UNIVERSIDADE ESTADUAL DE PONTA GROSSA
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO *STRICTO SENSU* EM ODONTOLOGIA
ÁREA DE CONCENTRAÇÃO: DENTÍSTICA RESTAURADORA

JULIO CEZAR CHIDOSKI FILHO

INFLUÊNCIA DO PRÉ-AQUECIMENTO E MODO DE APLICAÇÃO DE DIFERENTES TIPOS DE RESINAS COMPOSTAS UTILIZADAS PARA REFORÇO RADICULAR EM RAÍZES ENFRAQUECIDAS

PONTA GROSSA

2021

JULIO CEZAR CHIDOSKI FILHO

INFLUÊNCIA DO PRÉ-AQUECIMENTO E MODO DE APLICAÇÃO DE DIFERENTES TIPOS DE RESINAS COMPOSTAS UTILIZADAS PARA REFORÇO RADICULAR EM RAÍZES ENFRAQUECIDAS

Tese de defesa apresentada ao Programa de Pós-graduação Stricto sensu em Odontologia da Universidade Estadual de Ponta Grossa como requisito para a obtenção do título de Doutor em Odontologia, área de concentração em Dentística Restauradora, linha de pesquisa em Propriedades Físico-Químicas e Biológicas de Materiais Dentários.

Orientadora: Prof.ª. Dr.ª. Giovana Mongruel Gomes Schmidt
Coorientador: Prof. Dr. João Carlos Gomes

PONTA GROSSA

2021

Chidoski Filho, Julio Cezar
C533 Influência do pré-aquecimento e modo de aplicação de diferentes tipos de resinas compostas utilizadas para reforço radicular em raízes enfraquecidas / Julio Cezar Chidoski Filho. Ponta Grossa, 2021.
109 f.

Tese (Doutorado em Odontologia - Área de Concentração: Dentística Restauradora), Universidade Estadual de Ponta Grossa.

Orientadora: Profa. Dra. Giovana Mongruel Gomes Schmidt.
Coorientador: Prof. Dr. João Carlos Gomes.

1. Cimentos de resina. 2. Pinos dentários. 3. Preparo de canal radicular. 4. Resistência ao cisalhamento. 5. Testes de dureza. I. Schmidt, Giovana Mongruel Gomes. II. Gomes, João Carlos. III. Universidade Estadual de Ponta Grossa. Dentística Restauradora. IV.T.

CDD: 617.6

Ficha catalográfica elaborada por Maria Luzia Fernandes Bertholino dos Santos- CRB9/986

JULIO CEZAR CHIDOSKI FILHO

INFLUÊNCIA DO PRÉ-AQUECIMENTO E MODO DE APLICAÇÃO DE DIFERENTES TIPOS DE RESINAS COMPOSTAS UTILIZADAS PARA REFORÇO RADICULAR EM RAÍZES ENFRAQUECIDAS

Tese de defesa apresentada ao Programa de Pós-graduação Stricto sensu em Odontologia da Universidade Estadual de Ponta Grossa, como requisito à obtenção do título de Doutor em Odontologia, área de concentração em Dentística Restauradora, linha de pesquisa em Propriedades Físico-Químicas e Biológicas de Materiais Dentários.

Profª. Drª. Giovana Mongruel Gomes – Orientadora

Universidade Estadual de Ponta Grossa

Prof. Dr. Cesar Augusto Galvão Arrais

Universidade Estadual de Ponta Grossa

Prof. Dr. Fabrício Rutz da Silva

Centro Universitário UNIFASIPE

Prof.ª Dr.ª Yasmine Mendes Pupo

Universidade Federal do Paraná

Prof.ª Dr.ª Juliana Larocca de Geus

Universidade Estadual de Ponta Grossa

Ponta Grossa 2021

Dedico esse trabalho aos meus pais, **Julio e Rosangela**, por não medirem esforços em minha formação pessoal e profissional. Obrigado por todo apoio, mesmo não morando na mesma cidade, sei que tenho vocês comigo sempre, independente da distância. Obrigado por me ajudarem a me tornar quem eu sou. Ao meu **pai**, que sem dúvida é meu maior exemplo, meu guerreiro, sou extremamente grato em ter você como pai, sei o quanto você batalhou para que eu chegasse até esse momento! À minha **mãe**, minha rainha, meu muito obrigado por sempre me apoiar e estar ao meu lado, me ajudando com todas as correrias da vida, também me espelho muito em você, obrigado por todos os puxões de orelha. Me faltam palavras para agradecer vocês dois. Eu amo muito vocês, sem vocês não sou nada e mais uma vez meu muito obrigado!

A minha namorada, **Michelli**, por sempre estar ao meu lado em todos os momentos, sejam eles bons ou ruins, você estava lá firme para me ajudar e apoiar em todas as decisões. O doutorado me trouxe você, foi nesse período que te conheci, e é com você que quero compartilhar todas as minhas/nossas conquistas. Obrigado Mimi, Amo você demais!

Aos meus tios, **Rosi e Paulo**, e primos, **Lucas e Lauro,** por todo acolhimento, amizade nesses anos em que vocês compartilharam a casa de vocês para que eu pudesse estudar e ter feito mestrado/doutorado em Ponta grossa, muito obrigado por toda ajuda, sou muito grato! E aos demais familiares também meu muito obrigado, todos vocês foram peças mais do que importantes em minha formação! Amo vocês!

Gostaria de dedicar este trabalho também aos meus avós, por todos ensinamentos e conselhos que me deram e dão até hoje. **Vó Nena**, minha véinha, quero chegar aos quase 90 anos que a senhora tem e ter sua saúde, humildade e ser essa pessoa bondosa que você é. Obrigado por tudo, amo você! **Vó Tita e vô Alirio**, que não se encontram mais fisicamente entre nós, saibam que amo vocês e que a saudade é gigante, sei que aí de cima vocês estão orgulhosos de mim, muito obrigado por tudo que me ensinaram em vida, levo tudo comigo sempre, amo demais vocês!

AGRADECIMENTOS

À **Deus**, por guiar meus passos e me dar forças em todos os momentos difíceis. Obrigado por sempre me guiar nas minhas escolhas.

À **minha família**, agradeço a confiança que sempre depositaram em mim, todo esforço para minha educação, e podem ter certeza, que toda essa confiança depositada se transformou em combustível para que eu sempre corresse atrás de mais.

À minha orientadora **Profª. Drª. Giovana Mongruel Gomes**, pela dedicação, paciência, amizade e ensinamentos, obrigado por sempre me ajudar, desde os tempos de iniciação cientifica até o momento do doutorado Obrigado pelo tempo que você dedicou nos nossos trabalhos, nas dúvidas que sempre tive, e pela paciência que sempre teve comigo. Sempre serei grato pela confiança. Você é um dos meus maiores exemplos, para que eu tenha escolhido a vida acâdemica.

À **Profª. Drª. Alessandra Reis**, por toda ajuda e transmissão de conhecimentos durante a elaboração desse trabalho, e pela disposição em sempre que possível, sanar diversas dúvidas.

À **Profª. Drª, Bruna Fortes Bittencourt**, por toda a paciência, dedicação e disposição para me ajudar em todos os trabalhos, desde iniciação cientifica até o doutorado, obrigado pela disponibilidade em corrigir e dar dicas e também pela amizade.

Ao **Prof. Dr. João Carlos Gomes**, pelos ensinamentos, conselhos e amizade. Sem você não teria me aprofundado em diversos assuntos, em especial a odontologia digital. Obrigado por toda ajuda durante o mestrado e doutorado, um exemplo de professor, que ama o que faz, me espelho muito em você.

Às amigas e coorientadas de iniciação cientifica **Agnes Costa e silva, Ana Letícia Mores e Luana Gondim Togami**, por serem alunas dedicas, companheiras. Alunas como vocês me inspiram a ser um bom professor e querer ser cada vez melhor, espero ter contribuído com a formação de vocês, obrigado mesmo!

Ao **Programa de Pós Graduação Stricto Sensu em Odontologia e à Universidade Estadual de Ponta Grossa**, por nos dar condições de estudar numa Universidade conceituada e respeitada. Tenho muito orgulho dessa instituição.

Ao **Prof. Dr. Alessandro Dourado Loguercio e à Profª. Drª. Nara Hellen Campanha Bombarda** por toda a dedicação ao programa de pós-graduação.

À **Bianca Linhares**, secretária da pós-graduação, pela disposição em sempre ajudar e pela amizade. E à todos os **funcionários do C-labmu**, pela disponibilidade em nos ajudar em nossos trabalhos.

Ao **meu amigo Prof. Dr. Fabrício Rutz da Silva**, por me convidar para trabalhar ao seu lado e me proporcionar o meu primeiro emprego como docente em

uma faculdade. Obrigado também pelo acolhimento em sua casa e por todo apoio. Agradeço muito a você e sua esposa Edna, obrigado!

À **todos os professores do programa de pós-graduação**, por todos os ensinamentos.

À **CAPES,** pela concessão da bolsa de estudo durante o meu curso de doutorado.

DADOS CURRICULARES

Julio Cezar Chidoski Filho

NASCIMENTO 22.06.1991	Ponta Grossa, PR – Brasil
FILIAÇÃO	Rosangela Schermak Chidoski Julio Cezar Chidoski
2010 – 2014	Curso de Graduação em Odontologia pela Universidade Estadual de Ponta Grossa – UEPG Ponta Grossa, PR – Brasil
2014 – 2014	Curso de aperfeiçoamento em Estética e Prótese metal-free - Associação Brasileira de Odontologia de Ponta Grossa- ABO Ponta Grossa, PR - Brasil
2016 – 2018	Curso de Pós-Graduação em Odontologia pela Universidade Estadual de Ponta Grossa – UEPG. Nível de Mestrado em Odontologia. Área de Concentração: Dentística Restauradora. Ponta Grossa, PR – Brasil.
2018 – 2022	Curso de Pós-Graduação em Odontologia pela Universidade Estadual de Ponta Grossa – UEPG. Nível de Doutorado em Odontologia. Área de Concentração: Dentística Restauradora. Ponta Grossa, PR – Brasil.

2020-2021

Curso de Especialização em Prótese Dental em andamento CRO- Uniavan

RESUMO

Chidoski-Filho JC. **Influência do pré-aquecimento e modo de aplicação de diferentes tipos de resinas compostas utilizadas para reforço radicular em raízes enfraquecidas.** [Tese- Doutorado em Odontologia - Área de concentração em Dentística Restauradora]. Ponta Grossa: Universidade Estadual de Ponta Grossa; 2021.

Os objetivos deste estudo foram: 1- avaliar a influência de diferentes resinas compostas (RC) (convencional- C ou bulk- BF) e pré-tratamento (aquecida ou não) utilizadas para reforço radicular (RR) na adesão de pinos de fibra de vidro (PFV) ao canal radicular (CR) através dos testes de resistência de união (RU), microdureza vickers (VHN) e formação de fendas (FND); 2- avaliar a influência do modo de aplicação (passiva- AP e ativa- AA) de diferentes tipos de RC (C ou BF) utilizadas para RR na adesão de PFV ao canal radicular por meio dos testes de RU, VHN e FND. No experimento 1 foram selecionadas 72 raízes de dentes unirradiculares que após tratamento endodôntico foram preparadas para RR e divididas em 6 grupos (n=12): Grupo controle positivo ([GCP] – CR sem alargamento), Grupo controle negativo ([GCN] – CR alargados sem RR) e nos 4 grupos restantes, os CR foram alargados para recebimento do RR, de acordo com o tipo de RC (C ou BF) e pré-tratamento (aquecida ou não). Após o RR e cimentação dos PFV, foram obtidas seis fatias de cada raiz as quais foram submetidas a RU, VHN e análise de FND e os dados para cada material foram submetidos a ANOVA dois fatores (grupo experimental *vs* região radicular) e Tukey (α=0,05). Observou-se que os grupos de RR independentemente do tipo de RC e tratamento apresentaram resultados superiores de RU ao grupo GCN e valores de FND similares ao GCP, e que o aquecimento das RC aumentou significativamente os valores de VHN. No experimento 2 raízes de 72 dentes unirradiculares após tratamento endodôntico, foram preparadas para RR e divididas em 6 grupos (n=12): GCP- CR sem alargamento, GCN- CR alargados sem RR, e nos demais grupos, os CR foram alargados para recebimento do RR, de acordo com o tipo de RC (C ou BF) e modo de aplicação (passiva ou sônica). Após o RR e cimentação, foram obtidas seis fatias de cada raiz as quais foram submetidas a RU, VHN e análise de FND e os dados submetidos a ANOVA dois fatores (grupo experimental *vs* região radicular) e Tukey (α=0,05). Observou-se que o grupo de AA obteve valores estatisticamente superiores de RU e inferiores de FND na interface adesiva, porém o tipo de aplicação não influenciou significativamente os valores de VHN. Conclui-se que o aquecimento prévio e a aplicação sônica de resinas compostas, podem ser técnicas alternativas auxiliares no reforço radicular de canais radiculares excessivamente alargados.

Palavras-Chave: Cimentos de resina, Pinos dentários, Preparo de canal radicular, Resistência ao cisalhamento, Testes de dureza.

ABSTRACT

Chidoski-Filho JC. **Influence of pre-heating and application mode of different types of composite resin on root reinforcement of weakened roots**. [Tese - Doutorado em Odontologia - Área de concentração em Dentística Restauradora]. Ponta Grossa: Universidade Estadual de Ponta Grossa; 2021.

The aims of this study were: 1- to evaluate the influence of different composite resins (CR) (conventional- C or bulk- BF) and pre-treatment (heated or not) used for root reinforcement (RR) in the adhesion of glass fiber post (GFP) to the root canal (RC) through the tests of bond strength (BS), microhardness vickers (VHN) and gap formation (GAP); 2- evaluate the influence of the application mode (passive-PA and sonic-SA) of different types of CR (C or BF) used for RR in the adhesion of GFP to the root canal through the tests of BS, VHN and GAP. In experiment 1, 72 roots of uniradicular teeth were selected, after endodontic treatment, were prepared for RR and divided into 6 groups (n = 12): Positive control group ([PCG] - RC without enlargement), Negative control group ([NCG] - RC extended without RR) and in the remaining 4 groups, RC were extended to receive RR, according to the type of CR (C or BF) and pre-treatment (heated or not). After RR and GFP cementation, six slices of each root were obtained which were submitted to BS, VHN and GAP analysis and the data obtained for each material were submitted to two-way ANOVA (experimental group vs root region) and Tukey ($\alpha = 0.05$). It was observed that the groups of RR regardless of the type of CR and treatment showed superior results of BS to the group NCG and GAP values similar to PCG, and that the heating of CR significantly increased the values of VHN. In the experiment, 2 roots of 72 uniradicular teeth after endodontic treatment were prepared for RR and divided into 6 groups (n = 12): PCG- RC without enlargement, NCG- RC enlarged without RR, and in the other groups, the RC were enlarged to receipt of RR, according to the type of RC (C or BF) and application mode (passive or sonic). After RR and cementation, six were obtained from each root which were submitted to BS, VHN and GAP analysis and the data obtained were submitted to two-way ANOVA (experimental group vs root region) and Tukey ($\alpha = 0.05$). It was observed that the sonic application group obtained higher BS and lower GAP values at the adhesive interface, however the application mode did not significantly influence the VHN values. It is concluded that the previous heating and the sonic application of composite resins, can be alternative auxiliary techniques in the root reinforcement of excessively enlarged root canals.

Keywords: Resin cements, Dental pins, Root canal preparation, Shear strength, Hardness test.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Dente selecionado seguindo os critérios de inclusão para o estudo..... 23
Figura 2 - Dente seccionado abaixo da JCE 23
Figura 3 - Esvaziamento do canal radicular com lima K #10 e instrumentação com lima Wave one Gold Primary utilizando motor endodôntico.....24
Figura 4 - Controle positivo, pino compatível com diâmetro do canal radicular.....27
Figura 5 - Preparo do canal radicular, com uma broca compatível com o diâmetro do pino, simulando uma adaptação ideal.....27
Figura 6 - Preparo do canal radicular com uma ponta diamantada nº 4137 adaptada em baixa rotação, para simular canais excessivamente alargados. Em seguida, os canais foram re-preparados com a broca correspondente ao pino de fibra.....28
Figura 7 - Controle negativo, simulando uma adaptação inadequada do pino de fibra de vidro..... 29
Figura 8 - O reforço radicular consiste na criação de uma dentina radicular artificial, diminuindo a luz do canal, reforçando assim as paredes radiculares enfraquecidas.....30
Figura 9 - Irrigação com soro fisiológico (10 ml), jato de ar por 5 s (3 cm de distância), seguido de dois cones de papel absorvente..... 32
Figura 10 - Aplicação ativa de duas camadas de sistema adesivo, seguido de jato de ar por 5 s (3cm de distância), uma ponta de papel absorvente e fotoativação (10s) 32
Figura 11 - Dispositivo Calset aquecendo a resina composta à uma temperatura de 68ºC..... 33
Figura 12 - Inserção da renina composta tipo bulk ou resina composta convencional com no canal radicular, sem aquecimento ou com aquecimento com auxílio de uma espátula de resina, em seguida a resina é calcada no interior do canal com um calcador endodôntico, após isso inserção do pino com gel lubrificante (aquecida ou não) 34
Figura 13 - Gel lubrificante hidrossolúvel foi aplicado no pino, em seguida, o pino foi posicionado no interior do canal, removido e novamente posicionado no interior do canal, e o excesso de resina composta foi removido. Sobre o pino posicionado, foi realizada a fotoativação da resina composta por 20 s, removeu-se o pino; fotoativação complementar da resina por 20 s..... 34

Figura 14 - Os canais foram lavados para remoção completa do gel lubrificante, e re-preparados com a broca correspondente ao pino..... 35
Figura 15 - Condicionamento ácido por 15 s, lavagem por 15 s, jato de ar por 5 s, a aplicação ativa de duas camadas de sistema adesivo no interior dos canais radiculares..... 36
Figura 16 - Inserção do cimento resinoso manipulado no interior do canal com uma seringa Centrix, no sentido ápico-cervical, pino levado em posição e mantido em posição por 3 s, após isso foi realizada a fotopolimerização por 40 s..... 37
Figura 17 - Obtenção das fatias de 1mm de espessura na máquina de corte..... 38
Figura 18 - Desenho experimental do estudo e divisão das fatias para os diferentes testes..... 39
Figura 19 - Representação da divisão das fatias: a primeira sempre descartada, duas fatias para o terço cervical (C), duas para o terço médio (M) e duas para o terço apical (A)..... 40
Figura 20 - Fatias embutidas em resina acrílica com a face de teste virada para cima..... 42
Figura 21 - Esquema da localização das quatro indentações para cada fatia, nos grupos controle positivo, controle negativo e grupos com reforço radicular. As indentações foram realizadas sempre próximas à dentina radicular. D-Dentina, CR- Cimento resinoso, RC- Resina composta, PFV-Pino de fibra de vidro, + - Indentação..... 43
Figura 22 - Medição do perímetro total, e depois medição da soma das fendas..... 44
Figura 23 - Dispositivo Smart sonic Device..... 50
Figura 24 - Desenho experimental do experimento 2 e divisão das fatias para os diferentes testes..... 51

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Representação dos grupos experimentais, divididos pelo tipo e tratamento da resina composta utilizada para reforço radicular experimento 1 25

Quadro 2 - Material/fabricante, composição e lote do sistema adesivo, cimento resinoso e resinas compostas utilizadas no experimento 1.....30

Quadro 3 - Representação dos grupos experimentais, divididos pelo tipo e tratamento da resina composta utilizada para reforço radicular experimento 2.....45

Quadro 4 - Material/fabricante, composição e lote do sistema adesivo, cimento resinoso e resinas compostas utilizadas no experimento 2.....48

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ANOVA	Análise de variância
BDH	Banco de dentes humanos
COEP	Comissão de ética e pesquisa
C	Convencional
CIV	Cimento de ionômero de vidro
Cm	Centímetro
CN	Controle negativo
CP	Controle positivo
CR	Canal radicular
D	Diagonal
EDTA	Ácido etilenodiaminoteracético
F	Força
FND	Fenda
GPa	Giga Pascal (is)
H	Hora (h)
H	Altura
JCE	Junção cemento-esmalte
KgF	Kilograma (s) força
Mm	Milímetro (mm)
mm²	Milímetro (s) quadrado (s)
Min	Minuto (s)
mL	Mililitro (s)
Mpa	Mega pascal (is)
mW/cm²	Miliwatts por centímetro (s) quadrado (s)
N	Newton (s)
NaOCl	Hipoclorito de sódio
P	Perímetro
PFV	Pino de fibra de vidro

r	Raio apical
R	Raio coronário
RC	Resina composta
RR	Reforço radicular
RPM	Rotação (ões) por minuto
RU	Resistência de união
S	Segundo (s)
SL	Área adesiva
TE	Tratamento endodôntico
UEPG	Universidade Estadual de Ponta Grossa
Vs	Versus

LISTA DE SÍMBOLOS

#	Sequência de número
=	Igual
±	Mais ou Menos
%	Porcentagem
&	E (conjunção de adição)
<	Menor
≤	Menor ou igual
>	Maior
≥	Maior ou igual
X	Aumento de lente óptica
A	Alfa (Nível de significância)
°C	Grau Celsius
n°	Número
P	Significância Estatística
®	Registrado
™	Marca Registrada
Π	Constante “pi” = 3,1416

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO 18
2 PROPOSIÇÃO 20
2.1 PROPOSIÇÃO GERAL 20
2.2 PROPOSIÇÃO ESPECÍFICA 20
3 MATERIAL E MÉTODOS 22
3.1 EXPERIMENTO 1 – INFLUÊNCIA DO PRÉ-AQUECIMENTO DE RESINAS COMPOSTAS PARA REFORÇO RADICULAR EM CANAIS RADICULARES ALARGADOS 22
3.1.1 Seleção dos dentes 22
3.1.2 Preparo endodôntico dos dentes 23
3.1.3 Grupos experimentais 25
3.1.4 Grupo Controle Positivo 26
3.1.5 Grupo Controle Negativo 28
3.1.6 Grupos com reforço radicular + pino de fibra 29
3.1.7 Cimentação dos pinos 35
3.1.8 Preparo dos espécimes para os diferentes testes 37
3.1.9 Divisão dos terços radiculares 40
3.1.10 Análise da resitência de união (RU) por meio do teste de push-out 40
3.1.11 Análise do padrão de fratura 41
3.1.12 Análise da microdureza Vickers (VHN) 41
3.1.13 Análise de fenda em microscópio eletronico de varredura (MEV FEG) 43
3.1.14 Análise estatística 44
3.2 EXPERIMENTO 2 – INFLUÊNCIA DO MODO DE APLICAÇÃO DE DIFERENTES RESINAS COMPOSTAS USADAS PARA REFORÇO RADICULAR EM CANAIS RADICULARES ALARGADOS 45
3.2.1 Seleção dos dentes 45
3.2.2 Preparo endodôntico dos dentes 45
3.2.3 Grupos experimentais 45
3.2.4 Grupo controle positivo 47
3.2.5 Grupo controle negativo 47
3.2.6 Grupos com reforço radicular + pino de fibra 47
3.2.7 Cimentação dos pinos 50
3.2.8 Preparo dos espécimes para os diferentes testes 50
3.2.9 Divisão dos terços radiculares 52

3.2.10 Análise da resitência de união (RU) por meio do teste de push-out 52
3.2.11 Análise do padrão de fratura.....53
3.2.12 Análise de fenda em microscópio eletronico de varredura (MEV-FEG).....53
3.2.13 Análise da microdureza Vickers (VHN) 53
3.2.14 Análise estatística.....53
4 ARTIGOS 55
4.1 ARTIGO INFLUENCE OF PRE-HEATING COMPOSITE RESIN USED FOR FLARED ROOT REINFORCEMENT.....55
4.2 ARTIGO INFLUENCE OF SONIC APPLICATION OF DIFFERENTE TYPS OF COMPOSITE RESIN USED FOR ROOT REINFORCEMENT IN FLARED ROOTS.....78
5 DISCUSSÃO GERAL 102
6 CONSIDERAÇÕES FINAIS.....106
REFERÊNCIAS.....107

1 INTRODUÇÃO

Dentes com raízes enfraquecidas, ou seja, paredes radiculares delgadas, possuem um risco à fratura aumentado, uma vez que a resistência à fratura é diretamente proporcional a espessura de dentina radicular (Bitter e Kielbalssa[1] 2007). A diminuição dessa espessura ocorre devido a diversos fatores, dentre eles: instrumentação endodôntica excessiva, reabsorção radicular interna, restaurações prévias com núcleos de grandes diâmetros, lesões cariosas extensas (Baba[2] et al. 2009). Nessas situações, observa-se uma incompatibilidade entre o pino de fibra de vidro pré-fabricado (PFV) e o canal radicular, necessitando então de uma grande quantidade de cimento resinoso para sua fixação (Gomes[3] et al. 2014 A). O uso de cimento resinoso em excesso não é indicado, pois há uma maior formação de bolhas dentro da massa de cimento, podendo também ocorrer um aumento na formação de fendas e descontinuidades na interface entre dentina e cimento resinoso, aumentando a chance de falhas: descolamento e soltura do pino de fibra de vidro (Gomes[3] et al. 2014 A).

Diversas são as técnicas propostas na literatura para que seja reduzida a espessura de cimento resinoso em canais radiculares alargados: pino de fibra de vidro anatômico direto e indireto, pino de fibra fresado em CAD/CAM, pinos de fibra de vidro acessórios ao redor do pino principal (Alshali[4] et al. 2015; Gomes[5] et al. 2014 B). Do mesmo modo, a técnica de reforço radicular com resina composta também tem o objetivo de diminuir a espessura de cimento resinoso, aumentando a espessura das paredes de dentina radicular com resina composta, reduzindo assim a luz do canal radicular (Alshali[4] et al. 2015; Gomes[5] et al. 2014 B).

Com o uso da resina composta convencional para o reforço radicular, observou-se menores valores de resistência de união quando comparado à outras técnicas (Gomes[5] et al. 2014 B). Esse menor valor é atribuído a menor polimerização da resina composta nas regiões mais profundas do canal radicular por conta da chegada de menor quantidade de luz do aparelho fotopolimerizador nessas regiões. Utilizando-se resina composta tipo bulk fill fluida para reforço radicular, foi observado maiores valores de resistência de união do que o reforço radicular com resina convencional fluida (Bakaus[6] et al. 2018). Em outro estudo foram utilizadas resinas compostas com viscosidade regular (bulk fill e resina composta convencional) em comparação com

resinas fluidas para reforço radicular, e foi observado que resinas compostas tipo bulk fill, independentemente da viscosidade, mostraram resultados superiores de resistência de união, dureza e menores resultados de nanoinfiltração (Chidoski-Filho[7] et al. 2020). Este tipo de resina composta pode ser mais adequado para reforço radicular, devido à sua maior profundidade de polimerização (pode ser inserida em incrementos de 4 a 5 mm em comparação com 2 mm de incremento das resinas convencionais), translucidez aumentada, sua reduzida contração de polimerização e fotoiniciadores específicos (Braga[8] et al. 2005; Tiba[9] et al. 2013).

Compósitos de viscosidade regular possuem um baixo escoamento e necessitam de instrumentais específicos para sua inserção, sendo mais críticos e de difícil implementação, consequentemente as chances de um selamento inadequado da interface se tornam maiores (da Cunha Mello[10] et al. 1997; Jain e Belcher [11] 2000) Uma alternativa para melhorar a inserção e aumentar o grau de conversão dos materiais resinosos seria o seu aquecimento (60ºC) (Daronch[12] et al. 2005). Além de aumentar a dureza e promover o aumento profundidade de polimerização, autores já observaram redução da viscosidade após aquecimento do compósito, melhorando a adaptação marginal e reduzindo a formação de fendas na interface (Lucey[13] et al. 2010; Lohbauer[14] el al. 2009; Tauböck[15] et al. 2015). Esta menor viscosidade, facilitaria a inserção da resina composta no canal radicular alargado, permitindo uma melhor adaptação e polimerização da resina composta nas regiões mais profundas do canal. Outra opção para melhorar a inserção e assentamento das resinas compostas no canal radicular, seria a aplicação sônica, a qual, melhora a adaptação do compósito nas paredes da cavidade, evitando bolhas e falhas que podem comprometer a adesão à dentina, além do fato que a vibração sônica aumenta a fluidez do compósito (Alkurdi e Abboud[16] 2016; Ibarra[17] et al. 2015).

Como não há estudos na literatura avaliando a influência do aquecimento e da aplicação sônica no reforço radicular de canais alargados, esta tese tem como objetivo avaliar o efeito dessas duas técnicas na resistência de união, valores de microdureza e formação de fenda na interface adesiva após a cimentação de pinos de fibra de vidro em raízes enfraquecidas.

2 PROPOSIÇÃO

2.1 PROPOSIÇÃO GERAL

Avaliar a influência do **tipo e pré-tratamento da resina composta** utilizada para reforço radicular em canais radiculares excessivamente alargados na adesão de pinos de fibra de vidro ao canal radicular.

Avaliar a influência do **tipo e modo de aplicação da resina composta** utilizada para reforço radicular em canais radiculares excessivamente alargados na adesão de pinos de fibra de vidro ao canal radicular.

2.2 PROPOSIÇÃO ESPECÍFICA

Avaliar a influência do **tipo de resina composta** (bulk ou convencional) e **pré-tratamento da resina composta** (sem aquecimento e pré-aquecida) utilizada para reforço radicular em canais radiculares excessivamente alargados nos valores de **resistência de união** entre pino de fibra e resina composta por meio de teste push-out, mediada por cimentos resinosos convencionais associados a sistemas adesivos universais nas diferentes regiões radiculares (terço cervical, médio e apical).

Avaliar a influência do **tipo de resina composta** (bulk ou convencional) e **pré-tratamento da resina composta** (sem aquecimento e pré-aquecida) utilizada para reforço radicular em canais radiculares excessivamente alargados nos valores de **microdureza vickers** da resina composta nas diferentes regiões radiculares (terço cervical, médio e apical) após a cimentação de pinos de fibra de vidro.

Avaliar a influência do **tipo de resina composta** (bulk ou convencional) e **pré-tratamento da resina composta** (sem aquecimento ou pré-aquecida) utilizada para reforço radicular em canais radiculares excessivamente alargados nos valores de **fenda** na interface adesiva nas diferentes regiões radiculares (terço cervical, médio e apical) após a cimentação de pinos de fibra de vidro.

Avaliar a influência do **tipo de resina composta** (bulk ou convencional) e **modo de aplicação da resina composta** (passiva e sônica) utilizada para reforço radicular em canais radiculares excessivamente alargados nos valores de **resistência de união** entre pino de fibra e resina composta por meio de teste push-out mediada por cimentos resinosos convencionais associados a sistemas adesivos universais nas diferentes regiões radiculares (terço cervical, médio e apical).

Avaliar a influência do **tipo de resina composta** (bulk ou convencional) e **modo de aplicação da resina composta** (passiva ou sônica) utilizada para reforço radicular em canais radiculares excessivamente alargados nos valores de **microdureza vickers** da resina composta nas diferentes regiões radiculares (terço cervical, médio e apical) após a cimentação de pinos de fibra de vidro.

Avaliar a influência do **tipo de resina composta** (bulk ou convencional) e **modo de aplicação da resina composta** (passiva ou sônica) utilizada para reforço radicular em canais radiculares excessivamente alargados nos valores de **fenda** na interface adesiva nas diferentes regiões radiculares (terço cervical, médio e apical) após a cimentação de pinos de fibra de vidro.

3 MATERIAL E MÉTODOS

A realização de toda a parte experimental desse trabalho foi aprovada por meio dos pareceres nº #2.623.960 (Experimento 1) e nº #2.280.234 (Experimento 2) pela Comissão de Ética e Pesquisa da Universidade Estadual de Ponta Grossa – COEP – UEPG. Para realização desse estudo foram selecionados 144 dentes permanentes unirradiculares obtidos no Banco de Dentes Humanos (BDH) da UEPG.

A fase experimental desse trabalho foi dividida em dois experimentos: 1- Influência do tipo e pré-aquecimento de resinas compostas para reforço radicular em canais radiculares alargados. 2- Influência do modo de aplicação de diferentes resinas compostas usadas para reforço radicular em canais radiculares alargados.

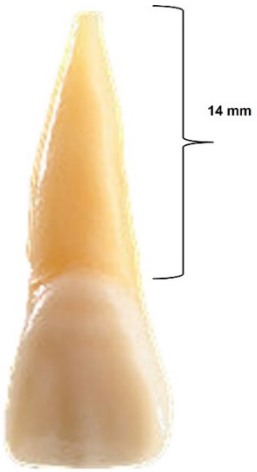
3.1 EXPERIMENTO 1 – INFLUÊNCIA DO PRÉ-AQUECIMENTO DE RESINAS COMPOSTAS PARA REFORÇO RADICULAR EM CANAIS RADICULARES ALARGADOS

3.1.1 Seleção dos dentes

Setenta e dois dentes permanentes unirradiculares foram selecionados e obtidos do BDH da UEPG. Foi realizada a raspagem desses dentes com curetas periodontais (Duflex, SS White, Rio de Janeiro, RJ, Brasil) e armazenados em água destilada à temperatura ambiente 6 meses após extração.

Os dentes selecionados para o presente estudo obedeceram aos seguintes critérios de inclusão: ausência de cárie, de dilacerações radiculares, de tratamento endodôntico prévio, de ápice incompleto, além de um comprimento radicular medido da junção cemento-esmalte (JCE) de pelo menos 14 mm (Figura 1).

Figura 1 - Dente selecionado seguindo os critérios de inclusão para o estudo.



3.1.2 Preparo endodôntico dos dentes

Os dentes foram seccionados perpendicularmente em relação ao seu longo eixo, imediatamente abaixo da JCE (Figura 2), com disco de diamante montado em uma máquina de corte ISOMET 1000 (Buehler, Lake Bluff, IL, EUA) a uma velocidade de 300 rotações por minuto (rpm) sob refrigeração com água constante, de modo a criar um acesso ao canal radicular. O comprimento das raízes foi então aferido com uma régua milimetrada.

Figura 2 - Dente seccionado abaixo da JCE.

O esvaziamento dos canais foi realizado com limas tipo K (Dentsply Maillefer, Petrópolis, RJ, Brasil) #10, e para instrumentação endodôntica dos canais radiculares foi utilizada lima Wave-One Gold primary (Dentsply Maillefer, Ballaigues, Suiça) em

um motor endodôntico mecanizado X-smart Plus (Dentsply Maillefer, Ballaigues, Suiça) (Figura 3), padronizando o diâmetro dos canais. Foi associado 5 mL de solução de hipoclorito de sódio (NaOCl) 1% para suspensão da matéria orgânica.

Figura 3 – *Esvaziamento do canal radicular com lima K #10 e instrumentação com lima Wave one Gold primary utilizando motor endodôntico.*

Após a instrumentação, foi realizada irrigação dos canais com soro fisiológico, seguida de irrigação e aspiração com solução de ácido etilenodiaminotetraacético (EDTA) 17% (Fórmula e Ação, São Paulo, SP, Brasil) durante 3 min, trocando a solução a cada minuto, seguidos de irrigação final com soro fisiológica. Após isso, os canais foram secos com pontas de papel absorvente (Dentsply Maillefer, Petrópolis, RJ, Brasil) e obturados somente os 4 mm apicais por meio do primeiro passo da técnica de condensação vertical de Schilder, utilizando cones de guta-percha médium aquecidos (Dentsply Maillefer, Ballaigues, Suiça) e cimento obturador à base de resina epóxica (AH Plus, Dentsply Indústria e Comércio Ltda, Petrópolis, RJ, Brasil), o qual foi manipulado de acordo com as instruções do fabricante.

Foram realizadas tomadas radiográficas periapicais dos canais radiculares (Kodak Ultra, Eastman Kodak, NY, EUA) para verificação da ausência de material obturador além dos 4 mm apicais dos canais. Em seguida, foi realizado um vedamento da entrada dos canais radiculares com cimento de ionômero de vidro (CIV) convencional (Vitro Fil, DFL, Rio de Janeiro, RJ, Brasil).

3.1.3 Grupos experimentais

Após uma semana de armazenamento em umidade relativa com água destilada a 37º ± 1º C foram realizados os preparos dos canais radiculares para posterior fixação de um pino intrarradicular cônico (Whitepost DC nº 0.5, FGM, Joinvile, SC, Brasil) com diâmetro coronário de 1,4 mm.

Os dentes foram aleatoriamente distribuídos em seis grupos (n=12) experimentais de acordo com a descrição do Quadro 1:

Quadro 1- Representação dos grupos experimentais, divididos pelo tipo e tratamento da resina composta utilizada para reforço radicular experimento 1

(continua)

GRUPOS EXPERIMENTAIS		DESCRIÇÃO
Controle Positivo		Pino nº 0.5 cimentado em canal radicular com diâmetro compatível (adaptação ideal)
Controle Negativo		Pino nº 0.5 cimentado em canal radicular alargado (adaptação inadequada)
Reforço Radicular	**Resina composta convencional sem aquecimento (C sem aquecimento)**	Pino nº 0.5 cimentado em canal radicular alargado com reforço realizado em resina composta C sem aquecimento
	Resina composta convencional aquecida (C aquecida)	Pino nº 0.5 cimentado em canal radicular alargado com reforço realizado em resina composta C aquecida

Quadro 1- Representação dos grupos experimentais, divididos pelo tipo e tratamento da resina composta utilizada para reforço radicular experimento 1

(conclusão)

GRUPOS EXPERIMENTAIS		DESCRIÇÃO
	Bulk Fill sem aquecimento (BF sem aquecimento)	Pino nº 0.5 cimentado em canal radicular alargado com reforço realizado em resina composta BF sem aquecimento
	Bulk Fill aquecida (BF aquecida)	Pino nº 0.5 cimentado em canal radicular alargado com reforço realizado em resina compostas BF aquecida

3.1.4 Grupo Controle Positivo

No grupo controle positivo uma adaptação ideal do pino de fibra de vidro no canal radicular foi simulada (Figura 4), assim, a broca correspondente ao pino nº 0.5 foi utilizada para o preparo dos canais (Figura 5).

Figura 4 – Controle positivo, pino com diâmetro compatível com o canal radicular.

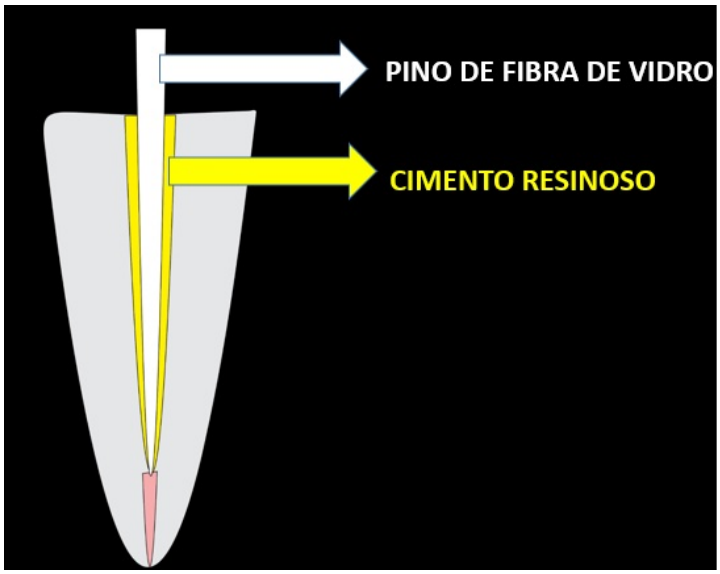
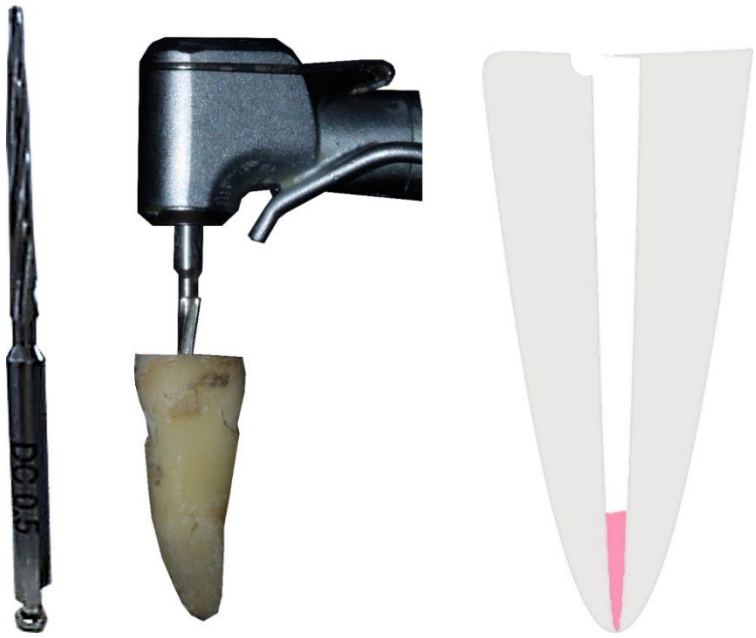


Figura 5 - Preparo do canal radicular, com uma broca compatível com o diâmetro do pino, adaptação ideal.



Para os demais grupos os canais radiculares, foi realizado preparo com uma ponta diamantada tronco-cônica nº 4137 (KG Sorensen, São Paulo, SP, Brasil), com 2,6 mm de diâmetro coronário, adaptada em baixa rotação, de maneira a simular um canal radicular excessivamente alargado. Após o alargamento dos canais, os canais

radiculares foram re-preparadas com a broca correspondente ao pino nº 0.5 (Whitepost DC, FGM) para padronizar a *smear layer* obtida (Figura 6).

Figura 6 – Preparo do canal radicular com uma ponta diamantada nº 4137 adaptada em baixa rotação, simulando o alargamento excessivo do canal radicular, após isso os canais foram re-preparados com a broca correspondente ao pino.

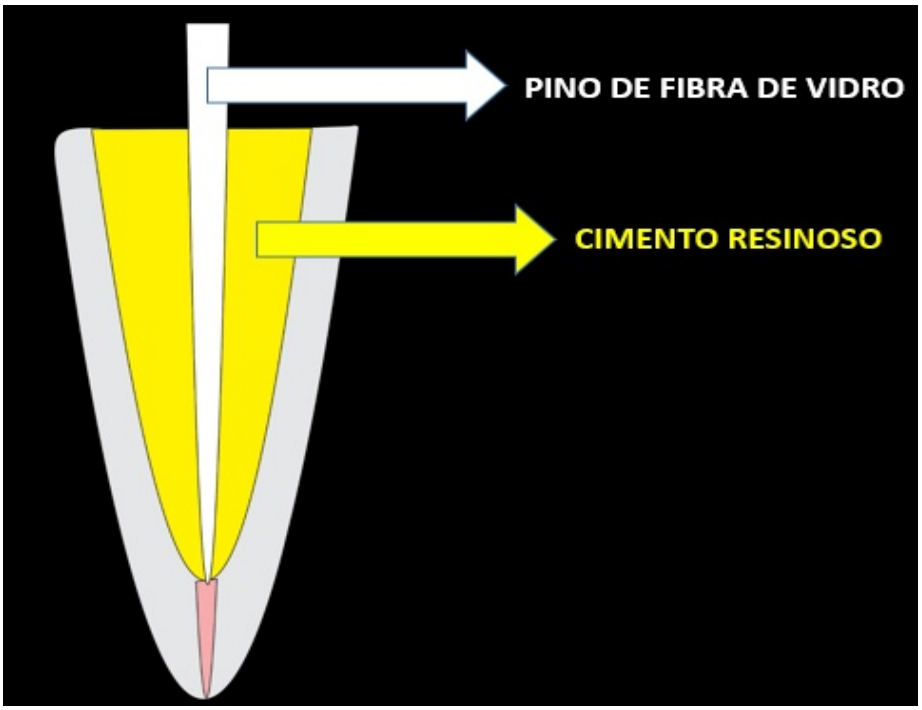
Para todas as raízes, após o preparo mecânico dos canais radiculares para recebimento dos pinos, foi realizada a irrigação com 10 mL de água destilada e secos com jato de ar por 5 s (3 cm de distância) e 2 pontas de papel absorvente.

O comprimento de trabalho foi de 10 mm para todos os dentes, respeitando o limite apical do material obturador de 4 mm. A cada seis preparos a broca de preparo dos canais foi substituída.

3.1.5 Grupo Controle Negativo

No grupo controle negativo, a cimentação dos pinos foi realizada, sem nenhum tipo de reforço radicular, simulando uma adaptação inadequada do pino ao canal radicular (Figura 7).

Figura 7 – Controle negativo, adaptação inadequada do pino de fibra de vidro.

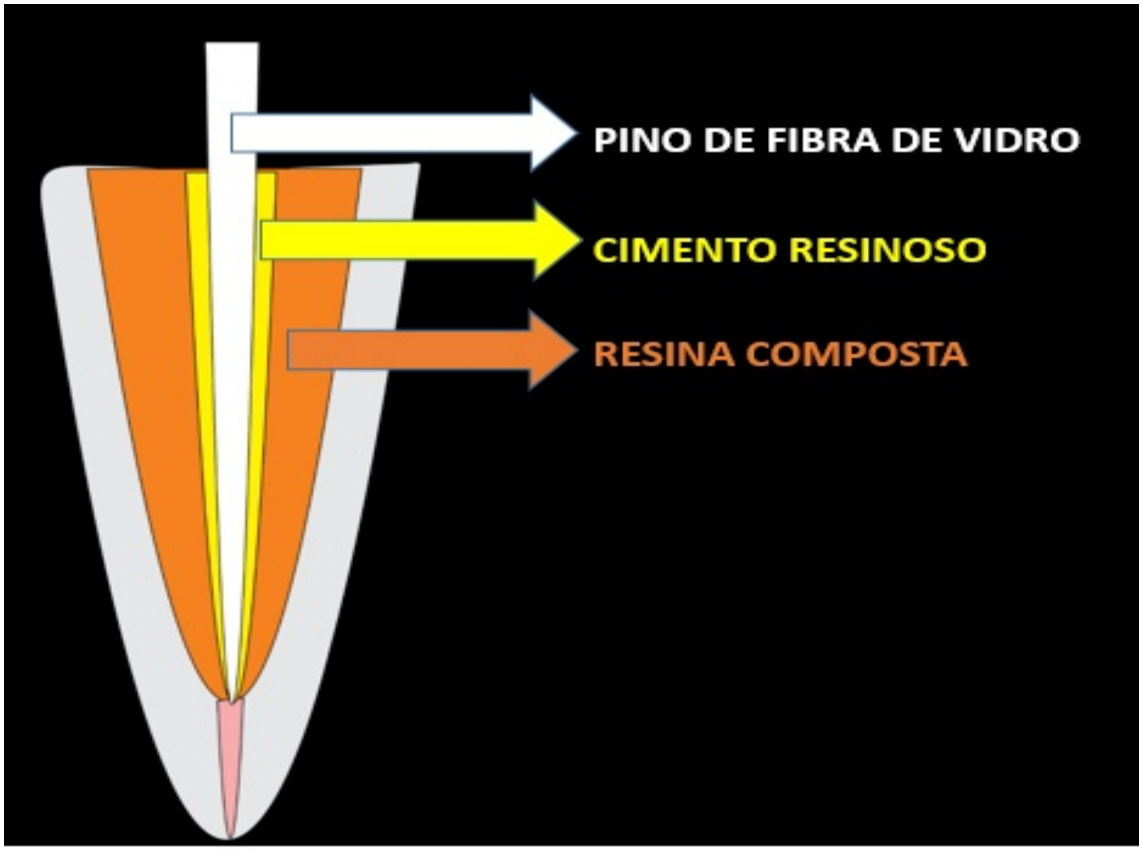


3.1.6 Grupos com reforço radicular + pino de fibra

Quatro grupos receberam reforço radicular + cimentação de pino de fibra de vidro, variando o tipo de resina composta (bulk fill ou convencional) e tratamento da resina composta (não aquecida ou pré-aquecida).

Nos grupos onde foi realizado o reforço radicular (Figura 8), foram utilizadas uma resina composta *convencional* (Opallis, cor A2, FGM, Joinvile, SC, Brasil), ou resina composta *Bulk Fill* (Opus Bulk Fill APS, cor A2, FGM, Joinvile, SC, Brasil); todas em combinação com o sistema adesivo universal Ambar APS Universal (FGM, Joinvile, SC, Brasil). A composição detalhada dos materiais utilizados para o procedimento de reforço radicular e cimentação está especificada no Quadro 2.

Figura 8 – O reforço radicular consiste na criação de uma dentina radicular artificial, diminuindo a luz do canal, reforçando assim as paredes radiculares enfraquecidas.



Quadro 2 - Material/fabricante, composição e lote do sistema adesivo, cimento resinoso e resinas compostas utilizadas no experimento.

(continua)

Material/fabricante	Composição*	LOTE
Opus Bulk Fill APS, cor A2 FGM, Joinvile, SC, Brasil	Ingredientes ativos: uretanodimetacrílico monômeros, estabilizadores,fotoinicialização composição (APS) e co-iniciadores. Ingredientes inativos: carga inorgânica de silanizado dióxido de silício (sílica), estabilizantes e pigmentos.	#270317

Quadro 2 - Material/fabricante, composição e lote do sistema adesivo, cimento resinoso e resinas compostas utilizadas no experimento.

(conclusão)

Material/fabricante	Composição*	LOTE
Opallis, cor A2 FGM, Joinvile, SC, Brasil	Resina micro-híbrida composta de um monomérico matriz contendo Bis (GMA), Bis (EMA), UDMA e TEGDMA. Combinação de bárioalumínio silanizado vidro de silicato e nanopartículas de dióxido de silício, canforoquinona como fotoiniciador, aceleradores, estabilizadores e pigmentos. O compósito tem partículas que variam de 40 nm a 3.0 mícrons com um tamanho médio de partícula de 0.5 mícrons, conteúdo de carga total em peso de 78.5 a 79.8% e o volume de 57 a 58% de carga inorgânica.	#060317
Adesivo Ambar APS Universal FGM, Joinvile, SC, Brasil	Ingredientes ativos: MDP (10-Metacriloiloxidecil dihidrogênio fosfato), monômeros metacrílicos, fotoiniciadores, coiniciadores e estabilizante. Ingredientes inativos: carga inerte (nanopartículas de sílica) e veículo (etanol).	#290119
AllCem Core FGM, Joinvile, SC, Brasil	Pasta base: Monômeros metacrílicos (como TEGDMA, BisEMA e BisGMA), canforoquinona, coiniciadores, micropartículas de vidro de bário-alumino-silicatos, nanopartículas de dióxido de silício, pigmentos inorgânicos e conservantes. Pasta catalisadora: Monômeros metacrílicos, peróxido de dibenzoíla, estabilizantes e micropartículas de vidro de bário-alumino- silicato. A mistura da pasta base e catalisadora na proporção 1:1 apresenta aproximadamente 62 % de carga em peso	#40918

Para todos os grupos em que foi realizado o reforço radicular, o interior dos canais radiculares foi irrigado com 10 mL de água destilada, secos por 5 s com jato de ar (3 cm de distância) e duas pontas de papel absorvente (Figura 9). Em seguida, duas camadas do sistema adesivo foram aplicadas ativamente em toda a superfície do canal radicular, seguido de leve jato de ar por 5 s (3 cm de distância), uma ponta

de papel absorvente e fotoativação (10 s), na estratégia de adesão autocondicionante (*self-etch*) (Figura 10).

Figura 9 – Irrigação com soro fisiológico (10 mL), jato de ar por 5 s (3 cm de distância), seguido de dois cones de papel absorvente.

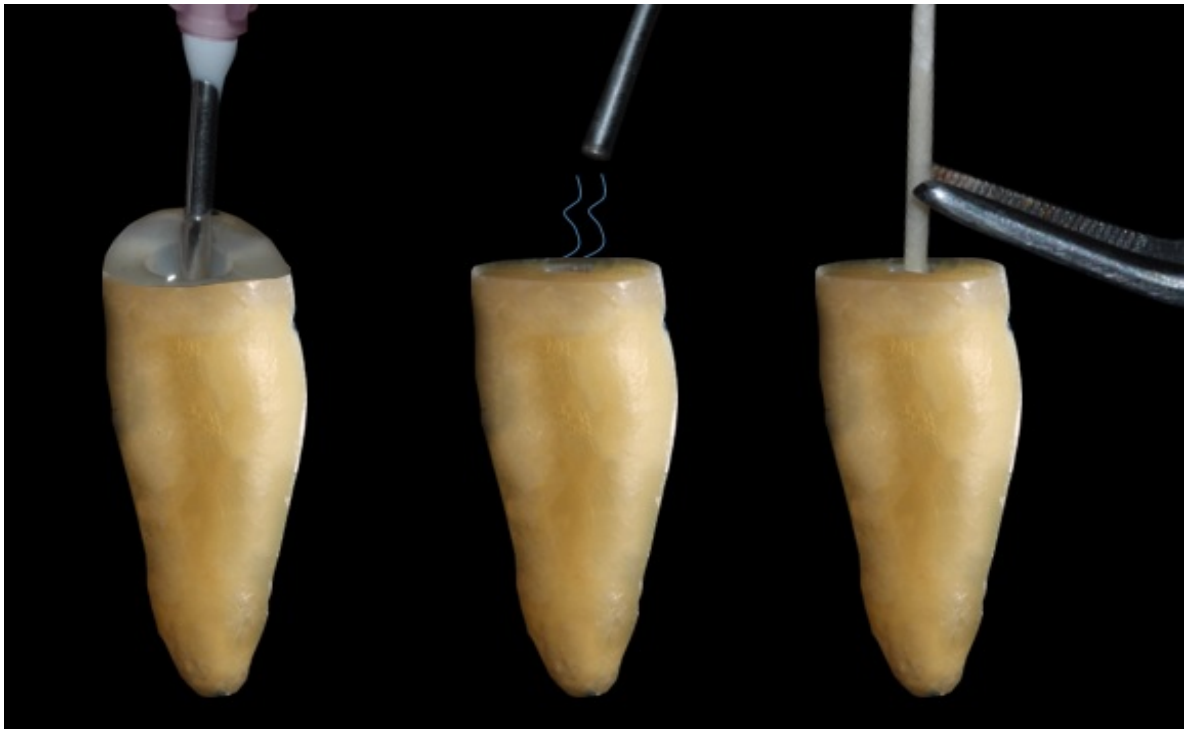
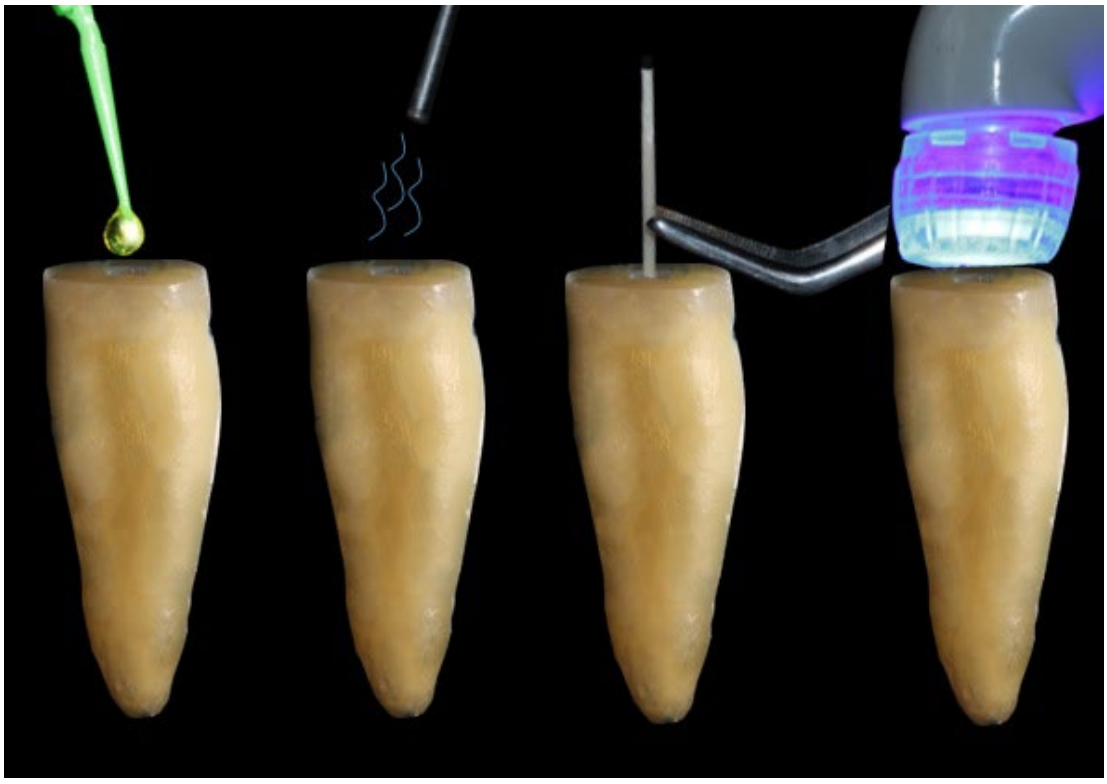


Figura 10 – Aplicação ativa de duas camadas de sistema adesivo, seguido de jato de ar por 5 s (3 cm de distância), uma ponta de papel absorvente e fotoativação (10 s).



Todos os procedimentos de fotoativação desse experimento foram realizados com um aparelho fotopolimerizador com luz emitida por diodo (Radii Plus, SDI Limited, Victoria, Austrália), com uma intensidade de luz de 1200 mW/cm^2.

Para os grupos onde a resina composta foi pré-aquecida, o dispositivo Calset (AdDent Inc., Danbury, CT, EUA) (Figura 11) foi usado a uma temperatura de 68 ° C. A resina composta foi inserida nos canais radiculares com o auxílio de uma espátula de resina (Duflex, SS White, Rio de Janeiro, RJ, Brasil) e instrumento Paiva (Duflex, SS White, Rio de Janeiro, RJ, Brasil) (Figura 12). Após a adaptação do composto de resina, os pinos de fibra de vidro pré-fabricados foram lubrificados com um gel solúvel em água (lubrificante de gel KY, Johnson & Johnson) a uma temperatura de 68 ° C e inseridos e removidos dos canais radiculares alargados para criar seu próprio espaço para cimentação (Figura 13). Com o pino no canal radicular, o excesso de resina foi removido e a resina composta ativada por luz por 20 s a 1.200 mW / cm². O pino de fibra de vidro foi removido e uma ativação de luz adicional foi realizada por 20 s (Figura 13). O canal radicular e os pinos de fibra de vidro foram lavados excessivamente com água para remover o gel lubrificante, e então os canais radiculares alargados foram ligeiramente re-preparados com a broca carbide correspondente ao pino # 0,5 (Whitepost DC, FGM) em baixa rotação (Figura 14).

Figura 11 – Dispositivo Calset aquecendo a resina composta à uma temperatura de 68ºC.

Figura 12 – Inserção da resina composta tipo bulk ou resina composta convencional com no canal radicular, sem aquecimento ou com aquecimento com auxílio de uma espátula de resina, em seguida a resina é calcada no interior dos canais com um calcador endodôntico, após isso inserção do pino com gel lubrificante (aquecido ou não).

Figura 13 – Gel lubrificante hidrossolúvel foi aplicado no pino, em seguida, o pino foi posicionado no interior do canal, removido e novamente posicionado no interior do canal, e o excesso de resina composta foi removido. Sobre o pino posicionado, foi realizada a fotoativação da resina composta por 20 s, removeu-se o pino; fotoativação complementar da resina por 20 s.

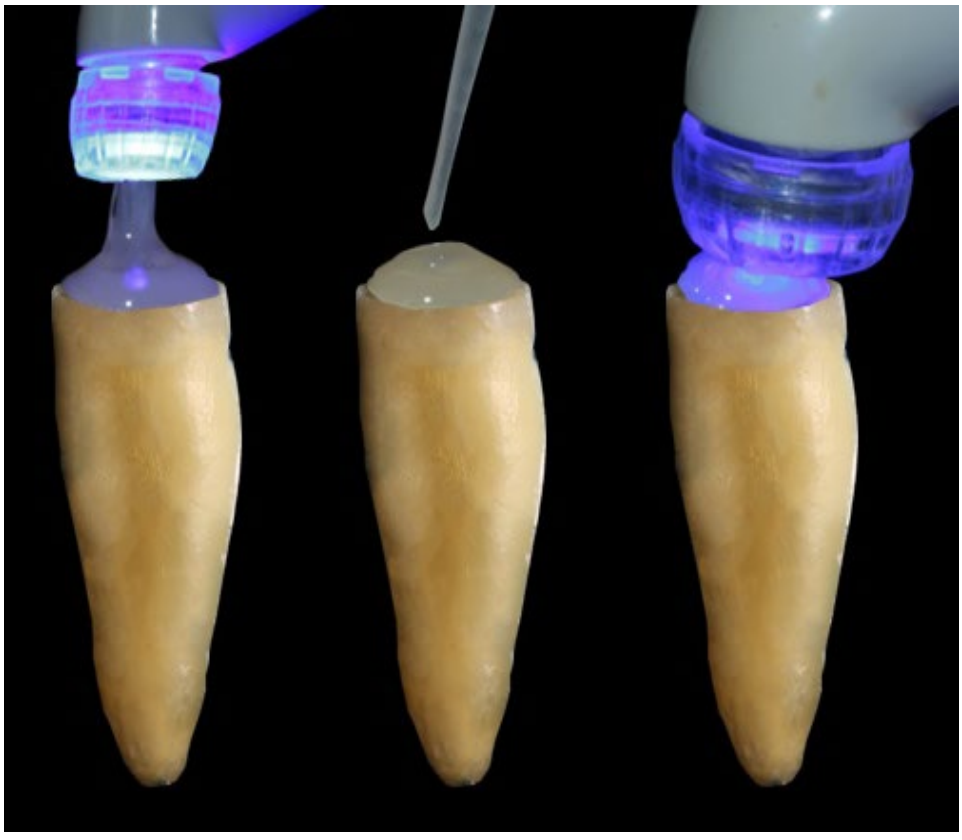
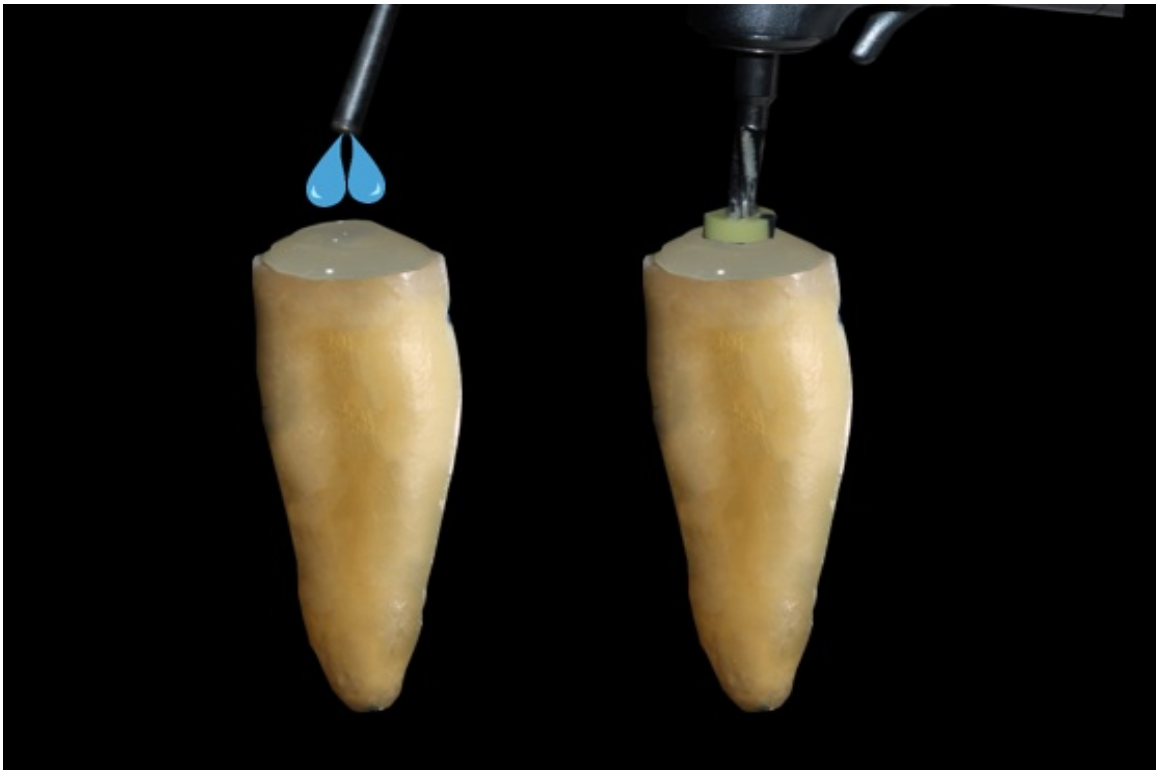


Figura 14 – Os canais foram lavados para remoção completa do gel lubrificante, e re-preparados com a broca correspondente ao pino.



3.1.7 Cimentação dos pinos

Todos os pinos de fibra de vidro foram seccionados horizontalmente com uma ponta diamantada (KG Sorensen, São Paulo, SP, Brasil) sobre refrigeração constante de água a fim de deixá-los com um comprimento de 13 mm. Os pinos de fibra de vidro foram limpos com álcool 70% por 5 s. Dez milímetros do comprimento do pino de fibra de vidro foram cimentados dentro do canal radicular, enquanto os 3 mm restantes serviram de guia para padronização da distância do fotopolimerizador da região cervical da raiz.

Nos grupos de reforço radicular, a superfície da resina composta dentro do canal radicular foi limpa com ácido fosfórico 37% (Condac, FGM, Joinvile, SC, Brasil) por 15 s, seguido de enxágue com água por 30 s. Um jato de ar de 5s foi aplicado seguido pelo uso de dois papéis de cone absorvente para secar os canais radiculares preparados. Duas camadas do sistema adesivo universal (Ambar Universal, FGM, Joinvile, SC, Brasil) (Quadro 2) (Figura 15) foram aplicadas e secadas suavemente ao ar por 5 s. O excesso de adesivo foi removido com cones de papel absorvente. O

cimento resinoso dual (Allcem Core, FGM, Joinvile, SC, Brasil) (Quadro 2) foi manipulado e levado ao canal radicular com uma seringa Centrix (DFL, Rio de Janeiro, RJ, Brasil), no sentido ápico-cervical, para reduzir a formação de bolhas. O pino de fibra de vidro foi posicionado, mantido sob pressão manual por 3 s e, em seguida, ativado por luz por 40 s com 1.200 mW / cm² (Figura 16).

Após a cimentação, foi aplicado cimento de ionômero de vidro convencional (Vitro Fil, DFL, Rio de Janeiro, Brasil) na região coronal, e os corpos-de-prova foram armazenados em alta umidade relativa em água destilada a 37 ° C por 1 semana.

Todos os procedimentos de fotopolimerização deste experimento foram realizados com um fotopolimerizador LED (Radii Plus, SDI Limited, Victoria, Austrália) usando uma densidade de potência de 1.200 mW / cm².

Figura 15 – Condicionamento ácido por 15 s, lavagem por 15 s, jato de ar por 5 s, a aplicação ativa de duas camadas de sistema adesivo no interior dos canais radiculares.

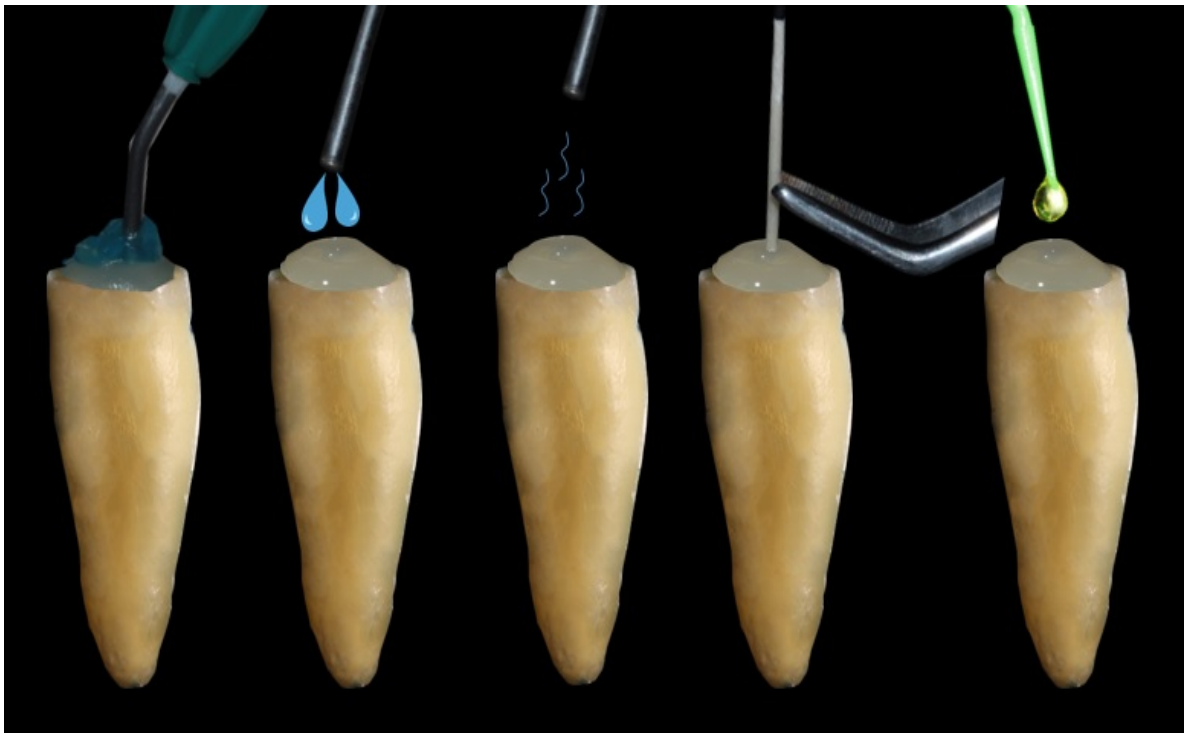


Figura 16 – Inserção do cimento resinoso manipulado no interior do canal com uma seringa Centrix, no sentido ápico-cervical, pino levado em posição e mantido em posição por 3 s, após isso foi realizada a fotopolimerização por 40 s.

3.1.8 Preparo dos espécimes para os diferentes testes

Foi realizado a adaptação das raízes em cera pegajosa (Asfer, So Caetano do Sul, SP, Brasil) e estas foram seccionadas perpendicularmente em relação ao seu longo eixo com um disco de diamante montado em uma máquina de corte ISOMET 1000 (Buehler, Lake Bluff, IL, EUA) sob refrigeração com água constante. Seis fatias com espessura média de 1 ± 0,1 mm foram obtidas, as quais foram verificadas por meio de um paquímetro digital de precisão de 0,01 mm (Mitutoyo Digimatic Caliper, Tóquio, Japão) (Figura 17). O desenho experimental do estudo e a distribuição dos dentes para cada análise estão demostrados na Figura 18.

Figura 17 – obtenção das fatias de 1mm de espessura na máquina de corte

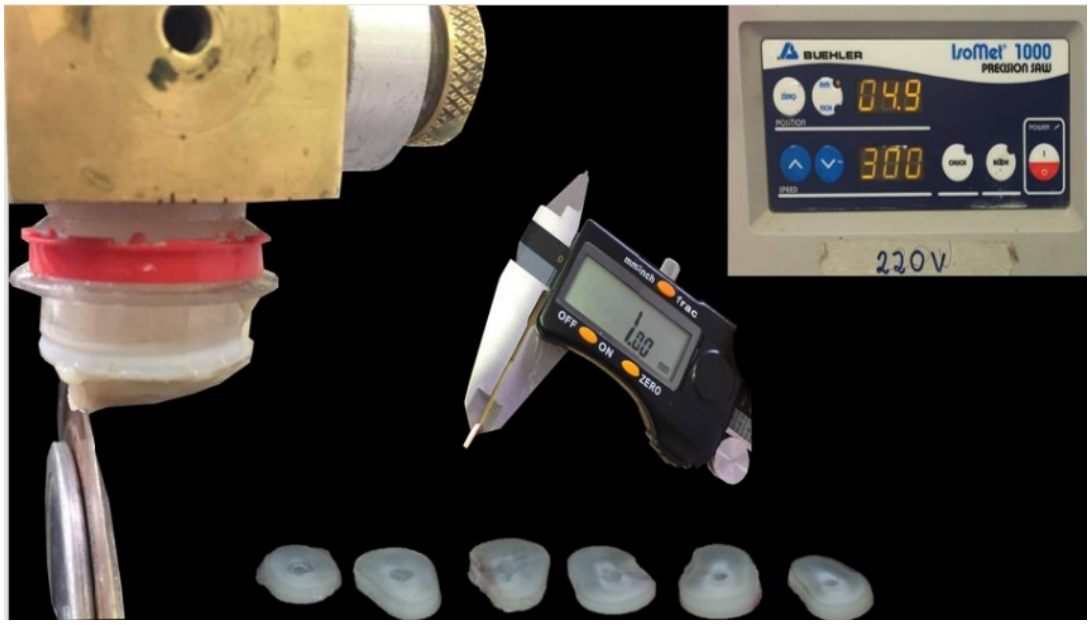
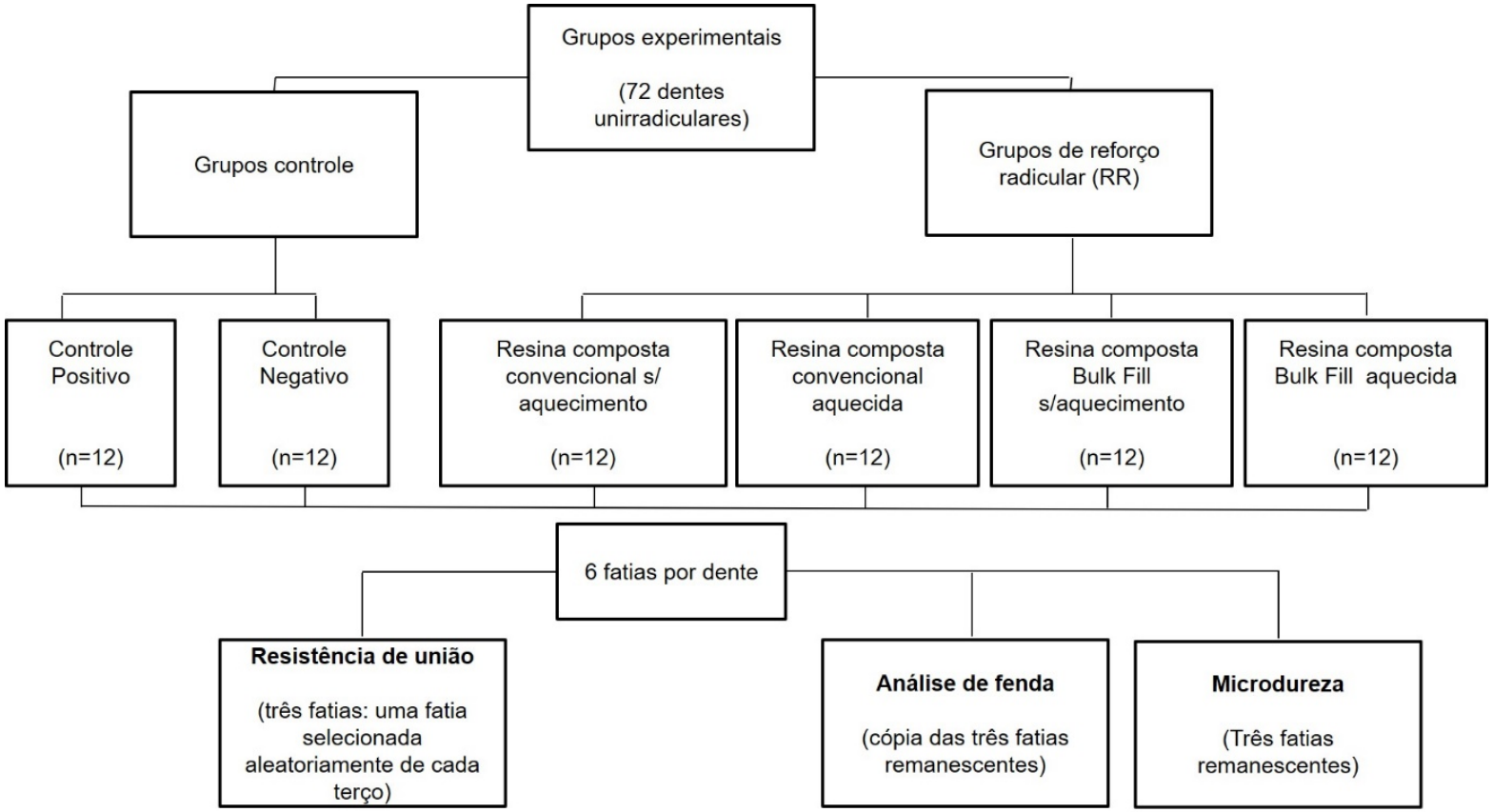


Figura 18 – Desenho experimental do estudo e divisão das fatias para os diferentes testes.



3.1.9 Divisão dos terços radiculares

Para cada raiz foram obtidas seis fatias, os quais foram distribuídos da seguinte forma: terço cervical (duas fatias), terço médio (duas fatias) e terço apical (duas fatias) (Figura 19).

Figura 19 – Representação da divisão das fatias: a primeira sempre descartada, duas fatias para o terço cervical (C), duas para o terço médio (M) e duas para o terço apical (A).

3.1.10 Análise de resistência de união (RU) por meio do teste push-out

Uma fatia foi aleatoriamente selecionada de cada terço radicular das 12 raízes de cada grupo experimental para análise de resistência de união push-out, enquanto o restante foi utilizado nos outros testes. As fatias foram fotografadas em ambos os lados, com um microscópio óptico (Olympus, modelo BX 51, Olympus, Tóquio, Japão) em aumento de 40 × para medir os diâmetros cervical e apical internos do canal radicular (software Image J - National Institutes of Saúde; Bethesda, MD, EUA), e calcular sua área de colagem individual.

Cada fatia foi posicionada sobre um dispositivo metálico com uma pequena abertura central, com sua porção mais coronária posicionada para baixo, de tal forma que a máquina de ensaio universal exerceu uma força compressiva constante no sentido ápico-coronal até promover o deslocamento do pino intrarradicular. Foram elaboradas pontas metálicas cilíndricas (atuadores) correspondentes ao diâmetro do pino que foi testado. O atuador foi posicionado no centro de cada fragmento de pino, de modo que a ponta aplicadora da carga tocou somente a área dos pinos, sem

estressar as paredes laterais dos canais radiculares. O conjunto foi ensaiado em uma máquina de ensaio universal (INSTRON Corp, Canton, MA, EUA) com uma célula de carga de 50 Kgf a uma velocidade de 0,5 mm/min até o deslocamento do pino.

Em seguida, o valor da carga foi registrado em Newtons (N), sendo convertido em MPa, dividindo o valor da carga (N) pelo valor da área adesiva (mm^2). Para calcular a área adesiva (SL), foi utilizada a fórmula de superfície lateral de um cone truncado:

$$S_L=\pi(R + r)[(h^2 + (R – r)^2]^{0.5}$$

Onde:

π é a constante 3,1416;

R representa o raio coronário do pino + cimento/resina (mm);

r representa o raio apical do pino + cimento/resina (mm);

h representa a espessura dos corpos-de-prova (mm).

3.1.11 Análise do padrão de fratura

Após o ensaio de *push-out*, cada espécime foi analisado em um microscópio óptico (Olympus, model BX 51, Olympus, Tóquio, Japão) com ampliação de 40X, para classificação dos padrões de fratura: A - fratura adesiva entre o cimento resinoso e a dentina radicular, B - fratura adesiva entre o cimento resinoso e o pino de fibra de vidro, C – fratura adesiva entre resina composta e cimento resinoso, D – fratura adesiva entre resina composta e dentina radicular, E - fratura coesiva de pino de fibra, F - fratura coesiva de cimento resinoso, G - fratura coesiva de dentina radicular, H - fratura coesiva de resina composta e I – fratura mista (quando mais de um tipo de fratura estava presente).

3.1.12 Análise da microdureza vickers (VHN)

Para avaliação da microdureza do cimento resinoso dos grupos controles (positivo e negativo) e das resinas compostas utilizadas nos grupos com reforço radicular, foram utilizadas as fatias restantes de cada terço (coronário, médio e apical) das 12 raízes de cada grupo experimental. Essas fatias foram embutidas em resina

acrílica com a superfície de teste virada para cima (Figura 20) e polidas sob refrigeração constante em água com papel de carboneto de silício com abrasividades decrescente (600 até 1500) e complementado com pastas diamantadas de polimento de 3, 1, 0,5 e 0,03 mm (Buehler Ltda, Lake Bluff, IL, EUA) por 1 min cada. Os espécimes foram lavados em água corrente a cada troca de papel abrasivo ou pasta. Após o polimento, foi aplicado ácido fosfórico 37% (Condac, FGM, Joinvile, SC, Brasil) por 15 s, seguido de banho em cuba ultrassônica, a fim de limpar as amostras e remover sujidades.

Figura 20 – Fatias embutidas em resina acrílica com a face de teste virada para cima

Então, as amostras foram submetidas a um teste de microdureza em um microdurômetro Shimadzu HMV2 (Newage Testing Instruments, Inc., Southampton, PA, EUA), com indentador Vickers. Em todas as fatias selecionadas, a dureza foi calculada em 4 áreas diferentes da resina composta para os grupos com reforço radicular ou do cimento resinoso para os grupos sem reforço radicular (controles positivo e negativo); todas as mensurações foram realizadas perto da interface com a dentina radicular, ou seja, na região mais distante do pino (Figura 21). Cada indentação foi feita utilizando uma carga estática de 100 g durante 15 s. A microdureza Vickers foi calculada com base na média das diagonais medidas com auxílio de um

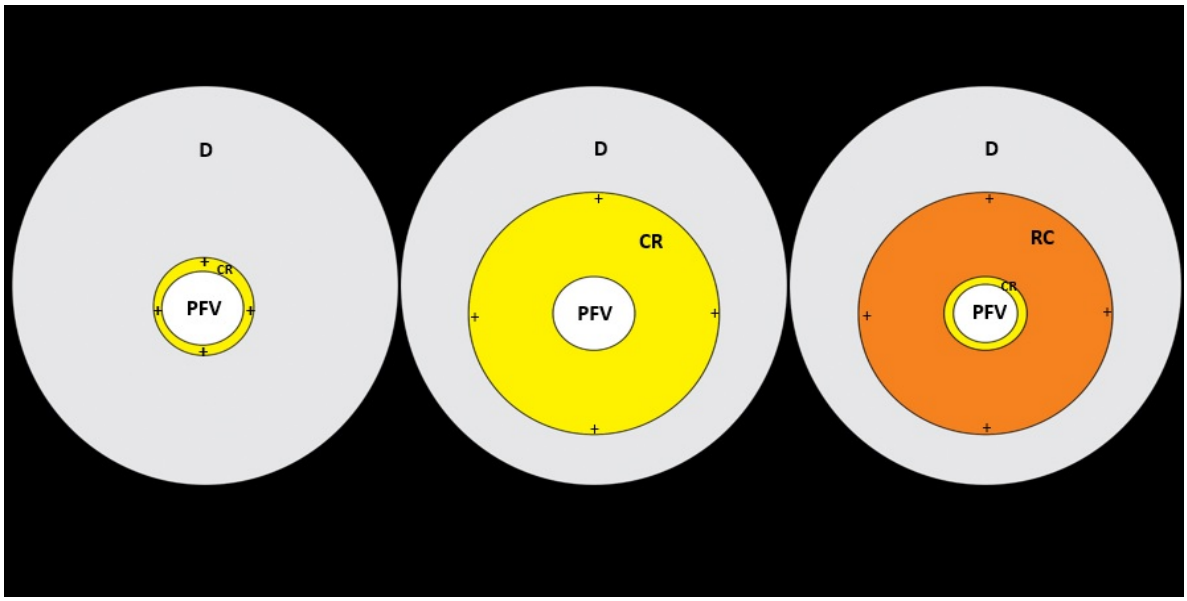
microscópio óptico (Shimadzu HMV2, 400 X). Todas as medidas foram calculadas e registradas como número de microdureza Vickers (VHN), utilizando a fórmula:

$$HV=1,8544\ F/d^2$$

Onde:

1,8544 é uma constante multiplicada por F que é a força utilizada no ensaio em KgF, ou seja, 100 g=0,1 KgF dividido pelo valor da média das diagonais da indentação ao quadrado.

Figura 21 – Esquema da localização das quatro indentações para cada fatia, nos grupos controle positivo, controle negativo e grupos com reforço radicular. As indentações foram realizadas sempre próximas à dentina radicular. D- Dentina, CR- Cimento resinoso, RC- Resina composta, PFV- Pino de fibra de vidro, +- Indentação.



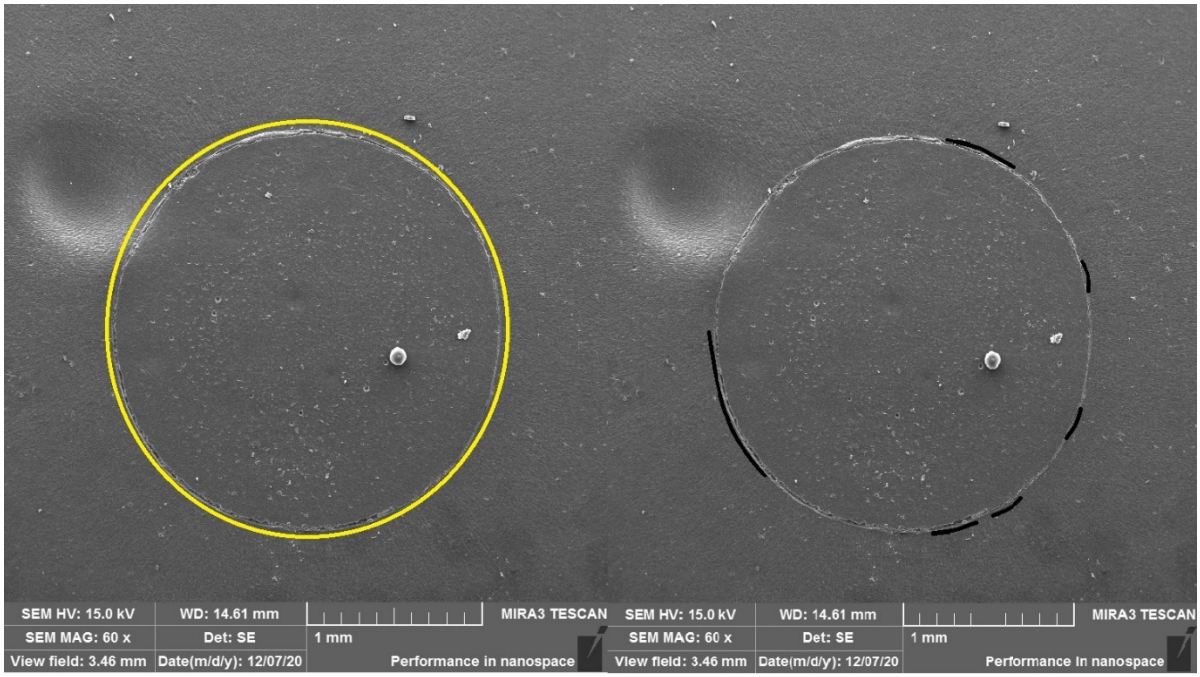
3.1.13 Análise de fenda em microscópio eletrônico de varredura (MEV-FEG)

Para a avaliação da formação de fenda na interface adesiva, foi realizado cópias das fatias utilizadas no teste de microdureza vickers. Para obtenção dessas cópias, as fatias foram moldadas ultilizando uma silicona de adição (Virtual, Ivoclar Vivadent), após a obtenção dos moldes, esses moldes foram vazados com resina epóxi (Alpha Resiqualy; Curitiba, Brasil). Depois de 48 horas, as cópias em resina epóxi foram fixadas em stubs metálicos e desidratados em sílica coloidal à 37ºC por 48 horas. Decorrido esse tempo as amostras foram metálizadas em ouro (Balzers SCD 050 Sputter Coater, Bal-Tec; Balzer, Liechtenstein), e levadas para avaliação em

MEV-FEG (SSX 550, Shimadzu; Tokyo, Japan). Para cada fatia, foi obtida uma imagem em 60X e uma em 1000x.

Para calcular o comprimento da fenda na interface adesiva, as imagens de 60x foram abertas no softwere Image J (National Institutes of Health; Bethesda, MD, EUA). Para cada fatia, a fenda na interface cimento/dentina ou resina dentina, foi mensurada em micrometros por dois examinadores previamente calibrados. O comprimento da fenda foi expresso em porcentagem do comprimento total da área adesiva (Figura 22). Se alguma discordância viesse a acontecer entre os examinadores durante a avaliação, um consenso era obtido.

Figura 22 – Medição do perímetro total, e depois medição da soma das fendas.



3.1.14 Análise estatística

Os dados de resistência de união e análise de fenda foram submetidos a análise de variância (ANOVA) de dois fatores (grupo experimental *vs* região radicular); os dados de microdureza foram comparados dentro de cada material (cimento resinoso nos grupos controle, resina composta convencional e resina composta Bulk fill) e submetidos à ANOVA dois fatores (grupo experimental *vs* região radicular). Foi aplicado o teste de Tukey para as comparações múltiplas. O nível de significância adotado foi de 5% ($\alpha = 0,05$). Os dados dos padrões de fratura foram avaliados apenas qualitativamente.

Todos os cálculos foram realizados com o programa estatístico Sigma Plot 11 (Systat Software, San Jose, Califórnia, EUA).

3.2 EXPERIMENTO 2 - INFLUÊNCIA DO MODO DE APLICAÇÃO DE DIFERENTES RESINAS COMPOSTAS USADAS PARA REFORÇO RADICULAR EM CANAIS RADICULARES ALARGADOS.

3.2.1 Seleção dos dentes

Foram selecionados 72 dentes permanentes unirradiculares, obedecendo aos mesmos critérios de inclusão e exclusão do experimento 1.

3.2.2 Preparo endodôntico dos dentes

Os procedimentos de preparo dos dentes e tratamento endodôntico ocorreram da mesma maneira realizada no experimento 1 da tese.

3.2.3 Grupos experimentais

Após uma semana armazenados em umidade relativa com água destilada a 37º ± 1º C foi realizado o preparo dos canais radiculares para posterior fixação de um pino intrarradicular cônico (Whitepost DC nº 0.5, FGM, Joinvile, SC, Brasil) com diâmetro coronário de 1,4 mm.

Os dentes foram aleatoriamente distribuídos em seis grupos experimentais (n=12) de acordo com a descrição do Quadro 3:

Quadro 3- Representação dos grupos experimentais, divididos pelo tipo e tratamento da resina composta utilizada para reforço radicular experimento 2

(continua)

GRUPOS EXPERIMENTAIS	DESCRIÇÃO
Controle Positivo	Pino nº 0.5 cimentado em canal radicular com diâmetro compatível (adaptação ideal)

Quadro 3- Representação dos grupos experimentais, divididos pelo tipo e tratamento da resina composta utilizada para reforço radicular experimento 2

(conclusão)

Controle Negativo		Pino nº 0.5 cimentado em canal radicular alargado (adaptação inadequada)
Reforço Radicular	**Resina composta Bulk fill (BF - PASSIVA)**	Pino nº 0.5 cimentado em canal radicular alargado com reforço realizado em resina composta BF com aplicação passiva
	Resina composta Bulk Fill (BF - SÔNICA)	Pino nº 0.5 cimentado em canal radicular alargado com reforço realizado em resina composta BF com aplicação sônica
	Resina composta convencional (C - PASSIVA)	Pino nº 0.5 cimentado em canal radicular alargado com reforço realizado em resina compostas C com aplicação passiva
	Resina composta convencional (C - SÔNICA)	Pino nº 0.5 cimentado em canal radicular alargado com reforço realizado em resina compostas C com aplicação sônica

3.2.4 Grupo controle positivo

No grupo controle positivo uma adaptação ideal do pino de fibra de vidro no canal radicular foi simulada, assim, a broca correspondente ao pino nº 0.5 foi utilizada para o preparo dos canais radiculares.

Para os demais grupos os canais radiculares, foram preparados com uma ponta diamantada tronco-cônica nº 4137 (KG Sorensen, São Paulo, SP, Brasil), com 2,6 mm de diâmetro coronário, adaptada em baixa rotação, de maneira a simular um canal radicular excessivamente alargado. Após o alargamento dos canais, os canais radiculares foram re-preparadas com a broca correspondente ao pino nº 0.5 (Whitepost DC, FGM) a fim de padronizar a *smear layer* obtida.

3.2.5 Grupo controle negativo

No grupo controle negativo, a cimentação dos pinos foi realizada, sem nenhum tipo de reforço radicular, simulando uma adaptação inadequada do pino ao canal radicular.

3.2.6 Grupos com reforço radicular + pino de fibra

Quatro grupos receberam reforço radicular + cimentação de pino de fibra de vidro, variando o tipo de resina composta (bulk fill ou convencional) e modo de aplicação da resina composta (passiva ou ativa).

Nos grupos onde foi realizado o reforço radicular, foi utilizada uma resina composta *convencional* (Opallis, cor A2, FGM, Joinvile, SC, Brasil), uma resina composta *Bulk Fill* (Opus Bulk Fill APS, cor A2, FGM, Joinvile, SC, Brasil); todas em combinação com o sistema adesivo universal Ambar APS Universal (FGM, Joinvile, SC, Brasil). Os materiais utilizados para este experimento foram os mesmos que foram utilizados no experimento 1. A composição detalhada dos materiais utilizados para o procedimento de reforço radicular e cimentação está especificada no Quadro 4.

Quadro 4 - Material/fabricante, composição e lote do sistema adesivo, cimento resinoso e resinas compostas utilizadas no experimento.

Material/fabricante	Composição*	LOTE
Opus Bulk Fill APS, cor A2 FGM, Joinvile, SC, Brasil	Ingredientes ativos: uretanodimetacrílico monômeros, estabilizadores, fotoinicialização composição (APS) e co-iniciadores. Ingredientes inativos: carga inorgânica de silanizado dióxido de silício (sílica), estabilizantes e pigmentos.	#290819
Opallis, cor A2 FGM, Joinvile, SC, Brasil	Resina micro-híbrida composta de um monomérico matriz contendo Bis (GMA), Bis (EMA), UDMA e TEGDMA. Combinação de bárioalumínio silanizado vidro de silicato e nanopartículas de dióxido de silício, canforoquinona como fotoiniciador, aceleradores, estabilizadores e pigmentos. O compósito tem partículas que variam de 40 nm a 3.0 mícrons com um tamanho médio de partícula de 0.5 mícrons, conteúdo de carga total em peso de 78.5 a 79.8% e o volume de 57 a 58% de carga inorgânica.	#060317
Adesivo Ambar APS Universal FGM, Joinvile, SC, Brasil	Ingredientes ativos: MDP (10-Metacriloiloxidecil dihidrogênio fosfato), monômeros metacrílicos, fotoiniciadores, coiniciadores e estabilizante. Ingredientes inativos: carga inerte (nanopartículas de sílica) e veículo (etanol).	#290119
AllCem Core FGM, Joinvile, SC, Brasil	Pasta base: Monômeros metacrílicos (como TEGDMA, BisEMA e BisGMA), canforoquinona, coiniciadores, micropartículas de vidro de bário-alumino-silicatos, nanopartículas de dióxido de silício, pigmentos inorgânicos e conservantes. Pasta catalisadora: Monômeros metacrílicos, peróxido de dibenzoíla, estabilizantes e micropartículas de vidro de bário-alumino- silicato. A mistura da pasta base e catalisadora na proporção 1:1 apresenta aproximadamente 62 % de carga em peso	#40918

Para todos os grupos em que foi realizado o reforço radicular, o interior dos canais radiculares foi irrigado com 10 mL de água destilada, secos por 5 s com jato de ar (3 cm de distância) e duas pontas de papel absorvente. Em seguida, duas camadas do sistema adesivo foram aplicadas ativamente em toda a superfície do canal radicular, seguido de leve jato de ar por 5 s (3 cm de distância), uma ponta de papel absorvente e fotoativação (10 s), na estratégia de adesão autocondicionante (*self-etch*).

Todos os procedimentos de fotoativação desse experimento foram realizados com um aparelho fotopolimerizador com luz emitida por diodo (Radii Plus, SDI Limited, Victoria, Austrália), com uma intensidade de luz de 1200 mW/cm^2.

Para os grupos onde a resina composta foi aplicada ativamente, foi utilizado o dispositivo Smart Sonic device (FGM, Joinvile, SC, Brasil) (Figura 23) com uma frequência de 170 Hz (frequência média) com ponteiras fornecidas pelo fabricante. A resina composta foi inserida nos canais radiculares com o auxílio de uma espátula de resina (Duflex, SS White, Rio de Janeiro, RJ, Brasil) e instrumento Paiva (Duflex, SS White, Rio de Janeiro, RJ, Brasil). Após a adaptação do composto de resina, foi utilizado o dispositivo Smart por 5s, então o pino de fibra de vidro pré-fabricado foi lubrificado com um gel solúvel em água (lubrificante de gel KY, Johnson & Johnson), inserido no canal radicular e novamente feito o uso do dispositivo Smart por mais 5 s. Com o pino em posição no canal radicular, o excesso de resina foi removido e a resina composta ativada por luz por 20 s a 1.200 mW / cm2. O pino de fibra de vidro foi removido e uma ativação de luz adicional foi realizada por 20 s. O canal radicular e os pinos de fibra de vidro foram lavados excessivamente com água para remover o gel lubrificante, e então os canais radiculares alargados foram ligeiramente re-preparados com o pino de broca carbide correspondente ao pino # 0,5 (Whitepost DC, FGM) em baixa rotação.

Figura 23 – Dispositivo Smart Sonic Device

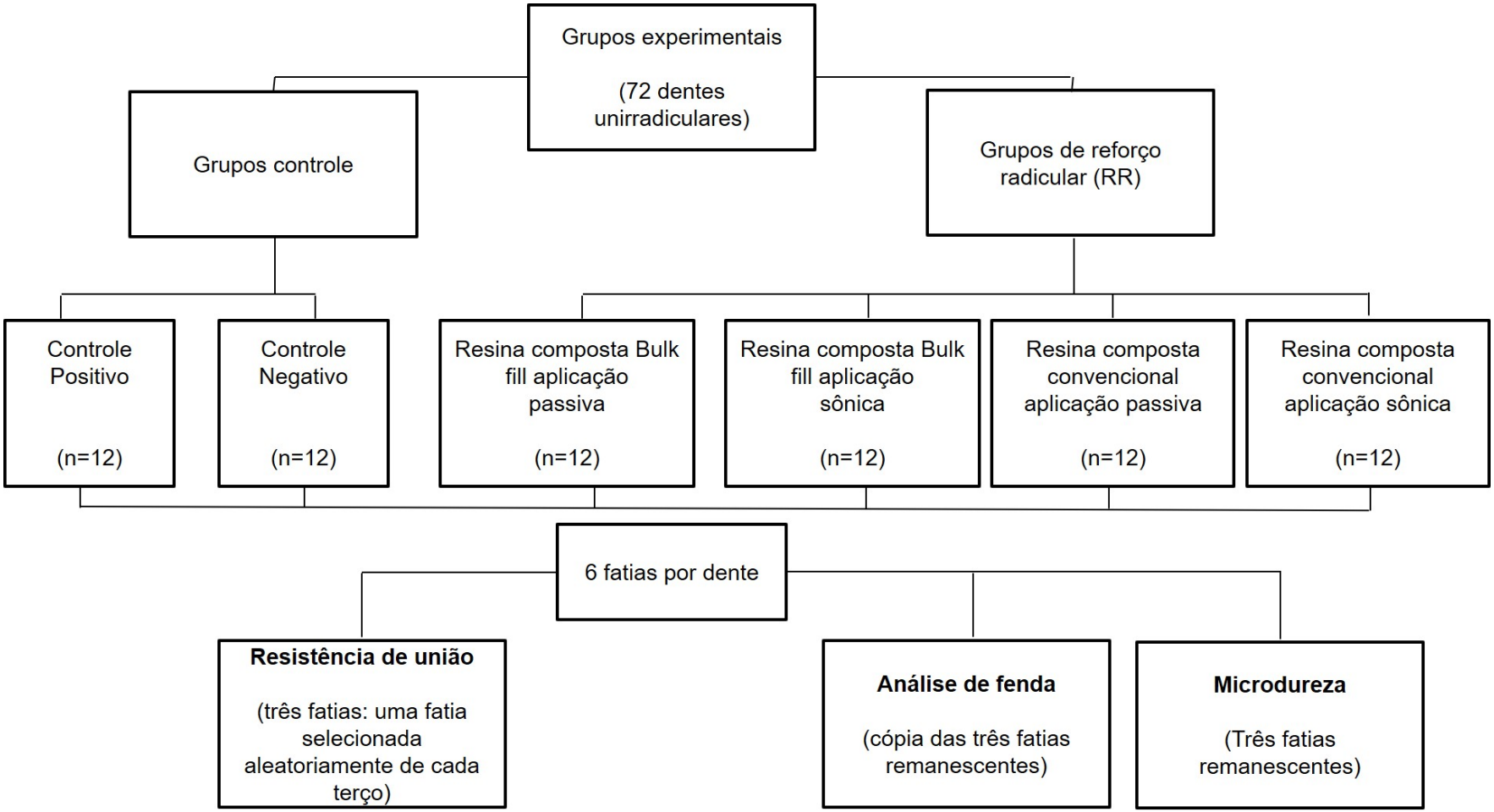
3.2.7 Cimentação dos pinos

Todos os procedimentos para cimentação dos pinos de fibra de vidro, seja para os grupos controle ou para os grupos de reforço, foram os mesmos realizados no experimento 1.

3.2.8 Preparo dos espécimes para os diferentes testes

Foi realizado a adaptação das raízes em cera pegajosa (Asfer, So Caetano do Sul, SP, Brasil) e estas foram seccionadas perpendicularmente em relação ao seu longo eixo com um disco de diamante montado em uma máquina de corte ISOMET 1000 (Buehler, Lake Bluff, IL, EUA) sob refrigeração com água constante. Seis fatias com espessura média de 1 ± 0,1 mm foram obtidas, as quais foram verificadas por meio de um paquímetro digital de precisão de 0,01 mm (Mitutoyo Digimatic Caliper, Tóquio, Japão). O desenho experimental do estudo e a distribuição dos dentes para cada análise estão demostrados na Figura 24.

Figura 24 - Desenho experimental do experimento 2 e divisão das fatias para os diferentes testes



3.2.9 Divisão dos terços radiculares

Para cada raiz foram obtidas seis fatias, os quais foram distribuídos da seguinte forma: terço cervical (duas fatias), terço médio (duas fatias) e terço apical (duas fatias).

3.2.10 Análise de resistência de união (RU) por meio do teste de push-out

Uma fatia foi aleatoriamente selecionada de cada terço radicular das 12 raízes de cada grupo experimental para análise de resistência de união push-out, enquanto o restante foi utilizado nos outros testes. As fatias foram fotografadas em ambos os lados, com um microscópio óptico (Olympus, modelo BX 51, Olympus, Tóquio, Japão) em aumento de 40 × para medir os diâmetros cervical e apical internos do canal radicular (software Image J - National Institutes of Saúde; Bethesda, MD, EUA), e calcular sua área de colagem individual.

Cada fatia foi posicionada sobre um dispositivo metálico com uma pequena abertura central, com sua porção mais coronária posicionada para baixo, de tal forma que a máquina de ensaio universal exerceu uma força compressiva constante no sentido ápico-coronal até promover o deslocamento do pino intrarradicular. Foram elaboradas pontas metálicas cilíndricas (atuadores) correspondentes ao diâmetro do pino que foi testado. O atuador foi posicionado no centro de cada fragmento de pino, de modo que a ponta aplicadora da carga tocou somente a área dos pinos, sem estressar as paredes laterais dos canais radiculares. O conjunto foi ensaiado em uma máquina de ensaio universal (INSTRON Corp, Canton, MA, EUA) com uma célula de carga de 50 Kgf a uma velocidade de 0,5 mm/min até o deslocamento do pino.

Em seguida, o valor da carga foi registrado em Newtons (N), sendo convertido em MPa, dividindo o valor da carga (N) pelo valor da área adesiva (mm^2). Para calcular a área adesiva (SL), foi utilizada a fórmula de superfície lateral de um cone truncado:

$$S_L=\pi(R + r)[(h^2 + (R – r)^2]^{0.5}$$

Onde:

π é a constante 3,1416;

R representa o raio coronário do pino + cimento/resina (mm);

r representa o raio apical do pino + cimento/resina (mm);

h representa a espessura dos corpos-de-prova (mm).

3.2.11 Análise do padrão de fratura

Após o ensaio de *push-out*, cada espécime foi analisado em um microscópio óptico (Olympus, model BX 51, Olympus, Tóquio, Japão) com ampliação de 40X, para classificação dos padrões de fratura: A - fratura adesiva entre o cimento resinoso e a dentina radicular, B - fratura adesiva entre o cimento resinoso e o pino de fibra de vidro, C – fratura adesiva entre resina composta e cimento resinoso, D – fratura adesiva entre resina composta e dentina radicular, E - fratura coesiva de pino de fibra, F - fratura coesiva de cimento resinoso, G - fratura coesiva de dentina radicular, H - fratura coesiva de resina composta e I – fratura mista (quando mais de um tipo de fratura estava presente).

3.2.12 Análise da microdureza vickers (VHN)

Para avaliação da microdureza do cimento resinoso dos grupos controles (positivo e negativo) e das resinas compostas utilizadas nos grupos com reforço radicular, foram realizados os mesmos procedimentos do Experimento 1

3.2.13 Análise de fenda em microscópio eletrônico de varredura (MEV-FEG)

Para a avaliação da formação de fenda na interface adesiva, foi realizado cópias das fatias utilizadas no teste de microdureza vickers da mesma maneira do experimento 1.

3.2.14 Análise estatística

Os dados de resistência de união e análise de fenda foram submetidos a análise de variância (ANOVA) de dois fatores (grupo experimental *vs* região radicular); os dados de microdureza foram comparados dentro de cada material (cimento resinoso nos grupos controle, resina composta convencional e resina composta Bulk

fill) e submetidos à ANOVA dois fatores (grupo experimental *vs* região radicular). Foi aplicado o teste de Tukey para as comparações múltiplas. O nível de significância adotado foi de 5% (α = 0,05). Os dados dos padrões de fratura foram avaliados apenas qualitativamente.

Todos os cálculos foram realizados com o programa estatístico Sigma Plot 11 (Systat Software, San Jose, Califórnia, EUA).

4 ARTIGOS

4.1 ARTIGO INFLUENCE OF PRE-HEATING COMPOSTI RESINS USED FOR FLARED ROOT REINFORCEMENT

INFLUENCE OF PRE-HEATING COMPOSITE RESINS USED FOR FLARED ROOT REINFORCEMENT

Julio Cezar Chidoski Filho, DDS, MS,[a], Agnes Costa e Silva, DDS student,[b], Ana Leticia Mores,DDS student,[c], Bruna Fortes Bittencourt, DDS, MS, PhD,[d], Alessandra Reis, DDS, PhD,[e], João Carlos Gomes, DDS, MS, PhD,[f], Giovana Mongruel Gomes DDS, MS, PhD,[g].

a PhD Student. Department of Restorative Dentistry, School of Dentistry, State University of Ponta Grossa (UEPG). Ponta Grossa, Paraná, Brazil.

b DDS Student. Department of Restorative Dentistry, School of Dentistry, State University of Ponta Grossa (UEPG). Ponta Grossa, Paraná, Brazil.

b DDS Student. Department of Restorative Dentistry, School of Dentistry, State University of Ponta Grossa (UEPG). Ponta Grossa, Paraná, Brazil.

c Professor. Department of Restorative Dentistry, School of Dentistry, State University of Ponta Grossa (UEPG). Ponta Grossa, Paraná, Brazil.

d Professor, Department of Restorative Dentistry, School of Dentistry, State University of Ponta Grossa (UEPG). Ponta Grossa, Paraná, Brazil.

e Professor, Department of Restorative Dentistry, School of Dentistry, State University of Ponta Grossa (UEPG). Ponta Grossa, Paraná, Brazil.

f Professor, Department of Restorative Dentistry, School of Dentistry, State University of Ponta Grossa (UEPG). Ponta Grossa, Paraná, Brazil.

Corresponding author:

Giovana M. Gomes. Avenida Carlos Cavalcanti 4748, Universidade Estadual de Ponta Grossa. Uvaranas, Ponta Grossa, Paraná, BR - 84030-900. Email: giomongruel@gmail.com

INFLUENCE OF PRE-HEATING COMPOSITE RESINS USED FOR FLARED ROOT REINFORCEMENT

Keywords: Resin cements, Fiber post, Root canal preparation, heating, Shear strength, Hardness test.

ABSTRACT

Purpose: To evaluate the influence of type and pretreatment of composite resins (preheated or not) used for root reinforcement in the adhesion of glass fiber posts (GFP) to flared root canals. **Materials and methods**: Seventy-two uniradicular permanent teeth had their crowns removed and endodontically treated. After one week, the roots were prepared for root reinforcement and randomly divided into 6 groups (n = 12): positive control group ([PCG] - the root canals were not enlarged), negative control group ([NCG] - root canals were enlarged - without reinforcement), and in the following 4 groups, the root canals were enlarged to receive root reinforcement, according to the combination of the factors: composite resin type (conventional or bulk-fill) and pretreatment (preheated or not). After GFP cementation, six slices were obtained for each root (cervical, middle and apical third). For each tooth, one slice of each third were randomly selected for push-out bond strength (BS) test. The remaining three slices of each tooth were selected for microhardness (MD) evaluation of the composite resin and resin cement and SEM Evaluation of Cement/Dentin or Resin/dentin Interfacial Gaps. Data from BS and interfacial gap were submitted to two-way ANOVA (experimental group vs. root region) and Tukey's test ($\alpha = 0.05$), and from MD to each material to two-way ANOVA (experimental group vs. root region) and Tukey ($\alpha = 0.05$). **Results**: The root reinforcement groups regardless of the type of composite resin and pre-treatment (preheated or unheated) showed statistically superior adhesion results compared to the negative control in all root region and the values of interfacial gaps were similar to the positive control group in all root regions. The composite heating increased significantly the microhardness values for both types of composite resins. **Conclusion:** Preheated conventional composite resin and unheated or preheated Bulk fill composite resin should be chosen for root reinforcement of weakened roots with enlarged root canal.

INTRODUCTION

Increased root fracture risk is observed in teeth with weakened roots, since fracture strength is directly proportional to root dentin thickness.[1] The reduction in root dentin tissue may occur after excessive endodontic instrumentation, by internal resorption, extensive caries and previous restorations with wide post and core.[2] In situations with flared root canals, there a mismatch between the width of prefabricated glass fiber posts and the flared root canal is expected to occur requiring a significant greater amount of resin cement for cementation of the prefabricated glass fiber post (GFP) to the root canal. Excessive resin cement may increase the presence of bubbles within the resin cement and predispose the formation of gaps within the dentin/resin cement interface.[3]

Several techniques are recommended to reduce the resin cement thickness, such as direct or indirect posts relined with composite resin, accessory glass fiber posts combined with the main post, milled glass fiber post in CAD/CAM after impression of the prepared root canal. In same instance, root canal reinforcement with composite resins are advocated [4,5] with the aim to increase the root dentin thickness and reduce the root canal inner diameter.[4]

Root reinforcement performed with conventional composite resin resulted in lower bond strength when compared to other techniques,[5] which has been attributed to the lower polymerization of the composite resin in deepest regions of the root canal, due to light attenuation during light-curing.[6] Bakaus et al 2018 demonstrated that the use of bulk-fill flowable composite for root reinforcement showed higher bond strength values than conventional composites.[7] Chidoski-Filho et al 2020 used composite resins with regular viscosity (bulk fill and conventional composite resin) compared to flowable (bulk fill and conventional composite resin) for root reinforcement, and observed that Bulk fill composite resins, regardless viscosity, showed greater results of bond strength, hardness and lower results of nanoleakage.[8] This type of resin composite may be suitable for root reinforcement, due to their higher depth of cure[6,9] (it can be placed in increaments of 4 to 5 min in contrast to the traditional 2-mm increment of conventional resins) and the reduced polymerization shrinkage.[9]

In a study with simulated root canals, researchers found that complete polymerization of the incremental composite resins with translucent fiber post cannot

be satisfactory in regions deeper than 4 to 5 mm.[10] An alternative to increase the degree of conversion of resin materials is by heating it to higher temperatures (at 60ºC).[11] Besides the increased hardness and polymerization depth, authors have already observed reduced viscosity after composite heating,[12] improved marginal adaptation and reduced gap formation[13]. This lower viscosity, produced by heating, facilitates composite resin placement into the flared root canal and may allow improved composite resin adaptation and polymerization in the deepest regions of the root canal.

When heating is applied to bulk composite resins, higher microhardness and degree of conversion as well as decreased polymerization shrinkage was also observed.[13,14,] Tauböck et al 2015 reported that heating of high viscosity bulk fill composite resin and conventional composite resins before photoactivation decreases the polymerization shrinkage forces, maintaining or increasing the degree of conversion of these materials.[15] According to Fróes-Salgado 2010, heating the composite resin at 68ºC, improved the marginal adaptation, decreasing the gap formation.[16] However, there is no study evaluating the influence of composite resin pre-heating before root reinforcement for flared root canals, where the insertion and polymerization are hindered by the greater depth.

Therefore, the aim of the present investigation was to evaluate whether the type of composite resin with regular viscosity (conventional and bulk fill) and composite resin pretreatment (preheated or unheated) used for flared root reinforcement may influence push-out bond strength values, microhardness and gap evaluation.

MATERIAL AND METHODS

A total of seventy-two extracted unirradicular human teeth, approved by the ethics committee of the State University of Ponta Grossa #2.623.960, with a root length of 14 ± 1 mm (measured from the cement-enamel junction - CEJ) were used for this laboratory study. We excluded teeth that exhibited clinical signs of root reabsorption, caries, cracks, or fractures. Before use, teeth were kept stored in distilled water at 4˚C.

Endodontic treatment

Teeth were transversally sectioned 1 mm above the CEJ by using a low-speed diamond saw (Isomet 1000; Buehler, Lake Bluff, IL, EUA) under constant irrigation. Root canal instrumentation was performed with Wave-One Gold primary (Dentsply

Maillefer, Ballaigues, Swiss) and irrigation with 1 mL of 1% sodium hypochlorite. After instrumentation, all root canals were irrigated with saline solution and 17% EDTA (Fórmula e Ação, São Paulo, SP, Brazil) for 3 min. The roots were dried with paper points (Dentsply Maillefer, Petrópolis, RJ, Brazil), filled with resin-based sealer (AH Plus; Dentsply) and tapered with gutta-percha points (Dentsply Maillefer, Ballaigues, Swiss) using the Schilder modified technique (4 mm of apical seal).[17] Radiographs (Kodak Ultra, Eastman Kodak, NY, USA) were taken to evaluate if there was residual gutta percha on the root canal walls. The root access was temporarily filled with glass ionomer cement (Vitro Fil, DFL, Rio de Janeiro, RJ, Brazil), and stored in high relative humidity (Eppendorf tubes with gauze soaked in distilled water) at 37˚C for 1 week.

Experimental groups and randomization process

One week after root canal obturation, root canals were prepared to receive a conical intraradicular fiber post (Whitepost DC # 0.5, FGM, Joinvile, SC, Brazil) with a coronary diameter of 1.4 mm. The roots were randomly divided by block randomization (www.sealedenvelope.com) into six experimental groups (n = 12), as demonstrated in Table 1.

In the *positive control group*, which simulated an ideal adaptation of the glass fiber post, the carbide drill corresponding to the prefabricated glass fiber post # 0.5 was used to prepare the root canal. In the other groups (root reinforced roots and negative control group), a truncated conical diamond bur (4137, KG Sorensen, São Paulo, SP, Brazil), with 2.6 mm diameter, were used to enlarge the canals and simulate a flared root condition. The carbide drill # 0.5 (Whitepost DC, FGM, Joinvile, SC, Brazil) was used inside the root canals for smear layer standardization. In the *negative control group*, inadequate adaptation was simulated, between glass fiber post and root canal. The glass fiber post was cemented in the flared root canal without any root reinforcement with composite resin.

Root reinforcement groups

Four groups received root reinforcement + glass fiber post cementation, varying the composite resin type (bulk-fill or conventional, Table 2) and composite resin treatment (unheated or preheated).

All flared root canals were irrigated with 10 ml of distilled water, dried for 5 s with air jet (3 cm distance) and two tips of absorbent paper. Then, two layers of the adhesive

system (Ambar Universal APS, FGM, Joinvile, SC, Brazil, Table 2) were applied within the root canal walls in the self-etch mode. A five-second air stream was applied to allow for solvent removal. Additionally, an absorbent paper cone was used to remove the adhesive excess before light activation for 10 s at 1,200 mW/cm^2 (Radii Plus, SDI Limited, Victoria, Australia).

For the groups where composite resin was preheated, the Calset device (AdDent Inc., Danbury, CT, USA) was used at a temperature of 68°C. The composite resin was placed into the root canals with the aid of a resin spatula (Duflex, SS White, Rio de Janeiro, RJ, Brasil) and Paiva instrument (Duflex, SS White, Rio de Janeiro, RJ, Brazil). After resin composite adaptation, the prefabricated glass fiber posts were lubricated with a water-soluble gel (KY gel lubricant, Johnson & Johnson) at a temperature of 68°C and inserted and removed from the flared root canals to create its own space for cementation. With the post into the root canal, excess resin was removed and the composite resin light-activated for 20 s at 1,200 mW/cm^2. The glass fiber post was removed and an additional light-activation was performed for 20 s. The root canal and the glass fiber posts were washed thoroughly with water to remove the lubricating gel and the flared root canals were slightly re-prepared with the carbide drill post corresponding to post # 0.5 (Whitepost DC, FGM) at low speed.

Post Luting Procedures

All glass fiber posts were horizontally sectioned by a water-cooled diamond rotary cutting instrument to leave it with a length of 13 mm. The glass fiber posts were cleaned with 70% alcohol for 5 s. Ten millimeters of the post length were cemented inside the root canal, while the remaining 3 mm served as a guide to standardize the distance of the light-curing device from the cervical root region.

In root reinforcement groups, the surface of the composite resin inside the root canal was cleaned with 37% phosphoric acid (Condac, FGM, Joinvile, SC, Brazil) for 15 s followed by water rinsing for 30 s. A five-second air stream was applied followed by the use of two absorbent cone papers to dry the prepared root canals. Two layers of the universal adhesive system (Ambar Universal, FGM, Joinvile, SC, Brazil, Table 2) were applied and gently air-dried for 5 s. The excess adhesive was removed with absorbent paper cones. The dual cure resin cement (Allcem Core, FGM, Joinvile, SC, Brazil, Table 2) was manipulated and taken into the root canal with a Centrix syringe

(DFL, Rio de Janeiro, RJ, Brazil), in an apico-cervical direction, to reduce bubble formation. The glass fiber post was positioned, held under manual pressure for 3 s, and then light activated for 40 s 1,200 mW/cm^2.

After cementation, conventional glass ionomer cement (Vitro Fil, DFL, Rio de Janeiro, Brazil) were applied to the coronal region, and the specimens were stored in a high relative humidity in distilled water at 37°C for 1 week.

All light-curing procedures of this experiment were performed with a LED light-curing device (Radii Plus, SDI Limited, Victoria, Australia) using a power density of 1,200 mW/cm^2.

Push-out bond strength test

Six 1-mm slices of each root were obtained after sectioning with a diamond disk mounted on an ISOMET 1000 (Buehler, Lake Bluff, IL, USA) under constant water cooling. Thickness were verified by means of digital caliper to the nearest 0.01 mm (Mitutoyo Digimatic Caliper, Tokyo, Japan). From the six slices, two were from the cervical third, two from the middle third and the other two from the apical third of the root canal. The experimental design of the study and teeth distribution in each analysis are shown in Figure 1.

One randomly selected slice from each third were used for push-out bond strength while the remaining were used in the other tests. The slices were photographed on both sides, with an optical microscope (Olympus, model BX 51, Olympus, Tokyo, Japan) at 40× magnification to measure the internal cervical and apical diameters of the root canal walls (Image J software- National Institutes of Health; Bethesda, MD, USA), and calculate their individual bonding area.

After bonding area measurement, each slice was subjected to the push-out test using a universal loading device (AG-I, Shimadzu Autograph, Tokyo, Japan) at a crosshead speed of 0.5 mm/min. The load was applied in an apical-to-coronal direction until the post was dislodged. Care was taken to center the push-out pin on the center of the root canal walls, without stressing the surrounding post space walls.

As the root canal with the post had a tapered design, different sizes of punch pins were used to match the diameter of the root canal at the different root thirds. The maximum failure load was recorded in Newton (N) and converted into MPa by dividing

the applied load by the bonded area (SL). As the bonded area was the lateral surface of a truncated cone, it was calculated by the formula: $SL= \pi(R + r)[(h^2 + (R – r)^2]^{0.5}$, where R = internal coronal radius of the root canal, r = internal apical radius of the root canal, and h = root slice thickness.

Failure mode analysis

After push-out evaluation, the failure modes of all specimens were evaluated under a stereomicroscope (40X magnification), by two independent, and calibrated operators. The failure modes were classified as: 1. adhesive failure between dentin and luting cement; 2. adhesive failure between luting cement and post; 3. adhesive failure between dentin and composite resin; 4. cohesive failure within luting cement; 5. cohesive failure within the post; 6. cohesive failure within dentin; 7. cohesive failure within composite resin; 8. mixed failure

SEM Evaluation of Interfacial Gap

For this analysis, the remaining three slices of each root were used. The slices were copied with addition silicone (Virtual, Ivoclar Vivadent) and the molds filled with epoxy resin (Alpha Resiqualy; Curitiba, Brazil). After 48 hours, the copies of the slices of epoxy resin were fixed in metallic stubs and dehydrated with colloidal silica at 37°C for 48 h. After gold-sputtering (Balzers SCD 050 Sputter Coater, Bal-Tec; Balzer, Liechtenstein), specimens were taken for SEM evaluation (SSX 550, Shimadzu; Tokyo, Japan). For each slice, a 60x and 1000x magnification images were obtained.

To calculate the gap length, the images with 60 x magnification were opened in the Image J software (National Institutes of Health; Bethesda, MD, USA). In each slice, the gap at the cement/dentin or composite resin/dentin interface was measured in micrometers by two different, calibrated operators. The gap length was expressed as a percentage of the total length of the bonded area. In both measurements, the values taken from the 3 slices from the same tooth were averaged for statistical purposes. If any disagreement occurred during evaluation, a consensus was obtained.

Microhardness analysis

The original slices used for impression for SEM evaluation were embedded in acrylic resin with the test surface facing upwards. The surfaces were polished under constant cooling water with silica carbide paper with decreasing abrasiveness (#600

to 1500) and diamond polishing pastes of 3, 1, 0.5 and 0.03 μm (Buehler Ltda, Lake Bluff, IL, USA) for 1 min each. Between abrasive papers, specimens were throughout washed in tap water.

Vickers microhardness test was performed (100 g for 15 s; Shimadzu HMV2, Newage Testing Instruments, Inc., Southampton, PA, USA) in 4 different areas of the reinforced composite resin or resin cement (control groups) at a distance of 10 μm from the adhesive interface. The Vickers microhardness (VHN) was calculated based on the mean of the diagonals measured with the aid of an optical microscope (Shimadzu HMV2, 400 X).

Statistical Analysis

Data from the push-out bond strength test and interfacial gap were submitted to two-way ANOVA test (experimental group vs root region). Data from microhardness were compared within each material (resin cement in the control groups, conventional composite resin and bulk-fill composite resin) by a two-way ANOVA (experimental group vs root region). Pairwise comparisons were performed with Tukey's test ($\alpha = 0.05$). Data from the fracture patterns were assessed only qualitatively. All statistics were performed using the statistical software Sigma Plot 11 (Systat Software, San Jose, California, USA).

RESULTS

Push-out bond strength

The cross-product interaction experimental group *vs* root region was significant ($p \leq 0.001$; Table 3). Regardless of the root region, the lowest values of bond strength were observed for the negative control group. In all groups, bond strength values reduced from cervical to apical region.

Pre-heating improved bond strength values of the conventional resin at the cervical and middle third, but not for the bulk fill resin. Compared to the positive control groups, reinforcement with preheated conventional resin, and bulk fill resin (regardless of the heating procedure) showed statistically similar bond strength values to the positive control group in all root regions ($p \leq 0.05$; Table 3).

Fracture pattern

The mixed type of fracture appeared in all the experimental groups (Figure 2). The predominant fracture in the negative control group was adhesive between cement and dentin (35.7%). In the positive control group the main type of fracture was cohesive of the glass fiber post (40.5%). In root reinforcement groups with bulk resin, regardless of the pre-treatment (preheated or unheated), the type of fracture that most occurred was the adhesive between resin and root dentin (40.5% - bulk fill preheated, 35.7% - bulk fill unheated). In the group of root reinforcement with conventional composite resin preheated the most prevalent fracture was cohesive in dentin (28.6%). On the other hand in the group of root reinforcement with conventional composite resin unheated the mixed fracture was predominant (33.3%).

Interfacial gaps

The cross-product interaction experimental group *vs* root region was significant ($p \leq 0.001$; Table 4). Regardless of the experimental groups, the lowest values of interfacial gaps were observed in the cervical region. In all groups with reinforcement of the composite resins (conventional and bulk fill unheated and preheated) the values of interfacial gaps were similar to the positive control group in all root regions. Preheating of both composite resins reduced the gap formation in the middle third. The greatest percentage of gap formation was observed in the negative control group ($p \leq 0.05$; Table 3). SEM images with gap formation can be seen in figures 3, 4 and 5.

Microhardness

Two-way ANOVA for each group of material (resin cement in the positive and negative group; conventional resin and bulk fill resin) were significant ($p \leq 0.05$; Table 5). For all materials, microhardness values at the apical region was lower than the respective middle and cervical regions ($p \leq 0.05$; Table 5). In general, composite heating increased significantly the microhardness values in all root regions for both types of composite resins ($p \leq 0.05$; Table 5).

DISCUSSION

In this study, the lowest bond strength values were observed in the negative control group, where an inadequate adaptation was simulated between the glass-fiber post and the root canal with a great resin cement thickness, as observed in previous studies.[3,8] The higher polymerization shrinkage, which created increased GAP

formation in the adhesive interface; thus, leading to decreases in the bond strength values.[3]

Preheating both composite resins, used for root reinforcement, did not decrease GAP formation in the adhesive interface. Different studies have observed that heating promoted less polymerization shrinkage of the composites.[15,16] Wagner et al 2008 evaluated the effect of preheating composite restorations in the marginal microleakage and observed that preheating conventional composite resin in class II restorations showed lower marginal microleakage.[18]

One benefit of heating is the reduction of the composite viscosity, facilitating insertion into the cavity.[12] According Marcondes et al 2020 the preheating to 69ºC reduced the viscosity of composites by 47% to 92% compared to the resin composites kept at 37ºC.[19] We hypothesized that this could have allowed better adaptation into the root canal walls. However, this benefit was not reached in terms of GAP formation.

Maybe the time lapsed between composite heating and resin cure may have decreased the composite temperature, even had we heated the lubricating gel used for the preparation of the root reinforcement. Marcondes et al 2020 concluded that the ideal time to use the preheated composite is short, and clinicians should adapt the work sequence to take advantage of the higher temperatures found in the first 15 seconds.[19]

Microhardness values showed that preheating improved polymerization of the materials employed, but this increase only yielded higher bond strength values for the conventional resin in the cervical and middle third of the root canals. Conventional resins demonstrated reduced depth of cure compared to bulk fill.[6,9] This may be the reason why heating the conventional composite resin improved the microhardness and bond strength properties, leading to an increase in the curing depth, without increasing the polymerization stress. This explains why no influence on GAP formation in the adhesive interface was observed. Studies reported that higher temperatures of conventional composite resins increased the microhardness values, consequently the degree of polymerization and depth of cure before the gel-point, decreasing the amplitude of stress.[11,12,20] Although microhardness in the preheated condition was higher for the bulk fill composite, the bond strength values was not affected, probably because the degree of conversion is directly related to polymerization shrinkage .[21]

As an inherent property, bulk fill resins have a lower shrinkage and polymerization stress even with a greater depth of cure.[22,23] Tauböck et al 2015 reported that composite pre-heating (68º C, the same heating procedure used in the present study), prior to light-curing, decreased the polymerization-induced shrinkage forces of high-viscosity bulk-fill and conventional resin composites, while maintaining or increasing the degree of conversion.[15] This may explain our results of bond strength and GAP formation, which were not influenced by composite heating even when the temperature was increased.

A study showed a nonlinear increase in the system enthalpy by increasing the concentration of fillers.[24] This may have occurred to other factors, such as particle size, shape and surface, which are also important for thermal conductivity.[24] In the present study the concentration of filler particles does not seem to have directly influenced how the different composite resins reacted to preheating since both resins have the same percentage of filler particles by weight (approximately 79%).

More important than the heating procedure itself, is the use of a reinforcing material in order to reduce the root canal width and the resin cement thickness. This procedure reinforces the root dentin walls, reducing the risk of fracture. Additionally, the composite resins have an elastic modulus similar to that of dentin, helping in the dissipation and distribution of forces along the root remnant.[5,10,25] Improved bond strength values and reduced marginal GAP formation were observed in the reinforced groups compared to the negative control groups. Similar results were found in other studies.[5,7,8]

This is the first laboratory study to investigate the effect of composite pre-heating of resin reinforcement of root canal walls. We encourage researches in the conduction of randomized clinical trials to obtain high level of evidence for clinical recomendation, and to get a better understanding of the heating procedure on materials with different compositions.

CONCLUSION

For root reinforcement of weakened roots with enlarged root canals, conventional composites should be preheated, however bulk-fill composites can be used with or without preheating.

ACKNOWLEDGMENTS

The authors are very grateful to FGM Dental Products for the donation of cementation system and fiber post employed in this study. Funding for this study was partially obtained through a productivity scholarship provided by the CAPES.

CLINICAL RELEVANCE:

When faced with an enlarged root canal situation, the root reinforcement technique, independent of pre-treatment used for composite resin (conventional or bulk fill), increasing the changes of survival of the restoration.

REFERENCES

1- Bitter K & Kielbassa AM. Post-endodontic restorations with adhesively luted fiber-reinforced composite post systems: a review. Am J Dent 2007;20:353–360.

2- Baba NZ, Goodacre CJ & Daher T. Restoration of endodontically treated teeth: the seven keys to success. Gen Dent 2009;57:596-603.

3- Gomes GM, Rezende EC, Gomes OM, Gomes JC, Loguercio AD & Reis A. Influence of the resin cement thickness on bond strength and gap formation of fiber posts bonded to root dentin. J Adhes Dent 2014;16:71-78.

4- Alshali RZ, Salim NA, Satterthwaite JD & Silikas N. Post-irradiation hardness development, chemical softening, and thermal stability of bulk-fill and conventional resin-composites. J Dent 2015;43:209-218.

5- Gomes GM, Gomes OM, Gomes JC, Loguercio AD, Calixto AL & Reis A. Evaluation of different restorative techniques for filling flared root canals: fracture resistance and bond strength after mechanical fatigue. J Adhes Dent 2014;16:267-276

6- Braga RR, Ballester RY & Ferracane JL. Factors involved in the development of polymerization shrinkage stress in resin-composites: a systematic review. Dent Mater 2005;21:962-970.

7- Bakaus TE, Gruber YL, Reis A, Gomes OM & Gomes GM. Bond strength values of fiberglass post to flared root canals reinforced with different materials. Braz Or Res 2018;32:13.

8- Chidoski-Filho JC, Camargo LP, Bittencourt BF, et al. Influence of Alternative Restoration Technique with Different Composite Resins for Flared Root Reinforcement. J Adhes Dent. 2020;22(4):353-363.

9- Tiba A, Zeller GG, Estrich CG & Hong A. A laboratory evaluation of bulk-fill versus traditional multi-increment-fill resin-based. J Am Dent As 2013;144:1182-1183.

10- Yoldas O, Alaçam T. Microhardness of composites in simulated root canals cured with light transmitting posts and glass-fiber reinforced composite posts. J Endod. 2005 Feb;31(2):104-6.

11- Daronch M, Rueggeberg FA, De Goes MF. Monomer conversion of pre-heated composite. J Dent Res 2005;84:663–7.

12- Lucey S, Lynch CD, Ray NJ, Burke FM, Hannigan A. Effect of pre-heating on the viscosity and microhardness of a resin composite. J Oral Rehabil. 2010 Apr;37(4):278-82

13- Lohbauer U, Zinelis S, Rahiotis C, Petschelt A, Eliades G. The effect of resin composite pre-heating on monomer conversion and polymerization shrinkage. Dent Mater. 2009 Apr;25(4):514-9.

14- Dionysopoulos D, Tolidis K, Gerasimou P. The Effect of Composition, Temperature and Post-Irradiation Curing of Bulk Fill Resin Composites on Polymerization Efficiency. Materials Research. 2016; 19(2): 466-473

15- Tauböck T, Tarle Z, Marovic D, Attin T. Pre-heating of High-Viscosity Bulk-Fill Resin Composites: Effects on Shrinkage Force and Monomer Conversion. J Dent 2015 Nov;43(11):1358-64.

16- Fróes-Salgado NR, Silva LM, Kawano Y, Francci C, Reis A, Loguercio AD. Composite pre-heating: Effects on marginal adaptation, degree of conversion and mechanical properties. Dent mat 2010;26:908-14.

17- Schilder H. Filling root canals in three dimensions. J endod 2006;32:281-290.

18- Wagner WC, Aksu MN, Neme AM, Linger JB, Pink FE, Walker S. Effect of pre-heating resin composite on restoration microleakage. Oper Dent. 2008;33(1):72-78.

19- Marcondes RL, Lima VP, Barbon FJ, Isolan CP, Carvalho MA, Salvador MV, Lima AF, Moraes RR. Viscosity and thermal kinetics of 10 preheated restorative resin composites and effect of ultrasound energy on film thickness. Dent Mater. 2020 Sep 1:S0109-5641(20)30215-3.

20-Jongsma LA, Kleverlaan CJ. Influence of temperature on volumetric shrinkage and contraction stress of dental composites. Dent Mater. 2015;31(6):721–5

21- Silikas N, Eliades G, Watts DC (2000). Light intensity effects on resin composite degree of conversion and shrinkage strain. Dent Mater 16:292-296.

22- Scotti N, Comba A, Gambino A, Paolino DS, Alovisi M, Pasqualini D, Berutti E. Microleakage at enamel and dentin margins with bulk fills flowable resin. Eur J Dent. 2014 jan;8(1):1-8.

23- Kim RJ, Kim YJ, Choi NS, Lee IB. Polymerization shrinkage, modulus, and shrinkage stress related to tooth-restoration interfacial debonding in bulk-fill composites. J Dent. 2015 Apr;43(4):430-9.

24- Zogheib LV, Pereira JR, do Valle AL, de Oliveira JA, Pegoraro LF. Fracture resistance of weakened roots restored with composite resin and glass fiber post. Braz Dent J 2008;19:329–333.

25- Mohsen NM, Craig RG, Filisko FE. Effects of curing time and filler concentration on curing and postcuring of urethane dimethacrylate composites: a microcalorimetric study. J Biomed Mater Res 1998;40:224–32.

FIGURES

Figure 1- Experimental study design.

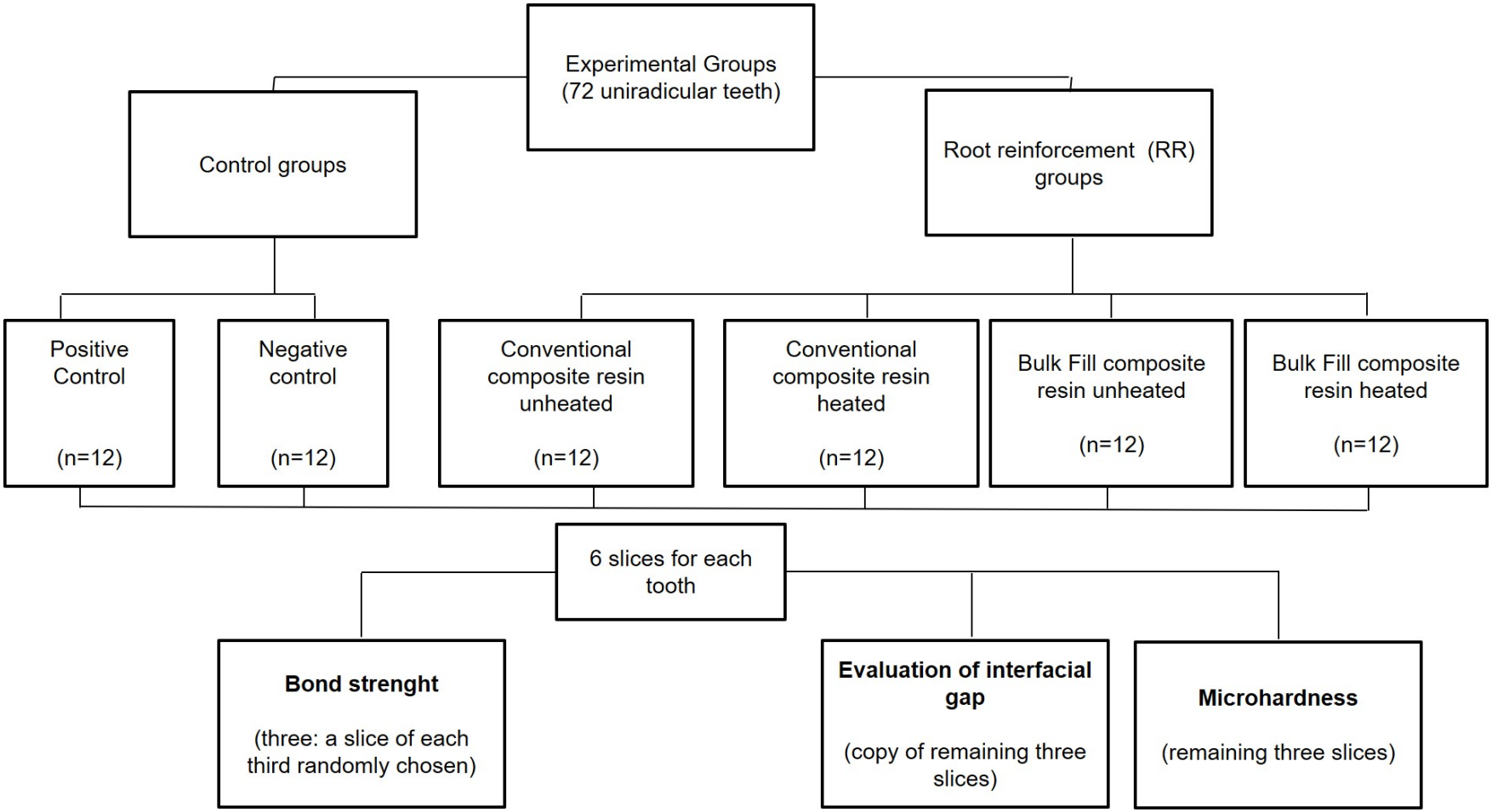
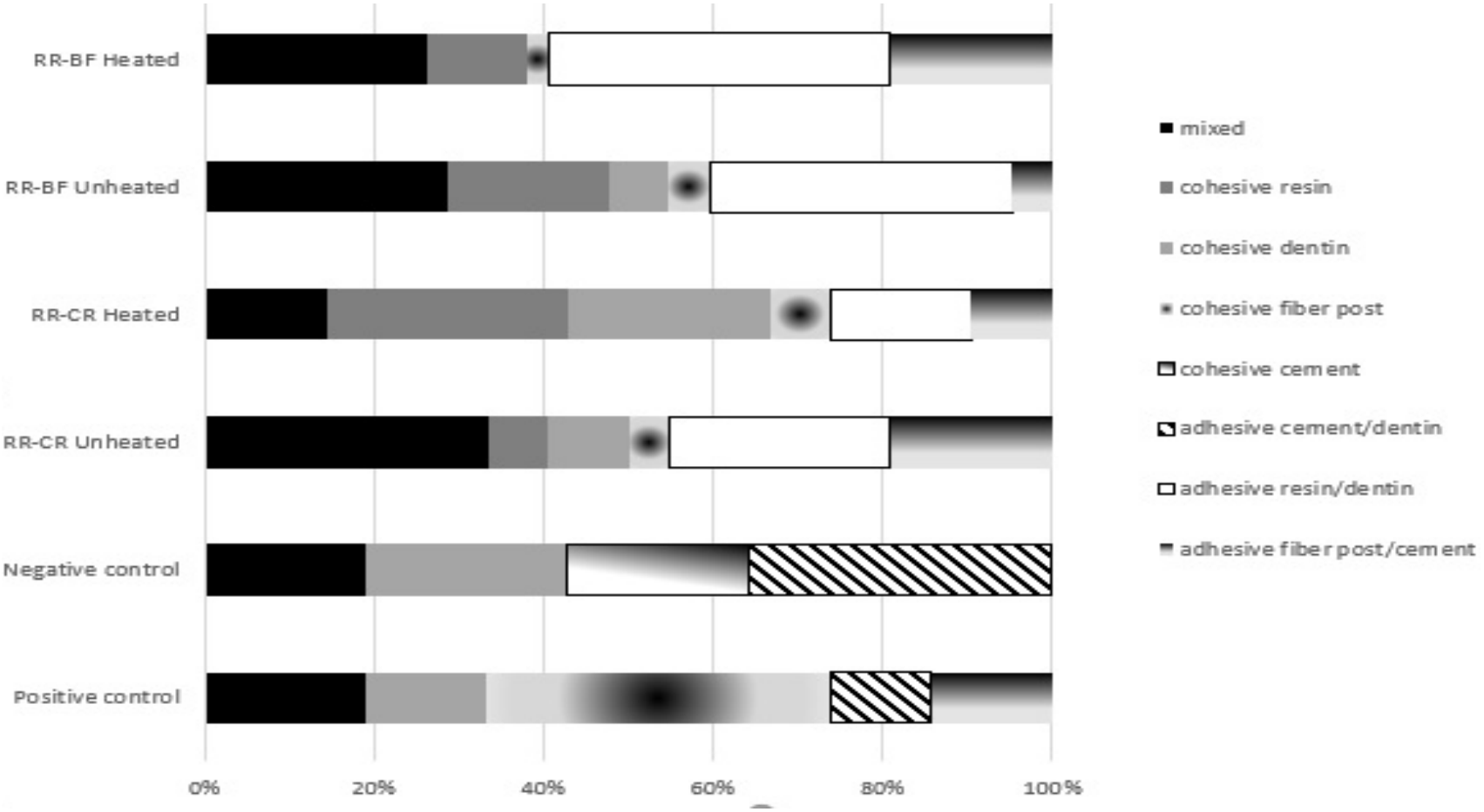


Figure 2- Distribution of fracture patterns of different experimental groups.



RR- Root reinforcement, CRUH- Conventional resin unheated, BFUH- Bulk Fill unheated, CRPH- Conventional resin preheated, BFPH- Bulk Fill preheated

Figure 3- SEM Evaluation of Interfacial Gaps (60x)- Control groups.

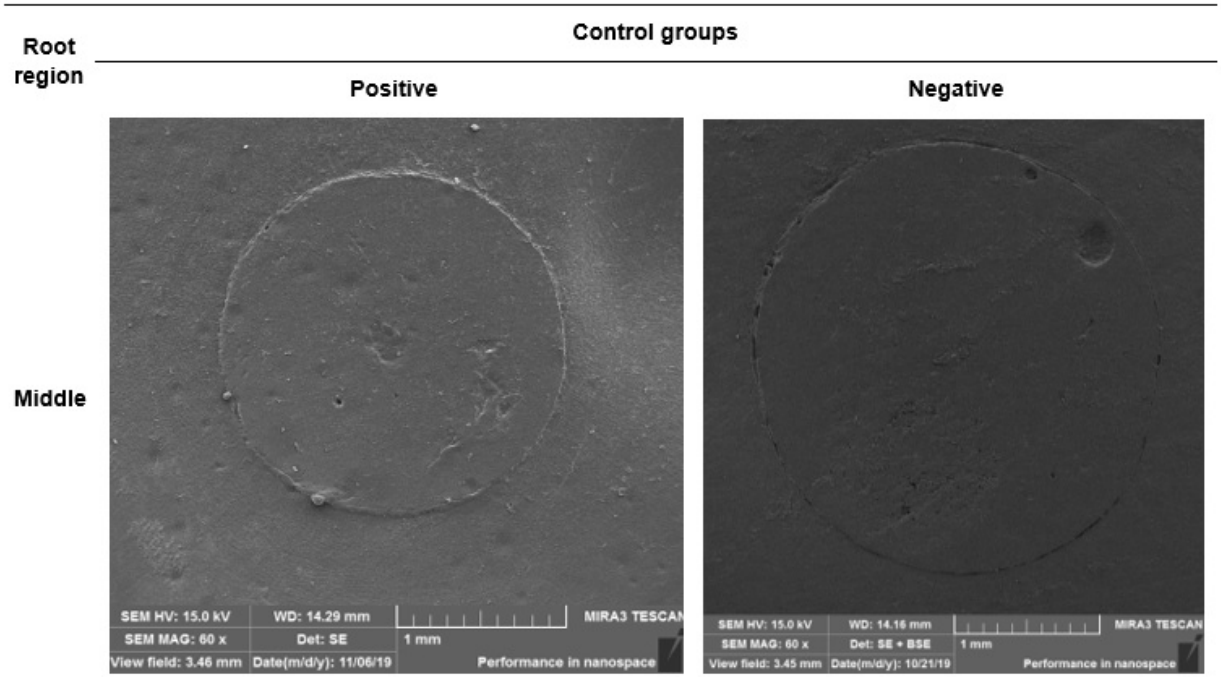


Figure 4- SEM Evaluation of Interfacial Gaps (60x)- Root reinforcement groups with Conventional resin

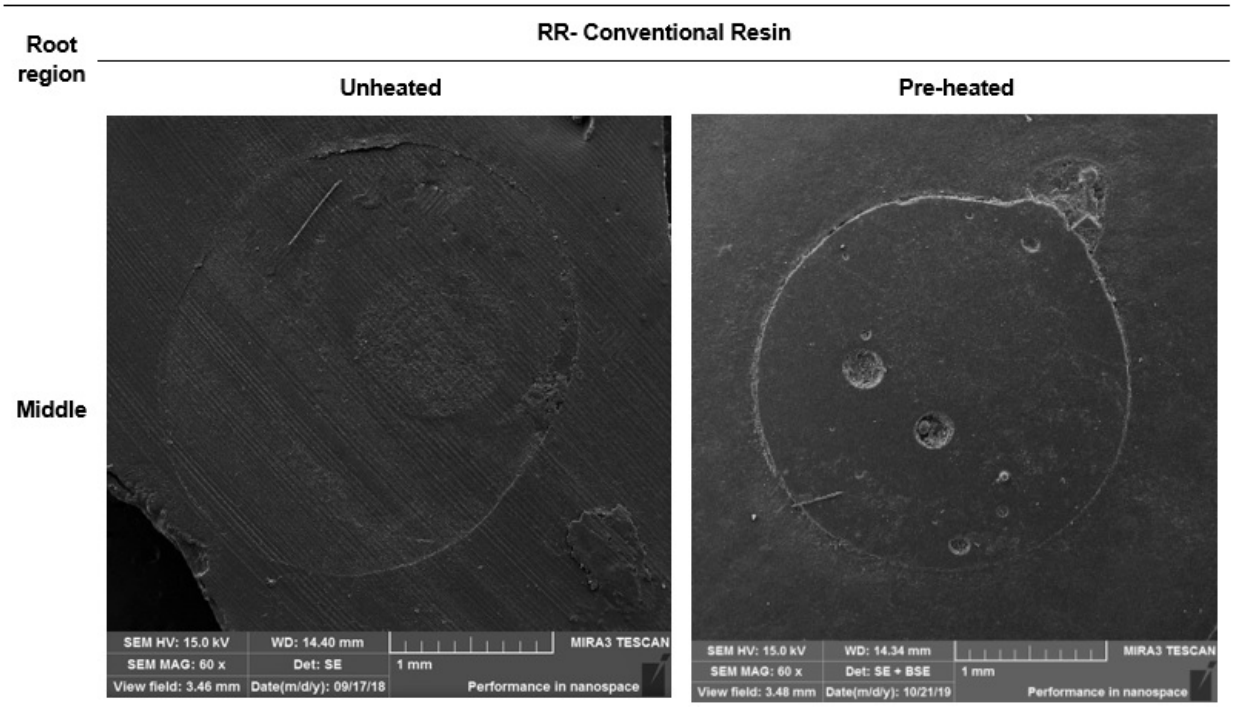
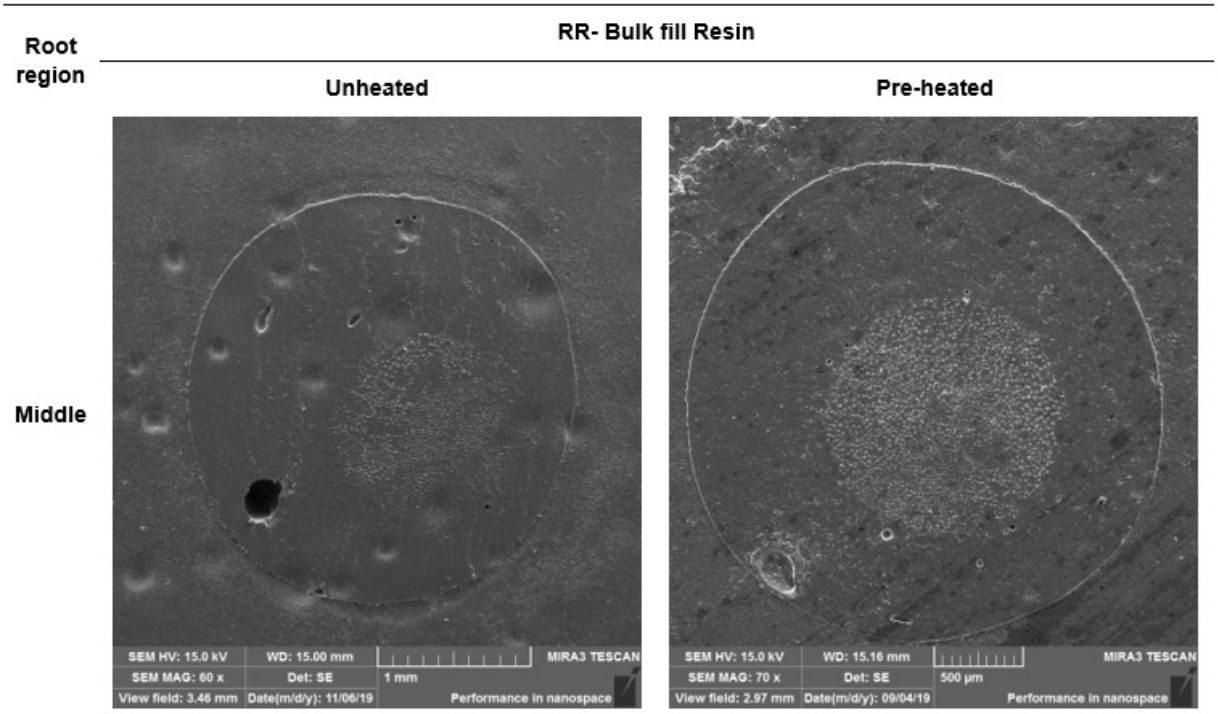


Figure 5- SEM Evaluation of Interfacial Gaps (60x)- Root reinforcement groups with Bulk fill resins.



TABLES

Table 1- Experimental groups

EXPERIMENTAL GROUPS		DESCRIPTION
Positive control		Fiber post nº 0.5 cemented in root canal with compatible diameter (ideal adaptation)
Negative control		Fiber post nº 0.5 cemented in widened root canal (inadequate adaptation)
Root reinforcement (RR)	**Conventional composite resin unheated (CR Unheated)**	Fiber post nº 0.5 cemented in widened root canal with root reinforcement with bulk fill composite unheated
	Conventional composite resin preheated (CR Heated)	Fiber post nº 0.5 cemented in widened root canal with root reinforcement with bulk fill composite heated- 68º C
	Bulk fill composite resin unheated (BF Unheated)	Fiber post nº 0.5 cemented in widened root canal with root reinforcement with bulk fill composite resin unheated
	Bulk fill composite resin preheated (BF Heated)	Fiber post nº 0.5 cemented in widened root canal with root reinforcement with conventional composite resin heated- 68º C

Table 2- Composition of the materials used for the root reinforcement and cementation procedures.

Material/Manufacturer	Composition*	Batch number
Opus Bulk Fill APS, color A2 FGM, Joinvile, SC, Brazil	**Active ingredients**: uretane-dimetacrylic monomers, stabilizers, photoinitiating composition (APS) and co-initiators. **Inactive ingredients**: inorganic load of silanized silicon dioxide (silica), stabilizers and pigments.	270317
Opallis, color A2 FGM, Joinvile, SC, Brazil	Microhybrid resin composed of a monomeric matrix containing Bis(GMA), Bis(EMA), UDMA and TEGDMA. The fillers are a careful combination of silanized Barium-Aluminum silicate glass and silicon dioxide nanoparticles, camphorquinone as a photoinitiator, accelerators, stabilizers and pigments. The composite has particles ranging from 40nm to 3.0 microns with an average particle size of 0.5 microns, total load content by weight from 78.5 to 79.8% and volume from 57 to 58% inorganic load.	060317
Adhesive Ambar APS Universal FGM, Joinvile, SC, Brazil	**Active ingredients**: MDP (10-Methacryloyloxidecyl dihydrogen phosphate), methacrylic monomers, photoinitiators, co-initiators and stabilizer. **Inactive ingredients**: inert filler (silica nanoparticles) and vehicle (ethanol).	290119
AllCem Core FGM, Joinvile, SC, Brazil	**Base paste**: Methacrylic monomers (such as TEGDMA, BisEMA and BisGMA), camphorquinone, co-initiators, barium-aluminosilicate glass microparticles, silicon dioxide nanoparticles, inorganic pigments and preservatives. **Catalyst paste**: Methacrylic monomers, dibenzoyl peroxide, stabilizers and barium-aluminosilicate glass microparticles. The mixture of the base and catalyst paste in a 1: 1 ratio presents approximately 62% load by weight.	40918

Table 3 – Means and standard deviations of push-out bond strength values (MPa) for the different experimental groups

Root region	Control groups		RR- Conventional Resin		RR- Bulk fill Resin	
	Positive	Negative	Unheated	Heated	Uheated	Heated
Cervical	11.4 ± 2.4 AB	3.5 ± 1.0 GH	8.0 ± 2.6 D	11.0 ± 2.2 AB	11.3 ± 2.1 AB	12.6 ± 2.4 A
Middle	9.2 ± 2.7 BC	3.0 ± 0.9 GH	5.2 ± 1.7 EFG	8.6 ± 3.6 C	7.8 ± 2.0 CDE	9.3 ± 2.6 BC
Apical	7.3 ± 2.2 CDEF	2.3 ± 1.1 H	4.3 ± 1.2 FGH	6.7 ± 2.1 CDEF	4.6 ± 0.9 FGH	5.4 ± 1.3 DEFG

RR – Root reinforcement * Different letters indicate statistically significant differences ($p < 0.05$).

Table 4 - Means and standard deviations of the interfacial gaps (%) for the different experimental groups

Root region	Control groups		RR- Conventional Resin		RR- Bulk fill Resin	
	Positive	**Negative**	**Unheated**	**Heated**	**Unheated**	**Heated**
Cervical	14.0 ± 1.7 A	23.0 ± 2.7 C	14.2 ± 2.5 A	12.7 ± 0.8 A	13.1 ± 2.0 A	11.7 ± 2.4 A
Middle	19.3 ± 2.0 BC	29.3 ± 3.1 D	19.3 ± 1.3 BC	18.5 ± 1.4 B	19.0 ± 1.5 BC	18.7 ± 3.2 B
Apical	20.7± 2.7 BC	45.6 ± 4.8 E	20.8 ± 1.9 BC	19.2 ± 1.5 BC	20.9 ± 3.4 BC	18.9± 1.2 BC

RR – Root reinforcement * Different letters indicate statistically significant differences ($p < 0.05$).

Table 5 – Means and standard deviations of Vickers microhardness (VHN) for the different experimental groups

Root region	Control groups		RR- Conventional Resin		RR- Bulk fill Resin	
	Positive	Negative	Unheated	Heated	Unheated	Heated
Cervical	50.8 ± 2.5 A	29.4 ± 4.1 CD	64.9 ± 5.3 B	79.8 ± 4.3 A	84.4 ± 4.2 B	91.2 ± 3.9 A
Middle	39.4 ± 3.3 B	25.6 ± 2.2 D	54.4 ± 3.8 C	63.3 ± 3.0 B	61.6 ± 1.7 C	64.0 ± 4.6 C
Apical	32.2 ± 4.1 C	19.9 ± 1.0 E	39.4 ± 4.0 E	48.7 ± 2.2 D	38.4 ± 2.1 E	52.6 ± 3.0 D

RR – Root reinforcement * Comparisons are valid only between same material ** Different letters indicate statistically significant differences ($p < 0.05$).

4.2 ARTIGO INFLUENCE OF SONIC APPLICATION OF DIFFERENT TYPES OF COMPOSITE RESINS USED FOR ROOT REINFORCEMENT IN FLARED ROOTS

INFLUENCE OF SONIC APPLICATION OF DIFFERENT TYPES OF COMPOSITE RESINS USED FOR ROOT REINFORCEMENT IN FLARED ROOTS

Julio Cezar Chidoski Filho, DDS, MS,a, Renata Terumi Jitumori, DDS, MS,b, Agnes Costa e Silva, DDS student,c, Bruna Fortes Bittencourt, DDS, MS, PhD,d, Alessandra Reis, DDS, PhD,e, João Carlos Gomes, DDS, MS, PhD,f, Giovana Mongruel Gomes DDS, MS, PhD,g.

a PhD Student. Department of Restorative Dentistry, School of Dentistry, State University of Ponta Grossa (UEPG). Ponta Grossa, Paraná, Brazil.

b PhD Student. Department of Restorative Dentistry, School of Dentistry, State University of Ponta Grossa (UEPG). Ponta Grossa, Paraná, Brazil.

c DDS Student. Department of Restorative Dentistry, School of Dentistry, State University of Ponta Grossa (UEPG). Ponta Grossa, Paraná, Brazil.

d Professor. Department of Restorative Dentistry, School of Dentistry, State University of Ponta Grossa (UEPG). Ponta Grossa, Paraná, Brazil.

e Professor, Department of Restorative Dentistry, School of Dentistry, State University of Ponta Grossa (UEPG). Ponta Grossa, Paraná, Brazil.

f Professor, Department of Restorative Dentistry, School of Dentistry, State University of Ponta Grossa (UEPG). Ponta Grossa, Paraná, Brazil.

g Professor, Department of Restorative Dentistry, School of Dentistry, State University of Ponta Grossa (UEPG). Ponta Grossa, Paraná, Brazil.

Corresponding author:

Giovana M. Gomes

Avenida Carlos Cavalcanti 4748, Universidade Estadual de Ponta Grossa. Uvaranas, Ponta Grossa, Paraná, BR - 84030-900

Email: giomongruel@gmail.com

INFLUENCE OF SONIC APPLICATION OF DIFFERENT TYPES OF COMPOSITE RESIN USED FOR ROOT REINFORCEMENT IN FLARED ROOTS

Keywords: bond strength, fiber post, hardness test, resin cements, sonic, weakened roots

ABSTRACT

Purpose: To evaluate the influence of type and application mode of composite resins (active: with sonic application / passive: without sonic application) used for root reinforcement in the adhesion of glass fiber posts to flared root canals. **Materials and methods**: Seventy-two uniradicular permanent teeth had their crowns removed and they were endodontically treated. The roots were prepared for root reinforcement and randomly divided into 6 groups (n = 12): positive control group ([PCG] - the root canals were not enlarged), negative control group ([NCG] - root canals were enlarged without reinforcement), and in the following 4 groups, the root canals were enlarged to receive root reinforcement, according to the combination of the factors: composite resin type (bulk-fill or conventional) and sonic application (active / passive). After fiber post cementation, six slices were obtained for each root (cervical, middle and apical third), then a slice of each third were randomly selected for push-out bond strength testing and the remaining three slices were selected for the evaluation of microhardness of the composite resin or resin cement and SEM evaluation of cement/dentin or resin/dentin interfacial gap. Data from bond strength, microhardness and interfacial gap were submitted to two-way ANOVA and Tukey's test ($\alpha = 0.05$). **Results**: The root reinforcement with sonic application showed superior bond strength results compared with passive application. The application mode showed no statistically significant difference in microhardness. Sonic application of both composite resins reduced the gap formation in all thirds when compared to the passive application. **Conclusion**: The use of sonic application, regardless of the composite resin type (conventional or bulk fill), should be chosen for root reinforcement of weakened roots with enlarged root canal. The use of bulk fill composite resin with passive application is the selected option if the use of sonic application is not possible.

INTRODUCTION

Teeth with extensive dental structure loss, due to previous restoration, exaggerated endodontic access or trauma, are extremely susceptible to fracture, as fracture resistance of the tooth is directly linked to the amount of the remaining structure. Thus, the restoration of these teeth remains a challenge for adhesive restorative dentistry.[1-3] To increase the longevity and maintenance of these teeth in the mouth, it is recommended to use intraradicular retainers. The glass fiber posts (16 – 40 GPa) are indicated for the restoration of these teeth, as they have an elasticity module compatible with dentin (18 GPa), distributing forces and tensions evenly along the root, reducing the risk of irreversible fracture.[4-6]

Teeth with enlarged root canals and which have thin dentin walls, have an increased risk of radicular fractures.[7] Several factors cause the enlargement of the root canals, among them incomplete physiological root formation due to traumatic impacts, previous restoration with excessive post, extensive carious lesions, oval root canals, internal resorption and endodontic over-instrumentation.[8,9] These factors lead to incompatibility between the root canal and prefabricated glass fiber posts, which results in a thick layer of resin cement, and thus, the increase in tension caused by the polymerization shrinkage and reduced the bond strength to root dentin.[10-12]

The root reinforcement technique reduces the thickness of resin cement by reducing the post space with the addition of composite resin to the dental walls.[13] When compared with other techniques (direct or indirect posts relined using composite resin, accessory glass fiber posts combined with the main post), the root reinforcement showed lower bond strength results when performed with conventional composite resin.[14] The use of bulk fill flow resins for root reinforcement, showed higher results of bond strength.[15] This may be due to greater translucency than conventional ones, which favors a greater passage of light to deeper regions, allowing a more effective polymerization, in addition, bulk fill resins can be inserted in increments of 4 to 6 mm in thickness.[16-19]

Composites of regular viscosity have low flow and require specific instruments for their insertion, being more critical and difficult to implement; hence, the chances of leakage and sealing inappropriate become larger.[20,21] It is reported that the use of ultrasonic energy improves the composite adaptation in cavity walls, avoiding bubbles and failures may compromise the adhesion to dentin, and ultrasonic energy when applied also increases the flow of the composite.[22,23] Grandi et al. 2017[24] evaluated the hardness of different composite resins using sonic application, nevertheless there was no significant difference when compared with conventional application.[24] However there is no study evaluating the influence of the application mode of the composites (bulk and conventional), where the insertion and polymerization are impeded due to the greater depth.

This article aims to evaluate two types of resins (bulk or conventional, both with regular viscosity) and application mode of composite resins (active: with sonic application or passive: without sonic application) for the root reinforcement technique

of flared roots with fiber posts by means of bond strength, microhardness and gap evaluation.

MATERIAL AND METHODS

Seventy two extracted human unirradicular teeth, approved by the ethics committee of the State University of Ponta Grossa # 2.280.234, with a root length of 14 ± 1 mm (measured from the cement-enamel junction - CEJ) were used for this laboratory study. Teeth that exhibited clinical signs of caries, root reabsorption, cracks, or fractures were excluded.

Endodontic treatment

The teeth were transversally sectioned 1 mm above the CEJ by using a low-speed diamond saw (Isomet 1000; Buehler) under constant irrigation. Canal exploration was performed with #10K files (Dentsply Maillefer, Ballaigues, Swiss) and irrigation with 1% sodium hypochlorite. The root canal preparation was performed with Wave-One Gold primary (Dentsply Maillefer, Ballaigues, Swiss). Irrigation was performed with 1 mL of 1% sodium hypochlorite. The canals were irrigated with saline solution and final irrigation with 17% EDTA (Fórmula e Ação, São Paulo, SP, Brazil) for 3 min. The roots were dried with paper points (Dentsply Maillefer, Petrópolis, RJ, Brazil), filled with resin-based sealer (AH Plus; Dentsply) and tapered with gutta-percha points (Dentsply Maillefer, Ballaigues, Swiss), using the Schilder modified technique (4 mm of apical seal).[25] The root canal walls were evaluated for the presence of any residual gutta percha with radiographs (Kodak Ultra, Eastman Kodak, NY, USA). The root access was temporarily filled with glass ionomer cement (Vitro Fil, DFL, Rio de Janeiro, RJ, Brazil), and stored in high relative humidity (Eppendorf tubes with gauze soaked in distilled water) at 37˚C for 1 week.

Experimental groups and randomization process

After 1 week, the preparation of the root canal was carried out for posterior cementation of a conical intraradicular fiber post (Whitepost DC #0.5, FGM, Joinvile, SC, Brazil) with a coronary diameter of 1.4 mm. The roots were randomly divided by block randomization (www.sealedenvelope.com) into six experimental groups (n = 12), as follows (Table 1).

The carbide drill corresponding to the prefabricated glass fiber post #0.5 was used to prepare the root canal, simulating an ideal adaptation of the glass fiber post in the root canal, thus the *positive control group*.

For the remaining five groups, the flared root canals were simulated using a truncated conical diamond bur (#4137, KG Sorensen, São Paulo, SP, Brazil), with 2.6 mm diameter, at low-speed handpiece. After canal enlargement, the walls were re-prepared with the carbide drill corresponding to the glass fiber post #0.5 (Whitepost DC, FGM) for smear layer standardization. All root canals were irrigated with 10 mL of distilled water and dried with an air stream for 5 s (3 cm distance) and 2 tips of absorbent paper #80.

The group where it was cemented the glass fiber post in the flared root canal without any root reinforcement with composite resin, simulating an inadequate adaptation of the prefabricated glass fiber post to the root canal walls, was denominated a *negative control group.*

Root reinforcement groups

Four groups received root reinforcement + glass fiber post cementation, varying the composite resin type (bulk fill or conventional) and application mode of the composite resin (active – with sonic application or passive – without sonic application): conventional regular composite resin (Opallis, color A2, FGM, Joinvile, SC, Brazil), bulk-fill regular composite resin (Opus Bulk Fill, color A2, FGM, Joinvile, SC, Brazil). The compositions of the materials are described in the Table 2.

All flared root canals were irrigated with 10 ml of distilled water, dried for 5 s with air jet (3 cm distance) and two tips of absorbent paper. Then, two layers of the adhesive system (Ambar Universal APS, FGM, Joinvile, SC, Brazil) were applied within the root canal walls in the self-etch mode. An air stream of 5 s was applied to allow for solvent removal. Additionally, an absorbent paper cone was used to remove the adhesive excess before light activation (10 s).

For groups where active sonic application was performed, the composite resin was inserted into the root canal with the aid of a resin spatula (Duflex, SS White, Rio de Janeiro, RJ, Brazil) and Paiva instrument (Duflex, SS White, Rio de Janeiro, RJ, Brazil). After that the Smart Sonic device (FGM, Joinvile, SC, Brazil) was used. The

sonic device has 5 different oscillating frequencies (144.5, 150, 170, 223.5, and 167.5 Hz). The middle frequency (170 Hz) of the device was used for 10 s. For groups where passive application was performed the composite resin was inserted into the root canal with the aid of a resin spatula (Duflex, SS White, Rio de Janeiro, RJ, Brazil) and Paiva instrument (Duflex, SS White, Rio de Janeiro, RJ, Brazil) only.

Subsequently, a water-soluble lubricating gel (KY gel lubricant, Johnson & Johnson; São José dos Campos, SP, Brazil) was applied to the prefabricated glass fiber post, which was inserted and removed from the flared root canal. With the glass fiber post inside the root canal, the excess resin was removed and the composite resin light-activated for 20 s. The glass fiber post was removed from the root canal and an additional light-activation was performed for 20 s. The root canal and the glass fiber post were washed thoroughly with water to remove the lubricating gel and the flared root canal were slightly re-prepared with the carbide drill post corresponding to post #0.5 (Whitepost DC, FGM).

Post Luting Procedures

Before the cementation procedures, each glass fiber post was horizontally sectioned by a water-cooled diamond rotary cutting instrument in order to leave the post with a length of 13 mm. The glass fiber posts were cleaned with 70% alcohol for 5 s. Ten millimeters of the post length were cemented inside the root canal, while the remaining 3 mm served as a guide to standardize the distance of the light-curing device from the cervical root region.

The surface of the composite resin inside the root canal was cleaned with 37% phosphoric acid (Condac, FGM, Joinvile, SC, Brazil) for 15 s followed by water rinsing for 30 s. An air stream of 5 s followed by the use of two absorbent cone papers were used to dry to resin-covered root canal. Two layers of adhesive system (Ambar Universal, FGM, Joinvile, SC, Brazil) were applied and gently air-dried for 5 s. The excess adhesive was removed with an absorbent paper cone. The resin cement (Allcem Core, FGM, Joinvile, SC, Brazil) was then manipulated and taken into the root canal with a Centrix syringe (DFL, Rio de Janeiro, RJ, Brazil), in an apico-cervical direction, to avoid bubble formation. The glass fiber post was positioned, held under pressure for 3 s, and then light activated for 40 s. All the glass fiber posts were cemented with the universal bonding system and the dual resin cement as previously

reported. The detailed composition of the materials used for root reinforcement and the cementation procedures are specified in Table 2. The light-curing procedures of this experiment were performed with a LED light-curing device (Radii Plus, SDI Limited, Victoria, Australia) using a power density of 1200 mW/cm^2.

After the luting procedures, the roots with cemented posts were covered with conventional glass ionomer cement (Vitro Fil, DFL, Rio de Janeiro, Brazil), and all samples were stored in a high relative humidity in distilled water at 37°C for 1 week.

Preparation of specimens for the different tests

The cemented roots were sectioned transversally to their long axis with a diamond disk mounted on an ISOMET 1000 cutting machine (Buehler, Lake Bluff, IL, USA) under constant water cooling. Six slices of each root (thickness of approximately 1 ± 0.1 mm) were obtained, which thickness were verified by means of digital caliper to the nearest 0.01 mm (Mitutoyo Digimatic Caliper, Tokyo, Japan). In this way, two slices represented the cervical third, two slices the middle third and other two the apical third of the root canal, the experimental design of the study and teeth distribution in each analysis are showed in Figure 1.

A slice of each third was randomly selected for push-out bond strength testing and the remaining three slices were selected for the evaluation of microhardness of the composite resin or resin cement and SEM evaluation of cement/dentin or resin/dentin interfacial gap. For this analysis, the slices were copied using addition silicone (Virtual; Ivoclar-Vivadent) and epoxy resin (Alpha Resiqualy; Curitiba, Brazil), and these copies were observed by SEM.

Push-out bond strength test

The push-out bond strength test was performed on three slices obtained from the 12 roots of each experimental group. The slices were also photographed on both sides, with an optical microscope (Olympus, model BX 51, Olympus, Tokyo, Japan) at 40X magnification to measure the internal cervical and apical diameters of the root canal walls, and calculate their individual bonding area. This measurement was taken with Image J software (National Institutes of Health; Bethesda, MD, USA). Each specimen was subjected to the push-out test using a universal loading device (AG-I, Shimadzu Autograph, Tokyo, Japan) at a crosshead speed of 0.5 mm/min. The load

was applied in an apical-to-coronal direction until the post was dislodged. Care was taken to center the push-out post on the center of the root canal walls, without stressing the surrounding post space walls. As the root canal with the post had a tapered design, different sizes of punch pins were used matching the diameter of the root canal at the different root thirds being tested. The maximum failure load was recorded in Newton (N) and converted into MPa by dividing the applied load by the bonded area (SL). As the bonded area was the lateral surface of a truncated cone, it was calculated by the formula: $SL= \pi(R + r)[(h2 + (R – r)2]^{0.5}$ where R = internal coronal radius of the root canal, r = internal apical radius of the root canal, and h = root slice thickness.

Failure modes analysis

After push-out evaluation, the failure modes of all specimens were evaluated under a stereomicroscope (40X magnification). Each debonded specimen was analyzed by two independent, calibrated operators. The failure modes were classified according to the following criteria: 1. adhesive failure between dentin and luting cement; 2. adhesive failure between luting cement and post; 3. adhesive failure between dentin and composite resin; 4. cohesive failure within luting cement; 5. cohesive failure within the post; 6. cohesive failure within dentin; 7. cohesive failure within composite resin; 8. mixed failure

SEM evaluation of interfacial gap

For this analysis were used the remaining three slices of each root of each experimental group. Each slice was copied with addition silicone (Virtual, Ivoclar Vivadent), after which epoxy resin (Alpha Resiqualy; Curitiba, Brazil) was placed on the molds, thereby making the positive copy of those slices. After 48 h the copies were fixed in metallic stubs, the specimens were maintained in a vial with colloidal silica at 37°C for 48 h. The specimens were gold-sputtered (Balzers SCD 050 Sputter Coater, Bal-Tec; Balzer, Liechtenstein) for SEM evaluation (SSX 550, Shimadzu; Tokyo, Japan). From each slice, one image with 60X magnification and one images with 1000X magnification were obtained.

To calculate the interfacial gap values, the images with lower magnification were analyzed using the Image J software (National Institutes of Health; Bethesda, MD, USA). In each slice, the gap at the cement/dentin or composite resin/dentin interface was measured (μm) by two different, calibrated operators. The length of the gap was

expressed as a percentage of the total length of the bonded area. In both measurements, the values taken from the 3 slices from the same tooth were averaged for statistical purposes. If any disagreement occurred during evaluation, a consensus was obtained.

Microhardness analysis

The same slices used for the SEM evaluation of interfacial were evaluated by the microhardness test of the resin cement in the control groups and the composite resins used in the groups with root reinforcement.

These slices were embedded in acrylic resin with the test surface facing upwards and polished under constant cooling in water with silica carbide paper with decreasing abrasives (#600 to #1500) and complemented with diamond polishing pastes of #3, #1, #0.5 and #0.03 μm (Buehler Ltda, Lake Bluff, IL, USA) for 1 min each. The specimens were washed in tap water after each abrasive paper or paste.

The microhardness test was performed (Shimadzu HMV2 microdurometer Newage Testing Instruments, Inc., Southampton, PA, USA) with Vickers indenter. In all the selected slices, the hardness was calculated in 4 different areas of the composite resin or resin cement (control groups); all measurements were made close the adhesive interface with the root dentin (10 μm), that is, furthest from the post. Each indentation was done using a static charge of 100 g for 15 s and. The Vickers microhardness (VHN) was calculated based on the mean of the diagonals measured with the aid of an optical microscope (Shimadzu HMV2, 400X).

Statistical Analysis

Data from the push-out bond strength test microardness and interfacial gap were submitted to two-way ANOVA test (experimental group vs root region) and Tukey's test ($\alpha = 0.05$). Data from the fracture patterns were assessed only qualitatively. All calculations were performed using the statistical software Sigma Plot 11 (Systat Software, San Jose, California, USA).

RESULTS

Push-out bond strength

The cross-product interaction (experimental group *vs* root region) was significant (Table 3; $p < 0.05$). The positive control group obtained the highest values when comparing the root regions, while the lowest values were observed for the negative control group. In general, the cervical region obtained higher bond strength values compared to the apical region. Sonic application improved bond strength values of the bulk fill and conventional resin mainly at the apical third.

Fracture pattern

The predominant fracture in the negative control group was adhesive between cement and dentin (38.9%) (Figure 2). In the positive control group, was cohesive of the glass fiber post (47.2%). In root reinforcement group with bulk resin active application, the type of fracture that most occurred was the cohesive in resin (25.0%). In the groups of root reinforcement with conventional composite resin regardless application mode and the group of root reinforcement with bulk fill passive application the most prevalent fracture was mixed (conventional resin passive 38.9%; active 25.0%; bulk fill passive 38.9%). The mixed type of fracture appeared in all the experimental groups.

Interfacial gaps

The cross-product interaction (experimental group vs root region) was significant (Table 4; $p < 0.001$). Regardless of the experimental groups, the lowest values of interfacial gaps were observed in the cervical region compared to the deeper regions of the root canal. The reduction in the percentage of interfacial gap was statistically significant with the sonic application, the results achieved being similar to the positive control group. While the negative control group had the highest values of interfacial gap. SEM images with gap formation can be seen in Figures 3 - 5.

Microhardness

Two-way ANOVA demonstrated that the cross-product interaction (experimental group vs root region) was significant (Table 5; $p < 0.001$). The negative control group obtained statistically lower values when comparing the root regions between the groups. In general, the apical microhardness values were lower than the

respective middle and cervical regions. The application mode (active / passive) showed no statistically significant difference when comparing the same root region within each group.

DISCUSSION

In this study, as observed in previous studies,[10,25] the higher bond strength values were observed in the positive control group, where an adequate adaptation was simulated between the glass fiber post and the root canal with a thin resin cement thickness, while the negative control group had the lowest where an inadequate adaptation was simulated with a great resin cement thickness. This is also reflected in the gap formation, where we have a greater formation in the negative control group.

Studies showed that the use of sonic energy in a bulk fill composite increased flowability, provides better adaptation, less empty spaces and increased depths of cure.[23,26,27] Hirata et al. 2018[28] reported that the sonic insertion method might increase void formation during resin composite delivery, and the voids in composite resin restorations lead to a reduction in mechanical, physical and biological properties.[28] Alrahlah et al. 2014[29] showed that sonic application in a bulk fill composite exhibited the highest Vickers microhardness and greatest depth of cure.[29] On the other hand, in our study, the sonic application of both composites did not increase depth of cure since there was no increase in hardness in the deeper regions of the root canal, and apparently there was no significant formation of voids inside the composite resin that compromised its mechanical property.

The sonic fill composite resin used in some studies, has the sonic application system, which supposedly reduces the viscosity of the material to facilitate the adaptation of the resin to the cavity walls, and according to the manufacturer, the composite resin returns to the initial state.[23] Another study reported that low-viscosity bulk fill composites showed a higher gap formation volume compared with sonic-activated and high-viscosity bulk fill composites.[30] In this way, the same might be happened with the composite resins used in the present study when using the Smart Sonic Device with sonic vibration, improving the adaptation of composite resins to the root canal walls, reducing the gap formation and consequently increasing the bond strength values, when compared to passive application. Grandi et al. 2017[24] showed that the use of sonic energy in a conventional composite and bulk fill composite

exhibited an increase in a microtensile bond strength,[24] agreeing with present study, where the sonic application increased the bond strength values.

When evaluating the passive application, it can be observed that the bulk fill resin presented, in general, statistically superior results to the conventional resin in the evaluation of bond strength and microhardness. This may be attributed to lower translucency and composition of photoinitiators,[17] which increase the depth of cure and consequently decreases its lower shrinkage and polymerization stress.[18,19,23,31]

However, the sonic application in the root reinforcement group with conventional resin obtained similar results to the groups with bulk fill and, therefore, the sonic application improved the bond strength results with conventional resin. An advantage of using sonication on a condensable material with increased viscosity, would be the spreadability which may be similar to a flowable composite resin, without the disadvantage of higher polymerization shrinkage and lower mechanical property.[32]

Composite resins are highly filled suspensions of inorganic particles in an organic matrix mass, exhibiting liquid and solid behavior i.e. viscoelasticity. Composite resins have other rheological properties: yield stress, thixotropy and shear-thinning.[33,34] All these characteristics are related to the viscosity the material does not flow if you do not apply enough force and this viscosity depends on the time.[33,34] So the sonic application is able to take advantage of these rheological properties, since the vibration promotes a stress in the composite resin during a time, decreasing the viscosity.

In addition to the properties mentioned, composite resins have an elasticity module similar to dentin, helping in the distribution of forces applied in the root canal, being a good material to perform root reinforcement, reducing the thickness of the resin cement.[10,35,36]

As noted, the sonic application with the Smart Sonic Device, improved the results of bond strength and gap formation, being an alternative to aid the root reinforcement technique. However, further studies with different materials, sonic vibration devices and another clinical situations are necessary to observe the effect of this vibration on other properties, in addition to performing randomized clinical trials for better understanding.

CONCLUSION

The sonic application improved the bond strength as well as favored the adaptation of the resin to the root canal by reducing the interfacial gap. However, the use of bulk fill composite resin with passive application is the selected choice if the use of sonic application is not possible.

ACKNOWLEDGMENTS

Funding for this study was partially obtained through a productivity scholarship provided by the CAPES and FGM Dental Products for the donation of materials employed in this study.

CLINICAL RELEVANCE:

The active application in the root reinforcement technique promoted less interfacial gap and, therefore, better adaptation of the composite resin to the root dentin.

REFERENCES

1- Manning KE, Yu DC, Yu HC, Kwan EW. Factors to consider for predictable post and core build-ups of endodontically treated teeth. Part I: Basic theoretical concepts. J Can Dent Assoc. 1995 Aug;61(8):685-8, 690, 693-5.

2- Assif D, Bitenski A, Pilo R, Oren E. Effect of post design on resistance to fracture of endodontically treated teeth with complete crowns. J Prosthet Dent. 1993 Jan;69(1):36-40.

3- Monga P, Sharma V, Kumar S. Comparison of fracture resistance of endodontically treated teeth using different coronal restorative materials: an in vitro study. J Conserv Dent 2009;12(4):154–9.

4- Asmussen E, Peutzfeldt A, Heitmann T. Stiffness, elastic limit, and strength of newer types of endodontic posts. J Dent. 1999 May;27(4):275-8.

5- Lassila LV, Tanner J, Le Bell AM, Narva K, Vallittu PK. Flexural properties of fiber reinforced root canals posts. Dent Mater. 2004 Jan;20(1):29-36.

6- Kaur J, Sharma N, Singh H. In vitro evaluation of glass fiber post. J Clin Exp Dent. 2012 Oct 1;4(4):e204-9.

7- Bitter K e Kielbassa AM. Post-endodontic restorations with adhesively luted fiber-reinforced composite post systems: a review. Am Jour Dent. 2007 Dec;20(6):353–60.

8- Morgano SM, Rodrigues AH, Sabrosa CE. Restoration of endodontically treated teeth. Dent Clin North Am 2004;48:397-416.

9- Baba NZ, Goodacre CJ & Daher T. Restoration of endodontically treated teeth: the seven keys to success. Gen Dent 2009;57:596-603

10- Gomes GM, Rezende EC, Gomes OM, Gomes JC, Loguercio AD, Reis A. Influence of the resin cement thickness on bond strength and gap formation of fiber posts bonded to root dentin. J Adhes Dent 2014;16: 71-8.

11- 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 2005;7:235-40.

12- Saupe WA, Gluskin AH, Radke RA. A comparative study of fracture resistance between morphological dowel and cores and a resin-reinforced dowel system in the intraradicular restoration of structurally compromised roots. Quintessence Int 1996;27:483-91.

13- Alshali RZ, Salim NA, Satterthwaite JD & Silikas N. Post-irradiation hardness development, chemical softening, and thermal stability of bulk-fill and conventional resin-composites. J Dent 2015;43:209-18.

14- Gomes GM, Gomes OM, Gomes JC, Loguercio AD, Calixto AL & Reis A. Evaluation of different restorative techniques for filling flared root canals: fracture resistance and bond strength after mechanical fatigue. J Adhes Dent 2014;16:267-76

15- Bakaus TE, Gruber YL, Reis A, Gomes OM & Gomes GM. Bond strength values of fiberglass post to flared root canals reinforced with different materials. Braz Or Res 2018;32:13

16- Czasch P, Ilie N. In vitro comparison of mechanical properties and degree of cure of bulk fill composites. Clin Oral Investig. 2013 Jan;17(1):227-35.

17- Ilie N, Bucuta S, Draenert M. Bulk-fill resin based composites: An in vitro assessment of their mechanical performance. Oper Dent. 2013 Nov-Dec;38(6):618-25.

18- Scotti N, Comba A, Gambino A, Paolino DS, Alovisi M, Pasqualini D, Berutti E. Microleakage at enamel and dentin margins with bulk fills flowable resin. Eur J Dent. 2014 jan;8(1):1-8.

19- Kim RJ, Kim YJ, Choi NS, Lee IB. Polymerization shrinkage, modulus, and shrinkage stress related to tooth-restoration interfacial debonding in bulk-fill composites. J Dent. 2015 Apr;43(4):430-9.

20- Da Cunha Mello FS, Feilzer AJ, DeGee AJ, Davidson CL. Sealing ability of eight resin bonding systems in a Class II restoration after mechanical fatiguing. Dent Mater 1997 Nov;13(6):372–6.

21- Jain P, Belcher M. Microleakage of Class II resin-based composite restorations with flowable composite in the proximal box. Amer J Dent. 2000 Oct;13(5):235–8.

22- Alkurdi RM, Abboud SA. Clinical evaluation of class II composite: Resin restorations placed by two different bulk-fill techniques. J Orofac Sci 2016;8(1):34-9.

23- Ibarra ET, Lien W, Casey J, Dixon SA, Vandewalle KS. Physical properties of a new sonically placed composite resin restorative material. Gen Dent 2015;63:51-56.

24- Grandi VH, Berger SB, Fugolin AP et al. Microtensile bond strength and microhardness of composite resin restorations using a sonic-resin placement system. Braz Dent J. 2017;28(5):618-23.

25- Schilder H. Filling root canals in three dimensions. J endod 2006;32:281-290.

26 - Chidoski-Filho JC, Camargo LP, Bittencourt BF, et al. Influence of alternative restoration technique with different composite resins for flared root reinforcement. J Adhes Dent. 2020;22(4):353-63.

27- Benetti AR, Havndrup-Pedersen C, Honore D, Pedersen MK, Pallesen U. Bulk-fill Resin composites: polymerization contraction, depth of cure,and gap formation. Oper Dent 2014;40:190-200.

28- Jackson RD. Placing posterior composites: A new, practical, efficient technique. Compend of Contin Educ Dent 2012;33(4):292-3.

29- Hirata R, Pacheco RR, Caceres E, Janal MN, Romero MF, Giannini M, Coelho PG, Rueggeberg FA. Effect of sonic resin composite delivery on void formation assessed by micro-computed tomography. Oper Dent. 2018 Mar/Apr;43(2):144-50.

30- Alrahlah A, Silikas N, Watts DC. Post-cure depth of cure of bulk fills dental resin-composites. Dent Mater 2014;30(2):149-54.

31- Han SH, Park SH. Comparison of internal adaptation in class II bulkfill composite restorations using micro-CT. Oper Dent. 2017;42(2):203-14.

32- Bucuta S, Ilie N. Light transmittance and micro-mechanical properties of bulk fill vs. conventional resin based composites. Clin Oral Investig. 2014 Nov;18(8):1991-2000.

33 - Iovan G, Stoleriu S, Moldovanu A, Morogai S, Andrian S. SEM study of the interface between the cavity wall and composite resin in cavities filled using vibration. Int J Med Dent 2011; 1: 254-8.

34- Barnes HA, Hutton JF, Walters K. An introduction to rheology. 1st ed. Amsterdam: Elsevier; 1989. p. 115–40.

35- De Kee D, Chan Man Fong CF. Rheological properties of structured fluids. Polym Eng Sci 1994;34:438–45.

36- Yoldas O, Alaçam T. Microhardness of composites in simulated root canals cured with light transmitting posts and glass-fiber reinforced composite posts. J Endod. 2005 Feb;31(2):104-6.

37- Mohsen NM, Craig RG, Filisko FE. Effects of curing time and filler concentration on curing and postcuring of urethane dimethacrylate composites: a microcalorimetric study. J Biomed Mater Res 1998;40:224–32.

FIGURES

Figure 1- Experimental study design.

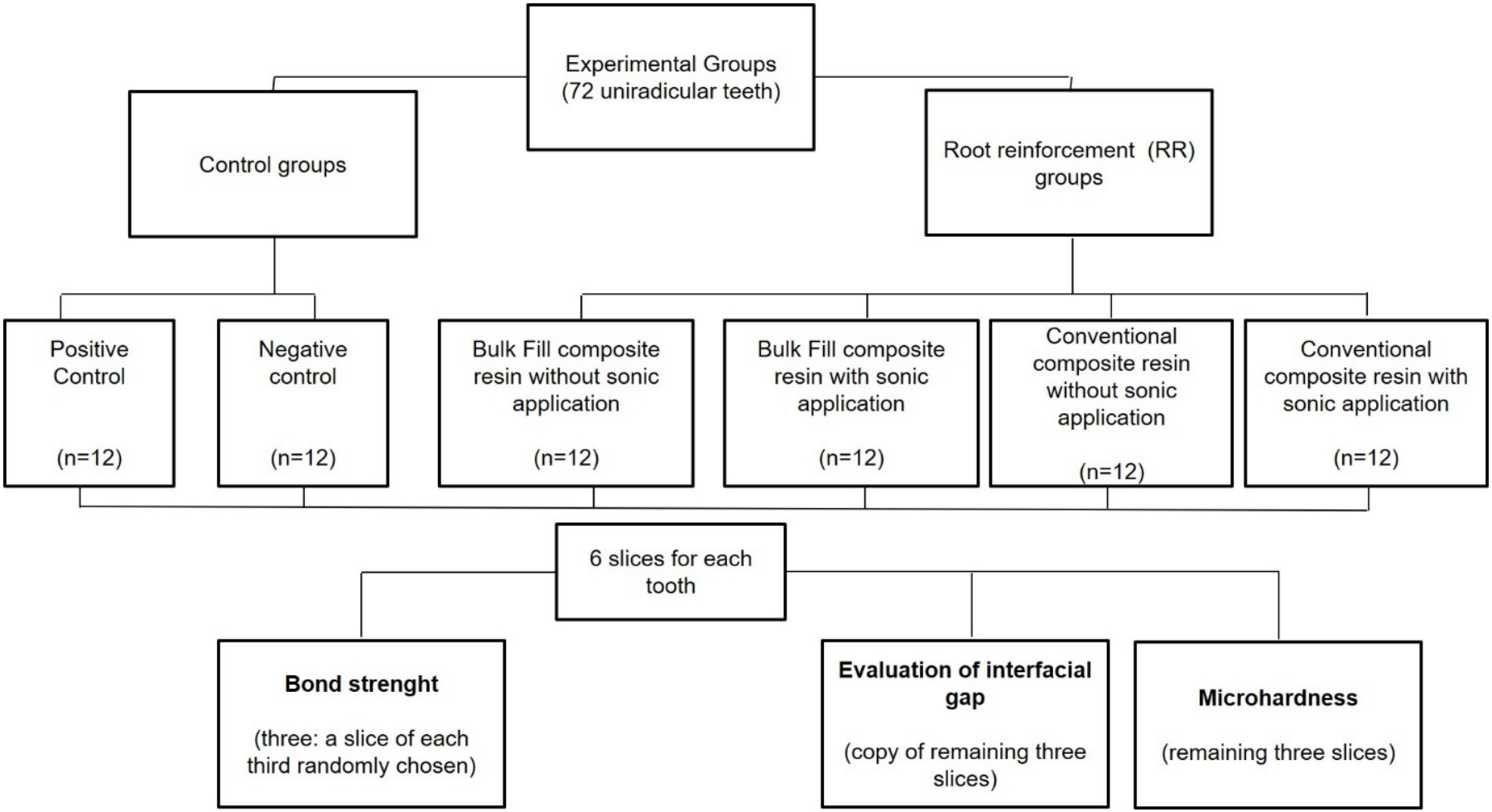


Figure 2- Distribution of fracture patterns of different experimental groups.

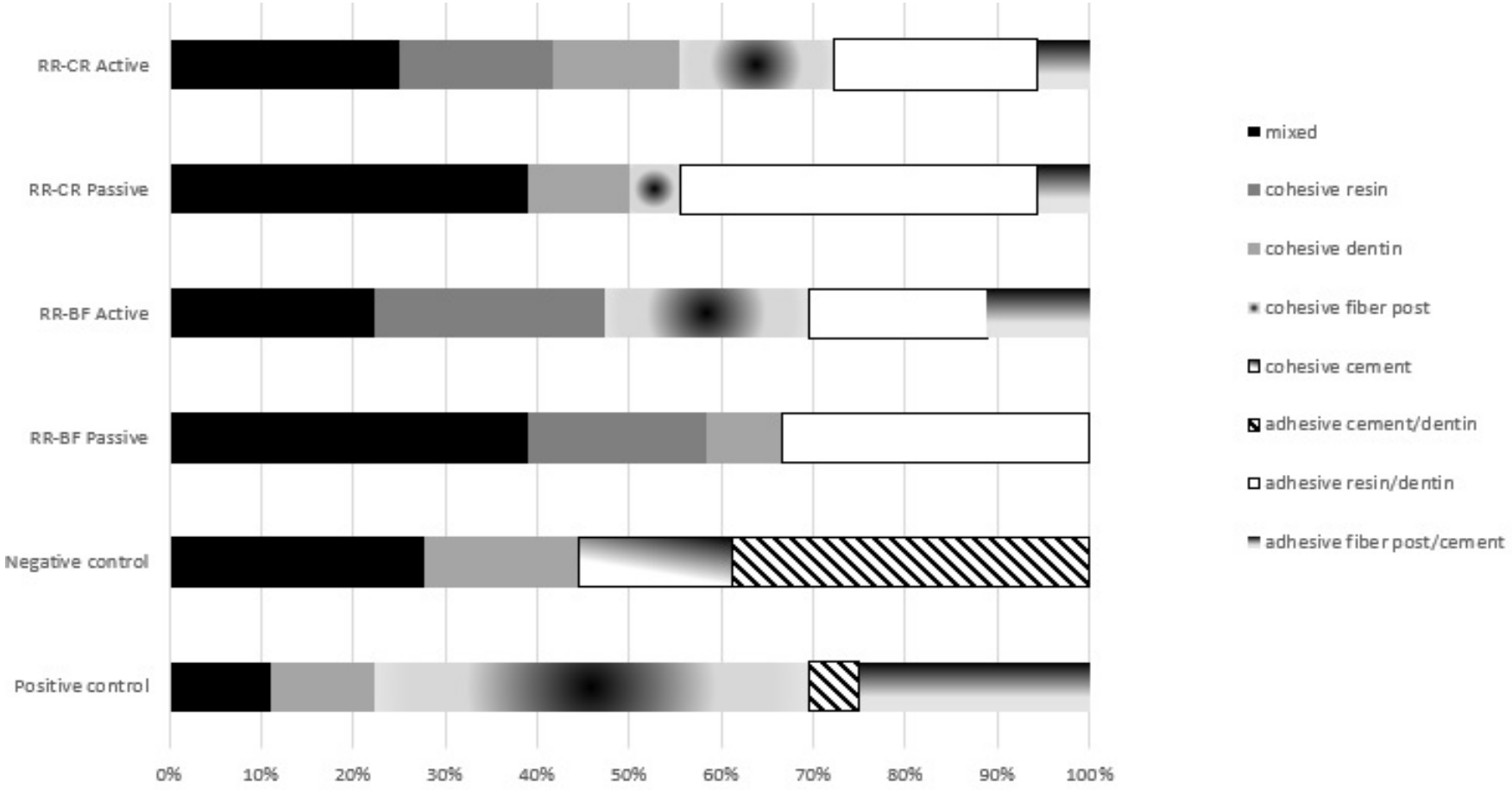


Figure 3- SEM evaluation of interfacial gaps (60x)- Positive and negative controls.

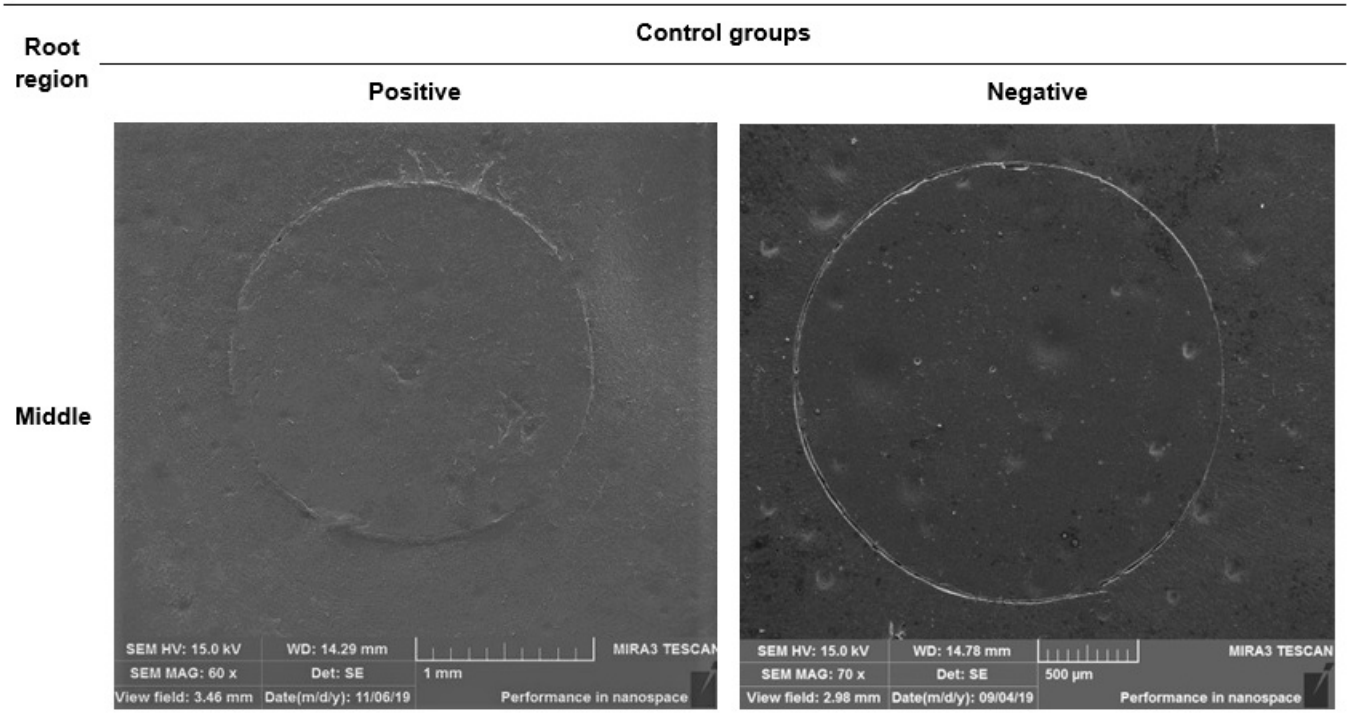


Figure 4- SEM evaluation of interfacial gaps (60x)- Root reinforcement groups with bulk fill composite, passive and active application.

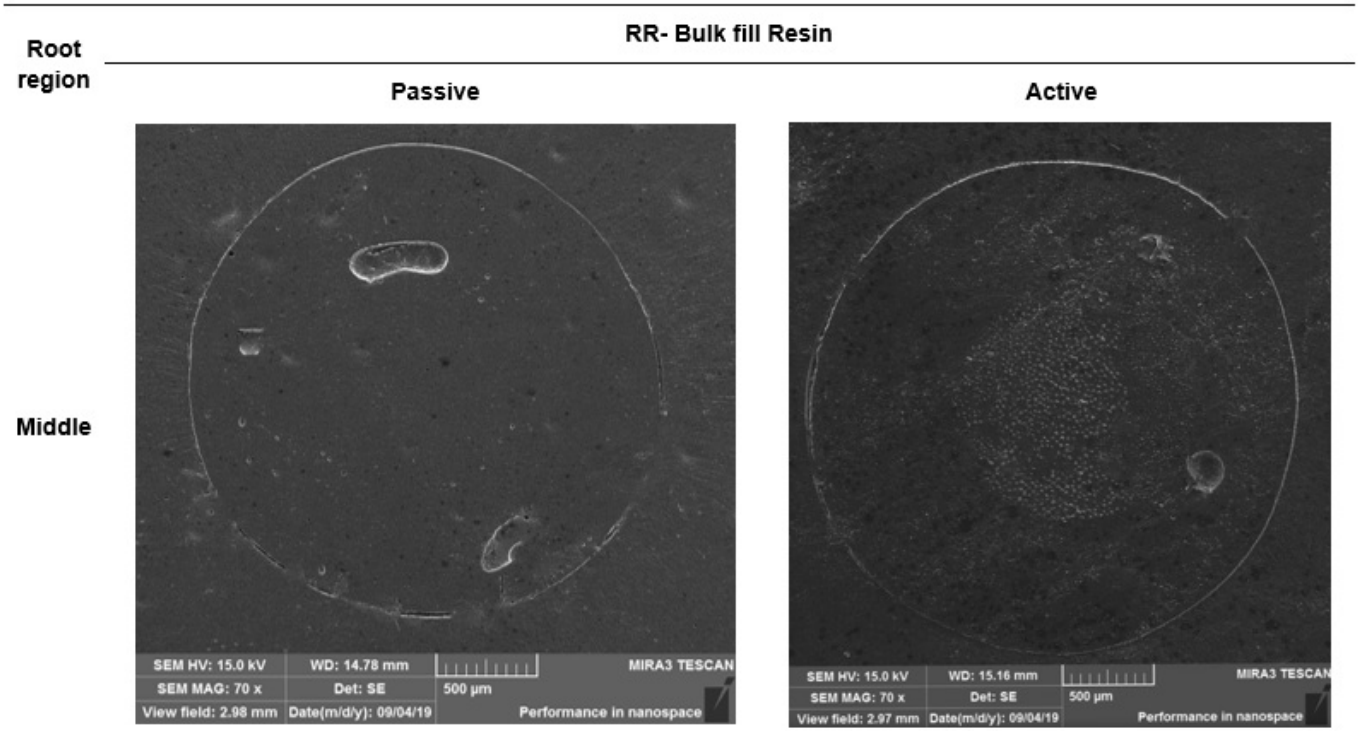
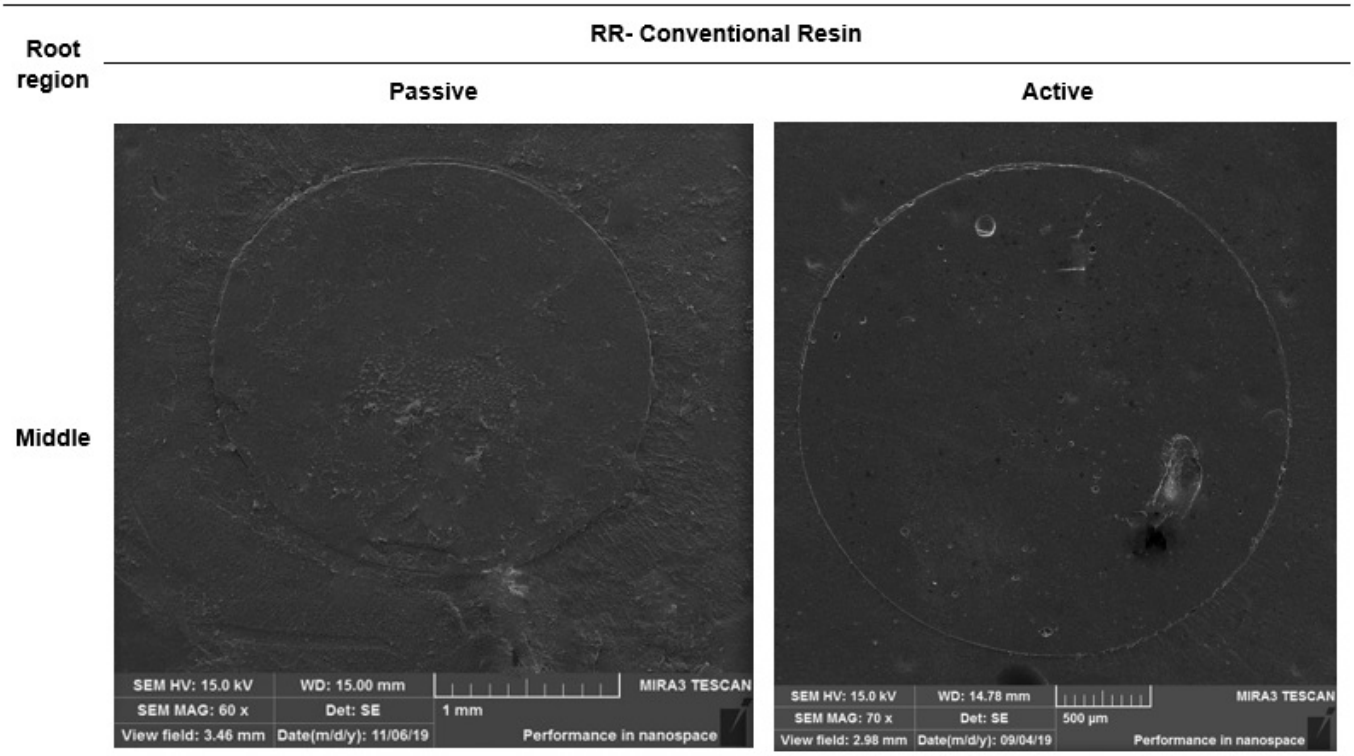


Figure 5- SEM evaluation of interfacial gaps (60x)- Root reinforcement groups with conventional resin, passive and active application.



TABLES

Table 1- Experimental groups

EXPERIMENTAL GROUPS		DESCRIPTION
Positive control		Fiber post #0.5 cemented in root canal with compatible diameter (ideal adaptation)
Negative control		Fiber post #0.5 cemented in widened root canal (inadequate adaptation)
Root reinforcement and application mode	**Bulk fill composite (PASSIVE)**	Fiber post #0.5 cemented in widened root canal with root reinforcement with bulk fill composite resin without sonic application
	Bulk fill composite (ACTIVE)	Fiber post #0.5 cemented in widened root canal with root reinforcement with bulk fill composite resin with sonic application
	Conventional composite (PASSIVE)	Fiber post #0.5 cemented in widened root canal with root reinforcement with bulk fill composite resin without sonic application
	Conventional composite (ACTIVE)	Fiber post #0.5 cemented in widened root canal with root reinforcement with bulk fill composite resin with sonic application

Table 2- Composition of the materials used for the root reinforcement and cementation procedures.

Material/Manufacturer	Composition*	Batch number
Opus Bulk Fill APS, color A2, FGM, Joinvile, SC, Brazil	Active ingredients: uretane-dimetacrylic monomers, stabilizers, photoinitiating composition (APS) and co-initiators. · Inactive ingredients: inorganic load of silanized silicon dioxide (silica), stabilizers and pigments	290819
Opallis, color A2, FGM, Joinvile, SC, Brazil	micro hybrid resin composed of a monomeric matrix containing Bis (GMA), Bis (EMA), UDMA and TEGDMA. The fillers are a careful combination of silanized Barium-Aluminum silicate glass and silicon dioxide nanoparticles, camphorquinone as a photoinitiator, accelerators, stabilizers and pigments. The composite has particles ranging from 40nm to 3.0 microns with an average particle size of 0.5 microns, total load content by weight from 78.5 to 79.8% and volume from 57 to 58% inorganic load	060317
Adhesive Ambar APS Universal / FGM	Active ingredients: MDP (10-Methacryloyloxidecyl dihydrogen phosphate), methacrylic monomers, photoinitiators, co-initiators and stabilizer. Inactive ingredients: inert filler (silica nanoparticles) and vehicle (ethanol).	290119
AllCem Core / FGM	Base paste: Methacrylic monomers (such as TEGDMA, BisEMA and BisGMA), camphorquinone, co-initiators, barium-aluminosilicate glass microparticles, silicon dioxide nanoparticles, inorganic pigments and preservatives. Catalyst paste: Methacrylic monomers, dibenzoyl peroxide, stabilizers and barium-aluminosilicate glass microparticles. The mixture of the base and catalyst paste in a 1: 1 ratio presents approximately 62% load by weight	40918

Table 3 – Means and standard deviations of push-out bond strength values (MPa) for the different experimental groups

Root region	Control groups		RR- Bulk fill Resin		RR- Conventional Resin	
	Positive	**Negative**	**Passive**	**Active**	**Passive**	**Active**
Cervical	13.4 ± 2.8 A	4.7 ± 1.2 FGHI	10.0 ± 2.0 BC	10.7 ± 1.7 B	7.2 ± 1.2 DE	8.0 ± 1.6 CD
Middle	11.1 ± 2.8 AB	3,7 ± 1.4 HI	7.0 ± 1.0 DEF	8.2 ± 1.3 CD	4.2 ± 0.9 GHI	6.4 ± 1.1 DEFG
Apical	8.7 ± 3.2 BCD	2.6 ± 0.9 I	4.0 ± 0.7 HI	6.4 ± 1.6 DEFG	3.2 ± 0.8 HI	5.1 ± 1.0 EFGH

RR – Root reinforcement * Different letters indicate statistically significant differences ($p < 0.05$).

Table 4 - Means and standard deviations of the interfacial gaps (%) for the different experimental groups

Root region	Control groups		RR- Bulk fill Resin		RR- Conventional Resin	
	Positive	**Negative**	**Passive**	**Active**	**Passive**	**Active**
Cervical	12.6 ± 1.0 A	23.6 ± 0.7 GH	16.1 ± 0.7 C	13.2 ± 0.8 AB	17.3 ± 0.6 CD	14.0 ± 0.6 B
Middle	20.3 ± 0.7 E	30.5 ± 0.8 J	20.9 ± 1.1 E	17.9 ± 1.0 D	21.4 ± 0.7 EF	17.4 ± 0.4 D
Apical	22.8± 0.6 GH	42.1 ± 0.8 K	23.8 ± 0.7 H	20.6 ± 0.4 E	26.2 ± 0.4 I	22.5 ± 0.8 FG

RR – Root reinforcement * Different letters indicate statistically significant differences ($p < 0.05$).

Table 5 – Means and standard deviations of Vickers microhardness (VHN) for the different experimental groups

Root region	Control groups		RR- Bulk fill		RR- Conventional Resin	
	Positive	Negative	Passive	Active	Passive	Active
Cervical	53.1 ± 1.4 B	34.5 ± 2.2 F	63.7 ± 1.3 A	63,6 ± 1.4 A	55.4 ± 1.1 B	55.5 ± 1.4 B
Middle	38.9 ± 2.1 D	25.7 ± 1.7 H	55.0 ± 2.1 B	54,5 ± 2.1 B	45.4 ± 1.2 C	45.3 ± 1.5 C
Apical	30.2 ± 2.5 G	18.7 ± 1.0 I	37.4 ± 1.5 D	36,9 ± 1.9 DE	34.5 ± 1.8 F	34.7 ± 1.4 EF

RR – Root reinforcement * Comparisons are valid only between same material ** Different letters indicate statistically significant differences ($p < 0.05$).

5 DISCUSSÃO GERAL

No presente estudo, em ambos os experimentos, os menores valores de resistência de união foram encontrados no grupo controle negativo, onde uma adaptação inadequada entre pino de fibra de vidro e canal radicular foi simulada, gerando uma grande espessura de cimento resinoso, resultado esse semelhante a estudos prévios (Gomes[3] et al. 2014 A; Chidoski-Filho[7] et al. 2020). Essa maior espessura de cimento resinoso, pode ter gerado uma maior contração de polimerização, aumentando a formação de fendas na interface adesiva, levando a menores valores de resistência de união (Gomes[3] et al. 2014 A; Grandini[18] et al. 2007). Este resultado parece predispor a restauração a falhas, como visto em estudos clínicos prospectivos e retrospectivos (Ferrari[19] et al. 2000; Fredriksson[20] et al. 1998).

O pré-aquecimento das diferentes resinas compostas, utilizadas no experimento 1, diminuiu a formação de fendas na interface adesiva somente no terço médio, diferente de outros estudos onde o pré-aquecimento promoveu uma menor contração de polimerização dos compósitos (Tauböck[15] et al. 2015; Fróes-Salgado[21] et al. 2010). Quando avaliaram o efeito do pré-aquecimento em resinas compostas utilizadas em restaurações classe II na microinfiltração marginal, observou-se que o pré-aquecimento de resina composta convencional apresentou menores valores de microinfiltração marginal (Wagner[22] et al. 2008). Um benefício do aquecimento é a redução da viscosidade do compósito, facilitando a inserção na cavidade (Lucey[13] et al. 2010). Segundo Marcondes[23] et al. 2020 o pré-aquecimento a 69ºC reduziu a viscosidade dos compósitos em 47% a 92% em comparação com os compósitos resinosos mantidos a 37ºC. No presente estudo, o aquecimento promoveu uma melhor inserção e adaptação nas paredes do canal radicular, no entanto, esse benefício não foi alcançado em termos de formação de fenda nos terços cervical e apical.

Talvez o tempo decorrido entre o aquecimento do compósito e a polimerização da resina composta tenha diminuído a temperatura do compósito, mesmo aquecendo o gel lubrificante utilizado para o reforço radicular. Marcondes[23] et al 2020 concluíram que o tempo ideal para usar o compósito pré-aquecido é curto, e os clínicos devem adaptar a sequência de trabalho para aproveitar as altas temperaturas encontradas nos primeiros 15 segundos.

Por outro lado, os valores de microdureza mostraram que o pré-aquecimento melhorou a polimerização dos materiais empregados, mas esse aumento de temperatura dos compósitos só rendeu maiores valores de resistência de união para a resina convencional no terço cervical e médio dos canais radiculares. As resinas compostas convencionais possuem menor profundidade de cura em comparação com as resinas bulk fill (Braga[8] et al. 2005; Tiba[9] et al. 2013). Este pode ser o motivo pelo qual o aquecimento da resina composta convencional melhorou as propriedades de microdureza e resistência de união, levando a um aumento na profundidade de cura, sem aumentar o estresse de polimerização. Isso explica por que nenhuma influência foi observada na formação de fendas na interface adesiva. Estudos relataram que temperaturas mais elevadas de resinas compostas convencionais aumentaram os valores de microdureza, consequentemente o grau de conversão e a profundidade de cura antes do ponto de gel, diminuindo a amplitude da tensão (Daronch[12] et al. 2005; Lucey[13] et al. 2010; Jongsma e Kleverlaan[24] 2015). Embora a microdureza na condição pré-aquecida para a resina bulk fill tenha sido superior, os valores de resistência de união não foram afetados, provavelmente porque o grau de conversão está diretamente relacionado à contração de polimerização, não afetando na formação de fenda e consequentemente na união entre resina e dentina radicular (Silikas[25] et al. 2000).

Como uma propriedade inerente, as resinas bulk fill apresentam menor contração e estresse de polimerização, mesmo com uma maior profundidade de cura (Scotti[26] et al. 2014; Kim[27] et al. 2015). Tauböck[15] et al 2015 relataram que o pré-aquecimento do compósito à 68º C, diminuiu as forças de contração induzidas pela polimerização de compósitos bulk fill de alta viscosidade e resinas compostas convencionais, aumentando ou mantendo o grau de conversão. Isso pode explicar nossos resultados de resistência de união e formação de fenda em resina composta Bulk fill, que não foram influenciados pelo aquecimento do compósito.

Um estudo mostrou um aumento não linear da entalpia do sistema com o aumento da concentração de cargas. Isso pode ter ocorrido a outros fatores, como tamanho da partícula, forma e superfície, que também são importantes para a condutividade térmica (Zogheib[28] et al. 2008). No presente estudo a concentração de partículas de carga parece não ter influenciado diretamente como as diferentes

resinas compostas reagiram ao pré-aquecimento, uma vez que ambas as resinas têm a mesma porcentagem de partículas de carga em peso (aproximadamente 79%).

Com relação a aplicação sônica de compósitos testada no experimento 2, estudos mostram que seu uso em compósito Bulk fill aumentou a sua fluidez, proporcionando melhor adaptação, menor formação de espaços vazios e maior profundidades de cura (Ibarra[17] et al. 2015; Benetti[29] et al. 2014; Jackson[30] 2012). Hirata[31] et al. 2018 relataram que o método de inserção sônica pode aumentar a formação de bolhas durante a aplicação de resina composta, e essas bolhas em restaurações de resina composta levam a uma redução nas propriedades mecânicas, físicas e biológicas. Alrahlah[32] et al. 2014 mostraram que a aplicação sônica em um compósito Bulk fill exibiu maior microdureza Vickers e a maior profundidade de cura. Por outro lado, em nosso estudo, a aplicação sônica de ambos os compósitos não aumentou a profundidade de cura, pois não houve aumento na dureza nas regiões profundas do canal radicular e, aparentemente, não houve formação significativa de bolhas dentro da resina composta que comprometesse sua propriedade mecânica.

Um estudo relatou que compósitos de bulk fill de baixa viscosidade mostraram um maior volume de formação de gap em comparação com compósitos bulk fill de alta viscosidade ativados por aplicação sônica (Han e Park[33] 2017). Uma vantagem do uso da aplicação sônica em um material condensável com viscosidade aumentada é que sua espalhabilidade seria semelhante a uma resina composta fluida, sem a desvantagem da alta contração de polimerização e menor propriedade mecânica (Iovan[34] et al. 2011). O mesmo pode ter ocorrido com ambas as resinas compostas utilizadas no presente estudo ao usar o dispositivo Smart Sonic Device com vibração sônica, melhorando a adaptação das resinas compostas às paredes do canal radicular, reduzindo a formação de gaps e consequentemente aumentando os valores de resistência de união, quando comparada à aplicação passiva. Grandi[35] et al 2017 mostraram que o uso de energia sônica em um compósito convencional e bulk fill exibiu um aumento na resistência de união à microtração, concordando com o presente estudo, onde a aplicação sônica aumentou os valores de resistência de união.

As resinas compostas são materiais altamente preenchidos de partículas inorgânicas em uma massa de matriz orgânica, exibindo comportamento líquido e sólido, isto é, viscoelasticidade, além de possuir outras propriedades reológicas tais

como tensão de escoamento, tixotropia e pseudoplasticidade. Todas essas características estão relacionadas com a viscosidade, o material não flui se você não aplicar força suficiente e esta viscosidade depende do tempo (Barnes[36] et al. 1989; De Kee e Chan Man[37] 1994).

Mais importante do que o procedimento de aquecimento ou modo de aplicação em si, é o uso de um material de reforço para reduzir a luz do canal radicular e consequentemente a espessura do cimento resinoso. Este procedimento reforça as paredes da dentina radicular, reduzindo o risco de fratura. Além disso, as resinas compostas possuem um módulo de elasticidade semelhante ao da dentina, auxiliando na dissipação e distribuição das forças ao longo do remanescente radicular (Gomes[5] et al. 2014 B; Yoldas e Alaçam[38] 2005; Mohsen[39] et al. 1998). Melhores valores de resistência de união e redução da formação de fendas foram observados nos grupos reforçados com resina composta bulk fill em comparação com os grupos de controle negativo, resultados semelhantes foram encontrados em outros estudos (Gomes[5] et al. 2014 B; Bakaus[6] et al. 2018; Chidoski-Filho[7] et al. 2020).

Conforme observado, a aplicação sônica com o Smart Sonic Device, melhorou os resultados de resistência de união e formação de gap e o aquecimento da resina composta à 68ºC melhorou os resultados de dureza e resistência de união, sendo então alternativas para auxiliar na técnica de reforço radicular. Porém, novos estudos com diferentes materiais, dispositivos de vibração sônica e outras situações clínicas são necessários para observar o efeito dessa vibração e aquecimento em outras propriedades, além da realização de ensaios clínicos randomizados para melhor entendimento do tema.

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O experimento 1 mostrou maiores valores de resistência de união (RU) no terço cervical e médio para resina composta convencional aquecida. Este aquecimento também aumentou os valores de microdureza Vickers (VHN) em ambas as resinas compostas (Convencional e Bulk) em todos os terços radiculares. Para o experimento 2 a aplicação sônica aumentou os valores de RU e diminuiu a porcentagem de formação de fendas na interface adesiva em ambas as resinas compostas testadas (Convencional e Bulk).

Sendo assim, pode-se concluir que o aquecimento prévio e a aplicação sônica de resinas compostas, podem ser técnicas alternativas auxiliares para utilização no reforço radicular de canais radiculares excessivamente alargados.

REFERÊNCIAS

1- BITTER, K.; KIELBASSA, A.M. Post-endodontic restorations with adhesively luted fiber-reinforced composite post systems: a review. **American Journal of Dentistry**, 2007;20:353–360.

2- BABA, N.Z.; GOODACRE, C.J.; DAHER, T. Restoration of endodontically treated teeth: the seven keys to success. **General Dentistry**, 2009;57:596-603.

3- GOMES, G.M.; REZENDE, E.C.; GOMES, O.M.; GOMES, J.C. *et al*. Influence of the resin cement thickness on bond strength and gap formation of fiber posts bonded to root dentin. **Journal of Adhesive Dentistry**, 2014;16:71-78 A.

4- ALSHALI, R.Z.; SALIM, N.A.; SATTERTHWAITE, J.D.; SILIKAS, N. Post-irradiation hardness development, chemical softening, and thermal stability of bulk-fill and conventional resin-composites. **Journal of Dentistry**, 2015;43:209-218.

5- GOMES G.M.; GOMES, O.M.; GOMES, J.C.; LOGUERCIO, A.D. *et al*. Evaluation of different restorative techniques for filling flared root canals: fracture resistance and bond strength after mechanical fatigue. **Journal of Adhesive Dentistry**, 2014;16:267-276 B.

6- BAKAUS T.E.; GRUBER, Y.L.; REIS, A.; GOMES, O.M. *et al*. Bond strength values of fiberglass post to flared root canals reinforced with different materials. **Brazillian Oral Research**, 2018;32:13.

7- CHIDOSKI-FILHO, J.C.; CAMARGO, L.P.; BITENCOURT, B.F. *et al*. Influence of Alternative Restoration Technique with Different Composite Resins for Flared Root Reinforcement. **Journal of Adhesive Dentistry**, 2020;22(4):353-363.

8- BRAGA, R.R.; BALLESTER, R.Y.; FERRACANE, J.L. Factors involved in the development of polymerization shrinkage stress in resin-composites: a systematic review. **Dental Materials** 2005;21:962-970.

9- TIBA, A.; ZELLER, G.G.; ESTRICH, C.G.; HONG, A. A laboratory evaluation of bulk-fill versus traditional multi-increment-fill resin-based. **Journal of American Dental Association**, 2013;144:1182-1183.

10- DA CUNHA MELLO, F.S.; FEILZER, A.J.; DEGEE, A.J.; DAVIDSON, C.L. Sealing ability of eight resin bonding systems in a Class II restoration after mechanical fatiguing. **Dental Materials**, 1997 Nov;13(6):372–6.

11- JAIN, P.; BELCHER, M. Microleakage of Class II resin-based composite restorations with flowable composite in the proximal box. **American Journal of Dentistry**, 2000 Oct;13(5):235–8.

12- DARONCH, M.; RUGGEBERG, F.A.; DE GOES, M.F. Monomer conversion of pre-heated composite. **Journal of Dental Research**, 2005;84:663–7.

13- LUCEY S.; LYNCH, C.D.; RAY, N.J.; BURKE, F.M. et al. Effect of pre-heating on the viscosity and microhardness of a resin composite. Journal of Oral Rehabilitation. 2010 Apr;37(4):278-82

14- LOHBAUER, U.; ZINELIS, S.; RAHIOTIS, C.; PETCHELT, A.; ELIADES, G. The effect of resin composite pre-heating on monomer conversion and polymerization shrinkage. **Dental Materials**, 2009 Apr;25(4):514-9.

15- TAUBOCK, T.; TARLE, Z.; MAROVIC, D.; ATTIN, T. Pre-heating of High-Viscosity Bulk-Fill Resin Composites: Effects on Shrinkage Force and Monomer Conversion. **Journal of Dentistry**, 2015 Nov;43(11):1358-64.

16- ALKURDI, R.M.; ABBOUD, S.A. Clinical evaluation of class II composite: Resin restorations placed by two different bulk-fill techniques. **Journal of Orofacial Science**, 2016;8(1): 34-9.

17- IBARRA, E.T.; LIEN, W.; CASEY, J.; DIXON, S.A.; *et al*. Physical properties of a new sonically placed composite resin restorative material. **General Dentistry**. 2015;63:51-56.

18- GRANDINI, S.; GORACCI, C.; MONTICELLI, F.; BORRACCHINI, A.; *et al*. SEM evaluation of the cement layer thickness after luting two different posts. **Journal of Adhesive Dentistry**. 2005;7:235-240.

19- FERRARI, M.; VICHI, A.; MANNOCCI, F.; MASON, P.N. Retrospective study of the clinical performance of fiber posts. **American Journal of Dentistry**. 2000;13:9B-13B.

20- FREDRIKSSON, M.; ASTACK, J.; PAMENIUS, M.; ARVIDSON, K. A retrospective study of 236 patients with teeth restored by carbon fiber-reinforced epoxy resin posts. **Journal of Prosthetic Dentistry**, 1998;80:151-157.

21- FRÓES-SALGADO N.R.; SILVA, L.M.; KAWANO, Y.; FRANCCI, C.; *et al*. Composite pre-heating: Effects on marginal adaptation, degree of conversion and mechanical properties. **Dental Materials**, 2010;26:908-14.

22- WAGNER, W.C.; AKSU, M.N.; NEME A.M.; LINGER, J.; PINK, F.E.; *et al*. Effect of pre-heating resin composite on restoration microleakage. **Operative Dentistry**, 2008;33(1):72-78.

23- MARCONDES, R.L.; LIMA, V.P.; BARBON, F.J.; ISOLAN, C.P.; *et al*. Viscosity and thermal kinetics of 10 preheated restorative resin composites and effect of ultrasound energy on film thickness. **Dental Materials**, 2020 Sep 1:S0109-5641(20)30215-3.

24- JONGSMA, L.A.; KLEVERLAAN, C.J. Influence of temperature on volumetric shrinkage and contraction stress of dental composites. **Dental Materials**, 2015;31(6):721–5.

25- SILIKAS, N.; ELIADES, G.; WATTS, D.C. Light intensity effects on resin composite degree of conversion and shrinkage strain. **Dental Materials**, 2000;16:292-6.

26- SCOTTI, N.; COMBA, A.; GAMBINO, A.; PAOLINO, D.S.; ALOVISI, M.; *et al*. Microleakage at enamel and dentin margins with bulk fills flowable resin. **European Journal of Dentistry**, 2014 jan;8(1):1-8.

27- KIM, R.J.; KIM, Y.J.; CHOI, N.S.; LEE, I.B. Polymerization shrinkage, modulus, and shrinkage stress related to tooth-restoration interfacial debonding in bulk-fill composites. **Journal of Dentistry**, 2015 Apr;43(4):430-9.

28- ZOGHEIB, L.V.; PEREIRA, J.R.; DO VALLE, A.L.; DE OLIVEIRA, J.A.; PEGORARO, L.F. Fracture resistance of weakened roots restored with composite resin and glass fiber post. **Brazillian Dental Journal**, 2008;19:329–333.

29- BENETTI, A.R.; HAVNDRUP-PEDERSEN, C.; HONORE, D.; *et al*. Bulk-fill Resin composites: polymerization contraction, depth of cure,and gap formation. **Operative Dentistry**, 2014;40:190-200.

30- JACKSON, R.D.; Placing posterior composites: A new, practical, efficient technique. **Compendium of Continuing Education in Dentistry**, 2012;33(4) 292-3.

31- HIRATA, R.; PACHECO, R.R.; CACERES, E.; JANAL. M.N.; ROMERO M.F.; *et al*. Effect of Sonic Resin Composite Delivery on Void Formation Assessed by Micro-computed Tomography. **Operative Dentistry,** 2018 Mar/Apr;43(2):144-150.

32- ALRAHLAH, A.; SILIKAS, N.; WATTS, D.C. Post-cure depth of cure of bulk fills dental resin-composites. **Dental Materials**, 2014; 30: 149-54.

33- HAN, S.H.; PARK, S.H. Comparison of internal adaptation in class II bulkfill composite restorations using micro-CT. **Operative Dentistry**, 2017;42(2):203-14.

34- IOVAN, G.; STOLERIU, S.; MOLDOVANU, A.; MOROGAI, S.; ANDRIAN, S. SEM study of the interface between the cavity wall and composite resin in cavities filled using vibration. **International Journal of Medical Dentistry**, 2011; 1: 254-8.

35- GRANDI, V.H.; BERGER, S.B.; FUGOLIN, A.P.; *et al*. Microtensile Bond Strength and Microhardness of Composite Resin Restorations Using a Sonic-Resin Placement System. **Brazilian Dental Journal**, 2017; 28(5):618-23.

36- BARNES, H.A.; HUTTON, J.F.; WALTERS, K. An introduction to rheology. **1st ed. Amsterdam: Elsevier**, 1989. p. 115–40.

37- DE KEE, D.; CHAN MAN FONG, C.F. Rheological properties of structured fluids. **Polymer Engeening Science**, 1994;34:438–45.

38- YOLDAS, O.; ALACAM, T. Microhardness of composites in simulated root canals cured with light transmitting posts and glass-fiber reinforced composite posts. **Journal of Endodontics**, 2005 Feb;31(2):104-6.

39- MOHSEN, N.M.; CRAIG, R.G.; FILISKO, F.E. Effects of curing time and filler concentration on curing and postcuring of urethane dimethacrylate composites: a microcalorimetric study. **Journal of Biomedical Materials Research**, 1998;40:224–32.