valor P = 0.0001, também resistência ao cisalhamento no SBU tardio [autocondicionante (SE)] foi significativamente menor que o SBU imediato (SE), valor de P = 0.01. O modo de maior falha foi adesivo em todos os grupos. Por fim, os autores concluíram que o uso de CHX evitou a diminuição da força de adesão em SBU e SBMP em longo prazo e não teve nenhum efeito na resistência de união imediata ao cisalhamento de SBU e SBMP.

Samimi et al. (2018) avaliar a resistência da interface adesiva de três diferentes sistemas adesivos utilizados após o tratamento de superfície dentinária com antioxidante. Setenta e dois blocos de dentina com 3×4 mm de espessura foram preparados e fixados em blocos pré compostos de $3 \times 4 \times 12$ mm de ambos os lados. Seis grupos de adesivos (N= 12): All-bond universal, Scotchbond universal e Clear ISE com ou sem tratamento antioxidante (Ascorbato de Sódio 10%) foram aplicados em superfícies de dentina, um papel de polietileno 160µ formou a falhas na interfaces adesivo-dentina. O bloco compósito-dentina foi submetido a um teste de 4 pontos em máquina universal. Os dados foram analisados pelos testes de Kruskal-Wallis, Wilcoxon signedrank e Mann-Whitney ($\alpha = 0.05$). Foi observado um aumento significativo da resistência entre os grupos com tratamento da superfície. O maior valor de resistência interfacial foi encontrado na ligação Clear ISE e o menor valor para All-bond universal, e o ascorbato de sódio como tratamento de superficie apresentou resultado significativo.

Ferreira-Filho et al. (2018) investigaram o comportamento imediato e após armazenamento em água por três meses de adesivos quando usado para selamento da dentina (IDS). Quatro sistemas adesivos foram testados: um autocondicionante de etapa única (Xeno V), um autocondicionante de duas etapas (Clearfil SE Bond), um convencional de dois passos (XP Bond) e um de três passos (Optibond FL). Para o grupo controle, o IDS não foi realizado. O cimento resinoso autoadesivo RelyX Unicem foi utilizado para os procedimentos de cimentação. Passados sete dias de armazenamento, os espécimes (n= 6) foram seccionados (n= 5) com uma área de aproximadamente 1mm. Metade dos espécimes foi testada em tensão após sete dias de armazenamento de água a 37,8°C, enquanto a outra metade foi armazenada durante três meses antes do teste em tensão usando uma máquina de ensaio universal (1 mm/min). O padrão de falha foi determinado usando um estereomicroscópio e microscopia eletrônica de varredura. Os dados de força de ligação à microtração (ITBS) foram analisados estatisticamente por análise de variância bidirecional e teste post hoc de Tukey (a = 0.05). Após sete dias, o grupo controle apresentou os menores valores de µTBS, mas não diferiu do XP Bond e do Clearfil SE Bond. Após três meses, não houve diferença entre os grupos e o controle.

Franz et al. (2018) avaliaram através de coortes de estudantes a incidência de falhas pré-teste e a resistência ao cisalhamento de adesivos simples e de múltiplos passos utilizando dentes bovinos. Foram testadas as forças de adesão de quatro adesivos autocondicionantes (Optibond All-in-One, [OBAIO]; Optibond XTR [OBXTR]); Xeno V [XV]; Xeno V + [XV +]; um sistema de condicionamento e enxágue de três etapas (Optibond FL, [OBFL]), um adesivo universal autocondicionante (Scotchbond Universal [SBU]) e um adesivo autocondicionante/condicionador e enxágue (Xeno Select, [XS]). Cilindros compostos foram ligados perpendicularmente às superfícies dentinárias preparadas. Testes de cisalhamento foram realizados com uma máquina de teste universal. Os adesivos XV e XV + mostraram mais falhas pré-teste em comparação com os outros sistemas adesivos testados (OAIO, OBFL, OBXTR). Menos falhas foram observadas para OBFL, OBXTR e SBU. Falhas pré-teste e resistência de união dependiam da técnica de secagem a ar. Os sistemas adesivos mostraram sensibilidade técnica variável. Os sistemas com múltiplos passos (Optibond FL e Optibond XTR) mostraram falhas mínimas no pré-teste e alta resistência de união aplicada por operadores relativamente inexperientes e independentemente da técnica de secagem a ar aplicada. No entanto, dois adesivos de etapa única (OAIO e SBU) mostraram resultados comparáveis aos sistemas de várias etapas.

Haralur *et al.* (2018) investigaram o efeito de agentes irrigantes sobre a resistência adesiva de resina com vários sistemas adesivos em diferentes seções de dentina radicular. Sessenta pré-molares unirradiculares foram tratados com canal radicular, o canal foi irrigado com NaOCl a 5,25% (NaOCl) e 17% ácido etilenodiaminotetracético (EDTA) para o Grupo A (n = 30) e Grupo B (n = 30), respectivamente. Cada grupo foi subdividido em três grupos (n=10): com condicionamento, autocondicionante e autoadesivo. As amostras foram seccionados em segmentos coronal, médio e apical. Depois foram submetido ao teste de resistência de união através da aplicação de uma carga a uma velocidade de 0,5 mm/min. A secção coronal com 5,25% de irrigação com NaOCl e protocolo de cimentação auto-condicionada proporcionou a maior força de expulsão em 16,282 MPa. O protocolo de condicionamento em ambas as irrigações mostrou menor força de união em 8,273 e 8,493 MPa, respectivamente. Os autores concluíram que o sistema adesivo autocondicionante apresentou melhor resistência à adesão e a utilização do EDTA 17% teve influência negativa na resistência adesiva.

O uso dos cimentos resinosos é necessário para a união de pinos de fibra de vidro às paredes do canal radicular. Por apresentar maior fluidez obtida através da menor quantidade de carga quando comparados as resinas compostas, capacidade em aderir a diversos substratos, alta resistência à compressão, insolubilidade em meio bucal e o potencial para mimetizar cores, o cimento resinoso é o material de eleição em procedimentos restauradores livres de metal (DIAZ-ARNOLD *et al.*, 1999; BOTTINO *et al.*, 2000).

Os cimentos resinosos foram classificados de acordo com o modo de ativação, podendo ser de ativação química, fotoativação ou dupla ativação. Quimicamente ativados são indicados para fixação de peças metálicas e metalocerâmi-

cas, como pinos, núcleos e coroas. Fotoativados são utilizados em laminados de porcelana com pouca espessura, pois possuem como limitação a difícil polimerização em áreas com reduzido acesso à luz. O processo de polimerização é realizado pela ativação de fotoiniciadores por meio da aplicação de luz. Esses cimentos apresentam maior controle do tempo de trabalho e manipulação quando comparados aos quimicamente ativados, facilitando a inserção da peça protética e remoção de excessos do material cimentante. E dupla ativação (duais) que são indicados para restaurações profundas, restaurações com maior espessura e com alta opacidade, onde a luz não consegue incidir por toda a extensão do material cimentante. Esses cimentos são a associação dos dois meios de ativação - químico e fotoativado. A fotoativação promove uma fixação inicial da restauração e a ativação química, por meio da reação entre amina e o peróxido de benzoíla garante a conversão do cimento (95%) em áreas pouco expostas à luz (BRAGA et al., 1999; HOFMANN et al., 2001; BRAGA et al., 2002).

Os cimentos duais tem proporcionado melhores propriedades físicas e mecânicas ao material. Essas proprieda-

des estão relacionadas à resistência de união, resistência ao desgaste e a compressão superiores quando comparado aos demais materiais de cimentação. Cimentos de polimerização dual associados ao tratamento condicionante da superfície dentinária tem alcançado bons resultados e são considerados a melhor opção para diminuir as falhas na interface adesiva. A hibridização dentinária realizada após a remoção da *smear layer* com condicionamento ácido e impregnação das fibrilas colágenas pelo adesivo são responsáveis pela adesão quando cimentos resinosos forem utilizados (PRAKKI & CARVA-LHO, 2001; LACERDA, 2013).

Existem diferentes tipos de cimentos resinosos em relação aos métodos de polimerização, condicionamento e marca comercial porém, a interface de união pino-dentina ainda é o elo fraco do tratamento (Hashimoto *et al.*, 2003). Isso pode estar relacionado à danos mecânicos produzidos por forças oclusais ou pela degradação da interface adesivodentina (BITTER E KIELBASSA, 2007). Cimentos resinosos autoadesivos foram introduzidos no mercado para simplificar a técnica de cimentação. Por dispensarem o condicionamento ácido e a aplicação do sistema adesivo, tornam o

procedimento mais simples, reduzindo tempo e o risco de sensibilidade pós-operatória por conter em sua composição a quantidade de água desejável para a superfície dentinária (BOUILLAGUET *et al.*, 2003; MELO *et al.*, 2008; RADO-VIC *et al.*, 2008).

Zicari et al. (2012) avaliaram a resistência de união de pinos de fibra de vidro utilizando diferentes cimentos resinosos. Para isso, três tipos de pino foram testados: resina epóxi (RelyX, 3M ESPE), resina composta (FRC-Plus, Ivoclar-Vivadent, Schaan, Liechtenstein) e resina de metacrilato (GC post, GC, Tóquio, Japão). Para cimentação foram utilizados Variolink II (Ivoclar-Vivadent), Clearfil Esthetic Cement (Kuraray) e RelvX Unicem (3M ESPE). Os pinos foram inseridos até 9 mm de profundidade em blocos compostos CAD-CAM (Paradigm, 3M ESPE) para testar somente a resistência da interface cimento-pino, excluindo a interferência da interface cimento-dentina. Após 1 semana de armazenamento a 37 ° C um amostra de cada terço foi seccionada com 2 mm de espessura e foram submetidas a um teste de força de adesão PO. O tipo de pino, o cimento resinoso e o pré-tratamento da superfície afetaram significativamente a força de adesão (p <0,001). Em relação ao tipo de pino, foi registrada uma força de adesão significativamente menor no pilar de resina composta. Em relação ao cimento, a força de adesão foi significativamente maior para o cimento Unicem (3M ESPE). E uma força de adesão significativamente mais alta foi registrada para tratamento com jato de areia / silicização Cojet (3M ESPE). A força de adesão do PO foi significativamente reduzida com a profundidade de coronal para apical.

Pereira *et al.* (2013) avaliaram a resistência de adesão de pinos de fibra de vidro cimentados com diferentes agentes cimentantes em 3 segmentos da raiz, utilizando o teste de PO . Oitenta caninos humanos com comprimento de raiz padronizado foram aleatoriamente divididos em 8 grupos (n = 10) de acordo com o cimento avaliado (Rely X ciment, Luting e Lining, Ketac Cem, Rely X ARC, Biscem, Duolink, Rely X U100, e Variolink II). Após o preparo para o pino, a dentina radicular foi pré-tratada para cimentos resinosos de dupla polimerização e não tratada para os outros cimentos. O agente cimentante foi inserido no interior do canal com uma lima. Após 7 dias, os dentes foram secciona-

dos perpendicularmente ao seu longo eixo em secões de 1 mm de espessura. O teste de PO foi realizado a uma velocidade de 0,5 mm/min até a extrusão do pino. Os resultados foram avaliados por ANOVA de dois fatores e todos os procedimentos de comparação múltipla pareados (teste de Tukey) ($\alpha = 0.05$). A ANOVA mostrou que o tipo de interação entre o cimento e a localização da raiz influenciou significativamente a força de PO (P <0,05). Os maiores resultados de forca foram obtidos para Luting e Lining $(19.5 \pm 4.9 \text{ MPa})$, Ketac Cem (S2) $(18.6 \pm 5.5 \text{ MPa})$ e Luting e Forro (S1) $(18.0 \pm 7.6 \text{ MPa})$. Os menores valores médios foram registrados com Variolink II (S1) $(4,6 \pm 4,0 \text{ MPa})$, Variolink II (S2) $(1.6 \pm 1.5 \text{ MPa})$ e Rely X ARC (S3) $(0.9 \pm 1.1 \text{ MPa})$. Com isso, os autores concluíram que os cimentos autoadesivos e os cimentos de ionômero de vidro apresentaram valores significativamente maiores em comparação aos cimentos resinosos polimerizáveis. Em todos os segmentos radiculares, os cimentos resinosos de polimerização dupla proporcionaram uma força de adesão significativamente menor. Diferenças significativas entre os segmentos radiculares foram encontradas apenas para o cimento Duo-link.

A fim de verificar diferentes cimentos na resistência de união de pinos de fibra a dentina radicular Pereira et al. (2014) trataram setenta caninos superiores e dividiram em 7 grupos de acordo com o cimento utilizado para cimentação do pino de fibra (n= 10): RelyX Unicem, BisCem, RelyX Luting 2, RelyX ARC, Panavia F, Enforce, e Allcem. O grupo controle foi realizado com Ionômero de Vidro para cimentação. Os espécimes foram submetidos a um teste de resistência de união em uma máquina de ensaio universal numa velocidade de 0,5 mm/min. Os resultados foram analisados com 1-way ANOVA e teste de Tukey ($\alpha = 0.05$). RelyX Unicem, BisCem, RelyX ARC, Panavia F, e Allcem apresentaram maior resistência de união do que RelvX Luting 2 e Enforce. Como conclusão, observou-se que todos os cimentos com exceção do Enforce apresentaram retenção adequada quando comparados ao cimento de ionômero de vidro.

Fagundes *et al.* (2014) avaliaram as interfaces cimento-dentina e cimento-pino de diferentes agentes cimentantes para pinos de fibra de vidro. Trinta pré-molares humanos foram tratados endodonticamente e divididos em 3 grupos

de acordo com o procedimento adesivo: Prime & Bond 2.1/ Self Cure + Enforce, RelyX Unicem e RelyX Luting. Posteriormente foram seccionados em três terços (apical, médio e coronário) e examinados ao microscópio confocal. Após os dados serem submetidos aos testes Kappa, Kruskal-Wallis e Dunnet, a um nível de significância de 5%, o grupo Prime & Bond 2.1 / Self Cure + Enforce apresentou uma formação uniforme de tags na dentina, porém fendas na interface cimento-dentina. Os cimentos RelyX Unicem e RelyX Luting apresentaram uma interface adesiva com poucas fendas e pequena formação de tags quando comparados ao sistema Enforce. Todos os cimentos apresentaram o mesmo padrão de bolhas em seu interior, sendo RelvX Luting o que apresentou maior quantidade de falhas no terço coronário. Dessa forma, a qualidade das interfaces de ligação entre pinos de fibra e canais radiculares foi afetada tanto pela localização quanto pelo cimento.

Daleprane *et al.* (2016) realizaram um estudo *in vitro* para avaliar os efeitos anatômicos da raiz para alcançar o canal e diferentes cimentos resinosos na resistência de união de pinos de fibra de vidro. Para isso, utilizaram 135 raízes

de dentes bovinos tratadas endodonticamente, preparadas com pinos de 15 mm de comprimento e divididas de acordo com o nível anatômico da raiz: coronal (com 15 mm de espaco), média (com 10 mm de espaco) e apical (com 5 mm de espaço no poste). Os pinos de fibra de vidro foram cimentados com os cimentos (n= 15): cimento resinoso convencional e sistema adesivo de 3 passos (RelyX ARC/ SBMP); cimento resinoso autoadesivo (RelyX U200) e cimento autopolimerizável com adesivo (C & B/All-Bond 2). Após 24 horas, os espécimes foram seccionados e submetidos ao teste PO. A carga máxima de extrusão foi registrada (0,5 mm/minuto, 200 N). Os dados foram analisados com ANOVA e teste de Tukey (a= 0,05). O modo de falha foi analisado usando regressão logística multinomial. Não houve efeitos significativos de cimentos resinosos (P > 0.05). A resistência de adesão no terço apical foi maior quando o canal foi alcançado no nível apical do que no nível coronal (P = 0.022). Quando cada nível de raiz foi atingido diretamente, a força de união coronal foi menor que apical (P=0,001) e média (P = 0,021) para todos os cimentos.

Ubaldini et al. (2018) investigaram a relação entre interações físico-químicas de cimentos resinosos com dentina e retenção de pinos de fibras em canais radiculares. O método de *pull out* foi utilizado para avaliar a retenção de pinos de fibra (RelyX Fiber Post). A zona de difusão dos cimentos e sua interação química com a dentina foram estimadas por espectroscopia micro-Raman. Os cimentos empregados foram Rely X Ultimate, Variolink II, Panavia F2.0, e RelyX Unicem 2. Sendo que o cimento Rely X Ultimate foi utilizado com sistema adesivo Universal de maneira convencional e autocondicionante. A retenção dos pinos de fibra diminuiu na seguinte ordem: RelyX Ultimate,, convencional> RelyX Unicem 2 > RelyX Ultimate, modo autocondicionante \geq Panavia F2.0 \geq Variolink II (p <0.05). Os cimentos utilizados no modo autocondicionante mostraram difusão intermediária na dentina (p<0,05). Todos os cimentos resinosos apresentaram algum grau de interação química com a dentina, sendo que o RelyX Ultimate utilizado no modo convencional apresentou o mais alto e o Panavia F2.0 o mais baixo (p < 0.05).

Berti *et al.* (2018) avaliaram a influência do tempo de cimentação após tratamento endodôntico e do tipo de cimento utilizado na resistência de união de pinos intrarradiculares. Oitenta raízes de incisivo bovino foram divididas em quatro grupos (n= 20). Os pinos foram cimentados imediatamente ou 7 dias após o tratamento endodôntico, utilizando um cimento resinoso dual (RelyX ARC, 3M ESPE) ou um cimento resinoso autoadesivo (RelyX U200, 3M ESPE). Depois da cimentação, as amostras foram seccionadas em fatias. O teste realizado foi PO e a análise estatística foi ANOVA. Como resultado, o RelyX ARC forneceu valores de força de adesão significativamente maiores que o U200 independente do terço da raiz e do momento.

Cerqueira *et al.* (2018) estudaram a influência do modo de preparo de dentina, *smear layer* (SL), camada híbrida (HL) e resistência de microtração (μ TBS) com dois cimentos resinosos. A dentina oclusal de 120 terceiros molares foi exposta e os dentes foram divididos em 4 grupos (n= 30) de acordo com o modo de preparo da dentina: 1- broca diamantada de grão fino; 2- broca diamantada de grãos grosseiros; 3- broca de aço duro multi-laminado; 4- broca de di-

amante ultrassônico CV Dentus. Cada dentina tratada foi dividida em 2 subgrupos (n=15) de acordo com o cimento resinoso: (1) RelyX U200 e (2) RelyX ARC. Blocos compostos de resina foram cimentados em dentina. Após armazenagem a 37°C por 24 h, feixes com área de seção transversal de 1,0 mm² foram obtidos e testados em EMIC com velocidade de 0,5 mm/min. Dois dentes adicionais para cada subgrupo foram preparados para analisar o SL e HL em MEV. De acordo com o teste de Kruskal-Wallis e os testes de Dunn, não houve diferença significativa no µTBS entre os instrumentos rotatórios dentro de cada grupo de cimento resinoso. O RelyX ARC obteve valores mais elevados de uTBS em comparação com o RelyX U200 (p <0.05). RelyX ARC formou HL, diferente do RelyX U200. O SL foi diferente para todos os instrumentos. Em conclusão, o agente cimentante é mais determinante na formação da camada híbrida e resistência adesiva à dentina do que os instrumentos.

2.4. Testes de resistência de união intrarradicular: *push out versus* compressão diametral

Os testes de resistência à tração diametral foram desenvolvidos para investigar materiais frágeis, com pouca ou nenhuma deformação plástica. O campo de tensões que induz falha de tração quando um disco, cilindro ou anel é comprimido diametralmente pode ser determinado, desde que o material mantenha um comportamento isotrópico e elástico linear até o ponto de falha (ASKELAND & PHU-LÉ, 2008; ANUSAVICE, 2013).

O teste de resistência à tração por CD é usado por sua simplicidade na preparação das amostras. Uma amostra cilíndrica (com dimensões de 5 mm x 2 mm) é submetida a uma carga de compressão perpendicular ao eixo longitudinal até a fratura ocorrer ao longo do diâmetro de carregamento (HONDROS, 1959; ANUSAVICE, 2013). Há uma correlação positiva entre a resistência à fadiga, dureza, módulo de elasticidade, resistência à compressão e resistência à tração por CD de materiais. Um material restaurador com elevada resistência à compressão, resistência à flexão e resistência à tração diametral será mais resistente às forças mastigatórias (PALIN *et al.*, 2003; ANUSAVICE, 2013). O teste CD, como teste de tração indireto, induz uma tensão de tração na direção transversal à carga compressiva aplicada, que divide a amostra redonda em duas metades ao longo do diâmetro. Utilizando-se a correlação digital de imagens e a mensuração da emissão acústica, foi demonstrado que a descolagem na interface pino-dentina ocorreu antes da fratura da dentina na amostra de disco (HUANG *et al.*, 2012[a]; ZHU *et al.*, 2018).

Huang *et al.* (2012[a]) discutem que os métodos existentes para avaliação da adesão dentinária de restaurações apresentam deficiências e que novos métodos são necessários para prever falhas clínicas. A fim de resolver essa questão, avaliaram a viabilidade de usar o teste de disco brasileiro modificado ou CD para medir a resistência de união na interface pino-dentina. Quatro grupos de discos de resina composta contendo uma fatia de dentina com ou sem um pino intrarradicular foram testados sob CD até a fratura. Grupo 1 - pinos de fibra de vidro (RelyXTM Fiber Posts, 3M, St Paul, MN, EUA), grupo 2 - pinos de aço inoxidável, grupo 3 - restaurações diretas de resina (Z250, 3M ESPE) e grupo 4 - sem restaurações. O exame não destrutivo avançado e técnicas de imagem na forma de emissão acústica (AE) e correlação de imagem digital (DIC) foram utilizados de forma inovadora para capturar o processo de fratura em tempo real. DIC mostrou concentração de tensão, aparecendo primeiro em um dos lados laterais da interface pino-dentina. A aparência da concentração interfacial também coincidiu com o primeiro sinal AE detectado. Utilizando os dados experimentais e a análise de elementos finitos (FEA), as forças de resistência adesiva à tração foram 11,2 MPa (pinos de fibra), 12,9 MPa (pinos metálicos), 8,9 MPa (restaurações diretas de resina) e 8,26 MPa para dentina. Estabeleceram, assim, a viabilidade de usar CD para medir a força de união entre pinos intracanais e a dentina.

Li *et al.* (2015) pesquisaram a falha por fadiga de discos de dentina e compósitos submetidos à CD cíclica com o objetivo de estabelecer a relação entre a carga cíclica e a vida de fadiga da interface dentina-compósito usando um novo disco desenvolvido em testes de CD . Para isso, discos de 5 mm de diâmetro x 2 mm de espessura foram preparados a partir de incisivos bovinos e restaurados com compósitos. Os discos de dentina-compósito foram submetidos a CD cí-

clica para determinar o número de ciclos até a falha (Nf) em três níveis de carga (n=3 por grupo). A FEA foi usada para calcular as tensões interfaciais da amostra. Os discos restaurados com FiltekTM LS apresentaram maior resistência à fadiga do que aqueles restaurados com Z100. A tensão interfacial máxima no dente restaurado determinada pela FEA foi de \pm 0,5 MPa. Com base na estimativa de 300.000 ciclos de mastigação por ano, a vida útil prevista sob carga oclusal para dentes restaurados com LS foi de 33 anos e 10 anos para Z100.

Carrera *et al.* (2016) realizaram um estudo para avaliar a resistência de união à dentina intracanal entre resinas compostas e dentina. Para isso, foram preparados discos usando Z100 ou Z250 (3M ESPE) em combinação com os adesivos, Adper Easy Bond (EB), Adper Scotchbond Multi-Purpose (MP) e Adper Single Bond (SB), e testados sob CD. A emissão acústica (AE) e a correlação digital de imagens (DIC) foram utilizadas para monitorar o momento exato que ocorre a descolagem do compósito da dentina. Para calcular as forças de adesão usando as cargas de falha, foi criado um modelo de elemento finito. Modos de fratura foram examinados por MEV. O maior número de espécimes fraturados foi ao longo da interface dentina-resina. DIC e AE confirmaram a descolagem interfacial imediatamente antes da fratura dentinária. Os resultados mostraram que a forca de adesão média com EB (14.9 MPa) foi significativamente maior do que com MP (13,2 MPa) ou SB (12,9 MPa) (p <0.05). Não houve diferença significativa entre MP e SB (p > 0.05). A resina Z100 (14,5 \pm 2,3 MPa) apresentou maior resistência de união que Z250 (12,7 \pm 2,5 MPa) (p <0,05). A maioria dos espécimes (91,3%) mostrou um modo de falha adesivo. EB falhou principalmente na interface dentina-adesivo, enquanto MP na interface adesivo-composto; as amostras com SB falharam na interface adesivo-composto e coesivamente no adesivo. Quanto ao teste utilizado, CD mostrou-se uma alternativa adequada para medir a forca de união entre dentina e compósito, demonstrando a falha na interface dentinacompósito, sem a presença de falha prematura.

Scotti *et al.* (2016) realizaram um estudo *in vitro* com o objetivo de avaliar o efeito da aplicação de hidroxiapatita sintética na resistência dos pinos de fibra à dentina radicular. Quarenta dentes unirradiculares foram tratados

endodonticamente e um espaco de 8 mm foi preparado. Os espécimes foram colocados aleatoriamente em quatro grupos (n = 10 em cada): grupo 1 (17% EDTA + Panavia SA); grupo 2 (17% EDTA + Dessensibilizador Teethmate + Panavia SA); grupo 3 (Universal All-Bond + Duo-Link Universal); e grupo 4 (All-Bond Universal + Dessensibilizador Teethmate + Duo Link Universal). Após 7 dias de armazenamento a 37 ° C, os dentes foram cortados em fatias de 1 mm de espessura e submetidos a um teste de PO até a falha usando uma máquina de ensaio universal. Dois espécimes por grupo foram preparados para análise por MEV. Um detector de espectroscopia de raios-X dispersivo de energia foi usado para análise elementar da superfície da amostra. Os resultados foram analisados estatisticamente usando onewav ANOVA. A resistência de adesão dos pinos de fibra foi estatisticamente aumentada após a aplicação do Dessensibilizador Teethmate, seja com um cimento autoadesivo ou com um adesivo universal. A MEV e a análise de espectroscopia de raios-X mostraram que o Dessensibilizador Teethmate criou um precipitado de fosfato de cálcio sobre os túbulos dentinários, melhorando significativamente a resistência de união dos pinos de fibra de vidro.

Li et al. (2017) realizaram ensaios de fadiga acelerada para testar a resistência adesiva à dentina com carga continuamente crescente. Sendo assim, discos de compósito e dentina (5 mm \times 2 mm), confeccionados a partir de raízes de incisivos bovinos, foram submetidos à c CD cíclica com uma amplitude de carga continuamente crescente. Dois perfis de carga diferentes. lineares e não lineares em relação ao número de ciclos, foram considerados. Os dados foram analisados por Teoria Weakest-Link e na função clássica de vida-estresse, antes de serem transformados para simular dados clínicos de restaurações diretas. Todos os dados experimentais podem ser bem ajustados com uma função Weibull de dois parâmetros. No entanto, uma calibração foi necessária para que a amplitude de tensão efetiva fosse responsável pela diferença entre carga estática e carga cíclica. O modelo in vitro também simulou com sucesso os dados clínicos. Os autores sugeriram que seria muito útil repetir os testes de fadiga em um ambiente de baixo pH, por exemplo, para combinar os desafios mecânicos e bioquímicos, levado em
consideração situações clínicas. No entanto, seria necessário estabelecer a taxa de aumento da intensidade desses desafios bioquímicos com o número de ciclos, de modo que eles se sincronizem com a carga mecânica crescente.

Zhu et al. (2018) realizaram um estudo onde o teste de PO e o teste de CD foram comparados para mensuração da resistência de união de pinos de fibra de vidro à dentina. Quarenta incisivos bovinos foram padronizados com diâmetro interno de 2mm e os diâmetro externo de 5 mm, divididos em dois grupos: pinos de fibra com cimento resinoso (RelyXTM Unicem 2, 3M ESPE, St. Paul, MN, EUA) ou RMGI (RelyXTM Luting Plus, 3M ESPE, St. Paul, MN, EUA). Os resultados mostraram que as resistências à tração medidas pelo teste CD $(15,39 \pm 2,00-20,01 \pm 2,76 \text{ MPa})$ foram maiores que a resistência ao cisalhamento determinada pelo teste PO ($5.14 \pm 2.66 + 8.04 \pm 3.93$ MPa) para ambos os materiais e pré-tratamentos utilizados (p = 0.000). Por outro lado, os coeficientes de variação da resistência de união à tração do CD (13,00-19,46%) foram muito inferiores aos da resistência ao cisalhamento dada pelo teste PO (37,04-53,15%) para cada um dos casos. Quanto ao cimento resino-

so a resistência à tração foi significativamente maior (19.43 \pm 2,48 ou 20,01 \pm 2,76 MPa) do que o ionômero de vidro modificado por resina (RMGI) (15,39 \pm 2,00 ou 17,42 \pm 3.39 MPa) com ou sem ciclagem térmica (TC). A falha foi analisada e com o cimento resinoso, a falha adesiva entre o cimento e a dentina foi a mais frequente em ambos os testes. Sem TC, todos os espécimes falharam na interface cimentodentina. Com termociclagem, 5% dos espécimes de cimento resinoso apresentaram falha no modo misto, ou seja, falha coesiva no cimento e falha adesiva entre o cimento e a dentina. Nos discos RMGI a falha mista foi predominante. Em conclusão, o disco em CD apresentou medidas de força de adesão entre pinos e dentina mais precisas quando comparado com o teste PO. As curvas de carga-deslocamento do teste CD foram muito mais suaves e mais lineares até o ponto de fratura. Em comparação com o teste PO, a CD é mais fácil de realizar para determinar a força de união entre os pinos e a dentina, nenhum alinhamento de amostra é necessário e produz um desvio padrão menor na resistência de união medida. Porém, como principal desvantagem o teste CD necessita da FEA para calcular a força de adesão.

O método de elementos finitos é composto por análises matemáticas que podem representar situações in vivo compatíveis com o modelo real. É necessário definir o objeto de pesquisa, que poderá ser qualquer estrutura dento-maxilo-facial. Primeiramente, define-se a geometria da estrutura que se deseja analisar, o objeto é desenhado graficamente e a morfologia das estruturas pode ser baseada em Atlas de Anatomia, tomografias computadorizadas, e/ou dentes extraídos. A estrutura é discretizada em pequenos elementos denominados elementos finitos. Quanto maior o número de elementos mais preciso será o modelo (LOTTI et al., 2006). Esses modelos podem ser analisados quanto à distribuição de tensões ao longo dos pino intracanais e da estrutura dentária remanescente (NOKAR et al., 2018; YOON et al., 2018).

Verri *et al.* (2017) avaliaram através da FEA cinco incisivos centrais superiores restaurados com pinos metálicos fundidos e pinos de fibra de vidro. Para as análises utilizaram FEMAP e NeiNastran, com força axial aplicada de 100N e carga oclusal oblíqua a 45°. A distribuição de estresse entre os grupos foi analisada com análise de variância bidirecional (ANOVA), seguida pelo teste de Tukey. O pino de fibra de vidro apresentou a melhor distribuição de tensão, seguido pelo núcleo metálico fundido com as ligas Au, AgPd, CuAl e NiCr, respectivamente (p <0,001). Sob carga oblíqua, o pino de fibra gerou os maiores valores de tensão entre os modelos, seguido pelo núcleo metálico com liga de NiCr do que outros modelos (p <0,001). O uso de fibra de vidro resultou em uma menor concentração de estresse no pino, mas aumentou o estresse no dente sem férula. O núcleo com liga de NiCr exibiu a maior distribuição de tensão entre os metálicos.

Rodrigues *et al.* (2017) discutiram que a criação de estudos FEA específicos para pacientes com dentes tratados endodonticamente e restaurados com pinos de fibra representam uma presença real da aplicação de cargas mastigatórias para prever e tentar evitar falhas. Além de validação e correlação de dados, uma abordagem FEA específica do paciente avança no objetivo de atendimento personalizado à saúde em odontologia. Considerando isso, os autores acima citados, realizaram um estudo com o objetivo de apresentar um protocolo e validar um modelo 3D de elementos finitos específicos desses pacientes usando tomografia computadorizadas de feixe cônico para testar o efeito de desenhos de incisivos centrais superiores esquerdo e direito restaurados com pino de fibra de vidro e restaurações de cerâmica pura. Os resultados desse estudo demonstraram que os esforços na dentina e no pino da fibra do incisivo esquerdo, que apresentavam-se não uniformes, foram maiores em comparação com o incisivo direito. Os valores de deformação registrados para o incisivo central direito (strain gauge = 79,9 `3,8 mS e FEA = 69,5 mS) e o incisivo central esquerdo (strain gauge = 83,5` 5,3 mS e FEA = 73,9 mS) validam a análise FEA.

3 PROPOSIÇÃO

3.1. Objetivo geral

Comparar dois métodos de mensuração da resistência de união e hibridização de dentina radicular.

3.2. Objetivos específicos

Avaliar a resistência de união de pino de fibra de vidro à dentina intrarradicular utilizando dois condicionadores de dentina: ácido glicólico 37% e ácido fosfórico 37%;

Avaliar se o grau de umidade dentinária afeta a resistência de união de pinos de fibra de vidro à dentina intrarradicular;

Avaliar a resistência de união de pino de fibra de vidro à dentina intrarradicular utilizando dois sistemas adesivos: Adper Single Bond 2 (a base de álcool) e One Step Plus (a base de acetona). Avaliar a resistência de união de pinos de fibra de vidro à dentina radicular por meio de dois diferentes testes: método de CD e teste de PO.

Hipóteses

Hipótese nula: não há diferença na resistência de união entre os dois métodos utilizados; diferentes ácidos; umidade dentinária; e, sistema adesivos.

4 MATERIAIS E MÉTODOS

4.1. Seleção e preparo das amostras

Após a aprovação pelo comitê de ética em pesquisa com animais, nº 046/2019 (Anexo 1), foram selecionados 80 dentes bovinos unirradiculares obtidos em abatedouros comerciais. Foram selecionados os dentes com mesmas dimensões externas e condutos radiculares estreitos. Imediatamente após a extração os dentes foram armazenados em caixa de isopor com gelo e logo após armazenados em freezer à -17°C, para evitar qualquer degradação do colágeno e das estruturas dentinárias até o momento de sua utilização. Os dentes foram armazenados em sacos plásticos de 10 em 10 dentes para serem descongelados gradualmente conforme o uso.

Todos os passos operatórios e preparo das amostras foram realizados por um operador previamente calibrado e treinado. Inicialmente a porção coronária foi seccionada com disco de diamante dupla face (KG Sorensen, Cotia, SP, Brasil) acoplado a uma peça reta de baixa rotação sob constante refrigeração, abaixo da junção amelocementária, de forma que o remanescente radicular apresentasse um comprimento de 15 mm. Os dentes receberão marcações de referência nas superfícies radiculares por meio de uma caneta de retroprojetor, sendo a primeira marcação 2mm abaixo do limite amelocementário, a segunda marca 2mm acima do ápice radicular, e última marcação na metade da distâncias entre as duas marcas. Essas medidas serão realizadas com auxílio de um paquímetro digital (Vonder Paquímetro Eletrônico Digital, Curitiba, PR, Brasil) a fim de selecionar as raízes e padronizar raízes com os mesmos diâmetros.

Além disso, o diâmetro do conduto radicular foi avaliado como método de inclusão e exclusão dos dentes. Para isso foram selecionados dentes com lima anatômica inicial (#45), padronizando-a para todos os dentes em estudo. Todas as raízes foram preparadas utilizando o mesmo protocolo. O tecido pulpar presente foi removido por meio de limas endodônticas tipo K (Maillefer, Ballaigues, Suíça) número #45, sob abundante irrigação com água destilada (AD). Em seguida a porção apical de todas as amostras foi selada com resina composta e os canais radiculares ampliados na direção cérvico-apical, utilizando brocas largo #6 (Dentsply Maillefer, Ballaigues, Suíça) em baixa rotação, sob abundante irrigação com AD. O diâmetro interno do conduto radicular foi padronizado em 2mm e o diâmetro externo das amostras em 5mm (Figura 1) (CARRERA *et al.*,2016; LI *et al.*, 2017; ZHU *et al.*, 2018).



Figura 1. Amostras padronizadas em 2mm de diâmetro interno, 5mm de diâmetro externo e 2mm de espessura.

4.2. Preparo dos pinos de fibra de vidro

Foi utilizado o retentor intrarradicular Reforpost® Fibra De Vidro (Angelus, Londrina - PR - Brasil) reembasado com resina composta fotoativada (GRANDINI *et al.*, 2003; VELMURUGAN & PARAMESWARAN 2004; FARIA-E-SILVA *et al.*, 2009; MACEDO *et al.*, 2010; FARINA *et al.*, 2015).

Inicialmente foi realizado o preparo do pino com aplicação de ácido fosfórico 37% sobre a superfície do pino (para limpeza) durante 1min, lavagem por 1 min, secagem com jatos de ar, aplicação de silano (ANGELUS, Londrina - PR - Brasil) com um *microbrush* friccionando sobre a estrutura do pino e aguardando 1 min para volatilizar o álcool presente em sua composição. Na sequência, foi feito a aplicação de uma fina camada do *bond* do sistema adesivo AdperTM ScotchbondTM Multi-Purpose (3M-ESPE) sobre a superfície do pino e fotoativação em 2 faces por 40s cada face.

Para confecção do pino reembasado, primeiramente o canal foi isolado com gel hidrossolúvel (Natrosol, Natupharma, Passo Fundo, RS, Brasil). Em seguida, o pino de fibra de vidro foi envolvido com resina composta e o conjunto levado ao interior do canal radicular, este retirado e recolocado duas vezes, removendo-se os excessos de compósito e fotoativando-o em posição no interior do canal por 3s.

A seguir uma marcação na região vestibular do pino e do dente foi feita objetivando identificar a posição correta de inserção do pino na etapa de cimentação. Em seguida, o pino modelado foi removido do interior do canal radicular cuidando para não tocar nas paredes do canal fotoativando-o imediatamente na superfície vestibular e palatina por 40s cada face. Após, o canal foi irrigado abundantemente com água destilada durante 1 min a fim de remover completamente o gel hidrossolúvel e o pino reembasado também foi lavado abundantemente.

4.3. Divisão dos grupos experimentais

Os dentes foram divididos aleatoriamente em grupos (n=10), conforme Quadro 1. De cada dente foram confeccionadas sete fatias, sendo a primeira fatia descartada. Para análise foram obtidas duas fatias do terço cervical, duas do terço médio e duas do terço apical, com espessura de aproximadamente 2 mm cada, uma fatia de cada terço passou pelo teste de CD e outra por PO.

Quadro 1. Grupos experimentais em estudo tanto para o teste de Compressão diametral quanto para o teste de Push Out.

CONDICIO- NAMENTO DENTINÁRIO	UMIDA- DE DA DENTINA	SISTEMA ADESIVO/ CIMENTO RESINO- SO	GRU- POS
	Dentina	Adper SingleBond/ RelyXARC	G1 AG/DU/SB
Ácido glicólico 37%	Úmida	One Step Plus/ Duo- Link Bisco	G2 AG/DU/OS
	Dentina	Adper SingleBond/ RelyXARC	G3 AG/DM/SB
	Molhada	One Step Plus/Duo-Link Bisco	G4 AG/DM/OS
Ácido fosfórico 37%	Dentina	Adper SingleBond/ RelyXARC	G5 AF/DU/SB
	Úmida	One Step Plus/ Duo- Link Bisco	G6 AF/DU/OS
	Dentina	Adper SingleBond/ RelyXARC	G7 AF/DM/SB
	Molhada	One Step Plus/ Duo- Link Bisco	G8 AF/DM/OS

4.4. Hibridização Dentinária

A superfície dentária nos grupos G1, G2, G3 e G4 recebeu condicionamento com ácido glicólico 37% (Natupharma, Passo Fundo, RS, Brasil) (CECCHIN *et al.*, 2018). Os grupos G5, G6, G7 e G8 recebeu condicionamento com ácido fosfórico 37% (ANGELUS, Londrina - PR -Brasil). Ambos os ácidos permaneceram no interior do canal por 15 segundos (CECCHIN *et al.*, 2018; CERNY *et al.*, 2018), após foram abundantemente lavados por 1 minuto com AD.

4.5. Umidade da dentina intrarradicular

O canal foi aspirado com cânula endodôntica estreita, até a completa remoção da água. Logo após, um cone de papel absorvente calibre #45 úmido com AD será delicadamente passado nas paredes do canal radicular, para deixar a dentina úmida nos grupos G1, G2, G5 e G6. Para os grupos com dentina molhada (G3, G4, G7 e G8), após a completa aspiração de toda a água do canal com cânula endodôntica, foi inserido 10µL de AD com micropipeta.

4.6. Aplicação do Adesivo

Aplicação dos adesivos Adper[™] Single Bond 2 (SB) e One Step Plus (OSP): uma gota do respectivo adesivo foi dispensada no interior do canal e o sistema adesivo foi friccionado contra a dentina por 40 segundos, trazendo o adesivo da região apical para cervical com auxílio de microaplicadores descartáveis longos. Aguardou-se 20s e uma segunda aplicação foi realizada sendo o adesivo novamente aplicado no canal e friccionado contra a dentina por 40 segundos, trazendo o adesivo da região apical para cervical. Em seguida, foi aplicado jato de ar até que o adesivo fique com característica densa e não se movimente mais na superfície da dentina (SHAFIEI *et al.*, 2018; (CECCHIN *et al.*, 2019). Por fim, fotoativação por 40s foi realizada.

4.7. Cimentação do retentor intrarradicular

Após a hibridização da superfície radicular de acordo com cada grupo, foi realizada a cimentação com cimento resinoso dual RelyX ARC (3M-ESPE, St. Paul, MN, EUA) para o grupo que utilizou o adesivo Single Bond 2; e, cimento resinoso Dual Duolink Automix (Bisco Co., Schaumburg, IL, EUA) para o adesivo One Step Plus (Bisco Co., Schaumburg, IL, EUA). Os cimentos foram dispensados sobre um bloco de papel impermeável e manipulado por 10s. Com o auxílio de seringas do sistema Cêntrix e agulha Acudosse nº2 (DFL, Rio de Janeiro, RJ, Brasil) o cimento foi levado ao interior do canal radicular. O pino foi então posicionado no interior do canal radicular, estabilizado manualmente por 20s e realizada uma fotopolimerização por 5s. Foram então, removidos os excessos de cimento, e logo após realizada fotoativação final por 40s em 4 faces do dente (mesial, distal, vestibular e lingual).

4.8. Obtenção dos espécimes em forma de fatias

As raízes foram fixadas em uma placa de resina acrílica com cera pegajosa e em seguida adaptadas a uma cortadora metalográfica (Miniton, Struers, Copenhagen, Denmark) com disco diamantado dupla face, acionado a uma velocidade de 250 rotações por minuto (rpm) sob refrigeração. Foram utilizados 10 dentes por grupo. Sete fatias de cada dente foram obtidas, sendo a primeira fatia descartada. Para análise foram obtidas duas fatias do terço cervical, duas do terço médio e duas do terço apical, com espessura de aproximadamente 2 mm cada. Uma amostra de cada terço foi utilizada para avaliação no teste de PO; e, uma amostra de cada terço foi avaliada para o teste de CD (Figura 2), obtendo 10 amostras por terco para cada método avaliado (n=10), definido pelo poder do teste e artigos anteriores já publicados (PEREIRA et al., 2013; SAKER E ÖZCAN, 2015; PINTO et al., 2018). Todas as amostras foram marcadas com grafite na sua superfície mais apical, para permitir o correto posicionamento da amostra na máquina para o teste de PO.

Figura 2. Desenho esquemático da cimentação dos pinos de fibra de vidro. A. Corte da porção coronária; B. Prova do pino de fibra



de vidro; C. Reembasamento do pino de fibra de vidro com resina composta; D. Corte horizontal para preparo das amostras.

4.9. Teste de Push Out (PO)

Para o teste de PO, os discos confeccionados foram posicionados com a parte cervical do corte voltada para baixo sobre a mesa (perfurada no centro) do dispositivo. Uma força vertical de cima para baixo foi aplicada perpendicularmente ao conjunto pino/resina/cimento por meio de um pistão metálico o qual apresenta secção circular. Tomou-se o cuidado para o diâmetro deste pistão ocupar a maior área possível do conjunto restaurador, sem tocar as paredes de dentina. O pistão metálico estava conectado a uma máquina de ensaios universal (EMIC, São José dos Pinhais, PR, Brasil) com célula de carga de 500N. O teste foi realizado com uma velocidade de 0,5 mm/min e a carga foi aplicada até a extrusão do conjunto pino/resina/cimento. A partir disso, foi obtida no computador conectado à máquina a medida de força, em newtons (N), necessária para o deslocamento do material.



Figura 3. Teste de push-out

Após a realização dos testes de PO, os discos de dentina foram observados individualmente no microscópio óptico (Carl Zeiss, São Paulo, SP, Brasil) acoplado ao computador, de forma que, em um aumento de 50x, seja possível medir o perímetro do canal na porção cervical e apical do disco de dentina. A área foi calculada pela fórmula da área do cilindro A= $2\pi R(R+H)$. A resistência de união foi calculada em MPa, através da divisão da força em newtons (N) obtida no teste de PO pela área (A) de superfície do canal.



Figura 4. Área do cilindro

Ao mesmo tempo da realização das medidas, no microscópio óptico (Estereomicroscópio, Série ZTX Zoom), foram observados e classificados os padrões de falha de cada amostra (CECCHIN *et al.*, 2019), em 5 tipos: (1) adesiva entre compósito e cimento resinoso (cimento não visível em volta do compósito); (2) mista, com cimento resinoso cobrindo de 0 a 50% do diâmetro total do compósito; (3) mista com cimento resinoso cobrindo de 50 a 100% da superfície do compósito; (4) adesiva entre cimento resinoso e dentina radicular (compósito envolvido por cimento resinoso) e (5) coesiva em dentina.

4.10. Teste de compressão diametral (CD)

A CD foi realizada utilizando duas placas de aço horizontais e paralelas, como mostrado na Figura 5. As amostras em forma de fatias foram posicionadas e estabilizadas na base do dispositivo Bencor Multi-T (Danville Engineering, San Ramon, CA, EUA) acoplado a uma máquina de ensaio universal (EMIC-2000 DL, EMIC Equipamentos e Sistemas de Ensaio Ltda., São José dos Pinhais, PR, Brasil). Foi aplicada uma carga de compressão perpendicular ao eixo longitudinal da amostra, utilizando uma célula de carga de 2000 N, a uma velocidade de 0,5 mm/min até a fratura da amostra.

Para avaliar o início da falha, foi acoplada uma câmera com microfone permitindo assim registrar o momento exato e a força que ocasionou a falha (HUANG *et al.*, 2012 [a]).



Figura 5. Teste de compressão diametral

Utilizando análise de elementos finitos (FEA), foi estabelecida a relação entre o estresse de tração interfacial

pino-dentina e a força aplicada ao disco. A resistência de união pino-dentina pode então ser calculada usando a força final de falha. Modelos 3D de elementos finitos foram usados para simular os discos (Figura 6 e Figura 7). Os materiais foram assumidos com as propriedades mostradas nas tabelas 1 e 2. O coeficiente de atrito entre a placa de carga e a amostra foi definido em 0,3 (HUANG *et al.*, 2012 [a]; LI *et al.*, 2015). Os modelos foram analisados utilizando os softwares Solidworks para modelagem e o Ansys Workbench 19.2 para análise. A força de adesão foi calculada a partir da máxima tensão de tração na interface pino-dentina (Figura 8), usando o valor médio para gerar falha experimentalmente.



Figura 6. Modelos 3D de elementos finitos.

	Quantidade
Nós	638100
Elementos	157160
<i>Tipo de Element</i> Hexaédrico Parat	:o: pólico de 20 nós

Figura 7. Apresenta a quantidade de nós e elementos da malha

Tabela 1. Propriedades dos materiais necessárias para análise de elementos finitos.

Material	Módulo elás- tico (GPa)	Razão de Pois- son	Referência
Dentina	18.6	0.31	Huang <i>et al.</i> (2012)
Z250	14	0.31	Huang <i>et al.</i> (2012)
Cimento	18.6	0.28	Bacchi et al. (2019)



Figura 8. Amostra contendo os componentes utilizados no teste de CD e o local onde foram avaliados os resultados de resistência de união (tensão de tração)

Tabela 2. Propriedades dos pinos de fibra de vidro necessárias para análise de elementos finitos.

Glass fiber post	Módulo elástico (GPa)	Razão de Poisson	Módulo de cisalhament o (GPa)	Referência	
Transversal	y = 9.5	yz = 0.27	xy = 3.54	Lanza <i>et al.</i> (2005) Caldas <i>et al.</i> (2018)	
Longitudinal	x = 37	xy = 0.34	yz = 14.57	Lanza <i>et al.</i> (2005) Caldas <i>et al.</i> (2018)	
Diagonal	z = 9.5	xz = 0.34	xz = 3.54	Lanza <i>et al.</i> (2005) Caldas <i>et al.</i> (2018)	

4.11. Análise estatística

Os valores de resistência de união para *push out* foram analisados com ANOVA three way (fator 1: tipo de ácido; fator 2: tratamento da dentina, fator 3: tipo de sistema adesivo) com nível de significância de 5%. Para FEA foi calculado a partir da tensão máxima de tração na interface pino-dentina. Foi realizada correlação de Pearson entre os dois métodos em estudo. Os testes estatísticos foram realizados em um nível de significância de 0,05.

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A resistência adesiva é fator indispensável para o sucesso dos protocolos de reabilitação com uso de pinos de fibra de vidro. E os materiais empregados nesse processo ainda são discutidos na literatura.

O teste de *push out* é utilizado como recurso para quantificar a resistência de união entre estruturas dentárias e diferentes materiais odontológicos. É utilizado para mensurar a adesão de pinos intraradiculares (PATIERNO *et al.*, 1996) por ser um teste compatível com a realidade clínica e permitindo uma padronização das amostras (SOUSA-NETO *et al.*, 2005; HUFFMAN *et al.*, 2009). No presente estudo, as amostras apresentavam 2mm de espessura, e a resistência de união foi determinada pela força necessária para deslocar o pino, utilizando um pistão metálico de menor diâmetro. A partir disso, um cálculo entre a força necessária para o deslocamento do material e a área entre o material e a parede do canal, determinou a resistência de união. Foi encontrada significância estatística para o fator tipo de ácido (p=0,004), tratamento da dentina (p<0,001) e para a interação entre os fatores tipo de ácido e tratamento da dentina (p<0,001) nos valores de resistência de união (Tabela 3 e 4). Não houve significância para o fator tipo de adesivo e para a interação entre os demais fatores (p>0,05). Quando o ácido glicólico foi utilizado, a dentina úmida resultou em maior valor de resistência de união do que a dentina molhada, independentemente do tipo de sistema adesivo aplicado. Já para o ácido fosfórico, não houve efeito do tratamento da dentina nos valores de resistência de união.

Tabela 3. Média (desvio-padrão) dos valores de resistência de união por push out (MPa) para os grupos experimentais.

Ácido Glicólico 37%			Ácido Fosfórico 37%				
Úm	Úmida Molhada		Úmida		Molhada		
SB	OP	SB	OP	SB	OP	SB	OP
9,04	8,32	6,07	6,39	6,92	6,96	6,44	6,36
(1,84	(1,88	(1,61	(2,17	(1,57	(2,49	(1,94	(2,64
))))))))

Tabela 4. Médias de resistência de união por push out (MPa) para cada fator avaliado separadamente e para a interação entre fatores (ácido vs. dentina).

Fator 1: tipo de ácido							
AG - Ácido	Fosfórico 37%	р					
7	',45 a	6,	0,004				
	Fator 2: tratamento da dentina						
U -	Úmida	M - N	Iolhada	р			
7	,81 a	6,	<0,001				
Fator 3: tipo de adesivo							
	SB		р				
7	7,11 a	7,	0,693				
Fator 1 (ácido) vs. Fator 2 (dentina)							
AG - U	AG - M	AF - U	AF - M	р			
8,67 a	6,23 b	6,94 b	6,40 b	<0,001			

*Médias seguidas de letras iguais na mesma linha são estatisticamente semelhantes ($p \ge 0,05$).

Quanto ao condicionamento da superfície dentinária o ácido fosfórico além de eficiente, apresenta-se como a substância mais utilizada (TAY *et al.*, 2000), porém como mostram os resultados deste estudo, após a realização do teste de PO, o ácido glicólico quando associado a dentina úmida apresentou valores de resistência de união superior a utilização do ácido fosfórico, que seria considerado como padrão atualmente, independente do adesivo utilizado. Esse resultado vai ao encontro de estudos anteriores onde o condicionamento da dentina radicular com ácido glicólico mostrouse adequado para procedimentos adesivos (CECCHIN *et al.*, 2019).

O ácido fosfórico a 37% promove uma desmineralização expondo as fibras colágenas de 5µm a 8µm de profundidade (FARIAS *et al.*, 2016). Estudos mostram que após 15 segundos a desmineralização causada pelo ácido fosfórico 37% na dentina é de 8,5µm e o molhamento dos adesivos universais de 5,0µm para o Scotchbond Universal (SBU) e 6,5µm para o Allbond Universal (ALU). Deixando assim parte das fibras colágenas sem o encapsulamento dos

102

monômeros do adesivo, que fica em 3,5μm e 2,5μm para os respectivos adesivos. Nesse espaço as MMP-2 e MMP-9 iniciam a degradação da camada híbrida, além da degradação hidrolítica que ocorre a longo prazo (FARIAS *et al.*, 2016; SCHULZE *et al.*, 2005; VAN MEERBEEK *et al.*, 1992).

No estudo de Cecchin et al. (2018) foram utilizados os mesmos condicionadores e o resultado demonstrou que ambos removeram a camada de esfregaço, dissolveram a dentina intratubular e expuseram fibrilas de colágeno. Os resultados do nosso estudo mostraram melhor comportamento do ácido glicólico. Acreditamos que o ácido glicólico possa desmineralizar em menor profundidade a dentina, permitindo que tanto o adesivo a base de álcool como o a base de acetona consigam remover a água da dentina desmineralizada criando uma camada híbrida adequada e totalmente encapsulada. Entretanto, mais estudos devem ser realizados para avaliar a profundidade de desmineralização desses adesivos e encapsulamento das fibrilas colágenas pelos respectivos sistemas adesivos.

Após a análise de falha que foi realizada utilizando o microscópio óptico, encontramos os resultados apresentados na tabela 5. Para o teste de PO a falha do tipo 3, mista envolvendo de 50 a 100% da superfície do pino foi a mais predominante, tanto nos grupos onde o condicionamento foi realizado com ácido fosfórico quanto com ácido glicólico independente do sistema adesivo. Falhas do tipo 1, 2 e 5 indicam que adesão ocorreu satisfatoriamente, pois mais cimento ficou aderido na dentina. O ácido glicólico mostrou maior quantidade de falhas tipo 1 e 3, já para o ácido fosfórico houve um aumento do tipo de falha 2 e 3, o que mostrou uma piora na adesão do sistema adesivo aos canais. No estudo de Cecchin et al. (2018) a falha adesiva foi predominante para SB e OSP, e houve aumento de falhas mistas para SBU, tanto para ácido glicólico quanto para ácido fosfórico.

Tabela 5. Tipos de falha encontrados para teste de push out após análise de falha em microscópio óptico.

		РО				
	n	1	2	3	4	5
G1	30	5 (16,6%)	9 (30%)	(16,6%)	(36,6%)	0
G2	30	11 (36,6%)	3 (10%)	7 (23,3%)	6 (20%)	3 (10%)
G3	30	(50%)	(20%)	(16,6%)	(13,3%)	0
G4	30	10 (33,3%)	(13,3%)	(36,6%)	(13,3%)	(3,3%)
G5	30	(10%)	(20%)	20 (66,6%)	(3,3%)	0
G6	30	5 (16,6%)	(36,6%)	9 (30%)	(16,6%)	0
G7	30	(6,6%)	14 (46,6%)	14 (46,6%)	0	0
 G8	30	(13,3%)	(50%)	9 (30%)	(6,6%)	0

Os dados obtidos nos diferentes terços do canal radicular foram todos incluídos em cada um dos grupos, pois não apresentaram diferenças para os terços. Dessa forma, apenas os dados do grupo foram utilizados para estatística. Possivelmente essa diferença não foi vista pois realizamos a padronização de todas as raízes, mantendo seu formato cilíndrico, desde o terço cervical até o apical, tanto em seu diâmetro interno quanto externo.

Já a partir dos FEA, foi possível visualizar a distribuição de tensão ao longo da amostra a partir do teste de compressão diametral (Figura 9). Esse método requer a simplificação de estruturas especialmente quando os materiais tem densidade semelhante ao pino de fibra de vidro, cimento resinoso e dentina radicular (RODRIGUES *et al.*, 2017) que é o caso do nosso estudo.



Figura 9. Tensão Von Mises durante o teste de compressão diametral

Além disso, foi possível observar que houve uma distribuição de tensão máxima e mínima (Gráfico 1) ao longo da linha de tração (Figura 10 e 11).



Figura 10. Modelo 3D mostrando a linha onde foi avaliada a tensão de tração da amostra



Figura 11. Tensão máxima e mínima de tração ao longo da amostra

É possível identificar que no momento que ocorre a compressão da amostra no sentido vertical (Figura 9), ocorre uma distribuição de tensão ao longo da amostra, podendo ser visualizada a tensão de tração perpendicular a incidência da força (Figura 10, 11 e 12). O mesmo foi relatado no estudo de Zaytsev e Panfilov (2014) e Li *et al.* (2015) onde altas concentrações de tensão foram encontradas na dentina ao redor dos dois pontos de aplicação da força, induzindo a tensão de tração pura no local onde ocorre o descolamento.
Maximum Principal Stress Directions



Figura 12. Distribuição de tensão ao longo da amostra

A partir da linha de tração foi feita a média da tensão máxima e mínima para todos os grupos do estudo (Figura 10, Gráfico 1). A tração é o que nos fornece valores mais adequadas de resistência de união, tais como são feitos os estudos de resistência de união na porção coronária de dentes, transformando a porção coronária em forma plana, que são os palitos. Esse teste de compressão diametral nos dá os valores de tração ideais para avaliar a resistência de união de uma amostra, que no caso de canais radiculares é curva. Para uma amostra curva, que é a superfície adesiva dos canais radiculares, a região de tração apresenta-se perpendicular a linha onde a carga compressiva estava sendo aplicada (Figura 10, 12), de onde foram obtidos os valores de força máxima, que foi transformado em resistência adesiva pelo elementos finitos (Tabela 6 e 7).

Tabela 6. Resistência de união dos grupos. Tabela apresenta a resistência máxima, mínima e média nos diferentes terços do canal radicular

Grupo	Carga mé- dia ensaio (N)	Tensão média (MPa)	Tensão Max (MPa)	Tensão Min (MPa)
1	519,41	16,10	20,48	14,56
2	448,97	13,92	17,70	12,60
3	500,49	15,51	19,73	14,03
4	472,09	14,63	18,61	13,24
5	448,54	13,91	17,69	12,58
6	480,00	14,88	18,92	13,46
7	486,73	15,09	19,19	13,65
8	489,18	15,16	19,29	13,72

A tabela 6 mostrou os valores de resistência de união máxima, mínima e a média para cada grupo. A resistência média foi utilizada para comparar a compressão diametral com os dados apresentados no teste de *push out*.

Grupo	Tensão média (MPa)		
1	16,10		
2	13,92		
3	15,51		
4	14,63		
5	13,91		
6	14,88		
7	15,09		
8	15,16		

Tabela 7. Médias de resistência de união em MPa para os diferentes grupos

Na tabela 7 e gráfico 2 podemos observar que as médias foram similares para os diferentes grupos, variando entre 13 MPa e 16 MPa. Isso mostrou que este teste não é tão sensível as variações dos tratamentos executados na dentina quanto os resultados apresentados pelo teste de *push out*. Acreditamos que isso possa ocorrer, devido a presença da estrutura de dentina durante o teste de compressão. Isso pode ter dificultado a avaliação precisa dos valores de resistência de união onde estava ocorrendo a tração nas amostras, uma vez que a interface adesiva é extremamente delgada e sensível as variações do teste.

Gráfico 2. Mostra a distribuição de tensões em MPa para os diferentes grupos e terços do canal



Para o teste de CD, encontrou-se dificuldade quanto a avaliação dos resultados obtidos, no que refere-se a análise estatística dos dados obtidos no teste de elementos finitos. Uma vez que as fórmulas analíticas disponíveis de tensões para o teste de compressão diametral são apenas para discos homogêneos, é necessário utilizar FEA para determinar as distribuições de tensões e resistência de união para um disco composto, principalmente para interface entre pino e dentina (HUANG et al., 2012 [b]). A literatura relata que a utilização da tração diametral para avaliar a resistência de união é um método de fácil realização (ASKELAND e PULÉ, 2008; HUANG et al., 2012 [a]; CARRERA et al., 2016; ZHU et al., 2018), o que de fato é na sua execução laboratorial. No entanto, quando utilizamos muitos grupos e muitas variantes, há necessidade de tempo longo para a obtenção e avaliação dos resultados, pois cada amostra necessita ser analisada individualmente, o que tornou-se um obstáculo nessa pesquisa, impossibilitando a obtenção dos resultados de forma individual por conter 240 amostras para serem avaliadas pelos FEA. Dessa forma, pudemos avaliar a resistência de união, onde estava acontecendo a tracão na amostra propriamente dita, apenas para as médias de cada grupo e não para cada amostra individualmente. Isso gerou uma impossibilidade de realização de estatística para avaliar as diferenças entre os grupos. Embora não pudesse ser realizada a estatística para o teste de CD, podemos observar pequena alteração de valores entre os grupos. O que mostra que o teste não é sensível as variações apresentadas para cada grupo, no que se refere a quantidade de água presente na dentina, diferença entre os ácidos e adesivos utilizados. Isso pode ter ocorrido devido a grande quantidade de estruturas entre a força aplicada e as diferentes camadas de materiais.

Embora não pudéssemos avaliar estatisticamente os dados de CD, fizemos uma Correlação de Pearson para verificar se havia uma interação entre os valores apresentados para os testes de PO e CD (Gráfico 3). Foi realizado o teste de correlação de Pearson com nível de significância de 5%. Não foi encontrada correlação entre a resistência de união pelo teste de *push out* e a resistência à tração diametral para os grupos experimentais (r=0,0947; p=0,823). Dessa maneira, através dos dados obtidos neste estudo podemos observar que embora o teste de CD seja rápido de ser executado em sua etapa laboratorial, foi dificultada no momento de avaliar a resistência de união de cada amostra, pelo tempo dispensado para essa avaliação individual por FEA. Além disso, os valores de resistência de união entre os grupos apresentou pouca variação, o que mostra que a estrutura dentinária que envolve a interface adesiva pode ter dificultado a avaliação da camada híbrida delgada. Embora esse teste apresente essas limitações, podemos através dos elementos finitos indicar onde ocorreram as variações nas tensões ao longo da amostra.

Assim, baseado nos nossos resultados podemos concluir que apesar das limitações apresentadas pelo teste de *push out* ele ainda é mais sensível para detectar alterações na resistência de união quando diferentes padrões de molhabilidade da dentina, condicionamento e adesivos são utilizados.

Gráfico 3. Dispersão com as médias de resistência à tração diametral e resistência de união pelo teste de *push out* para cada grupo experimental.



6 CONCLUSÕES

Baseados nos resultados obtidos neste estudo podemos concluir que apesar de o teste de PO não ser o melhor teste para avaliação da resistência de união por ser executado no canal radicular, ele pode detectar alterações mais sensíveis nos valores de resistência quando comparado ao teste de CD. Para esses dados, o push out mostrou que o ácido glicólico apresenta valores de resistência de união superiores ao ácido fosfórico em dentina úmida, independente do adesivo utilizado. O teste de CD apesar de fácil execução, apresenta limitações por ter toda a estrutura de dentina entre a força aplicada e a interface adesiva avaliada, além de que o tempo dispensado para avaliar cada amostra individualmente tornou-se um obstáculo no estudo. Acrescidos a isso, não houve correlação entre os dois testes.

REFERÊNCIAS

ALMEIDA, E. F. Utilização do Ácido Glicólico nas Alterações Estéticas. *Rev. Personalité*, v. 11, n. 56, p. 124-135, 2007.

AMARAL, S.F.D.; SCAFFA, P.M.C.; RODRIGUES, R.D.S.; NESADAL, D.; MARQUES, M.M.; NOGUEIRA, F.N.; SOBRAL, M.A.P. Dynamic Influence of pH on Metalloproteinase Activity in Human Coronal and Radicular Dentin. *Caries Res*, v. 52, n. 1-2, p. 113-118, 2018.

ANUSAVICE, K. J. Phillips: materiais dentários. 13. ed. Rio de Janeiro: Elsevier. 2013.

ASKELAND, D. R.; PHULÉ, P.P. Ciência e engenharia dos materiais. 1. ed. São Paulo: Cengage.Learning 2008.

ASMUSSEN, E.; PEUTZFELDT, A.; HEITMANN, T. Stiffness, elastic limit, and strength of newer types of endodontic posts. *J Dent*, v. 27, n.4, p. 275-278, 1999.

BACCHI, A.; CALDAS, R.A.; SCHMIDT, D.; DETONI, M.; SOUZA, M.A.; CECCHIN, D.; FARINA, A.P. Fracture Strength and Stress Distribution in Premolars Restored with Cast Post-and-Cores or Glass-Fiber Posts Considering the Influence of Ferule. *Biomed Res Int*, v. 1, p. 1-7, 2019.

BAENA, E.; FLORES, A.; CEBALLOS, L. Influence of root dentin treatment on the push-out bond strength of fiber posts. *Odontology*, v. 105, n. 2, p. 170-177, 2016.

BARCELLOS, R. R.; PEREIRA, D.; CORREIA, D.; FA-RINA, A.P.; FERRAZ, C. C. R.; CECCHIN, D. Fracture resistance of endodontically treated teeth restored with intraradicular post: The effects of post system and dentine thickness. *J Biomech*, v. 110, n.3, p.1-6, 2013.

BELLO, Y.D.; PORSCH, H.F.; FARINA, A.P.; SOUZA, M.A.; SILVA, E.J.N.L. BEDRAN-RUSSO, A.K.; CEC-CHIN, D. Glycolic acid as the final irrigant in endodontics: Mechanical and cytotoxic effects. *Mater Sci Eng C Mater Biol Appl*, v. 100, p. 323-329, 2019.

BERNSTEIN, E.F.; LEE, J.; BROWN, D.B.; YU, R.; VAN SCOTT, E. Glycolic acid treatment increases type I collagen mRNA and hyaluronic acid content of human skin. *Dermatol Surg*, v. 27, n. 5, p. 429-33, 2001.

BERTI, L.S.A.; PEREIRA, L.A.P.; PECORARI, V.G.A.; AMARAL, F.L.B.; TURSSI, C.P.; BASTING, R.T.; FRAN-ÇA, F.M.G. Effect of Fiber Post Cementation Timing on the Bond Strength of Resin Cements in Epoxy Resin-Obturated Canals. *Int J Periodontics Restorative Dent,* v. 38, n. 5, p. 711–717, 2018.

BITTER, K.; KIELBASSA, A. M. Post-endodontic restorations with adhesively luted fiber-reinforced composite post systems: a review. *Am J Dent*, v. 20, n. 6, p. 353-360, 2007. BOONE, K. J.; MURCHISON, D. F.; SCHJNDLER, W. G.; WALKER, W. A. Post retention: the effect of post-space preparation, cementation time, and different sealers. *J Endod*, v. 27, n. 12, p. 768-771, 2001.

BOTTINO, M. A. Estética em Reabilitação Oral Metal Free. São Paulo: Artes Médicas, 2000.

BOUILLAGUET, S.; TROESCH, S.; WATAHA, J. C.; KREJCI, I.; MEYER, J. M.; PASHLEY, D.H. Microtensile bond strength between adhesive cements and root canal dentin. *Dent Mater*; v. 19, n. 3, p. 199-205, 2003.

BRAGA, R. R.; BALLESTER, R. Y.; CARRILHO, M. R. O. Pilot study on the early shear strength of porcelain-dentin bonding using dual-cure cements. *J.Prosthet Dent*, v. 81, n. 3, p. 285-289, 1999.

BRAGA, R. R. CEZAR, P. F.; GONZAGA, C. C. Mechanical properties of resin cements with different activation modes. *J Oral Rehabil*, v. 29, n. 3, p. 257-62, 2002.

BRESCHI, L; MAZZONI, A; RUGGERI, A; CADENARO, M; DI LENARDA, R; DORIGO, E. S. Dental adhesion review: Aging and stability of the bonded interface. *Dent Mater*, v. 24, n. 1, p. 90-101, 2010.

BRODY, H. J. Chemical Peeling and Resurfacing. 2. ed. St. Louis, MO: 1997.

CALDAS, R.A.; BACCHI, A.; BARÃO, V. A.R.; VERS-LUIS, A. Should adhesive debonding be simulated for intraradicular post stress analyses? *Dent Mater*, v. 34, n. 9, p. 1331-1341, 2018.

CARRERA, C.; CHEN, Y.C.; LI, Y.; RUDNEY, J.; APARI-CIO, C.; FOK, A. Dentin-composite bond strength measurement using the Brazilian disk test. *J Dent*, v. 52, p. 37-44, 2016.

CECCHIN, D.; ALMEIDA, J. F. A.; GOMES, B. P. F. A.; ZAIA, A. A.; FERRAZ, C. C. R. Deproteinization technique stabilizes the adhesion of the fiberglass post relined with resin composite to root canal. *J Biomed Mater Res*, v. 100B, n. 2, p. 577-583, 2011[b].

CECCHIN, D.; ALMEIDA, J. F. A.; GOMES, B. P. F. A.; ZAIA, A. A.; FERRAZ, C. C. R. Influence of Chlorhexidine and Ethanol on the Bond Strength and Durability of the Adhesion of the Fiber Posts to Root Dentin Using a Total Etching Adhesive System. *J Endod*, v. 37, n. 9, p.1310-1315, 2011 [a].

CECCHIN, D.; BRINGHENTI, I.L.; BERNARDI, J.B.; LEAL, L.O. ; SOUZA, M.A.; BBEDRAN-RUSSO, A.K.; FARINA, A.P. Alpha-hydroxy glycolic acid for root dentin etching: morphological analysis and push out bond strength. *Int J Adhes Adhes*, v. 90, p. 138-143, 2019.

CECCHIN, D.; FARINA, A.P.; GUERREIRO, C.A.M.; CARLINI-JUNIOR, B. Fracture resistance of roots pros-

thetically restored with intra-radicular posts of different lengths. *J Oral Rehabil*, v. 37, n. 2, p. 116-122, 2010.

CECCHIN, D.; FARINA, A.P.; VIDAL, C.M.P.; BEDRAN-RUSSO, A.K. A Novel Enamel and Dentin Etching Protocol Using a-hydroxy Glycolic Acid: Surface Property, Etching Pattern, and Bond Strength Studies. *Oper Dent*, v. 43, n. 1, p. 101-110, 2018.

CECCHIN, D.; PIN, L. C.; FARINA, A. P.; SOUZA, M.; VIDAL, C. P.; BELLO, Y.D.; FERRAZ, C.C.; BEDRAN-RUSSO, A. Bond strength between fiber posts and Root Dentin Treated with natural Croos-linkers. *J Endod*, v.41, n. 10, p.1667-71, 2015.

CERNY, D.; ECKERT, S.; MOUNAJJED, R. Retrospective 9-Year Clinical Outcome Report on Adhesive Post-endodontic Treatment of Anterior Teeth Using Prefabricated Fiber Posts. *Int J Prosthodont*, v. 32, n. 1, p. 14-16, 2018.

CERQUEIRA, L.A.C.; COSTA, A.R.; SPOHR, A.M.; MIYASHITA, E.; MIRANZI, B.A.S.; CALABREZ FILHO, S.; CORRER-SOBRINHO, L.; BORGES, G.A. Effect of Dentin Preparation Mode on the Bond Strength Between Human Dentin and Different Resin Cements. *Braz Dent J*, v. 29, n. 3, p. 268-274, 2018.

CHOI, A.N.; LEE, J.H.; SON, S.A.; JUNG, K.H.; KWON, Y.H.; PARK, J.K. Effect of Dentin Wetness on the Bond Strength of Universal Adhesives. *Materials (Basel)*, v, 10, n. 11, p. 1-13, 2017.

COELHO, C.S.; BIFFI, J.C.; SILVA, G.R.; ABRAHÃO, A.; CAMPOS, R.E.; SOARES, C.J. Finite element analysis of weakened roots restored with composite resin and posts. *Dent Mater J*, v. 28, n. 6, p. 671–678, 2009.

COUCH I. H.; HOWARD P. C. Quantification of glycolic acid in cosmetic products using reversed phase high performance liquid chromatography. *Int J Cosmet Sci*, v. 24, n. 2, p. 89-95, 2002.

DALEPRANE, B.; PEREIRA, C. N. B.; BUENO, A. C.; FERREIRA, R. C.; MOREIRA, A. N.; MAGALHÃES, C. S. Bond strength of fiber posts to the root canal: Effects of anatomic root levels and resin cements. *J. Prosthet Dent*, v. 116, n. 3, p. 416–424, 2016.

DE MUNCK, J.; VAN LANDUYT, K.; PEUMANS, M.; POITEVIN, A.; LAMBRECHTS, P.; BRAEM, M.; VAN MEERBEEK, B. A critical review of the durability of adhesion to tooth tissue: methods and results. *J Dent Res*, v. 84, n. 2, p. 118-132, 2005.

DE SOUSA, M. M.; QUEIROZ, E. C.; SOARES, P. V.; FA-RIA-E-SILVA, A. L.; SOARES, C.J.; MARTINS, L.R. Fiber post etching with hydrogen peroxide: effect of concentration and application time. *J Endod*, v.37, p.398-402, 2011.

DIAS, K.C.; SOARES, C.J.; STEIER, L.; VERSIANI, M.A.; RACHED-JÚNIOR, F.J.; PÉCORA, J.D.; SILVA-SOUSA, Y.T.; DE SOUSA-NETO, M.D. Influence of drying

protocol with isopropyl alcohol on the bond strength of resin-based sealers to the root dentin. *J Endod*, v.40, n.9, p. 1454-1458, 2014.

DIAZ-ARNOLD, A. M.; VARGAS, M.A.; HASELTON, D.R. Current status of luting agents for fixed prosthodontics. *J Prosthet Dent*, v.81, p.135-141, 1999.

FAGUNDES, T.C.; SOMENSI, D.S.; SANTOS, P.H.; NAVARRO, M.F.L. Confocal laser scanning microscopy investigation of bond interfaces involved in fiber glass post cementation. *Braz Dent Sci*, v. 17, n. 2, p. 10-19, 2014.

FARIA-E-SILVA, L. A.; MENEZES, S.; SILVA, F.P.; REIS, G.R.; MORAES, M. M. Intra-radicular dentin treatments and retention of fiber posts with self-adhesive resin cements. *Braz. oral res,* v. 27, n.1, p. 14-19, 2009.

FARIAS, D.C.S.; ANDRADA, M.A.C.; BOUSHELL, L.W.; WALTER, R. Assessment of the initial and aged dentin bond strength of universal adhesives. *Int J Adhes Adhes.*, v. 70, p. 53–61, 2016.

FARINA, A.P.; CHIELA, H.; CARLINI-JUNIOR, B.; MESQUITA, M. F.; MIYAGAKI, D. C.; RANDI FERRAZ, C.C.; VIDAL, C.M.; CECCHIN, D. Influence of Cement Type and Relining Procedure on Push-Out Bond Strength of Fiber Posts after Cyclic Loading. *J Prosthodont*, v.10, n.11, p. 1-7, 2015.

FERRARI, M.; VICHI, A.; GRANDINI, S. Efficacy of different adhesive techniques on bonding to root canal walls an SEM investigation. *Dent Mater*, v.17, n.5, p. 422-9, 2000.

FERREIRA-FILHO RC, ELY C, AMARAL RC, RODRI-GUES JA, ROULET JF, CASSONI A, REIS AF. Effect of Different Adhesive Systems Used for Immediate Dentin Sealing on Bond Strength of a Self-Adhesive Resin Cement to Dentin. *Oper Dent*, v. 43, n. 4, p. 391-397, 2018.

FRANZ, A.; LETTNER, S.; WATTS, D.C.; GRAF, A.; MORITZ, A.; SCHEDLE, A. Analysis of pre-test failures and bond-strengths of seven adhesive systems to bovine dentine: A nine-year novice/beginner operator study. *Dent Mater*, v. 34, n. 11, p. 1-11, 2018.

FUNASAKA Y.; SATO H.; USUKI A.; OHASHI A.; KO-TOYA H.; MIYAMOTO K.; HILLEBRAND G. G.; ICHIHASHI M. The efficacy of glycolic acid for treating wrinkles: analysis using newly developed facial imaging systems equipped with fluorescent illumination. *J Dermatol Sci*, v. 27, n. 1, p. 53-9, 2001.

FURUKAWA F.; YAMAMOTO Y. Recent advances in chemical peeling in Japan. *J Dermato*, v. 33, n. 10, p. 655-61, 2006.

GALLER KM, WIDBILLER M, BUCHALLA W, EIDT A, HILLER K-A, HOFFER PC, SCHMALZ G. EDTA conditioning of dentine promotes adhesion, migration and differentiation of dental pulp stem cells. *Int Endod J*, v. 49, p. 581–590, 2016.

GRANDINI, S.; GORACCI, C.; MONTICELLI, F.; BOR-RACCHINI, A.; FERRARI, M. SEM evaluation of the cement layer thickness after luting two different posts. *J Adhes Dent*, v.7, n. 3, p. 235–240, 2003.

HARALUR, S.B.; ALASABI, A.N.; AL QAHTANI, S.A.; ALQAHTANI, S.M. Influence of irrigating agents on fiber postpush-out bond strength to radicular dentin sections with the different adhesive system. *Eur J Dent*, v. 11, p. 380-384, 2018.

HASHIMOTO, M.; OHNO, H.; SANO, H.; KAGA, M.; OGUCHI, H. In vitro degradation of resin-dentin bonds analyzed by microtensile test, scanning and transmission electron microscopy. *Biomaterials*, v. 24, n. 21, p. 3795-3803, 2003.

HASHIM P. The effect of Centella asiatica, vitamins, glycolic acid and their mixtures preparations in stimulating collagen and fibronectin synthesis in cultured human skin fibroblast. *Pak J Pharm Sci*, v. 27, n. 2, p. 233-7, 2014.

HOFMANN, N.; PAPSTHART, G.; HUGO, B.; KLAIBER, B. Comparison of photo-activation versus chemical or dualcuring of resin-based luting cements regarding flexural strength, modulus and surface hardness. *J Oral Rehabil*, v. 28, n.11, p.1022-8, 2001. HONDROS, G. The evaluation of Poisson's ratio and the modules of materials of a low tensile resistance by the Brazilian (indirect tensile) test with particular reference to concrete. *Australian J Basic Appl ScL*, v. 10, p. 243-268, 1959.

HUANG, S.H.; LIN, L.S.; FOK, A. LIN, C.P. Diametral compression test with composite disk for dentin bond strength measurement--finite element analysis. *Dent Mater*, v. 28, n. 10, p. 1098-104, 2012[b].

HUANG, S.H.; LIN, L.S.; RUDNEY, J.; JONES, R.; APARICIO, C.; LIN, C.P.; FOK, A. A novel dentin bond strength measurement technique using a composite disk in diametral compression. *Acta Biomater*, v. 8, n. 4, p. 1597-602, 2012[a].

HUFFMAN, B. P.; MAI, S.; PINNA, L.; WELLER, R. N.; PRIMUS, C. M.; GUTMANN, J. L.; PASHLEY, D. H.; TAY, F. R. Dislocation resistance of ProRoot Endo Sealer, a calcium silicate-based root canal sealer, from radicular dentine. *Int Endod J*, v. 42, n. 1, p. 34-46, 2009.

IWASAKI, Y.; TOIDA, T.; NAKABAYASHI, N. Improved wet bonding of methyl methacrylate-tri-n-butylborane resin to dentin etched with ten percent phosphoric acid in the presence of ferric ions. *J Biomed Mater Res A*, v. 68, n. 3, p. 566-572, 2004.

KARTEVA, E.G.; MAN- CHOROVA, N.A.; VLADIMI-ROV, S.B.; KESKINOVA, D.A. Clinical assessment of en-

dodontically treated teeth, restored with or without radicular posts. *Folia Med*, v.60, n. 2, p. 291-299, 2018.

KATAOKA, M.; SASAKI, M.; HIDALGO, A.R.; NAKA-NO, M.; SHIMIZU, S. Glycolic acid production using ethylene glycol-oxidizing microorganisms. *Biosci Biotechnol Biochem*, v. 65, n. 10, p. 2265-2270, 2001.

KIM, S.J.; PARK, J.H.; KIM, D.H.; WON, Y.H.; MAIBA-CH, H.I. Increased in vivo collagen synthesis and in vitro cell proliferative effect of glycolic acid. *J Dermatol*, v. 24, n. 10, p. 1054-8, 1998.

KIM, S.J.; WON, Y.H. The effect of glycolic acid on cultured human skin fibroblasts: cell proliferative effect and increased collagen synthesis. *J Dermatol*, v. 25, n. 2, p. 85-9, 1998.

LACERDA, R. F. S. Resistência de união de cimentos resinosos autoadesivos e autocondicionantes em esmalte e dentina. Tese (Mestrado em Materiais Dentários) – Faculdade de Odontologia de Piracicaba, Universidade Estadual de Campinas, Piracicaba, 2013.

LANZA, A.; AVERSA, R.; RENGO, S.; APICELLA, D.; APICELLA, A. 3D FEA of cemented steel, glass and carbon posts in a maxillary incisor. *Dent Mater*, v. 21, n. 8, p. 709-15, 2005.

LASSILA, L.V. J.; TANNER, J.; LE-BELL, A. M.; NARVA, K.; VALLITTU, P. K. Flexural properties of fiber reinforced root canal posts. *Dent Mater*, v. 20, n. 1, p. 29-36, 2004.

LEHMANN, N.; DEBRET, R.; ROMÉAS, A.; MANGLOI-RE, H.; DEGRANGE, M.; BLEICHER, F.; SOMMER, P.; SEUX, D. Self-etching increases matrix metalloproteinase expression in the dentin-pulp complex. *J Dent Res*, v. 8, p. 77–82, 2009.

LI, K.; CARRERA, C.; CHEN, R.; LI, J.; CHEN, Y.; LENTON, P.; RUDNEY, J.D.; JONES, R.S.; APARICIO, C.; FOK, A. Fatigue failure of dentin-composite disks subjected to cyclic diametral compression. *Dent Mater*, v. 31, n. 7, p. 778-88, 2015.

LI, K.; GUO, J.; LI, Y.; HEO, Y.C.; CHEN, J.; XIN, H.; FOK, A. Accelerated fatigue testing of dentin-composite bond with continuously increasing load. *Dent Mater*, v. 33, n. 6, p. 681-689, 2017.

LOTTI, R. S.; MACHADO, A. W.; MAZZIEIRO, E. T.; LANDRE JR., J. Aplicabilidade científica do método dos elementos finitos. *R Dental Press Ortodon Ortop Facial*, v. 11, n. 2, p. 35-43, 2006.

MACEDO, G. V.; YAMAUCHI, M.; BEDRAN-RUSSO, A. K. Effects of Chemical Cross-linkers on Cariesaffected Dentin Bonding. *J Dent Res*, v. 88, n.12, p. 1096-1100, 2010.

MALQUARTI, G.; BERRUET, R. G.; BOIS, D. Prosthetic use of carbon fiber-reinforced epoxy resin for esthetic crowns and fixed partial dentures. *J Prosthet Dent*, v. 63, n. 3, p. 251–7, 1990.

MELO, R.M.; GALHANO, G.; BARBOSA, S. B.; VA-LANDRO, L. F.; PAVANELLI, C.A.; BOTTINO, M.A. Effect of type of adhesive system and tooth region on the bond strength to dentin. *J Adhes Dent*, v.10, p.127-33, 2008.

MOHAMMADI, Z.; ABBOTT, P. V. The properties and applications of chlorhexidine in endodontics. *Int Endod J*, v. 42, n.4, p. 288–302, 2009.

MOON S. E.; PARK S.B.; AHN H. T.; YOUN J. I. The effect of glycolic acid on photoaged albino hairless mouse skin. *Dermatol Surg*, v. 25, n. 3, p. 179-82, 1999.

MUSHASHE, A.M.; GONZAGA, C.C.; CUNHA, L.F.; FURUSE, A.Y.; MORO, A.; CORRER, G.M. Effect of Enamel and Dentin Surface Treatment on the Self-Adhesive Resin Cement Bond Strength. *Braz Dent J*, v. 27, n. 5, p. 537-542, 2016.

NAKABAYASHI, N.; KOJIMA, K.; MASUHARA, F. The promotion of adhesion by the infiltration of monomers into tooth substrates. *J Biomed Mater Res*, v. 16, n. 3, p. 265-273, 1982.

NAKABAYASHI, N.; WATANABE, A.; IGARASHI, K. AFM observation of collapse and expansion of phosphoric

acid-demineralized dentin. *J Biomed Mater Res A*, v. 68, n. 3, p. 558-565, 2003.

NOKAR, S.; BAHRAMI, M.; MOSTAFAVI, A.S. Comparative Evaluation of the Effect of Different Post and Core Materials on Stress Distribution in Radicular Dentin by Three-Dimensional Finite Element Analysis. *J Dent (Tehran)*, v. 15, n. 2, p. 69-78, 2018.

OHLMANN, B.; FICKENSCHER, F.; DREYHAUPT, J.; RAMMELSBERG, P.; GABBERT, O.; SCHMITTER, M. The effect of two luting agents, pretreatment of the post, and pretreatment of the canal dentin on the retention of fiber-reinforced composite posts. *J Dent*, v.36, n.1, p. 87-92, 2008.

OKANO Y.; ABE Y.; MASAKI H.; et al. Biological effects of glycolic acid on dermal matrix metabolism mediated by dermal fibroblasts and epidermal keratinocytes. *Exp Dermatol*, v. 12, n. 2, p. 57-63, 2003.

OLIVEIRA, N. A.; DINIZ, L. S. M.; SVIZERO, N. R.; D'ALPINO, P. H. P.; PEGORARO, C. A. C. C. SISTEMAS ADESIVOS: CONCEITOS ATUAIS E APLICAÇÕES CLÍNICAS. *Revista Dentística online*, v. 9, n. 19, p. 1518-4889, 2010.

PARTHASARATHY, R.; MISRA, A.; SONG, L.; YE, Q.; SPENCER, P. Structure-property relationships for wet dentin adhesive polymers. *Biointerphases*, v. 13, n. 6, p. 1-15, 2018.

PATIERNO, J. M.; RUEGGEBERG, F. A.; ANDERSON, R. W.; WELLER, R. N.; PASHLEY, D. H. Push-out strength and SEM evaluation of resin composite bonded to internal cervical dentin. *Endod Dent Traumatol*, v. 12, n. 5, p. 227-236, 1996.

PEREIRA, J.R.; LINS DO VALLE, A.; GHIZONI, J.S.; LORENZONI, F.C.; RAMOS, M.B.; DOS REIS SÓ, M.V. Push-out bond strengths of different dental cements used to cement glass fiber posts. *J Prosthet Dent*, v. 110, n. 2, p. 134-140, 2013.

PEREIRA, J. R.; ROSA, R. A.; VALLE, A. L.; GHIZONI, J. S.; SÓ, M.V. R.; SHIRATORI, F. K. The influence of different cements on the pull-out bond strength of fiber posts. *J Prosthet Dent*, v. 112, n. 1, p. 59-63, 2014.

PINTO, C.L.; BHERING, C.L.B.; DE OLIVEIRA, G.R.; MAROLI, A.; REGINATO, V.F.; CALDAS, R.A.; BAC-CHI, A. The Influence of Post System Design and Material on the Biomechanical Behavior of Teeth with Little Remaining Coronal Structure. *J Prosthodont*, p. 1-7, 2018.

PRADO, M.; GUSMAN, H.; GOMES, B.P.; SIMÃO, R.A.; Scanning electron microscopic investigation of the effectiveness of phosphoric acid in smear layer removal when compared with EDTA and citric acid. *J Endod*, v.37, n.2, fev., 2011.

PRAKKI, A.; CARVALHO, R. M. Dual cure resin cements: characteristics and clinical considerations. *Pós-Grad Rev Fac Odontol São José dos Campos*, v. 4, n.1, p. 22-7, 2001.

RADOVIC, I.; MONTICELLI, F.; GORACCI, C.; VULI-CEVIC, Z. R.; FERRARI, M. Self-adhesive resin cements: a literature review. *J Adhes Dent*, v.10, p. 251-8, 2008.

RÖDIG, T.; MÜLLER, C.; HOCH, M.; HAUPT, F.; SCHULZ, X.; WIEGAND, A.; RIZK, M. Moisture content of root canal dentine affects detection of microcracks using micro-computed tomography. *Int Endod J*, v. 51, n. 3, p. 357-363, 2018.

RODRIGUES, M.P.; SOARES, P.B.F.; VALDIVIA, A.D.C.M.; PESSOA, R.S. VERÍSSIMO, C.; VERSLUIS, A.; SOARES, C.J. Patient-specific Finite Element Analysis of Fiber Post and Ferrule Design. *J Endod*, v. 43, n. 9, p. 1539-1544, 2017.

SAKER, S.; ÖZCAN, M. Retentive strength of fiber-reinforced composite posts with composite resin cores: Effect of remaining coronal structure and root canal dentin conditioning protocols. *J Prosthet Dent*, v.114, n. 6, p. 856–861, 2015.

SALAMEH, Z.; OUNSI, H. F.; ABOUSHELIB, M. N.; SADIG, W.; FERRARI, M. Fracture resistance and failure patterns endodontically treated mandibular molars with and without fiber-post in combination with a zirconia-ceramic crown. *J Dent*, v. 36, n. 7, p. 513–519, 2008.

SAMIMI, P.; NAZEM, R.; SHIRBAN, F.; KHOROUSHI, M. Interfacial fracture tough- ness of universal adhesive systems treated with an antioxidant. *J Clin Exp Dent*, v. 10, n. 8, p. 528-536, 2018.

SCOTTI, N.; BERGANTIN, E.; TEMPESTA, R.; TURCO, G.; BRESCHI, L.; FARINA, E.; PASQUALINI, D.; BE-RUTTI, E. Influence of dentin pretreatment with synthetic hydroxyapatite application on the bond strength of fiber posts luted with 10-methacryloyloxydecyl dihydrogen phosphate-containing luting systems. *Eur J Oral Sci*, v. 124, n. 5, p, 504-509, 2016.

SCHULZE, K.A.; OLIVEIRA, S.A.; WILSON, R.S.; GAN-SKY, S.A.; MARSHALL, G.W.; MARSHALL, S.J. Effect of hydration variability on hybrid layer properties of a selfetching versus an acid-etching system. *Biomaterials*, v. 26, n. 9, p. 1011–1018, 2005.

SHADMAN, N.; FARZIN-EBRAHIMI, S.; MORTAZAVI-LAHIJANI, E.; JALALI, Z. Effect of chlorhexidine on the durability of a new universal adhesive system. *J Clin Exp Dent*, v. 10, n. 9, p. 921-926, 2018.

SHAFIEI, F.; MOHAMMADPARAST, P.; JOWKAR, Z. Adhesion performance of a universal adhesive in the root canal: Effect of etch-and-rinse vs. self-etch mode. *PLoS ONE*, v. 13, n. 4, p. 1-14, 2018.

SHAHRAVAN, A.; HAGHDOOST, A.A.; ADL, A.; RAHI-MI, H.; SHADIFAR, F. Effect of smear layer on sealing ability of canal obturation: a systematic review and metaanalysis. *J Endod*, v. 33, p. 96–105, 2007.

SOARES, C.J.; RODRIGUES, M.P.; FARIA-E-SILVA, A.L.; SANTOS-FILHO, P.C.F.; VERÍSSIMO, C.; KIM, H.C.; VERSLUIS, A. How biomechanics can affect the endodontic treated teeth and their restorative procedures? *Braz Oral Res*, v. 32, p. 169-183, 2018.

SOLOMON, C. S.; OSMAN, Y. I. Aesthetic restoration of the compromised root: a case report. J *Dent Assoc S Afr*, v. 58, n. 10, p. 373-376, 2003.

SOUSA-NETO, M. D.; SILVA COELHO, F. I.; MARCHESAN, M. A.; ALFREDO, E.; SILVA-SOUSA, Y. T. Ex vivo study of the adhesion of an epoxy-based sealer to human dentine submitted to irradiation with Er : YAG and Nd : YAG lasers. *Int Endod J*, v. 38, n. 12, p. 866-870, 2005.

SPAZZIN, A.O.; GALAFASSI, D.; CECCHIN, D.; LAZ-ZARETTI, D.N.; GONÇALVES, L.S.; CARLINI JÚNIOR, B. Influência da desproteinização e da umidade sobre o substrato dentinário na microinfiltração em restaurações de resina composta. *RFO*, v. 12, n. 2, p. 46-51, 2007.

STAPE, T.H.S.; TJÄDERHANE, L.; ABUNA, G.; SINHO-RETI, M.A.C.; MARTINS, L.R.M.; TEZVERGIL-MU-TLUAY, A. Optimization of the etch-and-rinse technique: New perspectives to improve resin-dentin bonding and hybrid layer integrity by reducing residual water using dimethyl sulfoxide pretreatments. *Dent Mater*, v. 34, n. 7, p. 967-977, 2018.

STOJICIC, S; SHEN, Y; QIAN, W; JOHNSON, B; HAA-PASALO, M. Antibacterial and smear layer removal ability of a novel irrigant, QMiX. *Int Endod J*, v.45, n 4, p.363-71, 2012.

TAY, F.R.; CARVALHO, R.; SANO, H.; PASHLEY, D.H. Effect of smear layers on the bonding of a self-etching primer to dentin. *J Adhes Dent*, v. 2, n. 2, p. 99-116, 2000.

THIBAULT, P.K.; WLODARCZYK, J.; WENCK, A. A double-blind randomized clinical trial on the effectiveness of a daily glycolic acid 5% formulation in the treatment of photoaging. *J Dermatol*, v. 24, n. 5, p. 573-7, 1998.

TJÄDERHANE, L.; NASCIMENTO, F. D.; BRESCHI, L.; MAZZONI, A.; TERSARIOL, I. L.; GERALDELI, S.; TEZVERGIL-MUTLUAY, A.; CARRILHO, M.; CARVA-LHO, R. M.; TAY, F. R.; PASHLEY, D.H. Strategies to prevent hydrolytic degradation of the hybrid layer-A review. *Dent Mater*, v. 29, n.10, p. 999-11, 2013 (a).

TREVELIN L.T.; VILLANUEVA, J.; ZAMPERINI, C.A.; MATHEW, M.T.; MATOS, A.B.; BEDRAN-RUSSO, A.K. Investigation of five α -hydroxy acids for enamel and dentin etching: Demineralization depth, resin adhesion and dentin enzymatic activity. *Dent Mater*, v. 35, n. 6, p. 900-908, 2019. UBALDINI, A.L.M.; BENETTI, A.R.; SATO, F.; PAS-COTTO, R.C.; MEDINA NETO, A.; BAESSO, M.L.; PEUTZFELDT, A. Challenges in luting fibre posts: Adhesion to the post and to the dentine. *Dent Mater*, v. 34, n. 7, p. 1054-1062, 2018.

USUKI A.; OHASHI A.; SATO H.; et al. The inhibitory effect of glycolic acid and lactic acid on melanin synthesis in melanoma cells. *Exp Dermatol*, v. 12, n. 2, p. 43-50, 2003.

VAN LANDUYT, K.L.; SNAUWAERT, J.; DE MUNCK, J.; PEUMANS, M.; YOSHIDA, Y.; POITEVIN, A.; COUTIN-HO, E.; SUZUKI, K.; LAMBRECHTS, P.; VAN MEER-BEEK, B. Systematic review of the chemical composition of contemporary dental adhesives. *Biomaterials*, v. 28, n. 26, p. 3757-3785, 2007.

VAN MEERBEEK, B.; INOKOSHI, S.; BRAEM, M.; LAMBRECHTS, P.; VANHERLE, G. Morphological aspects of the resin-dentin interdiffusion zone with different dentin adhesive systems. *J Dent Res*, v. 71, n. 8, p. 1530–1540, 1992.

VELMURUGAN, N.; PARAMESWARAN, A. Custommade resin post and core. *Oper Dent*, v.29, n.1, p.112-4, 2004.

VERRI, F.R.; OKUMURA, M.H.T.; LEMOS, C.A.A.; ALMEIDA, D.A.F.; DE SOUZA BATISTA, V.E.; CRUZ, R.S.; OLIVEIRA, H.F.F.; PELLIZZER, E.P. Three-dimensional finite element analysis of glass fiber and cast metal posts with different alloys for reconstruction of teeth without ferrule. *J Med Eng Technol*, v. 41, n. 8, p. 644-651, 2017.

YENISEY, M.; KULUNK, S. Effects of chemical surfasse treatments of quartz and glass fiber posts on the retention of a composite resin. J Prosthet Dent, v. 99, n.1, p. 38-45, 2008.

YOON, H.G.; OH, H.K.; LEE, D.Y.; SHIN, J.H. 3-D finite element analysis of the effects of post location and loading location on stress distribution in root canals of the mandibular 1st molar. *J Appl Oral Sci*, 2018.

ZAYTSEV, D.; PANFILOV, P. Deformation behavior of human dentin in liquid nitrogen: A diametral compression test. *Mater. Sci. Eng. C*, v. 42, p. 48-51, 2014.

ZHU, L.; LI, Y.; CHEN, Y.C.; CARRERA, C.A.; WU, C.; FOK, A. Comparison between two post-dentin bond strength measurement methods. *Sci Rep*, v. 8, n. 1, p. 1-8, 2018.

ZICARI, F.; DE MUNCK, J.; SCOTTI, R.; NAERT, I.; VAN MEERBEEK, B. Factors affecting the cement–post interface. *Dent Mater*, v. 28, n. 3, p. 287-297, 2012.

ARTIGO I

COMPARAÇÃO DE MÉTODOS DE HIBRIDIZAÇÃO DE DENTINA RADICULAR E MENSURAÇÃO DA RESIS-TÊNCIA DE UNIÃO APÓS CIMENTAÇÃO DE PINOS DE FIBRA DE VIDRO³

Bárbara Facco Rauber^a, Ana Paula Farina^b, Doglas Cecchin^c, Fabio Goedel^d, Huriel Scartazzini Palhano^e

^a Doutoranda, Programa de Pós Graduação em Odontologia, Universidade de Passo Fundo, Rio Grande do Sul, Brasil.
^b Professora, Programa de Pós Graduação em Odontologia, Universidade de Passo Fundo, Rio Grande do Sul, Brasil.
^c Professor, Programa de Pós Graduação em Odontologia, Universidade de Passo Fundo, Rio Grande do Sul, Brasil.
^d Professor, Faculdade de Engenharia Mecânica, Universidade de Passo Fundo, Rio Grande do Sul, Brasil.
^e Professor, Faculdade de Odontologia, Universidade de Passo Fundo, Rio Grande do Sul, Brasil.
^e Professor, Faculdade de Odontologia, Universidade de Passo Fundo, Rio Grande do Sul, Brasil.

³ Artigo a ser submetido para Journal of Adhesive Dentistry

ABSTRACT

Objective: To compare two methods for measuring the bond strength and hybridization of root dentin.

Materials and Methods: Eighty single-rooted bovine teeth were prepared and divided into eight groups: G1- glycolic acid 37%, moist dentin, SingleBond/RelyX-ARC; G2- 37% glycolic acid, moist dentin, One Step Plus/ Duo-Link Bisco; G3- 37% glycolic acid, wet dentin, SingleBond/RelyXARC; G4- 37% glycolic acid, wet dentin, One Step Plus/ Duo-Link Bisco; from groups 5 to 8, acid etching was performed with 37% phosphoric acid. From each tooth, two discs were obtained from each third of the root canal, with an internal diameter of 2mm, an external diameter of 5mm and a height of 2mm. One sample of each third was used for each of the push out and diametrical compression tests, both in a universal testing machine at 0.5mm/min.

Results: The results showed statistical significance for acid type (p=0.004), dentin treatment (p<0.001) and interaction between acid type and dentin treatment factors (p<0.001) in bond strength values for the push out test. The CD test

showed no variation between groups, which may have occurred due to the dentin structure being between the applied force and the hybrid layer. For both tests there was no correlation between the methods. Conclusion: Glycolic acid has higher bond strength values than phosphoric acid in wet dentin, and although the push-out test is not the best test presented in the literature for evaluating curved root canal dentin, it can detect more sensitive changes in strength values when compared to the diametrical compression test.

Keywords: push-out, diametrical compression, glycolic acid, phosphoric acid, dentin moisture, adhesive systems.

INTRODUCTION

Problems in the adhesive interface are frequently found in rehabilitations with the use of intraradicular pins¹⁷. This interface can be influenced by factors such as acid etching and excessive drying, thus altering the permeability of adhesive agents in dentin^{27,50}. As an alternative to reduce excessive demineralization of dentin fibers caused by phosphoric acid, first studies are being carried out using glycolic acid, which has been considered adequate for enamel and dentin conditioning for restorative procedures^{6,13,14,53}. Glycolic acid that presents itself as an Alpha Hydroxyoxides (AHAs) of simple structure derived from sugarcane and other sweet vegetables¹⁰. It is a chemical component used mainly in the pharmaceutical industry, especially as an ingredient in cosmetics²⁸.

Excessive demineralization added to excessive drying of the dentin can cause collagen fibers to collapse or coalesce⁵⁰. Dentin loses much of its permeability, making it difficult for adhesive monomers to infiltrate²⁷.

Another important factor to be considered during the bonding procedure is the control of humidity after dentinal demineralization. An alternative to avoid fibril dryness and collapse would be the wet adhesion technique^{34,35}. Often, the use of a moistened cotton ball to remove excess water present after acid conditioning ends up absorbing too much dentin moisture, causing the fibrils to collapse and reducing bond strength. For the success of the final restorations, this moisture must be evaluated and controlled in order to maintain the collagen fibers in an adequate condition, allowing the infiltration of resinous monomers and the formation of an adequate hybrid layer⁵⁰. Different adhesive systems are available on the market, making it more difficult to identify what would be the ideal dentin moisture, depending on the adhesive system to be used. For this, the hydrophilic characteristics and compatibility with the moist dentinal substrate must be considered³⁷.

Another important feature is the low viscosity of adhesive systems in order to increase the penetration of monomers into the collagen network of demineralized dentin. For this, substances capable of dissolving or dispersing one or more substances are used, in adhesives, the most commonly used solvents are water, ethanol and acetone. In the case of bonding to air-dried dentin, the solvent must also be able to expand the collapsed network and therefore the use of water is essential to ensure the ionization of acidic monomers, when combined with ethanol, the result is a better evaporation of these aggregates . Acetone-based adhesives, on the other hand, are a good solvent option, as they combine hydrophobic and hydrophilic components, and are indicated for application on demineralized dentin that is kept in a moist state⁵⁴.

In addition to the difficulty of obtaining a homogeneous hybrid layer, the correct assessment of the bond strength of intraradicular adhesive materials is a point to be questioned. To assess intraradicular bond strength, the push-out (PO) test is often used. However, its use has been questioned due to the tension that occurs through the sliding of materials out of the channel, generating a shear movement^{25,59.}

In addition to the factors involving the adhesive technique, the method to verify the bond strength of fiberglass posts to the root canal must be analyzed. For the evaluation of bond strength, the diametrical compression test (CD) is being used in comparison with the PO test. This is because the CD test induces a tensile stress, in the direction transverse to the applied compressive load, which divides the round sample into two halves along the diameter. Tensile is the most suitable method to assess the bond strength of samples^{25,59}. When compared to the PO test, CD is easier to perform to determine the bond strength between the posts and the dentin, as no sample alignment is required and produces a smaller standard deviation⁵⁹. Li et al.³⁰ reported that in the interfacial position of the dentin composite discs where debonding occurred, the tension was always of traction when using CD.

There are no definitive reports in the literature about the use of glycolic acid and the ideal moisture of the root dentin to receive the fiberglass posts and the method for evaluating the bond strength. However, it is necessary to search for adhesive protocols that preserve the dentin structure, improving the adhesion of adhesive materials to root dentin, such as different dentin conditioners and ideal dentin moisture. Furthermore, it is important to evaluate the best method for determining bond strength to root dentin. Therefore, the aim of this study was to compare two methods of measuring the bond strength and hybridization of root dentin. Testing the null hypothesis, that there is no difference in bond strength between the two methods used; different acids; dentin moisture; and, adhesive system.

MATERIALS AND METHODS

Selection and preparation of samples

Eighty single-rooted bovine teeth with the same external dimensions and narrow root canals were selected.

Initially, the coronal portion was sectioned below the cementoenamel junction, leaving the root remnant with a length of 15 mm. The pulp tissue was removed using type K endodontic files (Maillefer, Ballaigues, Switzerland) number #45, under abundant irrigation with distilled water (DA). Then the apical portion of all samples was sealed with composite resin and the root canals enlarged in the cervic-apical direction with #6 wide burs (Dentsply Maillefer, Ballaigues, Switzerland) under abundant irrigation with AD. The internal diameter of the root canal was standardized at 2mm and the external diameter of the samples at 5mm (Figure 1)^{12,30,59}.


Figure 1. Samples standardized in 2mm internal diameter, 5mm external diameter and 2mm thick.

Preparation of fiberglass posts

Reforpost® Fiberglass intraradicular retainer (Angelus, Londrina - PR - Brazil) relined with light-cured composite resin ^{20,22,23,31,56} was used.

The post was prepared with 37% phosphoric acid for 1 min, washing for 1 min, drying with air jets, application of silane (ANGELUS, Londrina - PR - Brazil) with a microbrush rubbing over the post structure and waiting 1 min to volatilize. the alcohol present in its composition. Subsequently, a thin layer of AdperTM ScotchbondTM Multi-Purpose (3M-ESPE) adhesive system bond was applied on the post surface and light-cured on 2 sides for 40s each side.

To make the relined post, the canal was isolated with watersoluble gel (Natrosol, Natupharma, Passo Fundo, RS, Brazil), then the fiberglass post was wrapped with composite resin and the set was taken into the root canal, this removed and replaced twice, removing the excess of composite and light-curing it in position inside the canal for 3s. A marking in the buccal region of the post and tooth was made to identify the correct position for inserting the post in the cementation step. The shaped post was removed from the interior of the root canal and light-cured on the buccal and palatal surfaces for 40s each face. Afterwards, the canal and the relined post were irrigated with distilled water in order to completely remove the water-soluble gel.

Division of experimental groups

Chart 1. Experimental groups under study for both the Diametral Compression test and the Push Out test.

CONDICIO- NAMENTO DENTINÁ- RIO	UMIDA- DE DA DENTI- NA	SISTEMA ADESIVO/ CIMENTO RESINO- SO	GRUPOS
	Dentina	Adpter SingleBond/ RelyXARC	G1 AG/DU/SB
Ácido glicólico	Úmida	Imida One Step Plus/ Duo- Link Bisco	G2 AG/DU/OS
37%	Dentina	Adpter SingleBond/ RelyXARC	G3 AG/DM/SB
	Molhada	One Step Plus/Duo-Link Bisco	G4 AG/DM/OS
	Dentina	Adpter SingleBond/ RelyXARC	G5 AF/DU/SB
Ácido fosfóri-	Úmida	One Step Plus/ Duo- Link Bisco	G6 AF/DU/OS
co 37%	Dentina	Adpter SingleBond/ RelyXARC	G7 AF/DM/SB

Molhada	One Step Plus/ Duo- Link Bisco	G8 AF/DM/OS
---------	-----------------------------------	----------------

Dentin hybridization

Groups G1, G2, G3 and G4 received conditioning with 37% glycolic acid (Natupharma, Passo Fundo, RS, Brazil)¹⁴. Groups G5, G6, G7 and G8 received conditioning with 37% phosphoric acid (ANGELUS, Londrina - PR - Brazil). Both acids remained inside the canal for 15 seconds^{14,15}, after which they were abundantly washed for 1 minute with AD.

Intraradicular dentin moisture

The canal was aspirated with a narrow endodontic cannula until the water was completely removed. Soon after, a #45 absorbent paper cone moistened with AD will be gently passed on the root canal walls, to leave the dentin moist in groups G1, G2, G5 and G6. For the groups with wet dentin (G3, G4, G7 and G8), after complete aspiration of all water from the canal with an endodontic cannula, 10μ L of AD was inserted.

Adhesive Application

Application of Adper[™] Single Bond 2 (SB) and One Step Plus (OSP) adhesives: a drop of the respective adhesive was dispensed inside the canal and the adhesive system was rubbed against the dentin for 40 seconds, bringing the adhesive from the apical region to the neck using long disposable micro-applicators. It was waited 20s and a second application was performed. Then, an air jet was applied until the adhesive showed a dense characteristic and no longer moved on the dentin surface^{13,47}. Finally, light curing for 40s.

Cementation of the intraradicular retainer

RelyX ARC dual resin cement (3M-ESPE, St. Paul, MN, USA) was used for the Single Bond 2 adhesive groups; and, Dual Duolink Automix resin cement (Bisco Co., Schaumburg, IL, USA) for the One Step Plus adhesive (Bisco Co., Schaumburg, IL, USA). With a Cêntrix syringe and Acudosse N^o 2 needle (DFL, Rio de Janeiro, RJ, Brazil) the cement was brought into the root canal. The post was positioned and stabilized inside the canal for 20s and light-cured for 5s. After the removal of the final light-curing cement excess for 40s on 4 tooth surfaces.

Obtaining specimens in the form of slices

The roots were fixed with sticky wax on an acrylic resin plate, which was then adapted to a metallographic cutter (Miniton, Struers, Copenhagen, Denmark) with a double-sided diamond disc driven at a speed of 250 rotations per minute (rpm) under refrigeration. Ten teeth were used per group and seven slices of each tooth were obtained, the first being discarded. For analysis, two slices were obtained from the cervical third, two from the middle third and two from the apical third, with a thickness of approximately 2 mm each. A sample of each third was used for evaluation in the PO test; and, a sample of each third was evaluated for the CD test (Figure 2), obtaining 10 samples per third for each evaluated method (n=10), defined by the power of the test and previous articles already published^{39,40,43}.



Figure 2. Schematic drawing of the cementation of fiberglass posts. A. Cutting the coronary portion; B. Proof of fiberglass pin; C. Relining the fiberglass post with composite resin; D. Horizontal cut for sample preparation.

Push Out Test (PO)

For the PO test, the prepared discs were positioned with the cervical part of the cut facing downwards on the table (perforated in the center) of the device. A vertical force from top to bottom was applied perpendicularly to the post/resin/cement assembly by means of a metallic piston which has a circular section and was connected to a universal testing machine (EMIC, São José dos Pinhais, PR, Brazil) with 500N load cell, with a speed of 0.5 mm/ min. The force was obtained in newtons (N).



Figure 3. Push-out test

After performing the PO test, the dentin discs were observed individually under an optical microscope (Carl Zeiss, São Paulo, SP, Brazil) coupled to the computer, with a 50x magnification to measure the perimeter of the canal in the cervical and apical portions of the disc. of dentin. The area was calculated by the cylinder area formula $A=2\pi R(R+H)$. The bond strength was calculated in MPa, by dividing the force in newtons (N) obtained in the PO test by the surface area (A) of the channel.



Figure 4. Cylinder area

Under the optical microscope (Stereomicroscope, ZTX Zoom Series), the failure patterns of each sample¹³ were observed and classified into 5 types: (1) adhesive between composite and resin cement (no visible cement around the composite); (2) mixed, with resin cement covering from 0 to 50% of the total diameter of the composite; (3) mixed with resin cement covering from

50 to 100% of the composite surface; (4) adhesive between resin cement and root dentin (composite covered by resin cement) and (5) cohesive in dentin.

Diametric Compression Test (CD)

The CD was performed using two horizontal and parallel steel plates, as shown in Figure 5. The slice-shaped samples were positioned and stabilized on the base of the Bencor Multi-T device (Danville Engineering, San Ramon, CA, USA) attached to a universal testing machine (EMIC-2000 DL, EMIC Equipamentos e Sistemas de Ensaio Ltda., São José dos Pinhais, PR, Brazil). A compressive load perpendicular to the longitudinal axis of the sample was applied, using a load cell of 2000 N, at a speed of 0.5 mm/min until the sample fractured.

To assess the beginning of the crack, a camera with a microphone was attached, thus allowing to record the exact moment and the force that caused the fracture²⁵.



Figure 5. Diametric compression test

Using finite element analysis (FEA), the relationship between the pin-dentin interfacial tensile stress and the force applied to the disc was established. The pin-dentin bond strength can then be calculated using the ultimate failure force. 3D finite element models were used to simulate the disks (Figure 6 and Figure 7). The materials were assumed to have the properties shown in tables 1 and 2. The coefficient of friction between the load plate and the sample was set at 0.325.30. The models were analyzed using Solidworks software for modeling and Ansys Workbench 19.2 for analysis. The bond strength was calculated from the maximum tensile stress at the pin-dentin interface (Figure 8), using the mean value to experimentally generate failure. To compare the difference in bond strength between the different groups, the data were analyzed using the two-tailed t-test.

All statistical tests were performed at a significance level of $\approx =0.05$.



Figure 6. 3D finite element models.

	Quantidade
Nós	638100
Elementos	157160
Element Type: 20 knot Parabolic H	Hexahedral

Figure 7. Shows the number of nodes and mesh elements



Figure 8. Sample containing the components used in the CD test and the place where the bond strength results (tensile stress) were evaluated

Statistical analysis

The push out bond strength values were analyzed with three-way ANOVA (factor 1: type of acid; factor 2: dentin treatment, factor 3: type of adhesive system) with a significance level of 5%. For FEA, it was calculated from the maximum tensile stress at the pin-dentin interface. Pearson correlation was performed between the two methods under study. Statistical tests were performed at a significance level of 0.05.

RESULTS

Statistical significance was found for acid type factor (p=0.004), dentin treatment (p<0.001) and for the interaction between acid type and dentin treatment factors (p<0.001) in bond strength values (Table 3 and 4). There was no significance for the type of adhesive factor and for the interaction between the other factors (p>0.05). When glycolic acid was used, wet dentin resulted in a higher bond strength value than wet dentin, regardless of the type of adhesive system applied. As for phosphoric acid, there was no effect of dentin treatment on bond strength values.

After performing the PO test, glycolic acid, when combined with moist dentin, presented bond strength values superior to the use of phosphoric acid. The failure analysis that was performed using the optical microscope showed that for the PO test, type 2 failure, mixed involving 0 to 50% of the sample surface, was the most prevalent, both in the groups where the conditioning was performed with phosphoric acid and glycolic acid independent of the adhesive system. Type 1, 2 and 5 failures are the most suitable as they show adequate adhesion of adhesive systems.

From the FEA, it was possible to visualize the stress distribution along the sample, from the diametrical compression test (Figure 9).



Figura 9. Tensão Von Mises durante o teste de compressão diametral

Além disso, foi possível observar que houve uma distribuição de tensão máxima e mínima (Gráfico 1) ao longo da linha de tração (Figura 10 e 11).





Figure 10. 3D model showing the line where the tensile stress of the sample was evaluated



Figure 11. Maximum and minimum tensile stress along the sample

It is possible to identify that when the sample is compressed in the vertical direction (Figure 9), there is a distribution of tension along the sample, and the tensile stress perpendicular to the force incidence can be seen (Figure 10, 11 and 12). From the traction line, the maximum and minimum tension was averaged for all study groups (Figure 10, Graph 1). Table 6 shows the maximum, minimum and average bond strength values for each group. The average resistance was used to compare the diametral compression with the data presented in the push out test. In table 7 and graph 2 we can see that the means were similar for the different groups, ranging between 13 MPa and 16 MPa.

The values presented in Graph 3 refer to the Pearson correlation test with a significance level of 5%, where no correlation was found between the bond strength by the push-out test and the diametral tensile strength for the experimental groups (r= 0.0947; p=0.823).

Graph 3. Dispersion with the averages of diametrical tensile strength and bond strength by push-out test for each experimental group.



DISCUSSION

Adhesive strength is an indispensable factor for the success of rehabilitation protocols using fiberglass posts. And the materials used in this process are still discussed in the literature.

The first push out test is used as a resource to quantify the bond strength between dental structures and different dental materials. It is used to measure the adhesion of intraradicular posts³⁸ as it is a test compatible with the clinical reality and allowing a standardization of samples^{26,49}. In the present study, the samples were 2mm thick, and the bond strength was determined by the force required to displace the pin, using a smaller diameter metallic piston. From this, a calculation between the load required for the material displacement and the area between the material and the channel wall determined the bond strength.

As for the conditioning of the dentinal surface, phosphoric acid, in addition to being efficient, is the most used substance⁵¹, but as the results of this study show, after the PO test, glycolic acid, when associated with wet dentin, presented resistance values of superior union the use of phosphoric acid, which would be considered as standard today. This result is in line with previous studies where the conditioning of root dentin with glycolic acid proved to be adequate for adhesive procedures¹³.

37% phosphoric acid promotes demineralization by exposing collagen fibers from 5μ m to 8μ m in depth²¹. Studies show that after 15 seconds the demineralization caused by 37% phosphoric acid in dentin is 8.5 μ m and the wetting of universal adhesives is 5.0 μ m for Scotchbond Universal (SBU) and 6.5 μ m for Allbond Universal (ALU). Thus leaving part of the collagen fibers without the encapsulation of the adhesive monomers, which is $3.5\mu m$ and $2.5\mu m$ for the respective adhesives. In this space, MMP-2 and MMP-9 initiate the degradation of the hybrid layer, in addition to the long-term hydrolytic degradation^{21,46,55}.

In the study by Cecchin *et al.*¹⁴ the same conditioners were used and the result showed that both removed the smear layer, dissolved the intratubular dentin and exposed collagen fibrils. These results lead to believe that glycolic acid can demineralize to a lesser extent, allowing both the alcohol-based and the acetonebased adhesives to remove water from the demineralized dentin, creating an adequate and fully encapsulated hybrid layer. However, further studies should be carried out to assess the depth of demineralization of these adhesives and the encapsulation of collagen fibrils by the respective adhesive systems.

After the failure analysis, the results presented in table 5 demonstrate that for the PO test, the mixed failure involving 0 to 50% of the sample surface was the most prevalent, both in the groups where etching was performed with phosphoric acid and with acid Glycolic independent of the adhesive system. Type 1, 2 and 5 failures are ideal as they show that the adhesive remained in greater quantity adhered to the dentin. In the study by Cecchin *et al.*¹⁴, adhesive failure was predominant for SB and OSP, and there was an increase in mixed failures for SBU, both for glycolic acid and for phosphoric acid.

The data obtained in the different thirds of the root canal were all included in each of the groups, as they did not show differences for the thirds. Thus, only group data were used for statistics. Possibly this difference was not seen as we performed the standardization of all roots, maintaining their circular shape from the cervical third to the apical third, both in its internal and external diameter.

The FEA that allows visualizing the stress distribution along the sample requires the simplification of structures, especially when the materials have a density similar to fiberglass post, resin cement and root dentin⁴² which is the case in our study. The distribution of stress along the sample, the tensile stress perpendicular to the force incidence can be visualized (Figure 10, 11 and 12). The same was reported in the study by Zaytsev and Panfilov⁵⁸ and Li *et al.*³⁰ where high stress concentrations were found in the dentin around the two points of force application, inducing pure tensile stress in the place where the failure occurs.

Tensile is what provides us with more adequate bond strength values, such as the bond strength studies in the coronary portion of teeth, transforming the coronary portion into a flat shape, which are toothpicks. This diametrical compression test would give the ideal tensile values to assess the bond strength of a sample, which in the case of root canals is curved. For a curved sample, which is the adhesive surface of the root canals, the traction region is perpendicular to the line where the compressive load was being applied (Figure 10, 12), from which the maximum force values were obtained, which was transformed into adhesive strength by finite elements.

The results showed similar means for the different groups, which showed that this test is not as sensitive to dentinal variations as the results presented by the push out test. We believe that this may be due to the presence of the dentin structure during the compression test. This may have made it difficult to accurately assess the bond strength values where the tensile strength was occurring on the samples, since the adhesive interface is extremely thin and sensitive to test variations.

For the CD test, it was difficult to evaluate the results obtained, with regard to the statistical analysis of the data obtained in the finite element test. Since the available analytical stress formulas for the diametrical compression test are only for homogeneous discs, it is necessary to use FEA to determine the stress distributions for a composite disc, mainly for the interface between pin and dentin²⁴. The literature reports that the use of diametral traction to assess bond strength is an easy method to be performed^{1,12,25,59}, which in fact is in its laboratory phase. However, when we use many groups and many samples, that is, more than 200 samples, there is a need for a long time to obtain and evaluate the results, as each sample needs to be analyzed individually, which became an obstacle in this research, making it impossible to obtain results individually. Thus, we can evaluate the bond strength, where the traction was taking place in the sample itself, only for the means of each group and not for each sample individually. This made it impossible to perform statistics to assess differences between groups. Although statistics for the CD test could not be performed, we can observe a small change in values between groups. This shows that the test is not sensitive to the variations presented for each group, with regard to the amount of water present in the dentin, difference between the acids and adhesives used. This could be due to the large amount of structures between the applied force and the different layers of materials.

Although we could not statistically evaluate the CD data, we performed a Pearson Correlation to check if there was an interaction between the values presented for the PO and CD tests (Graph 3). Pearson's correlation test was performed with a significance level of 5%. No correlation was found between the bond strength by the push-out test and the diametral tensile strength for the experimental groups (r=0.0947; p=0.823). Thus, through the data obtained in this study, we can observe that although the CD test is quick to be performed in its laboratory stage, it was difficult to assess the bond strength of each sample, due to the time taken for this individual assessment by FEA. Furthermore, the bond strength values between the groups showed little variation, which shows that the dentin structure surrounding the adhesive interface may have hindered the assessment of the thin hybrid layer. Although this test has these limitations, we can, through finite elements, indicate where the variations in voltages occurred throughout the sample.

Thus, based on our results, we can conclude that despite the limitations presented by the push-out test, it is even more sensitive to detect changes in bond strength when different standards of dentin wettability, etching and adhesives are used.

CONCLUSION

Based on the results obtained in this study, we can conclude that although the PO test is not the best test for assessing bond strength, as it is performed on curved root canal surfaces, it can detect more sensitive changes in strength values when compared to the test of CD. For these data, the push out showed that glycolic acid has higher bond strength values than phosphoric acid in wet dentin, regardless of the adhesive used. The CD test, despite being easy to perform, has limitations for having the entire dentin structure between the applied force and the evaluated adhesive interface, in addition to the fact that the time taken to evaluate each sample individually became an obstacle in the study. Added to that, there was no correlation between the two tests.

REFERÊNCIAS

- 1. ASKELAND, D. R.; PHULÉ, P.P. Ciência e engenharia dos materiais. 1. ed. São Paulo: Cengage.Learning 2008.
- ASMUSSEN, E.; PEUTZFELDT, A.; HEITMANN, T. Stiffness, elastic limit, and strength of newer types of endodontic posts. J Dent, v. 27, n.4, p. 275-278, 1999.
- BACCHI, A.; CALDAS, R.A.; SCHMIDT, D.; DETONI, M.; SOUZA, M.A.; CECCHIN, D.; FARINA, A.P. Fracture Strength and Stress Distribution in Premolars Restored with Cast Post-and-Cores or Glass-Fiber Posts Considering the Influence of Ferule. Biomed Res Int, v. 1, p. 1-7, 2019.
- 4. BAENA, E.; FLORES, A.; CEBALLOS, L. Influence of root dentin treatment on the push-out bond strength of fiber posts. Odontology, v. 105, n. 2, p. 170-177, 2016.
- BARCELLOS, R. R.; PEREIRA, D.; CORREIA, D.; FARINA, A.P.; FERRAZ, C. C. R.; CECCHIN, D. Fracture resistance of endodontically treated teeth restored with intra-radicular post: The effects of post system and dentine thickness. J Biomech, v. 110, n.3, p.1-6, 2013.
- BELLO, Y.D.; PORSCH, H.F.; FARINA, A.P.; SOUZA, M.A.; SILVA, E.J.N.L. BEDRAN-RUSSO, A.K.; CEC-CHIN, D. Glycolic acid as the final irrigant in endodon-

tics: Mechanical and cytotoxic effects. Mater Sci Eng C Mater Biol Appl, v. 100, p. 323-329, 2019.

- BITTER, K.; KIELBASSA, A. M. Post-endodontic restorations with adhesively luted fiber-reinforced composite post systems: a review. Am J Dent, v. 20, n. 6, p. 353-360, 2007.
- BOUILLAGUET, S.; TROESCH, S.; WATAHA, J. C.; KREJCI, I.; MEYER, J. M.; PASHLEY, D.H. Microtensile bond strength between adhesive cements and root canal dentin. Dent Mater, v. 19, n. 3, p. 199-205, 2003.
- BRESCHI, L; MAZZONI, A; RUGGERI, A; CA-DENARO, M; DI LENARDA, R; DORIGO, E. S. Dental adhesion review: Aging and stability of the bonded interface. Dent Mater, v. 24, n. 1, p. 90-101, 2010.
- 10.BRODY, H. J. Chemical Peeling and Resurfacing. 2. ed. St. Louis, MO: 1997.
- 11.CALDAS, R.A.; BACCHI, A.; BARÃO, V. A.R.; VERSLUIS, A. Should adhesive debonding be simulated for intra-radicular post stress analyses? Dent Mater, v. 34, n. 9, p. 1331-1341, 2018.
- 12.CARRERA, C.; CHEN, Y.C.; LI, Y.; RUDNEY, J.; APARICIO, C.; FOK, A. Dentin-composite bond strength measurement using the Brazilian disk test. J Dent, v. 52, p. 37-44, 2016.

- 13.CECCHIN, D.; BRINGHENTI, I.L.; BERNARDI, J.B.; LEAL, L.O.; SOUZA, M.A.; BBEDRAN-RUSSO, A.K.; FARINA, A.P. Alpha-hydroxy glycolic acid for root dentin etching: morphological analysis and push out bond strength. Int J Adhes Adhes, v. 90, p. 138-143, 2019.
- 14.CECCHIN, D.; FARINA, A.P.; VIDAL, C.M.P.; BE-DRAN-RUSSO, A.K. A Novel Enamel and Dentin Etching Protocol Using a-hydroxy Glycolic Acid: Surface Property, Etching Pattern, and Bond Strength Studies. Oper Dent, v. 43, n. 1, p. 101-110, 2018.
- 15.CERNY, D.; ECKERT, S.; MOUNAJJED, R. Retrospective 9-Year Clinical Outcome Report on Adhesive Postendodontic Treatment of Anterior Teeth Using Prefabricated Fiber Posts. Int J Prosthodont, v. 32, n. 1, p. 14-16, 2018.
- 16.COELHO, C.S.; BIFFI, J.C.; SILVA, G.R.; ABRAHÃO, A.; CAMPOS, R.E.; SOARES, C.J. Finite element analysis of weakened roots restored with composite resin and posts. Dent Mater J, v. 28, n. 6, p. 671–678, 2009.
- 17.DALEPRANE, B.; PEREIRA, C. N. B.; BUENO, A. C.; FERREIRA, R. C.; MOREIRA, A. N.; MAGALHÃES, C. S. Bond strength of fiber posts to the root canal: Effects of anatomic root levels and resin cements. J. Prosthet Dent, v. 116, n. 3, p. 416–424, 2016.

- 18.DE MUNCK, J.; VAN LANDUYT, K.; PEUMANS, M.; POITEVIN, A.; LAMBRECHTS, P.; BRAEM, M.; VAN MEERBEEK, B. A critical review of the durability of adhesion to tooth tissue: methods and results. J Dent Res, v. 84, n. 2, p. 118-132, 2005.
- 19.DE SOUSA, M. M.; QUEIROZ, E. C.; SOARES, P. V.; FARIA-E-SILVA, A. L.; SOARES, C.J.; MARTINS, L.R. Fiber post etching with hydrogen peroxide: effect of concentration and application time. J Endod, v.37, p. 398-402, 2011.
- 20.FARIA-E-SILVA, L. A.; MENEZES, S.; SILVA, F.P.; REIS, G.R.; MORAES, M. M. Intra-radicular dentin treatments and retention of fiber posts with self-adhesive resin cements. Braz. oral res, v. 27, n.1, p. 14-19, 2009.
- 21.FARIAS, D.C.S.; ANDRADA, M.A.C.; BOUSHELL, L.W.; WALTER, R. Assessment of the initial and aged dentin bond strength of universal adhesives. *Int J Adhes Adhes.*, v. 70, p. 53–61, 2016.
- 22.FARINA, A.P.; CHIELA, H.; CARLINI-JUNIOR, B.; MESQUITA, M. F.; MIYAGAKI, D. C.; RANDI FER-RAZ, C.C.; VIDAL, C.M.; CECCHIN, D. Influence of Cement Type and Relining Procedure on Push-Out Bond Strength of Fiber Posts after Cyclic Loading. J Prosthodont, v.10, n.11, p. 1-7, 2015.
- 23.GRANDINI, S.; GORACCI, C.; MONTICELLI, F.; BORRACCHINI, A.; FERRARI, M. SEM evaluation of

the cement layer thickness after luting two different posts. J Adhes Dent, v.7, n. 3, p. 235–240, 2003.

- 24.HUANG, S.H.; LIN, L.S.; FOK, A. LIN, C.P. Diametral compression test with composite disk for dentin bond strength measurement--finite element analysis. Dent Mater, v. 28, n. 10, p. 1098-104, 2012[b].
- 25.HUANG, S.H.; LIN, L.S.; RUDNEY, J.; JONES, R.; APARICIO, C.; LIN, C.P.; FOK, A. A novel dentin bond strength measurement technique using a composite disk in diametral compression. Acta Biomater, v. 8, n. 4, p. 1597-602, 2012[a].
- 26.HUFFMAN, B. P.; MAI, S.; PINNA, L.; WELLER, R. N.; PRIMUS, C. M.; GUTMANN, J. L.; PASHLEY, D. H.; TAY, F. R. Dislocation resistance of ProRoot Endo Sealer, a calcium silicate-based root canal sealer, from radicular dentine. *Int Endod J*, v. 42, n. 1, p. 34-46, 2009.
- 27.IWASAKI, Y.; TOIDA, T.; NAKABAYASHI, N. Improved wet bonding of methyl methacrylate-tri-n-butylborane resin to dentin etched with ten percent phosphoric acid in the presence of ferric ions. J Biomed Mater Res A, v. 68, n. 3, p. 566-572, 2004.
- 28.KATAOKA, M.; SASAKI, M.; HIDALGO, A.R.; NA-KANO, M.; SHIMIZU, S. Glycolic acid production using ethylene glycol-oxidizing microorganisms. Biosci Biotechnol Biochem, v. 65, n. 10, p. 2265-2270, 2001.

- 29.LASSILA, L.V. J.; TANNER, J.; LE-BELL, A. M.; NARVA, K.; VALLITTU, P. K. Flexural properties of fiber reinforced root canal posts. Dent Mater, v. 20, n. 1, p. 29-36, 2004.
- 30.LI, K.; GUO, J.; LI, Y.; HEO, Y.C.; CHEN, J.; XIN, H.; FOK, A. Accelerated fatigue testing of dentin-composite bond with continuously increasing load. Dent Mater, v. 33, n. 6, p. 681-689, 2017.
- 31.MACEDO, G. V.; YAMAUCHI, M.; BEDRAN-RUSSO, A. K. Effects of Chemical Cross-linkers on Cariesaffected Dentin Bonding. J Dent Res, v. 88, n.12, p. 1096-1100, 2010.
- 32.MALQUARTI, G.; BERRUET, R. G.; BOIS, D. Prosthetic use of carbon fiber-reinforced epoxy resin for esthetic crowns and fixed partial dentures. J Prosthet Dent, v. 63, n.3, p. 251–7, 1990.
- 33.MUSHASHE, A.M.; GONZAGA, C.C.; CUNHA, L.F.; FURUSE, A.Y.; MORO, A.; CORRER, G.M. Effect of Enamel and Dentin Surface Treatment on the Self-Adhesive Resin Cement Bond Strength. Braz Dent J, v. 27, n. 5, p. 537-542, 2016.
- 34.NAKABAYASHI, N.; KOJIMA, K.; MASUHARA, F. The promotion of adhesion by the infiltration of monomers into tooth substrates. J Biomed Mater Res, v. 16, n. 3, p. 265-273, 1982.

- 35.NAKABAYASHI, N.; WATANABE, A.; IGARASHI, K. AFM observation of collapse and expansion of phosphoric acid-demineralized dentin. J Biomed Mater Res A, v. 68, n. 3, p. 558-565, 2003.
- 36.OHLMANN, B.; FICKENSCHER, F.; DREYHAUPT, J.; RAMMELSBERG, P.; GABBERT, O.; SCHMITTER, M. The effect of two luting agents, pretreatment of the post, and pretreatment of the canal dentin on the retention of fiber-reinforced composite posts. J Dent, v.36, n.1, p. 87-92, 2008.
- 37.OLIVEIRA, N. A.; DINIZ, L. S. M.; SVIZERO, N. R.; D'ALPINO, P. H. P.; PEGORARO, C. A. C. C. SISTE-MAS ADESIVOS: CONCEITOS ATUAIS E APLICA-ÇÕES CLÍNICAS. Revista Dentística online, v. 9, n. 19, p. 1518-4889, 2010.
- 38.PATIERNO, J. M.; RUEGGEBERG, F. A.; ANDERSON, R. W.; WELLER, R. N.; PASHLEY, D. H. Push-out strength and SEM evaluation of resin composite bonded to internal cervical dentin. *Endod Dent Traumatol*, v. 12, n. 5, p. 227-236, 1996.
- 39.PEREIRA, J.R.; LINS DO VALLE, A.; GHIZONI, J.S.; LORENZONI, F.C.; RAMOS, M.B.; DOS REIS SÓ, M.V. Push-out bond strengths of different dental cements used to cement glass fiber posts. J Prosthet Dent, v. 110, n. 2, p. 134-140, 2013.

- 40.PINTO, C.L.; BHERING, C.L.B.; DE OLIVEIRA, G.R.; MAROLI, A.; REGINATO, V.F.; CALDAS, R.A.; BAC-CHI, A. The Influence of Post System Design and Material on the Biomechanical Behavior of Teeth with Little Remaining Coronal Structure. J Prosthodont, p. 1-7, 2018.
- 41.PRADO, M.; GUSMAN, H.; GOMES, B.P.; SIMÃO, R.A.; Scanning electron microscopic investigation of the effectiveness of phosphoric acid in smear layer removal when compared with EDTA and citric acid. J Endod, v.37, n.2, fev., 2011.
- 42.RODRIGUES, M.P.; SOARES, P.B.F.; VALDIVIA, A.D.C.M.; PESSOA, R.S. VERÍSSIMO, C.; VERSLUIS, A.; SOARES, C.J. Patient-specific Finite Element Analysis of Fiber Post and Ferrule Design. J Endod, v. 43, n. 9, p. 1539-1544, 2017.
- 43.SAKER, S.; ÖZCAN, M. Retentive strength of fiberreinforced composite posts with composite resin cores: Effect of remaining coronal structure and root canal dentin conditioning protocols. J Prosthet Dent, v.114, n. 6, p. 856–861, 2015.
- 44.SALAMEH, Z.; OUNSI, H. F.; ABOUSHELIB, M. N.; SADIG, W.; FERRARI, M. Fracture resistance and failure patterns endodontically treated mandibular molars with and without fiber-post in combination with a zirconia-ceramic crown. J Dent, v. 36, n. 7, p. 513–519, 2008.

- 45.SCOTTI, N.; BERGANTIN, E.; TEMPESTA, R.; TUR-CO, G.; BRESCHI, L.; FARINA, E.; PASQUALINI, D.; BERUTTI, E. Influence of dentin pretreatment with synthetic hydroxyapatite application on the bond strength of fiber posts luted with 10-methacryloyloxydecyl dihydrogen phosphate-containing luting systems. Eur J Oral Sci, v. 124, n. 5, p, 504-509, 2016.
- 46.SCHULZE, K.A.; OLIVEIRA, S.A.; WILSON, R.S.; GANSKY, S.A.; MARSHALL, G.W.; MARSHALL, S.J. Effect of hydration variability on hybrid layer properties of a self-etching versus an acid-etching system. *Biomaterials*, v. 26, n. 9, p. 1011–1018, 2005.
- 47.SHAFIEI, F.; MOHAMMADPARAST, P.; JOWKAR, Z. Adhesion performance of a universal adhesive in the root canal: Effect of etch-and-rinse vs. self-etch mode. *PLoS ONE*, v. 13, n. 4, p. 1-14, 2018.
- 48.SHAHRAVAN, A.; HAGHDOOST, A.A.; ADL, A.; RAHIMI, H.; SHADIFAR, F. Effect of smear layer on sealing ability of canal obturation: a systematic review and meta-analysis. J Endod, v. 33, p. 96–105, 2007.
- 49.SOUSA-NETO, M. D.; SILVA COELHO, F. I.; MAR-CHESAN, M. A.; ALFREDO, E.; SILVA-SOUSA, Y. T. Ex vivo study of the adhesion of an epoxy-based sealer to human dentine submitted to irradiation with Er : YAG and Nd : YAG lasers. *Int Endod J*, v. 38, n. 12, p. 866-870, 2005.

- 50.SPAZZIN, A.O.; GALAFASSI, D.; CECCHIN, D.; LAZZARETTI, D.N.; GONÇALVES, L.S.; CARLINI JÚNIOR, B. Influência da desproteinização e da umidade sobre o substrato dentinário na microinfiltração em restaurações de resina composta. RFO, v. 12, n. 2, p. 46-51, 2007.
- 51.TAY, F.R.; CARVALHO, R.; SANO, H.; PASHLEY, D.H. Effect of smear layers on the bonding of a self-etching primer to dentin. J Adhes Dent, v. 2, n. 2, p. 99-116, 2000.
- 52.TJÄDERHANE, L.; NASCIMENTO, F. D.; BRESCHI, L.; MAZZONI, A.; TERSARIOL, I. L.; GERALDELI, S.; TEZVERGIL-MUTLUAY, A.; CARRILHO, M.; CARVALHO, R. M.; TAY, F. R.; PASHLEY, D.H. Strategies to prevent hydrolytic degradation of the hybrid layer-A review. Dent Mater, v. 29, n.10, p. 999-11, 2013.
- 53.TREVELIN L.T.; VILLANUEVA, J.; ZAMPERINI, C.A.; MATHEW, M.T.; MATOS, A.B.; BEDRAN-RUS-SO, A.K. Investigation of five α-hydroxy acids for enamel and dentin etching: Demineralization depth, resin adhesion and dentin enzymatic activity. Dent Mater, v. 35, n. 6, p. 900-908, 2019.
- 54.VAN LANDUYT, K.L.; SNAUWAERT, J.; DE MUNCK, J.; PEUMANS, M.; YOSHIDA, Y.; POITEVIN, A.; COUTINHO, E.; SUZUKI, K.; LAM-BRECHTS, P.; VAN MEERBEEK, B. Systematic review

of the chemical composition of contemporary dental adhesives. Biomaterials, v. 28, n. 26, p. 3757-3785, 2007.

- 55.VAN MEERBEEK, B.; INOKOSHI, S.; BRAEM, M.; LAMBRECHTS, P.; VANHERLE, G. Morphological aspects of the resin-dentin interdiffusion zone with different dentin adhesive systems. *J Dent Res*, v. 71, n. 8, p. 1530– 1540, 1992.
- 56.VELMURUGAN, N.; PARAMESWARAN, A. Custommade resin post and core. Oper Dent, v.29, n.1, p.112-4, 2004.
- 57.YENISEY, M.; KULUNK, S. Effects of chemical surfasse treatments of quartz and glass fiber posts on the retention of a composite resin. J Prosthet Dent, v. 99, n.1, p. 38-45, 2008.
- 58.ZAYTSEV, D.; PANFILOV, P. Deformation behavior of human dentin in liquid nitrogen: A diametral compression test. *Mater. Sci. Eng. C*, v. 42, p. 48-51, 2014.
- 59.ZHU, L.; LI, Y.; CHEN, Y.C.; CARRERA, C.A.; WU, C.; FOK, A. Comparison between two post-dentin bond strength measurement methods. Sci Rep, v. 8, n. 1, p. 1-8, 2018.

TABLES

Table 1. Material properties required for finite element analysis.

Material	Módulo elás- tico (GPa)	Razão de Pois- son	Referência
Dentina	18.6	0.31	Huang <i>et al.</i> (2012)
Z250	14	0.31	Huang <i>et al.</i> (2012)
Cimento	Cimento 18.6		Bacchi et al. (2019)

Table 2. Properties of fiberglass posts required for finite element analysis.

Glass fiber post	Módu- lo elás- tico (GPa)	Razão de Poisson Módulo de cisalhament o (GPa)		Referência
Transversal	y = 9.5	yz = 0.27	xy = 3.54	Lanza <i>et al.</i> (2005) Caldas <i>et al.</i> (2018)
Longitudi- nal	x = 37	xy = 0.34	yz = 14.57	Lanza <i>et al.</i> (2005) Caldas <i>et al.</i> (2018)
Diagonal	z = 9.5	xz = 0.34	xz = 3.54	Lanza <i>et al.</i> (2005) Caldas <i>et al.</i> (2018)

	Table	3.	Mean	(standard	deviation)	of	the	push-out
bond	streng	th ((MPa) v	alues for t	he experim	ent	tal gr	roups.

Ácido Glicólico 37%			Ác	ido Fost	fórico 3	7%	
Úm	mida Molhada		Úmida		Molhada		
SB	OP	SB	OP	SB	OP	SB	OP
9,04	8,32	6,07	6,39	6,92	6,96	6,44	6,36
(1,84	(1,88	(1,61	(2,17	(1,57	(2,49	(1,94	(2,64
))))))))

Table 4. Means of push-out bond strength (MPa) for each factor evaluated separately and for the interaction between factors (acid vs. dentin).

Fator 1: tipo de ácido					
AG - Ácido Glicólico37%	AF - Ácido Fosfórico 37%	р			
7,45 a	6,67 b	0,004			
Fator 2: tr	atamento da dentina				
U - Úmida	M - Molhada	р			
7,81 a	6,32 b	<0,001			

81 a	6,32 b	<0,0

Fator 3: tipo de adesivo

SB	OP	р
----	----	---

7,11 a 7,01 a 0,693

Fator 1 (ácido) vs. Fator 2 (dentina)

AG - U	AG - M	AF - U	AF - M	р
8,67 a	6,23 b	6,94 b	6,40 b	<0,001

*Averages followed by equal letters on the same line are statistically similar ($p \ge 0.05$).

Table 5. Types of failure found for the push out test after optical microscope failure analysis.

			РО			
	n	1	2	3	4	5
G1	30	5 (16,6%)	9 (30%)	(16,6%)	(36,6%)	0
G2	30	(36,6%)	(10%)	(23,3%)	(20%)	(10%)
G3	30	(50%)	(20%)	5 (16,6%)	(13,3%)	0
G4	30	10 (33,3%)	4 (13,3%)	11 (36,6%)	4 (13,3%)	1 (3,3%)
G5	30	3 (10%)	(20%)	20 (66,6%)	(3,3%)	0
G6	30	(16,6%)	(36,6%)	9 (30%)	(16,6%)	0

G7	30	(6,6%)	(46,6%)	(46,6%)	0	0
G8	30	(13,3%)	15 (50%)	9 (30%)	(6,6%)	0

Table 6. Bond strength of groups. Table shows the maximum, minimum and average resistance in the different thirds of the root canal

Grupo	Carga média ensaio (N)	Tensão mé- dia (MPa)	Tensão Max (MPa)	Tensão Min (MPa)
1	519,41	16,10	20,48	14,56
2	448,97	13,92	17,70	12,60
3	500,49	15,51	19,73	14,03
4	472,09	14,63	18,61	13,24
5	448,54	13,91	17,69	12,58
6	480,00	14,88	18,92	13,46
7	486,73	15,09	19,19	13,65
8	489,18	15,16	19,29	13,72

Table 7. Bond strength averages in MPa for the different groups

Grupo	Tensão média (MPa)
1	16,10
2	13,92
3	15,51
4	14,63
5	13,91
6	14,88
7	15,09
8	15,16
	1

ANEXOS

ANEXO 1

Certificado do Comitê de Ética em Pesquisa com Animais (nº 046/2019)



UNIVERSIDADE DE PASSO FUNDO VICE-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO COMISSÃO DE ÉTICA NO USO DE ANIMAIS - CEUA

CERTIFICADO

Certificamos que a proposta intitulada "Comparação de métodos de mensuração da resistência de união e hibridização de dentina radicular", registrada com o nº 046/2019 sob a responsabilidade de Ana Paula Farina e que envolve a utilização de animais pertencentes ao filo Chordata, subfilo Vertebrata (exceto humanos) para fins de Pesquisa, encontra-se de acordo com os preceitos da Lei nº 11.794 de 8 de outubro de 2008, do Decreto nº 6.899 de 15 de julho de 2009, e com as normas editadas pelo Conselho Nacional de Controle de Experimentação Animal (CONCEA), e foi aprovada pela COMISSÃO DE ÉTICA NO USO DE ANIMAIS DA UNIVERSIDADE DE PASSO FUNDO (CEUA-UPF) em reunião de 19/09/2019.

Finalidade: Pesquisa

Espécie/linhagem/raça: Bovina(dentes)

Origem: Animais abalidos em frigorífico

Resumo:o objetivo desse estudo será comparar dois métodos de mensuração da resistência de união e hibridização de dentna radicular. Serão preparados olienta dentes bovinos unitradiculares divididos em oito grupos: G1- ácido glicólico 37%, dentna úmida, One Step Plusi Duo-Link Bisor; G3- ácido glicólico 37%, dentna imida, One Step Plusi Duo-Link Bisor; G3- ácido glicólico 37%, dentina mohada, SingleBond/RelyXARC; G4- ácido glicólico 37%, dentenia mohada, One Step Plusi Duo-Link Bisor; G3- ácido listor; dos grupos 5 ao 8 serão utilizados ce mesmos graus de umidade e asteimas adesivos, no entanto o condicionamento ácido será realizado com ácido fosfórico à 37%. De cada dente serão obtidos discos com dâmetro interno de 2mm, diâmetro externo de 5mm e altura de 2mm, esses discos serão submétidos ao toste push out e ao teste de compressão diametral, ambos em uma máquina de ensaio universal à 0,5mm/min, serád oup para compressão diametral passarão por análise de elementos finitos, e a partir da lensão máxima de tração na interface pino-dentina será comparada a diferença na resistência de unão entre os grupos, os dados serão analisados pelo teste 1. Os valores de resistência de unão dentro de cada método serão possivelmente analisados com ANDVA e teste de Tukey, se apresentar normalidad dos dados. Os padrões de farha apôs os testes de Plus out e Compressão Diametral, serão analisados pelo teste chi-quadrado. Os testes e statísticos serão realizados em um mivel de significância de 0,05.

Passo Fundo, 24 de setembro de 2019.

Prof. Dr. Rafael Frandoloso Coordenador CEUA /UPF

180