



unopar

PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO STRICTO SENSU
DOUTORADO EM ODONTOLOGIA

MAURA CRISTIANE GONÇALES ORÇATI DORILÊO

**INFLUÊNCIA DE SUBSTÂNCIAS QUELANTES NA
RESISTÊNCIA DE UNIÃO DE PINOS DE FIBRA DE VIDRO À
DENTINA RADICULAR**

Londrina
2017

MAURA CRISTIANE GONÇALES ORÇATI DORILÊO

**INFLUÊNCIA DE SUBSTÂNCIAS QUELANTES NA
RESISTÊNCIA DE UNIÃO DE PINOS DE FIBRA DE VIDRO À
DENTINA RADICULAR**

Tese de Doutorado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Odontologia da Universidade Norte do Paraná - UNOPAR, como requisito parcial para a obtenção do título de Doutor em Odontologia.

Área de Concentração: Dentística

Orientador: Prof. Dr. Alcides Gonini Júnior
Co-orientador: Prof. Dr. Alvaro Henrique Borges

Londrina
2017

AUTORIZO A REPRODUÇÃO TOTAL OU PARCIAL DESTE TRABALHO, POR QUALQUER MEIO CONVENCIONAL OU ELETRÔNICO, PARA FINS DE ESTUDO E PESQUISA, DESDE QUE CITADA A FONTE.

Dados Internacionais de catalogação na publicação (CIP)

Universidade Pitágoras Unopar - UNOPAR

Biblioteca CCBS/CCECA PIZA

Setor de Tratamento da Informação

D697i

Dorilêo, Maura Cristiane Gonçalves Orçati

Influência de substâncias quelantes na resistência de união de pinos de fibra de vidro à dentina radicular. / Maura Cristiane Gonçalves Orçati Dorilêo. Londrina: [s.n], 2017.

96 f.

Tese (Doutorado em Odontologia). Universidade Pitágoras Unopar
Orientador: Prof. Dr. Alcides Gonini Júnior.

1- EDTA - Tese - UNOPAR 2- Lama dentinária 3- Quelantes 4- Quitosana 5- Dentina radicular I- Gonini Júnior, Alcides; orient. II- Universidade Pitágoras Unopar.

CDD 617.6342

MAURA CRISTIANE GONÇALES ORÇATI DORILÊO

**INFLUÊNCIA DE SUBSTÂNCIAS QUELANTES NA
RESISTÊNCIA DE UNIÃO DE PINOS DE FIBRA DE VIDRO À
DENTINA RADICULAR**

Tese de Doutorado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Odontologia da Universidade Norte do Paraná - UNOPAR, como requisito parcial para a obtenção do título de Doutor em Odontologia, Área de Concentração Dentística, conferido pela Banca Examinadora formada pelos professores:

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. Alcides Gonini Júnior
Universidade Norte do Paraná

Prof^ª. Dr^ª. Sandrine Bittencourt Berger
Universidade Norte do Paraná

Prof. Dr. Murilo Baena Lopes
Universidade Norte do Paraná

Prof. Dr. Álvaro Henrique Borges
Universidade de Cuiabá

Prof. Dr. Antônio Miranda da Cruz-Filho
Universidade de São Paulo

Londrina, 24 de fevereiro de 2017.

DEDICATÓRIA

À **Deus** pela oportunidade de aprendizado e encontros nesta existência.

A meus pais **Dorival Orçati e Maria Luiza Gonçalves Orçati** pelo amor incondicional e por tudo que puderam e quiseram proporcionar durante toda esta caminhada, priorizando sempre o bem estar e educação dos filhos. Por não medirem esforços e por sempre apoiarem nossas escolhas. Pela presença sempre forte e por nunca nos deixarem desistir. Sem vocês não seria possível, amo vocês.

Ao meu marido **Marco Aurélio Oliveira Dorilêo**. Por acreditar e partilhar meus sonhos. Por ser meu parceiro, entender e apoiar sempre que necessário. Amo você.

Aos meus filhos **Guilherme e Henrique**. Por sempre me incentivarem a continuar e entenderem que para que as conquistas são frutos das caminhadas difíceis.

Aos meus irmãos **Luiz Fernando, Maria de Lourdes e Tânia**: sou grata por tê-los comigo.

Aos meus sogros **Aureliano Dorilêo e Joira Dorilêo**, meus cunhados e cunhadas **Márcio, Danielle, Leniane e André**, que sempre me incentivaram a continuar.

Aos meus sobrinhos e afilhados **Lucas, Pedro, Felipe, Artur, Nicolas, Eduarda, Gabriel, Rafael, Ricardo, Gabriel e Miguel**, todo meu amor e carinho a vocês.

AGRADECIMENTOS

A todos da minha família que estiveram sempre na torcida, com incentivos para continuar a caminhada pelo crescimento profissional e pessoal. Quero aqui agradecer em especial às palavras de incentivo e carinho do **tio Toninho** (Antônio José Carvalho da Silva, in memoriam): “Saiba tio, o senhor estará comigo, por meio do seu exemplo de firmeza, dedicação e persistência. Sempre te admirarei.”

A **UNOPAR**- Universidade do Norte do Paraná na pessoa do Pró-reitor de Pesquisa e Pós-graduação, **Prof. Hélio Hiroshi Suguimoto**.

Ao Programa de pós-graduação *Stricto Sensu* Doutorado em Odontologia, área de concentração Dentística, na pessoa do coordenador **Prof. Dr. Alcides Gonini Júnior**. Agradeço a compreensão e acolhimento.

Ao secretário do Programa de pós-graduação *Stricto Sensu* Doutorado em Odontologia **Gleydson Navarro Machado**. Sempre atencioso e carinhoso, e com sua proatividade me ajudou muito. Obrigada.

Ao meu orientador, **Prof. Dr. Alcides Gonini Junior** pela paciência e por ser sempre prestimoso e atencioso quando a ele recorri. Me sinto orgulhosa por ter convivido com uma pessoa de qualidades tão especiais.

Ao meu co-orientador **Prof. Dr. Álvaro Henrique Borges**. Por ser presença constante em minhas realizações profissionais, sempre apoiando, motivando e se colocando disponível. Agradeço sua paciência.

A todos os docentes do programa de pós-graduação *Stricto Sensu* da UNOPAR, em nome dos quais agradeço a professora **Prof^a. Dr^a. Sandrine Bittencourt Berger**. Foi realmente engrandecedor os momentos que passamos. Obrigada pela disponibilidade e carinho.

Aos colegas de turma **Gabriela Fleury Seixas, Eloisa Helena Aranda Garcia de Souza, Fábio Domingues, Joseli Santos de Almeida Giunco, Marília Franco Punhagui**. Vou guardar para sempre as recordações dos nossos momentos juntos. Adorei conhecê-los.

A **UNIC** - Universidade de Cuiabá, na pessoa do coordenador do Curso de Odontologia **Prof. Dr. Fábio Luiz Miranda Pedro**. Obrigada pelo entendimento, incentivo e carinho de sempre.

Ao Programa de Pós-graduação *Stricto Sensu* da Universidade de Cuiabá-UNIC, na

peessoa do seu coordenador **Prof. Dr. Álvaro Henrique Borges**, por me ceder os espaços de laboratórios e salas de estudos.

Aos meus colegas de docência da UNIC, em especial **Prof. Ricardo Botter, Profª Ms. Hévelin Pimenta, Profª Ms. Laura Santana, Profª Ms. Kassia Nogueira** por compreenderem as ausências, e sempre estarem disponíveis a me auxiliar no que foi preciso.

Ao meu especial amigo e companheiro de disciplina **Prof. Ms. Durvalino de Oliveira**, que sempre está ao meu lado, transmitindo carinho e paz.

Aos colegas **Prof. Dr. Orlando Aguirre Guedes** e **Prof. Dr. Mateus Rodrigues Tonetto** por estarem disponíveis a me ensinar e colaborar neste estudo.

Ao **Prof. Dr. Osvaldo Borges Pinto Junior**. Agradeço a sua disponibilidade e paciência.

Ao **Laboratório Multiusuário de Microscopia de Alta Resolução Lab Mic (UFG-Goiânia -GO)** onde foram feitas as análises em MEV.

A querida **Andressa Ricci Biz**, responsável pelo Laboratório de Biologia Molecular da UNIC, pelo auxílio e por estar disposta a me ajudar durante o desenvolvimento do trabalho.

As alunas de iniciação científica **Anna Paula Costa Neto** e **Letícia Junqueira de Padua Sesti Gomes**. Sempre estiveram prontas para me auxiliar neste trabalho. Agradeço a parceria e carinho de vocês. É por causa de pessoas como vocês que me sinto forte para continuar na pesquisa e na docência.

A minha sempre amiga **Ana Tereza Pedroso de Arruda**. Obrigada por acreditar e pelas conversas onde você sempre me incentivou e acalmou.

DORILÊO, Maura Cristiane Gonçalves Orçati. **Influência de substâncias quelantes na resistência de união de pinos de fibra de vidro à dentina radicular**. 2017. 96 f. Tese (Doutorado em Odontologia) - Programa de Pós-Graduação em Odontologia, Universidade Norte do Paraná, Londrina, 2017.

RESUMO

O objetivo deste estudo foi avaliar a influência do uso de duas substâncias quelantes, EDTA e quitosana, na resistência de união de pinos pré-fabricados de fibra de vidro à dentina intrarradicular, e avaliar a remoção da lama dentinária por meio de análise em microscopia eletrônica de varredura (MEV). Sessenta e cinco incisivos inferiores bovinos foram selecionados, suas raízes foram cortadas a 17 mm e biomecanizadas pela técnica coroa-ápice utilizando o sistema ProTaper Universal[®]. Cinco grupos experimentais (n=13) foram determinados: controle (não receberam quelantes), quitosana 0,2% (sem agitação), EDTA 17% (sem agitação), quitosana 0,2%+ ultrassom, EDTA17%+ ultrassom. Após o tratamento do substrato as raízes (n=10) foram obturadas, o preparo para pino foi realizado no comprimento padrão de 13 mm. Os pinos de fibra de vidro foram cimentados com cimento autoadesivo RelyX U200[®]. O teste de resistência de união *micropush-out* foi realizado por máquina de testes universal. O padrão de falha foi avaliado por meio de microscópio óptico. As amostras restantes (n=3) foram clivadas no sentido longitudinal, desidratada, metalizada e avaliada por MEV. Os dados obtidos no teste *micropush-out* foram registrados e expressos em Mega Pascal (MPa). A análise de variância (ANOVA) e teste de *Tukey* ($\alpha=0,05$) foram aplicados para a análise de resistência de união. O grupo quitosana+ultrassom ($10,10\pm 5,04$) apresentou os maiores valores de resistência de união, sem diferenças estatísticas ($p>0,05$) para os grupos quitosana ($9,97\pm 5,39$), EDTA+ultrassom ($9,69\pm 3,90$) e controle ($8,88\pm 5,03$). O grupo EDTA apresentou os menores valores de resistência adesiva ($6,39\pm 4,01$), estatisticamente diferente dos demais grupos ($p<0,05$). O terço cervical ($11,67\pm 5,44$) apresentou os maiores valores de resistência de união, estatisticamente diferentes dos terços apical ($7,17\pm 3,54$) e médio ($8,18\pm 4,29$) ($p<0,05$). A falha adesiva entre cimento e dentina foi a mais frequente. O grupo EDTA+ultrassom apresentou menor porcentagem de lama dentinária em todos os terços. O terço apical o que apresentou a menor porcentagem de lama dentinária em todos os grupos. Podemos concluir, por meio da metodologia aplicada, que o EDTA sem agitação reduziu a resistência adesiva de pinos de fibra de vidro cimentados com cimento autoadesivo nos canais radiculares, enquanto os demais grupos não interferiram na resistência adesiva. O terço cervical apresentou os maiores valores de resistência de adesiva. A falha adesiva foi a mais frequente. O EDTA+ultrassom apresentou a menor porcentagem de lama dentinária, e o terço apical apresentou mais lama dentinária em todos os grupos.

Palavras-chave: EDTA. Lama dentinária. Quelantes. Quitosana.

DORILÊO, Maura Cristiane Gonçalves Orçati. **Influence of chelators substances in the bond strength of glass fiber posts to dentin.** 2017. 96 f. [Doctorate in Dentistry] - Graduate Program in Dentistry, University of Northern Paraná, Londrina, 2017.

ABSTRACT

The aim of this study was to evaluate the influence of the use of two chelators substances (EDTA and chitosan) on the bond strength of prefabricated fiberglass pins to the intraradicular dentin, as well as the evaluation of the capacity of removal of the dentin mud by means of analysis in Scanning electron microscopy (SEM). Sixty-five bovine inferior incisors were selected, cuted to 17 millimeters and prepared by the crown-dow technique using the Universal ProTaper system. Five experimental groups (n = 13) were determined: control (did not receive chelators), chitosan 0.2% (without agitation), EDTA 17% (without agitation), chitosan 0.2%+ultrasound, EDTA17%+ultrasound. After treatment of the substrate the roots (n = 10) were filled with gutta percha and AH Plus® cement, using Tagger's hybrid technique. Pin preparation was performed at the standard length of 13 mm. The fiberglass pins were cemented with RelyX U200® self-adhesive cement. The *micropush-out* bond strength test was performed by a universal test machine at a speed of 0.5 mm / min. The failure pattern was evaluated by means of an optical microscope. The remainder of the samples (n=3) were cleaved longitudinally, dehydrated, metallized and SEM photomicrographs (500X). The data obtained in the *micropush-out* test were recorded and expressed in MPa. The analysis of variance (ANOVA) and Tukey's test ($\alpha=0.05$) was used for comparison between the groups and between the thirds of the root canal were applied. The chitosan + ultrasound group (10.10 ± 5.04) showed the highest bond strength values, with no statistical difference ($p > 0.05$) for the chitosan (9.97 ± 5.39), EDTA + ultrasound (9.69 ± 3.90) and control (8.88 ± 5.03). The EDTA group presented the lowest values (6.39 ± 4.01), statistically different from the other groups ($p < 0.05$). The apical thirds (7.17 ± 3.54) and medium (8.18 ± 4.29) presented the lowest values statistically similar ($p > 0.05$) and different ($p < 0.05$) when compared to Cervical third (11.67 ± 5.44). Adhesive failure was the most prevalent. The EDTA group presented a smaller amount of dentin mud in all thirds, with the apical third presenting the largest amount of dentin mud in all groups. It can be concluded, through the applied methodology, that the EDTA without agitation reduced the adhesive strength of fiberglass pins cemented with self-adhesive cement in the root canals, while the other groups did not interfere in the adhesive strength. The cervical third had the highest values of adhesive resistance. The adhesive failure was the most preponderant. The EDTA+ultrasound showed the best quality of removal of the dentin mud, and the apical third presented the highest amount of dentin mud in all groups.

Keywords: EDTA. Chelators. Chitosan. Smear layer.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

- Figura 1** Determinação do diâmetro apical na amostra. Em maior 38
aumento, instrumento endodôntico em posição mais apical no
canal radicular
- Figura 2** **A.** Demarcação das referências no dente bovino selecionado. **B.** 39
Conferência do comprimento da porção radicular por meio de
paquímetro digital.
- Figura 3** Sequência operatória para a obturação dos canais radiculares: **A.** 42
Preparo do cimento obturador. **B.** Prova do cone principal. **C.**
Condensação lateral. **D.** Plastificação da guta-percha com termo-
condensadores do tipo *MacSpadden*. **E.** Selamento provisório
com resina composta. **F.** Dentes armazenados em água destilada
após a finalização do tratamento endodôntico.
- Figura 4** Raiz protegida com cera utilidade previamente a cimentação do 44
pino de fibra de vidro.
- Figura 5** **A-** Silanização do pino de fibra de vidro. **B-** Proporção pasta base 45
e catalizadora do cimento RelyX U200®. **C-** Fotopolimerização do
cimento. **D-** Pino cimentado no canal radicular.
- Figura 6** **A.** Micrótomos de tecido duro. **B.** Corte da amostra por meio de 46
disco diamantado.
- Figura 7** Esquema demonstrativo da obtenção de 6 fatias de 2 mm de 46
espessura, sendo 2 de cada terço estudado.
- Figura 8** **A.** Máquina de ensaio mecânico Instron 5965. **B.** Dispositivo para 48
teste de resistência de união (*push-out*). **C.** Base metálica
contendo orifício de 2 mm de diâmetro. **D.** Amostra posicionada
no dispositivo.
- Figura 9** **A.** Esquema demonstrativo da face da amostra que recebeu a 49
força; **B.** Regiões onde foram obtidas as medidas dos raios (R e
r) para o cálculo da força em MPa.
- Figura 10** Microscópio óptico Leica DM 500B. À direita imagem captada 50
durante a avaliação.

Figura 11	Amostras clivadas no sentido longitudinal e separadas.	51
Figura 12	Processo de desidratação das amostras: A- Bateria ascendente de álcoois. B- Amostras separadas e secas.	52
Figura 13	A- Aparelho de metalização a vácuo. B- Grupo experimental com amostras metalizadas inseridas no <i>stub</i> .	53
Figura 14	A- Microscópio eletrônico de varredura Jeol JSM 6610. B- Imagens das amostras no momento da análise.	53
Figura 15	Diagrama de distribuição dos dados referentes aos valores de resistência de união adesiva (MPa) obtidos em cada grupo avaliado	55
Figura 16	Diagrama de distribuição dos dados referentes aos valores de resistência de união adesiva (MPa) obtidos por terços independentemente dos grupos avaliados.	56
Figura 17	Padrões de falha encontrados na análise por meio de microscópio óptico. (c- cimento. d- dentina. p- pino) indicados por seta. A- Falha adesiva (entre cimento e pino). B- Falha adesiva (entre cimento e dentina). C- Falha mista. D- Falha coesiva (cimento). E- Falha coesiva (dentina). F- Falha coesiva (pino).	58
Figura 18	Imagens obtida a partir da análise das amostras em MEV e escores referentes à qualidade de remoção da lama dentinária. A- Escore 1. Área totalmente (100%) coberta por lama dentinária. B- Escore 2. Lama dentinária cobrindo a maior parte (75%) da área, com poucos túbulos visíveis. C- Escore 3. Lama dentinária recobrando metade (50%) da área. D- Escore 4. Lama dentinária cobrindo pequena parte (25%) da área, com muitos túbulos visíveis. E- . Escore 5. Ausência de lama dentinária.	61

LISTA DE TABELAS

Tabela 1	Distribuição dos grupos experimentais de acordo com as substâncias quelantes e o protocolo de agitação	41
Tabela 2	Classificação de tipos de falhas	49
Tabela 3	Escores utilizados para a análise da remoção da camada de lama dentinária.	54
Tabela 4	Resistência de união adesiva, medida em MPa, de acordo com os grupos estabelecidos	55
Tabela 5	Resistência de união adesiva, medida em MPa, considerando os terços de cada grupo constituído (médias±desvio padrão).	56
Tabela 6	Resistência de união adesiva, medida em MPa, de acordo com os terços testados (média ± desvio padrão).	56
Tabela 7	Padrão de falha de acordo com os grupos testadas (%)	57
Tabela 8	Padrão de falha de acordo com os terços testados (%)	58
Tabela 9	Frequência, em porcentagem, da presença de lama dentinária, no terço apical de acordo com a substância. (n=3)	59
Tabela 10	Frequência, em porcentagem, da presença de lama dentinária, no terço médio, de acordo com a substância. (n=3)	60
Tabela 11	Frequência, em porcentagem, da presença de lama dentinária, no terço cervical, de acordo com a substância. (n=3)	60

LISTA DE ABREVIATURAS OU SIGLAS

cm	-	Centímetro
CO₂	-	Dióxido de Carbono
EDTA	-	Ácido etilonodiaminotetracético
Er:YAG	-	Érbium:YAG
Khz	-	Quilohertz
H	-	Hora
ISO	-	Organização Internacional para Padronização
Kgf	-	Quilograma força
LED	-	Diodo emissor de luz
mA	-	Miliampere
mbar	-	MiliBar
mL	-	Mililitros
mm	-	Milímetro
MEV	-	Microscópio Eletrônico de Varredura
min	-	Minuto
MPa	-	Megapascal
MTA	-	Agregado Trióxido Mineral
mW/cm²	-	MiliWatt por centímetro quadrado
µm	-	Micrometro
µS	-	Micro segundo
NaOCl	-	Hipoclorito de sódio
Ni-Cr	-	Níquel-crômio
NiTi	-	Níquel titânio
nm	-	Nanometro
pH	-	Potencial hidrogeniônico
rpm	-	Rotações por min
s	-	Segundo

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	14
2	REVISÃO DE LITERATURA	16
2.1	TRATAMENTO ENDODÔNTICO E REMOÇÃO DA LAMA DENTINÁRIA.....	16
2.2	CIMENTAÇÃO ADESIVA DE RETENTORES INTRARADICULARES.....	23
3	PROPOSIÇÃO	36
4	METODOLOGIA	37
4.1	SELEÇÃO E PREPARO DOS DENTES	37
4.2	PREPARO DO CANAL RADICULAR.....	39
4.3	PREPARO DAS SOLUÇÕES QUELANTES UTILIZADAS	40
4.4	GRUPOS EXPERIMENTAIS.....	41
4.5	OBTURAÇÃO DOS CANAIS RADICULARES	42
4.6	PREPARO DO ESPAÇO PARA O RETENTOR INTRARRADICULAR....	43
4.7	CIMENTAÇÃO DO RETENTOR INTRARRADICULAR.....	43
4.8	PREPARO DAS AMOSTRAS PARA O ENSAIO DE MICROPUSH-OUT	45
4.9	ENSAIO DE RESISTÊNCIA DE UNIÃO	47
4.10	AVALIAÇÃO DO PADRÃO DE FALHA	49
4.11	AVALIAÇÃO DO SUBSTRATO DENTINÁRIO	50
4.12	ANÁLISE ESTATÍSTICA	54
5	RESULTADOS	55
5.1	RESISTÊNCIA DE UNIÃO ADESIVA (TESTE DE MICROPUSH-OUT) ..	55
5.2	PADRÃO DE FALHA.....	57
5.3	MICROSCOPIA ELETRÔNICA DE VARREDURA.....	59
6	DISCUSSÃO	62
	REFERÊNCIAS	73

ANEXOS	89
ANEXO 1 – Comitê de ética	90
ANEXO 2 – Certificado do objeto de estudo	91
ANEXO 3 – Análise estatística dos dados da resistência adesiva	92
ANEXO 4 – Dados brutos do teste de resistência adesiva.....	94
ANEXO 5 - Escores atribuídos às fotomicrografias	95
ANEXO 6 - Teste de Kappa	96

1 INTRODUÇÃO

O protocolo clínico para o tratamento endodôntico é representado pela sanificação, modelagem e obturação tridimensional do sistema de canais radiculares¹⁻². Estes procedimentos eventualmente estão relacionados a perdas significativas da porção coronária, devido presença de lesões de cáries, fraturas e procedimentos restauradores anteriores, que podem tornar este elemento susceptível a fracassos³, e interferir diretamente na retenção das restaurações coronárias⁴⁻⁸.

Técnicas e materiais são propostos no sentido de melhorar a reabilitação de dentes que foram submetidos a tratamento endodôntico^{5,6}. Os pinos intrarradiculares de fibra de vidro melhoram as condições retentivas das restaurações coronárias e contribuem para a redução de perdas destes elementos^{6,9-13}. A estabilidade mecânica do conjunto substrato/elemento restaurador ocorre principalmente quando são utilizadas técnicas adesivas para a cimentação de pinos de fibra de vidro¹³, uma vez que a composição destes pinos favorece o processo adesivo, além de apresentar módulo de elasticidade próximo ao da dentina^{12,14-16}, alta resistência à fadiga e à flexão, melhor distribuição do estresse¹⁷⁻¹⁸ e capacidade de manutenção do tecido dentinário remanescente^{7,19-20}. Além disso, os pinos de fibra de vidro são de rápida e fácil instalação, apresentam boa translucidez, o que lhe permite melhor qualidade estética e reintervenções endodônticas sem maiores dificuldades²¹.

No entanto, falhas decorrentes do deslocamento e da descimentação destes pinos pré-fabricados podem ocorrer²². Características dos substratos envolvidos, sensibilidade técnica relacionada à cimentação²³⁻²⁴, presença de resíduos de substâncias ou materiais utilizados em procedimentos prévios²⁵⁻²⁶ e preparo inadequado do substrato dentinário^{27,28} podem ser as causas destas falhas. A remoção da lama dentinária, por exemplo, é considerada fator importante para a melhora da molhabilidade da dentina por adesivos dentinários, contribuindo assim para a adesão de pinos à dentina intrarradicular^{29,30}.

O uso de substância quelantes já está sedimentado na endodontia para a remoção da lama dentinária^{31-35,36}. Estas substâncias agem por processo de quelação de alguns íons da parte inorgânica da lama dentinária³⁷, aumentando a permeabilidade dentinária, facilitando a atuação de medicações intra-canais e a

adesão de cimentos obturadores nas paredes dentinárias^{31,38-39}. Apesar de ser o EDTA a substância mais usada para essa finalidade, o impacto ambiental, devido a sua larga utilização nas indústrias e por não ser biodegradável tem sido questionado^{40,41}. Neste sentido a quitosana aparece como uma biomacromolécula, abundante na crosta terrestre^{42,43} e ecologicamente correta⁴⁴, pois é obtida a partir da desacetilação da quitina extraída de exoesqueletos de artrópodes⁴⁵. Além da sua indicação na área da saúde⁴⁶, a quitosana tem sido testada (*in vitro*) com aplicações diversas na odontologia^{19,47-49}. Este fato está ligado à sua capacidade de inibição da formação de biofilmes⁵⁰, ação cicatrizante, antiinflamatória e antimicrobiana^{19,48,51-55}, capacidade de composição de *scaffolds* de alta resistência⁵⁶⁻⁵⁸ e efetividade na remoção da lama dentinária⁵⁹⁻⁶².

Não obstante, não há confirmação da ação dos quelantes, principalmente a quitosana, no processo de união dos cimentos utilizados na cimentação de pinos de fibra de vidro nos canais radiculares. Portanto, o objetivo deste estudo foi avaliar a influência do uso da quitosana e do EDTA na resistência de união de pinos pré-fabricados de fibra de vidro à dentina intrarradicular. A hipótese nula é que o uso das substâncias quelantes (EDTA e quitosana), independente do seu modo de aplicação, não interfere no processo de adesão de pinos intrarradiculares cimentados com cimento autoadesivo.

2 REVISÃO DE LITERATURA

No sentido de facilitar o entendimento a revisão de literatura foi dividida nos seguintes tópicos:

2.1 TRATAMENTO ENDODÔNTICO E REMOÇÃO DA LAMA DENTINÁRIA

A longevidade dos procedimentos restauradores realizados em dentes tratados endodonticamente está diretamente relacionada à qualidade dos procedimentos prévios⁴⁶, considerando os processos de sanificação, modelagem e obturação tridimensional do sistema de canais radiculares^{1,2,63,64}. Summitt et al.⁶⁵ confirmam que o tratamento endodôntico contribuiu para a longevidade do elemento dental, cumprindo com sua função mastigatória e estética.

Dentro deste processo, o preparo da superfície dentinária por meio da remoção da lama dentinária é imprescindível para o sucesso do tratamento endodôntico³⁸. Esta camada é depositada nas paredes cavitárias durante os procedimentos biomecânicos, e foi relatada primeiramente nos estudos de MacComb e Smith⁶⁶. A lama dentinária, associada à ação mecânica dos instrumentos na dentina radicular, é composta por parte orgânica e parte inorgânica. Mader et al.⁶⁷ relatou a lama dentinária sendo estrutura de aspecto irregular, granular e amorfo. A parte orgânica consiste de restos de tecido pulpar vital ou necrosado, remanescentes de processos odontoblásticos e bactérias, além de células sanguíneas. Já a sua composição inorgânica são debris dentinários⁶⁶⁻⁶⁷.

Ainda há controvérsias sobre a remoção ou não da lama dentinária. Há autores que defendem que a sua manutenção pode interferir na adesão dos materiais obturadores dos canais radiculares^{31,38}. Diamond e Carrel⁶⁸ defendem a manutenção da lama dentinária, com o argumento de que a sua capacidade de obstruir os túbulos dentinários sepultaria os microrganismos em seu interior⁶⁹. Peres, Calas e Rochd⁷⁰ avaliaram a presença de *Streptococcus sanguis* em substratos com e sem a remoção de lama dentinária. Os autores associaram maior contaminação pelo patógeno nos casos os quais a lama dentinária foi removida. Neste aspecto, Mokhtari et al.³⁵ avaliaram a influência da remoção da lama dentinária na microinfiltração apical de dentes obturados com guta-percha e três diferentes cimentos (AH26®, Adseal® e Endofill®). Os autores não encontraram diferenças

significantes entre os grupos, com e sem lama dentinária.

Entretanto há autores que defendem a remoção da lama dentinária. Lotfi et al.³⁶ avaliaram a interferência da remoção da lama dentinária na resistência adesiva, por meio de teste de *push-out*, em dois tipos de biomateriais colocados em canal radicular (MTA e cimento enriquecido com cálcio). Os autores recomendaram a remoção da lama dentinária para obtenção de maiores valores na resistência adesiva de cimentos enriquecidos com cálcio. Aguilar-Mendoza et al.³⁰ avaliaram a interferência da lama dentinária na molhabilidade da dentina pelo adesivo dentinário. Os autores concluíram que a camada de lama dentinária afetou a molhabilidade da dentina pelos adesivos autocondicionantes, mas não afetou na força de adesão testada a partir do cisalhamento. Cury et al.⁷¹, por meio de meta-análise, concluíram a favor da remoção da lama dentinária. Segundo os autores este processo favoreceria as fases subsequentes, como a vedação marginal pós-obturação endodôntica. Shahravan et al.³² avaliaram o efeito da lama dentinária na qualidade do selamento da obtura o dos canais radiculares em revisão sistemática e meta-análise de artigos publicados entre os anos de 1975 e 2005. Os autores concluíram que a remo o melhora a qualidade de selamento da obtura o endodôntica, com consequente diminui o de infiltra o de fluidos tissulares, independente do tipo de técnica e do cimento utilizado. Orstavik e Haapasalo⁷² avaliaram a eficácia de três tipos de medicamentos aplicados em canais radiculares infectados com *Streptococcus sanguis*, *Escherichia coli*, *Pseudomonas aeruginosa* e *Enterococcus faecalis*. Os autores concluíram que a presença de lama dentinária dificulta, mas não impede a a o dos medicamentos. Kokkas et al.⁷³ afirmam que a ausência da lama dentinária facilita a penetra o de cimentos endodônticos nos túbulos dentinários, promovendo melhor vedamento marginal e contribuindo para a sua a o antimicrobiana.

Quelantes são agentes químicos compostos de macromoléculas (orgânicas ou inorgânicas) que estão ligados aos íons metálicos formando uma estrutura estável, em forma de anel, designada quelato. Este composto, descrito pela primeira vez em 1920, deriva da palavra grega “*chele*” que significa pinça que assemelha às garras de um caranguejo. O agente quelante após sequestrar o íon, forma uma estrutura heterocíclica, e este processo   denominado quela o³⁷.

Existem quelantes com especificidades para cada íon de determinado complexo molecular. No caso da dentina, ou da lama dentinária, várias

são as soluções indicadas. Dentre estas o EDTA é o mais eficiente e mais utilizado na atualidade⁴⁰. Esta substância contribui para a remoção da porção inorgânica, seguido da irrigação com NaOCl que faz remoção da parte orgânica da lama dentinária⁷⁴⁻⁷⁵.

A eficácia do quelante é diretamente proporcional ao afunilamento do canal radicular⁷⁶. Arvaniti e Khabbaz⁷⁷ encontraram diferenças estatísticas entre terços, sendo que o médio apresentou a maior limpeza. Neste sentido Ribeiro et al.³⁹ avaliaram em estudo *ex vivo* a permeabilidade obtida a partir da utilização de irrigação com NaOCl e EDTA 15% nos diferentes grupos dentários e terços do canal radicular. Os dentes foram infiltrados com íons cobre e os espécimes foram analisados em microscopia óptica. Os autores concluíram que o terço apical apresentou a menor quantidade de infiltração de íons de cobre em todos os grupos dentários. Tay et al.⁷⁸, estudando a penetração destas substâncias no terço apical, apontaram para um fenômeno de aprisionamento de bolhas de ar (*vapor lock*) durante o processo de irrigação, o que restringiria o fluxo da solução, contribuindo negativamente para a atuação destas no terço apical. Estes autores concluíram que o terço apical apresentou quantidade maior de lama dentinária em comparação com os outros terços do canal radicular nos dois grupos tratados. Wu e Wesselink⁷⁹ afirmam que esta dificuldade ocorre por causa das diminutas dimensões do terço apical, resultando em limitado fluxo das soluções nesta região.

O EDTA foi introduzido na odontologia por Ostby em 1957, com a finalidade de favorecer o preparo biomecânico de canais atresiadados⁸⁰. A reação com íons cálcio da dentina resulta em quelato de cálcio, proporcionando descalcificação na estrutura dentinária em profundidade aproximada de 20 a 30 µm em tempo variável de 3 a 5 min³¹. Segundo Çalt e Serper⁸¹, o pH ideal para que isso aconteça deve ser próximo ao neutro.

Prado et al.⁸² avaliaram o comportamento de alguns quelantes, dentre eles o EDTA, e concluíram que estas substâncias têm propriedades de fixar íons metálicos de determinado complexo molecular, promovendo a quebra deste e facilitando a remoção da lama dentinária⁸³. Spanó et al.⁸⁴ avaliaram a concentração de íons cálcio, na solução pós-irrigação de EDTA 15%, ácido cítrico 10%, citrato de sódio 10%, vinagre de maçã, ácido acético 5%, ácido málico 5% e NaOCl 1%. As avaliações foram feitas por espectrofotometria de absorção atômica e MEV. Os autores concluíram que o uso do EDTA resultou na maior concentração de íons

cálcio e maior remoção da lama dentinária.

Mello et al.²² compararam concentrações, tempo e volume diferentes do EDTA e fizeram avaliação do substrato dentinário por meio de MEV. Os autores puderam concluir que o volume de 2 mL durante 3 min apresentou as paredes dentinárias mais limpas, e sem perda excessiva de estrutura mineralizada. Já Candeiro et al.⁸⁵ verificaram por meio da avaliação por MEV, que o EDTA, quando associado ao vinagre de maçã, aumenta a capacidade de remoção da lama dentinária, e consegue limpar melhor o terço apical dos canais radiculares. A perda de estrutura mineralizada na dentina, após a aplicação do quelante, motivou Tartari et al.⁸⁶ a investigar o efeito do EDTA e de duas outras substâncias (etidrônico e ácido cítrico), associados a diferentes métodos de irrigação, na microdureza da dentina radicular. Nesta análise, foi usado o penetrador *Knoop* por 15 s, antes e depois de serem aplicadas as substâncias irrigadoras. Os autores concluíram que todas as substâncias reduziram significativamente a microdureza da dentina. Tabrizzadeh et al.³⁸ compararam o desgaste promovido por dois sistemas de preparo biomecânico à remoção de lama dentinária com EDTA, por meio de MEV. Os autores puderam observar que as diferenças de desgaste promovido pelo sistema não interferiram na efetividade da remoção da lama dentinária.

Apesar do EDTA ser uma substância eficiente, deve-se considerar a preocupação de alguns autores referente ao impacto ambiental que este produto tem causado. O EDTA, na atualidade, é largamente utilizado na indústria e sua concentração tem aumentado consideravelmente nos rios, lagos e esgotos e não sendo um produto da natureza, tem sido considerado um poluente⁴¹. Outras substâncias têm sido testadas com o mesmo fim^{77,87-89} e apresentando potencial para a substituição ao EDTA. O ácido fosfórico 37% foi utilizado por Prado et al.⁸², e comparado ao EDTA 17% e ácido cítrico 10% na remoção da camada de lama dentinária. Os autores concluíram que o ácido fosfórico foi mais eficiente no período de 1 min. Shenoy et al.⁹⁰ compararam a efetividade do EDTA 17%, Tublicid e o Biopure MTDA na remoção da lama dentinária e a ação na penetração do cimento endodôntico nos túbulos dentinários. Os autores concluíram que o EDTA 17% apresentou os piores resultados quanto à remoção da lama dentinária. Já Ashraf et al.² concluíram, em um estudo in vitro, que o EDTA 17% foi mais eficiente na remoção da lama dentinária quando comparado ao etidronato 18% e ao laser Er:YAG. Kuruvilla et al.⁹¹ também analisaram por MEV o efeito das soluções de

EDTA 17%, ácido etidrônico 18% e ácido maleico 7%. Os autores consideraram que o ácido maleico 7% foi mais eficaz na remoção da lama dentinária no terço apical do canal radicular. Já Rossi-Fedele et al.⁹², por meio de revisão de literatura, investigaram as interações antagônicas que podem ocorrer quando o NaOCl, clorexidina, EDTA e ácido cítrico são utilizados em conjunto. Os autores concluíram que quando o NaOCl é utilizado com os agentes quelantes, perde-se a capacidade de dissolução dos tecidos e há redução na capacidade antimicrobiana desta solução.

Avanços em pesquisas com biomateriais no desenvolvimento de novas biomacromoléculas e materiais biocompatíveis para uso clínico odontológico^{46,50} tem contribuído para a descoberta de substâncias alternativas ao EDTA. Neste sentido, a quitosana aparece como o segundo polissacarídeo natural mais abundante na crosta terrestre⁴³.

A quitosana é obtida a partir da desacetilação da quitina encontrada nos exoesqueletos de artrópodes (cascas de crustáceos e insetos)⁴⁵, sendo um produto abundante na natureza e de baixo custo, além de ecologicamente correto⁴⁴. Virlan et al.⁵⁰ por meio de revisão de literatura sobre nanopartículas de quitosana, descrevem os comprovados efeitos antimicrobiano, antiinflamatório e cicatrizante desta substância, além da sua capacidade de inibição da formação de biofilmes. Os autores concluíram que esta substância poderá representar importante auxiliar no tratamento de doenças associadas à cavidade oral.

A quitosana também tem sido muito útil na bioengenharia e na regeneração tecidual guiada. Kim et al.⁵⁷ desenvolveram *scaffolds* com alta resistência à compressão, módulo de elasticidade adequado e com poros homogeneamente dispersos, compostos por quitosana, nano-hidroxiapatita e solução de alginato. Seyedmajidi et al.⁵⁶ sugeriram o uso da quitosana junto ao compósito de cerâmica como auxiliar na reparação óssea nos casos de perda de massa óssea. Qasim et al.⁵⁸ utilizaram membranas de quitosana para facilitar a integração com o tecido periodontal e controlar a direção do crescimento celular. Esta camada serviu como suporte para que houvesse formação óssea na região do defeito.

O uso da quitosana na odontologia começou a partir da associação em tratamentos periodontais, principalmente devido à ação antimicrobiana⁵¹. Elsaka e Enaghy⁵² avaliaram a capacidade antibacteriana de um primer acrescido de

quitosana em três concentrações (0,03%, 0,06% e 0,12%). Os resultados mostraram que a quitosana proporcionou efeito antimicrobiano contra o *Enterococcus faecalis*, sem alterar a resistência de união à dentina. Efeitos antimicrobianos da quitosana também foram mostrados em testes com *Porphyromonas gingivalis* e *Aggregatibacter actinomycetemcomitans* e efeito inibitório a *S. mutans*⁵³⁻⁵⁴ e outros *Streptococcus*⁴⁹. Costa et al.⁴⁸ avaliaram o efeito da quitosana no *S. mutans* durante a formação do biofilme bucal. Os autores incorporaram a quitosana em antisséptico bucal e comprovaram a redução da aderência microbiana e da formação de biofilme. Na endodontia a quitosana foi utilizada incorporada ao hidróxido de cálcio¹⁹. Neste trabalho foi possível observar que, além de impedir a formação do biofilme na interface cimento/dentina, houve liberação prolongada de íons cálcio, pelo hidróxido de cálcio. Também Geethapriya et al.⁵⁵ avaliaram a eficácia da quitosana, quitosana+EDTA e NaOCl 5,2% contra o *Enterococcus faecalis*. Os autores verificaram que a quitosana e a quitosana+EDTA reduziram a quantidade de *Enterococcus faecalis*.

Quanto ao efeito quelante, a quitosana tem merecido atenção dos pesquisadores por ser opção à substituição ao EDTA. O tipo de interação desta solução com a lama dentinária pode estar relacionado à estrutura da quitosana e a seu pH⁹³⁻⁹⁴. Na literatura são relatadas duas teorias para os mecanismos de ação da quitosana. A primeira é a ligação de dois grupos amino da cadeia da quitosana ao íon metálico⁹⁵. A segunda é que o grupo amino da substância que está envolvido na ligação faz ancoramento do íon metálico no grupo amino⁹⁶.

A solução de quitosana com concentração de 0,2%, permanecendo por 3 min dentro do canal radicular, apresenta a mesma efetividade que o EDTA neste mesmo tempo⁹⁷. Silva et al.⁶¹ avaliaram qualitativamente a remoção da lama dentinária por meio de MEV e quantitativamente a concentração de íons cálcio, após a irrigação, por espectrofotometria de absorção atômica. Foram usados quitosana 0,2%, EDTA 15%, ácido cítrico 10% e ácido acético 1%. A efetividade de todas as soluções nos terços médio e apical dos canais radiculares também foi observada, sendo o EDTA e a quitosana as soluções que apresentaram o melhor efeito na remoção da lama dentinárias. Foi observada relação direta entre a maior capacidade de remoção da lama dentinária e as concentrações de íons cálcio. Del Carpio-Perochena et al.⁶² investigaram a capacidade bioativa das nanopartículas de quitosana na inibição da recolonização bacteriana no canal radicular, assim como a

capacidade de remoção da camada de lama dentinária. Os autores concluíram que as nanopartículas de quitosana podem ser utilizadas como irrigante final nos procedimentos endodônticos radicais, com duplo benefício: remoção da lama dentinária e inibição da recolonização bacteriana. Já Pimenta et al.⁶⁰, após a avaliação do efeito do EDTA 15%, quitosana 0,2% e ácido cítrico na dentina radicular humana, observaram que todas as substâncias contribuíram para a redução da microdureza dentinária.

A agitação das soluções irrigadoras e quelantes após o preparo biomecânico dos canais radiculares têm por finalidade melhorar a dispersão. Esta solução deve preencher o espaço do canal e agitada, manualmente ou por meio de sistemas específicos⁹⁸⁻⁹⁹ para favorecimento da remoção da lama dentinária¹⁰⁰. A movimentação por instrumentos rotatórios em baixa rotação¹⁰¹, sistemas sônicos e ultrassônicos¹⁰²⁻¹⁰³ e laser¹⁰⁴ são as formas encontradas. Chopra et al.¹⁰⁵ compararam a efetividade na remoção da lama dentinária, agitando soluções, com e sem EDTA, por meio de limas manuais e ultrassom. Os autores não observaram, nas avaliações das fotomicrografias de MEV, diferenças entre os modos de agitação. Mancini et al.¹⁰³ avaliaram a eficácia de diferentes métodos de irrigação para a remoção da lama dentinária em 1, 3, 5, 8 mm a partir do vértice apical. Foram os sistemas EndoActivator, Ultrassom e EndoVac para ativação do EDTA. Os melhores resultados foram encontrados quando o sistema sônico e o EndoVac foram utilizados, apesar de nenhum sistema ter removido completamente a lama dentinária. Curtis & Sedgley¹⁰⁶ observaram melhores resultados na remoção de detritos quando a solução irrigadora foi ativada por meio de ultrassom. Neste sentido a ativação passiva da solução quelante por meio do uso de ultrassom é uma técnica na qual não há ação cortante dos instrumentos ultrassônicos¹⁰⁷. A distribuição no interior dos canais radiculares, especialmente apical, é dificultada por haver aprisionamento de ar que dificulta o fluxo e a ação destas soluções nas paredes dentinárias⁷⁸.

A utilização do ultrassom após o preparo químico-mecânico, para a ativação de soluções irrigadoras foi descrita pela primeira vez por Weller, Brady e Bernier, em 1980. A energia ultrassônica trata-se de onda acústica, com frequência inaudível ao ouvido humano¹⁰⁸. A oscilação produzida pela ativação passiva varia de 25 a 40 Khz, e quando ativados geram corrente ao longo de todo o comprimento do instrumento¹⁰⁹. O turbilhonamento produzido tem mostrado capacidade de remover

detritos do interior dos canais radiculares¹⁰⁷. Lui, Kuah e Chen¹⁰⁰ comprovaram que o EDTA 17% submetido a 1 min de ativação ultrassônica passiva e seguido de irrigação de NaOCl foi mais eficiente na remoção da lama dentinária que quando esta solução ficou inerte no canal radicular. Os autores apontaram para a dificuldade de limpeza do terço apical. Castagna et al.¹¹⁰ avaliaram por meio de MEV, a eficácia do EDTA submetido a agitação passiva por ultrassom, sobre a remoção da lama dentinária e detritos de dentina radicular no terço cervical de incisivos bovinos. Os resultados mostraram que apesar de nenhum dos grupos apresentarem remoção completa da lama dentinária e detritos, os melhores resultados ocorreram quando o EDTA foi ativado por ultrassom por 30 s. Justo¹¹¹ avaliou, em estudo *in vitro* em dentes bovinos, os efeitos de diferentes protocolos de irrigação final, submetidos ou não a ativação ultrassônica passiva, na remoção da lama dentinária e detritos. Os protocolos de irrigação final que utilizam NaOCl 2,5% e EDTA foram mais eficientes na remoção da lama dentinária do terço apical do que os protocolos com clorexidina 2% e soro fisiológico, independente da utilização da ativação por ultrassom. Já Schimidt¹¹² avaliou por meio de MEV a eficácia da irrigação ultrassônica passiva com EDTA 17% e NaOCl 1% sobre a remoção da lama dentinária. A ativação ultrassônica não demonstrou maior eficiência na remoção da lama dentinária em comparação à irrigação convencional.

2.2 CIMENTAÇÃO ADESIVA DE RETENTORES INTRARADICULARES

É importante considerar que em consequência da perda de estrutura mineralizada por cárie, traumas, desgastes no preparo biomecânico e tratamentos anteriores, quantidade considerável de dentes que são submetidos ao tratamento endodôntico radical necessita de atenção especial no momento da sua restauração^{5-6,113}. Souza et al.⁸ investigaram, *in vitro*, a espessura da dentina pós-preparo endodôntico e preparo para a colocação de pinos intrarradiculares em raízes palatinas de molares superiores, com objetivo de determinar o risco de perfuração da raiz e enfraquecimento das paredes do canal radicular nos diferentes terços. Os autores concluíram que houve maior perda de estrutura dentinária no terço cervical e menor no terço apical do canal radicular. O preparo para pinos 5.0 aumentou o risco de perfuração ou enfraquecimento das paredes vestibular e lingual, especialmente no terço apical. Além da perda estrutural dos elementos dentários, ocorre alteração

nas propriedades físico-químicas da dentina o que contribuiria para a fragilização da estrutura dentária^{3,114}, tornando os dentes que passaram por tratamentos endodônticos com menor resistência mecânica¹¹⁵. Rodrigues et al.³ explicam este fato relacionando a perda de umidade do tecido dentinário à redução da sobrevivência do elemento dentário. Este fato não condiz com o estudo de Chen et al.⁴. Estes autores propuseram o desenvolvimento de modelo dental com tratamento endodôntico para testes em elemento finito. Os autores mostraram que problemas como a perda de estrutura dentinária por cárie, fraturas, desgastes durante o procedimento endodôntico, no acesso ou no preparo mecânico, perdas por iatrogenias, seriam os fatores que dificultam a retenção das restaurações coronárias e interferem no comportamento mecânico do complexo dente/restauração⁴⁻⁸.

Considerando a fragilidade, por perda de tecido dentinário, dos elementos dentários submetidos a tratamentos endodônticos, é necessária a indicação de métodos adicionais de retenção radicular do material restaurador coronário, por meio de retentores intrarradiculares¹¹⁶⁻¹¹⁷.

Com o intuito de minimizar o risco de perda dentária ou dos procedimentos realizados, numerosas técnicas e materiais têm sido estudados e utilizados¹¹⁸. Nesta perspectiva, os pinos intrarradiculares estão indicados, nas restaurações pós-endodônticas, quando a perda do remanescente coronário destes elementos é maior que 50%¹¹⁹, não conferindo apoio e resistência necessários para a retenção adequada do material restaurador⁶. Não é bem definido quando começou o emprego desta forma de retenção intrarradicular na odontologia. O primeiro relato aconteceu em 1899, no qual foi descrita técnica onde introduzia parafusos de platina no interior de canais radiculares com o intuito de melhorar a ancoragem de restaurações à amálgama em dentes com extensa destruição¹²⁰. Desde então, houve grande evolução, sendo os núcleos metálicos fundidos a técnica mais popular de construção de núcleos para dentes despolpados. Vários foram os defensores desta técnica por considerarem muito resistente, versátil e de melhor adaptação ao canal radicular^{11,121,122}.

Porém, considerando que o módulo de elasticidade dos pinos metálicos é muito diferente da estrutura dentária, a sua utilização pode contribuir para perdas dos dentes¹²³⁻¹²⁴. Bitter et al.¹¹⁵ investigaram a resistência a fratura de pré-molares pós tratamento endodôntico que receberam pinos e restaurações em cerâmica. Os autores puderam observar que o grupo sem o tratamento endodôntico

apresentou maiores valores que os tratados endodonticamente. Concluíram também que quando o remanescente coronário for menor que 2 mm de espessura, a melhor indicação é a cobertura de cúspide para a restauração destes dentes. Clavijo et al.⁶ compararam pinos de fibra de vidro e núcleos metálicos, e concluíram que os pinos de fibra de vidro apresentaram resultados superiores aos núcleos metálicos.

A composição destes pinos é importante e deve ser considerada na eleição para determinados casos clínicos. Neste sentido, Cheleux e Sharrock¹²⁵ avaliaram pinos de zircônia enriquecido com fibras de vidro, de quartzo e pinos de fibra de vidro. Os autores concluíram que os pinos de quartzo mostraram resistência maior em comparação com os outros pinos testados, e observaram que os pinos que continham maior conteúdo de resina e as fibras mais dispersas, apresentaram maior número de defeitos visíveis e menor resistência a fadiga. O módulo de flexão esteve fracamente relacionado com o número e volume e índice de dispersão das fibras. A adesão interfacial entre as fibras de sílica e a matriz de resina foi considerada de suma importância em pinos reforçados com fibras. Santana et al.⁷ compararam vários tipos de pinos e retenções em molares permanentes. Os autores concluíram que o pino de fibra de vidro foi tão eficaz quanto os núcleos com ligas de Ni-Cr, independentemente da quantidade de tecido dentário remanescente. Scotti et al.⁹ avaliaram o uso de pinos de fibra de vidro em pré-molares submetidos à tratamento endodôntico prévio e com diferentes espessuras de paredes remanescentes. O grupo com espessuras maiores que 2 mm apresentaram os resultados superiores. Abduljawad et al.¹³ avaliaram em estudo *in vitro* o comportamento de pinos de fibra de vidro, de resina e de carbono, na resistência à fratura de incisivos centrais superiores endodonticamente tratados e com perdas de estrutura cervical. As amostras foram distribuídas em 5 grupos e os pinos cimentados com cimento resinoso. Os espécimes foram submetidos a teste mecânico na máquina universal de ensaios e o modo de fratura foi avaliado por inspeção visual. O grupo com pinos de fibra de vidro mostrou mais resultados melhores que os outros grupos. Os autores concluíram que a colocação de pinos de fibra de vidro melhorou de forma significativa a resistência à fratura.

Mumcu et al.¹²⁶ compararam a resistência de união e padrão de falhas, por meio de teste de push-out e microscópio estereoscópio, de pinos de fibra de vidro e de fibra de carbono. Os pinos de fibra de vidro apresentaram os maiores valores para resistência adesiva, independente do cimento utilizado. O padrão de

falha mais encontrado foi adesiva entre cimento e dentina.

Os pinos pré-fabricados reforçados por fibras foram introduzidos na odontologia no início da década de 1983, porém a partir do ano 2000 eles constituem importante saída para os casos de estrutura insuficiente para adequada reabilitação do elemento dental¹²⁷. As evidências disponíveis validam o uso de pinos de fibra como alternativa a outros pinos na restauração de dentes tratados endodonticamente^{10,11}. Silva et al.¹²⁸ reiteram que estes pinos oferecem distribuição homogênea da tensão na interface adesiva, reduzindo assim o risco de perdas dentárias. Bosso et al.¹⁸ quantificaram e avaliaram a distribuição de estresse por meio de análise fotoelástica em raízes com cinco tipos de pinos. As concentrações de estresse no grupo com pinos de fibra de vidro levaram os autores a considerarem ser este o sistema com melhor comportamento biomecânico. Este fato também foi observado no trabalho de Silva et al.¹⁴ que avaliaram vários tipos de pinos de fibra e tipos de cimentação, e concluíram que os pinos de fibra de vidro cimentados com cimentos resinosos melhoravam o comportamento biomecânico das raízes. Outro ponto a favor ao emprego dos pinos de fibra é que a instalação pode ser realizada em sessão única diminuindo o tempo operatório, o risco de contaminação do canal radicular e o custo, já que não necessita de fase laboratorial¹²⁹.

Com o advento dos cimentos resinosos, os pinos de fibra ganharam maior destaque, pois sua composição resinosa favorece esse tipo de cimentação. Soares et al.¹³⁰ e Naumann et al.¹³¹ afirmam que o tipo de cimento utilizado tem papel importante no aumento da força de retenção e resistência de pinos e das estruturas dentárias. A estrutura fibro-resinosa dos pinos de fibra, ao contrário dos pinos metálicos, possui capacidade de melhorar a adesão na interface cimento/pino/dentina/materiais restauradores^{21,132}. Este fato foi comprovado nos estudos comparativos de Yamamoto et al.¹³³ e Gómez-Polo et al.¹⁷. Estes autores concluíram que os pinos reforçados por fibra, devido ao módulo de elasticidade ser semelhante ao da dentina, formaria estrutura homogênea em combinação com o cimento resinoso e teria a capacidade de reforçar a estrutura dentária. Soares et al.¹² compararam pinos de fibra de vidro com núcleos metálicos fundidos, cimentados de maneira semelhante, e concluíram que os primeiros apresentam sistema mecanicamente mais homogêneo. Também Topcu et al.¹³⁴ por meio de estudo que avaliou a resistência de união de pinos de fibra de vidro e de carbono cimentados com três tipos de cimentos resinosos. Os grupos que utilizaram pinos de

fibra de vidro apresentaram valores de força de união adesiva superiores ao outro tipo de pino, independente do tipo de cimento utilizado. Com relação aos terços, o apical apresentou as menores forças de união adesiva. Mjor e Nordahl¹³⁵ afirmaram que há diferença de densidade e número dos túbulos dentinários nos diferentes terços do canal radicular, sendo o terço apical o que apresenta quantidade mais reduzida em comparação com os outros terços.

Os agentes de cimentação, assim como seus protocolos de uso devem também ser levados em consideração. Com o objetivo de avaliar o efeito de fontes de fotopolimerização (halógena, LED e plasma) na resistência de união de pinos de fibra translúcidos, Zorba et al.²⁹ realizaram a cimentação dos pinos com cimento auto-condicionante Panavia F[®] e cimento autoadesivo Maxcem[®] para emprego do teste *push-out*. O tipo de cimento usado afetou a resistência de união, sendo que o Maxcem[®] apresentou melhores resultados quando a lama dentinária foi removida antes da cimentação. A resistência no terço apical foi menor do que no cervical e o uso de diferentes fontes de fotopolimerização não afetou a adesão. Kececi et al.¹³⁶ compararam alguns agentes de cimentação de pinos p-or meio de teste de *push-out*. Os autores concluíram que a resistência de união dos pinos de fibra melhora com a utilização de cimentos resinosos. Estudos de Bitter et al.¹³⁷ mostraram valores maiores de resistência de união à dentina quando na utilização de cimentos resinosos. Soares et al.¹² realizaram testes de *micropush-out* para avaliar a resistência adesiva de pinos de fibra de vidro variando os tipos de cimentos e utilizando pinos serrilhados e cônicos. Os autores concluíram que a resistência adesiva foi significativamente maior para o grupo do cimento autoadesivo (RelyX Unicem[®]), não sendo influenciada pelo tipo de pino. Também Calixto et al.¹⁵ avaliaram a resistência de união de diferentes sistemas de cimentação de pinos de fibra de vidro à dentina do canal radicular, e concluíram que os sistemas autocondicionantes são os mais adequados para este tipo de cimentação. Sarkis-Onofre et al.¹⁶ avaliaram a resistência de união de pinos de fibra de vidro, por meio de revisão sistemática de estudos *in vitro*. Os autores concluíram que a maior resistência dos pinos de fibra de vidro está associada ao uso de cimentos autoadesivos. Pamato et al.¹³⁸ avaliaram, por meio de micro-cisalhamento, diferentes técnicas de hibridização para a cimentação de pinos de fibras de vidro utilizando o cimento RelyX U200[®]. Os autores concluíram que o uso de protocolo anterior da hibridização é capaz de aumentar a resistência adesiva do cimento autoadesivo.

Souza et al.¹³⁹ avaliaram, por meio de microscopia confocal laser, a espessura dos cimentos RelyX U200® e RelyX ARC® e características morfológicas na interface cimento/dentina, variando os tipos de pinos. Os autores puderam observar e concluir não haver diferenças significativas entre os cimentos nos diferentes terços da raiz.

Importante também considerar que a longevidade dos pinos e núcleos pode ser relacionada à preservação de tecido dentinário¹¹. Sarkis-Onofre et al.¹⁴⁰ por meio de estudo randomizado controlado compararam a sobrevivência de pinos de fibra de vidro e núcleos de metal fundido usados para restaurar dentes tratados endodonticamente com nenhuma parede coronal remanescente. As taxas de sobrevivência em 3 anos dos dois tipos de pinos foram estatisticamente iguais. Scotti et al.⁹ avaliaram o uso de pinos de fibra de vidro em pré-molares com tratamento endodôntico prévio e com diferentes espessuras de paredes remanescentes. O grupo com espessuras maiores que 2 mm que receberam pinos intrarradiculares apresentaram os melhores resultados. Ferrari et al.¹⁴¹ analisaram *in vivo* o comportamento de pinos de fibra pré-fabricados e pinos personalizados durante 6 anos. Os autores observaram que o risco de falha diminui quando se tem a preservação de remanescente dentinário coronário. Este fato foi comprovado no trabalho de Naumann et al.¹³¹. Os autores acompanharam, por meio de estudo prospectivo de 120 meses, 122 pacientes que receberam reabilitações com núcleos de fibra, cimentados por meio e técnica adesiva. O estudo considerou que a quantidade de remanescente dentinário é condição importante para a longevidade destes tratamentos¹³. Também Zhang et al.²⁰ concluíram, por meio de estudo em elemento finito que a quantidade de estrutura dentinária oclusal remanescente interfere na concentração de *stress* na interface pino/cimento/dentina.

Entretanto há indícios de que algumas substâncias utilizadas durante a terapia endodôntica, no tratamento e limpeza das paredes dentinárias, podem levar a perda da resistência de união do material adesivo à dentina. Cecchin et al.²³ afirmam que as substâncias químicas utilizadas durante o preparo biomecânico dos canais radiculares podem alterar a composição da superfície da dentina e afetar a interação desta com materiais restauradores. Estes autores avaliaram a resistência de união, por meio de testes de micro-tração, de sistema de adesivo auto condicionante à dentina que foi irrigada com NaOCl 1% e EDTA 17%. Os autores concluíram o grupo tratado somente com NaOCl 1% resultou em maior força de adesão quando comparado ao outro grupo. Também Alfredo et al.¹⁴²

avaliaram a retenção de pinos nas superfícies dentinárias tratadas com EDTA e irradiação com laser Er: YAG. Os grupos foram divididos segundo o tratamento do substrato e o tipo de cimento utilizado (cimento resinoso e cimento de fosfato de zinco tradicional). Não houve diferença estatísticas entre os tratamentos dos substratos, independente do cimento utilizado. Os autores concluíram que os tratamentos com EDTA e NaOCl, e laser e água favoreceram a resistência adesiva de pinos intrarradiculares. Akman et al.¹⁴³ avaliaram o efeito do EDTA combinados com NaOCl e clorexidina na resistência de união de pinos de fibra de vidro. Os autores concluíram o NaOCl aumentou a resistência a adesão de pinos de fibra de vidro. Também Santana et al.¹⁴⁴ avaliaram o efeito do tipo de instrumentação, das soluções irrigantes (EDTA, NaOCl e clorexidina) e do grau de envelhecimento das amostras na resistência de união adesiva de pinos de fibra de vidro cimentados no canal radicular de dentes bovinos. Os autores concluíram que quando os canais foram preparados com instrumentos Níquel-titâneo (NiTi) associados à irrigação com NaOCl e ao EDTA houve aumento dos valores da resistência de união adesiva. A falha adesiva cimento-dentina foi prevalente em todos os grupos. Arisu et al.¹⁴⁵ avaliaram o efeito de diferentes protocolos de irrigação (água destilada, NaCOI e NaCOI+EDTA) sobre a força de adesão e tipos de falha de pinos de fibra de vidro. Os maiores valores de força de adesão ocorreram no terço cervical em todos os grupos. O grupo que utilizou NaCOI+EDTA apresentou os maiores valores de resistência de união. A falha mista foi a de maior ocorrência e o terço mais frequente foi o médio. Já Garcia¹⁴⁶ avaliou diferentes pré-tratamentos do canal radicular: irrigação com 10 mL de NaOCl 5%, durante 3 min; irrigação com 10 mL de ácido etilenodiaminotetracético (EDTA) 17%, durante 3 min e associado com 10 mL de NaOCl 5% durante 3 min ou a irrigação com 10 mL de EDTA 17%, durante 3 min na resistência de união de pino de fibra de vidro cimentado com cimento resinoso (RelyX U100[®]) à dentina radicular. As amostras foram submetidas a teste de *push-out*. Os autores observaram que o grupo que usou EDTA 17% por 3 min obteve os menores valores de resistência adesiva quando comparado aos demais grupos. Shokouhinejad et al.³⁴ avaliaram o efeito de diferentes protocolos de irrigação incluindo EDTA, clorexidina e NaOCl na remoção da lama dentinária sobre a resistência de união de um novo cimento biocerâmico (Endosequence BC Sealer[®]). Foram realizados testes em *push-out* e avaliação em MEV. Os resultados mostraram que não houve diferenças significativas entre os grupos testados, e que as falhas

mais encontradas foram coesivas. Barreto et al.¹⁴⁷ avaliaram o efeito de cinco irrigantes intracanais (EDTA 17%, QMix, SmearClear, NaOCl e solução salina a 0,9%) na resistência de união de pinos, através de teste de *push-out* de fibra de vidro cimentados com cimento autoadesivo RelyX U200. O padrão de falha também foi avaliado. Os autores concluíram que as soluções quelantes (EDTA, QMix e Smear Clear) diminuíram a resistência de união adesiva dos pinos de fibra de vidro cimentados nos canais radiculares. As falhas adesivas entre cimento / dentina foram predominantes (53,9%). Baena et al.¹⁴⁸, avaliaram diferentes protocolos de condicionamento da dentina (ácido fosfórico, EDTA e ácido poliacrílico) na resistência adesiva de pinos de fibra de vidro cimentados com cimentos autoadesivos. Os autores concluíram que o tratamento da dentina influenciou na força de adesão dos pinos. Os valores de resistência de união foram mais baixos quando foi utilizado o EDTA. Já Wang et al.²⁵ avaliaram a influência imediata dos sistemas adesivos dentinários associados à aplicação de digluconato de clorexidina a 2% na resistência adesiva de pinos de fibra de vidro. Os resultados mostraram que os grupos que usaram clorexidina tiveram os piores resultados nos testes mecânicos. Saker et al.⁸³ testaram o efeito da quitosana 0,2%, EDTA 17% e do ácido poliacrílico 25% na resistência à micro-tração em blocos cimentados com compósitos autoadesivos na dentina. Os resultados mostraram que estas substâncias não afetaram a resistência de união e, por isso, poderiam ser utilizadas nos procedimentos prévios à cimentação. Mao et al.¹⁴⁹ investigaram os efeitos do tratamento da dentina, com NaOCl e EDTA, e observaram que a utilização do EDTA contribuiu para a maior formação de *tags* no interior dos túbulos dentinários, além da redução da infiltração marginal. Uzunoglu et al.¹⁵⁰ avaliaram o efeito da variação de temperatura do EDTA e de substância composta por EDTA, clorexidina e detergente (QMix[®]) na resistência adesiva do cimento AHPlus[®], por meio de teste de *push-out*. Os autores observaram valores maiores para os grupos tratados com Qmix e quando em temperaturas maiores (37°C) houve maior resistência adesiva para todos os grupos em comparação com os submetidos a temperaturas menores (22°C). Haragushiku et al.¹⁵¹ avaliaram a resistência adesiva de pinos de fibra de vidro cimentados após a descontaminação da dentina com NaOCl 5%, clorexidina 2% e água destilada. A clorexidina reduziu a contaminação bacteriana e formou mais *tags* na dentina, melhorando a adesão pino à dentina radicular. Renovato¹⁵² analisou a influência do hidróxido de cálcio, dos irrigantes endodônticos empregados na

remoção da medicação intracanal e do tempo de manutenção da medicação na resistência de união dos pinos de fibra de vidro cimentados adesivamente no canal radicular de incisivos bovinos. Os resultados mostraram que o EDTA reduziu a resistência de união nos testes imediatos nos terços médio e apical e, no terço médio nos testes após 21 dias. Nos testes após 6 meses, houve redução significativa na resistência de união dos grupos irrigados com NaOCl 1% nos terços médio e cervical. Já Vasconcelos¹⁵³ avaliou a influência de remanescentes de materiais obturadores endodônticos na resistência de união adesiva de pinos de fibra de vidro cimentados em canais radiculares de dentes unirradiculares. O autor variou os cimentos endodônticos utilizados. Os materiais endodônticos não influenciaram na resistência de união adesiva de pinos de fibra de vidro.

O processo de adesão é considerado procedimento crítico para o êxito na reabilitação¹¹. Problemas como o deslocamento e descimentação destes núcleos do interior dos canais radiculares, ocorrem com certa frequência¹⁴⁰. Fatores como a influência do fator cavitário^{20,154}, cimento endodôntico¹⁵⁵ e tipo de adesivo⁹⁶, incerteza da hibridização de todas as paredes da dentina do canal radicular^{156,157}, forma e largura do canal radicular¹⁴² e forma e composição dos pinos de fibra devem ser considerados^{158,159}. Rasimick et al.¹⁶⁰, por meio de revisão sistemática, relacionaram os modos de falhas clínicas de pinos cimentados com cimentos resinosos. Os autores pontuaram que a perda de retenção continua a ser um dos principais modos de falha, principalmente quando não se utiliza os sistemas autoadesivos. Pereira et al.¹⁶¹ avaliaram a influência do tempo de fotoativação e do tipo do cimento (RelyX Unicem®, Panavia F 2.0® e RelyX ARC®) utilizado na cimentação de pinos de fibra de vidro, nas propriedades mecânicas de resistência de união adesiva (*push-out*), módulo de elasticidade e microdureza *Vickers*. Os valores de resistência adesiva aumentaram quando a fotoativação foi realizada após 5 min da cimentação em todos os grupos. Os valores da resistência adesiva diminuíram significativamente do terço cervical para o apical. Os valores do módulo de elasticidade e da microdureza foram maiores quando a fotoativação foi tardia, e menores no terço apical em todos os grupos.

Menezes et al.¹⁵⁵ testaram a hipótese de que a composição do cimento endodôntico e o tempo decorrido até a cimentação do pino de fibra de vidro interferiam na resistência de união adesiva. Os autores concluíram que o Endofill® interferiu negativamente na força adesiva dos pinos à dentina e que a força de

adesão reduz do terço cervical para apical.

Com relação ao processo de hibridização, Bitter et al.¹³⁷ correlacionaram as características morfológicas da dentina com a resistência de união adesiva de pinos de fibra de vidro à dentina radicular. Os pinos foram cimentados variando os cimentos (Panavia F 2.0[®], PermaFlo DC[®], Variolink II[®], RelyX Unicem[®] e Clearfil Core[®]). O cimento de resina autoadesivo, que mostrou a formação de camada híbrida e *tags* apenas esporadicamente, tinha as maiores forças de adesão. Os resultados indicaram que as interações químicas entre o cimento adesivo e a hidroxiapatita podem ser mais cruciais para a ligação da dentina radicular do que a capacidade do mesmo material para hibridizar a dentina.

Heintze¹⁶² afirma que, para estudos *in vitro*, inúmeros parâmetros podem avaliar o desempenho de diferentes materiais e técnicas operatórias, sendo um deles os testes de resistência de união. Os resultados destes testes são capazes de correlacionar e explicar os fenômenos clínicos. O autor afirma também que os sistemas adesivos dentários devem ser capazes de oferecer adesão à dentina e ao esmalte, selamento dos túbulos dentinários, redução de sensibilidade pós-operatória, selamento marginal e redução de alterações na coloração marginal e cáries.

O estudo da resistência de união adesiva é necessário para o teste de produtos novos no mercado, assim como as variáveis encontradas nos tratamentos clínicos¹⁶³. Existem vários testes indicados para avaliar a resistência de união adesiva^{107,164-166}. O teste de *push-out* é atualmente o mais utilizado, podendo-se variar, os tipos de pinos, cimentos e tratamentos do substrato¹⁶⁷. Estes testes têm ISO próprias para o direcionamento e confiabilidade aos seus resultados¹⁶⁸. Goracci et al.¹⁶⁹ compararam a precisão dos testes de micro-tração e de *micropush-out* na capacidade em medir a resistência de união dos pinos de fibra dentro dos canais radiculares. Os autores observaram que o teste de micro-tração apresentava as maiores falhas prematuras dos espécimes durante a fase de corte. Com o teste *micropush-out* não ocorreu falha prematura, a variabilidade da distribuição de dados foi aceitável, e as diferenças regionais na força de adesão nos diferentes terços da raiz pode ser avaliada. Em conclusão, quando se mede a resistência de união dos pinos de fibra, o teste *push-out* parece ser mais confiável do que a técnica de micro-tração.

Porém, alguns parâmetros podem influenciar nos resultados do teste

de *push-out*. Chen et al.¹⁷⁰ investigaram como os parâmetros geométricos de uma amostra e os módulos elásticos da dentina e dos materiais podem afetar a medida da força de adesão. Esta análise foi feita por meio de modelos de elementos finitos que simularam o teste de *push-out*. Os parâmetros avaliados foram o diâmetro do pino, a espessura da amostra e o módulo de elasticidade do material de preenchimento do canal radicular. Os resultados mostraram que os parâmetros geométricos e os materiais têm efeitos sobre a força de ligação *push-out*.

As falhas de adesão dos pinos podem ser atribuídas também ao alto grau de sensibilidade na técnica, presença de resíduos de substâncias ou materiais que foram utilizados nos procedimentos anteriores, ou ao preparo inadequado do substrato dentinário^{27,171}. De acordo com Santos et al.¹⁷² algumas soluções utilizadas nos procedimentos de preparo químico-mecânico, podem afetar a estrutura das paredes dentinárias, interferindo nas propriedades adesivas dos materiais restauradores. Já Vasconcelos¹⁵³ após avaliar, *in vitro*, a influência de remanescente de materiais obturadores endodônticos sobre a resistência de união adesiva de pinos de vidro cimentados, concluiu que os materiais endodônticos não alteraram a resistência adesiva de pinos de fibra de vidro.

Técnicas de aplicação e manuseio podem influenciar na resistência de união de cimentos autoadesivos, quando utilizado na cimentação de núcleos de fibra¹⁷³. Kim et al.¹⁷⁴ compararam amostras de pinos de fibra de vidro cimentados com cimentos autoadesivos, variando a maneira de inserção destes no canal (inserção direta do cimento no pino, uso de brocas Lentullo, e pontas alongadas de inserção). Foi realizado teste de *push-out* em amostras dos três terços da raiz. Os autores concluíram que o grupo que utilizou as pontas de inserção para o cimento apresentou os melhores resultados para a resistência de união, e que as maiores falhas ocorreram na interface cimento/dentina ou do modo misto. Soares et al.¹² avaliaram a influência de alguns tipos de cimentos na resistência de união de pinos de fibra de vidro nas diferentes profundidades do canal radicular. Foram testados pinos serrilhados e paralelos e pinos cônicos e lisos, além de três marcas de cimentos autoadesivos (RelyX ARC[®], RelyX Unicem[®] e MaxCem[®]). Os maiores valores de resistência de união ocorreram no grupo do cimento RelyX Unicem[®] nos três terços do canal radicular. A forma e tipo do pino de fibra de vidro não influenciou nos resultados. Daleprane et al.¹⁷⁵ avaliaram a resistência de união adesiva de pinos de fibra de vidro cimentados em raízes de dentes bovinos, variando os tipos de

cimentos utilizados (RelyX ARC[®], RelyX U200[®], C & B/All-Bond 2[®]). Foi realizado o teste de *push-out* nos diferentes níveis da raiz. Os autores concluíram que o tipo do cimento não interferiu nos resultados, e que o terço cervical foi o que apresentou os menores valores em comparação com os outros terços. Gomes et al.¹⁷⁶ avaliaram a influência do sistema de cimentação na resistência adesiva por meio de teste de *push-out*. As raízes de 48 incisivos centrais humanos foram preparados e separadas de acordo com o sistema de cimentação a ser utilizado (AdperScotchbond Multi-Purpose[®] + cimento resinoso RelyX ARC[®]; Adper SingleBond 2[®] + RelyX ARC[®] e RelyX U100[®] cimento resinoso autoadesivo). Os pinos de fibra de vidro foram cimentados de acordo com as instruções dos fabricantes. O teste de *push-out* e o padrão de falha foram analisados após 1 semana. Os autores concluíram que o cimento autoadesivo (RelyX U100[®]) apresentou os melhores resultados em comparação com os outros grupos.

A interferência da umidade das paredes dentinárias na resistência de união de pinos cimentados em canais radiculares também deve ser considerada. Em estudo *in vitro* foi avaliado a cimentação de pinos de fibra de vidro em canais secos (desidratados com aplicação de álcool), canais secos com pontas de papel absorventes, canais úmidos (utilização de seringa fazendo movimento de sucção da umidade) e canais totalmente inundados. Os autores concluíram que os canais que foram secos com cones de papel absorventes tiveram os melhores valores para a resistência de união¹⁷⁷. Também Rezende et al.¹⁷⁸ avaliaram os diferentes padrões de umidade (seco, úmido e molhado) ideal sobre a resistência de união de pinos de fibra de vidro por meio de teste de *push-out* e nanoinfiltração por meio de avaliação em MEV. Os autores concluíram que as paredes dentinárias devem ficar ligeiramente úmidas antes de se realizar o processo de cimentação dos pinos com cimentos resinosos.

Também Guedes et al.²⁶ investigaram a influência de solventes de guta-percha na resistência de união, por meio de teste de *push-out*, de pinos de fibra de vidro cimentados em canais radiculares de dentes bovinos. O teste mecânico de *push-out* e a avaliação do padrão de falha foram realizados após o corte das amostras. Os autores puderam observar que a utilização de xilol e o óleo de laranja, como solventes de guta-percha não influenciou na resistência de união de pinos de fibra de vidro de canal radicular. Os valores no terço cervical foram superiores que nos outros terços para todos os grupos, sendo a falha entre cimento e dentina a

mais observada em todos os terços.

Uma das dificuldades para estudos *in vitro*, como os testes de resistência, é a aquisição de dentes humanos. As questões éticas, dificuldades na obtenção de amostras em bom estado e dificuldades na padronização destas são as mais encontradas¹⁷⁹. Alguns estudos oferecem como alternativa os dentes de animais. Assim, dentes suínos, bovinos e de roedores têm sido utilizados em alguns estudos^{175,180-181}. Os dentes bovinos oferecem algumas vantagens como a facilidade de aquisição de amostras em bom estado e padronização da idade do animal¹⁷⁹. Apesar de algumas avaliações apontarem as diferenças estruturais microscópicas dos substratos dentinários^{162,182-183}, outras oferecem dados que suportam a substituição dos dentes humanos por dentes bovinos^{19,179,184-186}, inclusive em testes que avaliam a resistência adesiva¹⁸⁷.

3 PROPOSIÇÃO

O objetivo do presente estudo foi avaliar a influência do uso de dois agentes quelantes, EDTA a 17% e quitosana a 0,2%, em associação com agitação ultrassônica, na resistência de união de pinos de fibra de vidro à dentina intrarradicular por meio de ensaio mecânico de *micropush-out*; avaliar o tipo de falha adesiva decorrente do conjunto pino/cimento/dentina; e avaliar a capacidade de remoção da lama dentinária do substrato dentinário por meio da análise em microscopia eletrônica de varredura (MEV). Em todas as situações foram considerados os terços apical, médio e cervical do canal radicular.

4 METODOLOGIA

4.1 SELEÇÃO E PREPARO DOS DENTES

O projeto de pesquisa foi submetido e aprovado pelo Comitê de Ética de Uso de Animais da Universidade do Norte do Paraná sob o número de protocolo 046-15 (Anexo 1).

Para a realização da pesquisa foram selecionados 65 incisivos bovinos, a partir de dentes coletados em frigorífico, com acompanhamento do veterinário responsável pela inspeção dos animais abatidos (Anexo 2). Previamente à seleção, os dentes passaram por procedimento de remoção de remanescentes de tártaro e tecido periodontal com a utilização de curetas periodontais. Foi realizado profilaxia com pedra pomes e água, e então os espécimes foram armazenados em solução de cloramina 0,05% (Farmácia Nossa Senhora de Fátima, Cuiabá, MT, Brasil) durante 7 dias. Em seguida os espécimes foram armazenados em potes de plástico contendo soro fisiológico e armazenados em estufa (37°C, 100% de umidade relativa) por 72h.

A seleção se deu por meio de exame visual e radiográfico, utilizando o critério da similaridade da morfologia anatômica externa e interna de dentes de animais adultos¹⁸⁸. Os dentes deveriam apresentar similaridade no tamanho e forma das raízes, canais com diâmetros menores que 1 mm e ápices completamente formados. Dentes com calcificações total ou parcial foram descartados. Para o exame radiográfico, os dentes foram dispostos no sentido orto e méso radial sobre filmes periapicais Ektaspeed EP (Kodak Brasileira Comércio e Indústria Ltda, São José dos Campos, SP, Brasil), seguidos por exposição de 0,5 seg e distância objeto-filme de 10 cm. As radiografias foram avaliadas com auxílio de negatoscópio (Konex, Konex Ind e Com. de Metais Ltda, São Paulo, SP, Brasil) e aparato visualizador magnificador (X-Produkter, Malmö, Suécia). Os dentes selecionados deveriam apresentar formação completa e sem alterações morfológicas das raízes, ausência de curvaturas intensas, integridade das estruturas radiculares, ausência de calcificações dos canais radiculares e reabsorções internas ou externas.

Por meio de teste piloto prévio, o diâmetro apical dos dentes foi definido¹⁸⁹, sendo o instrumento K #40 (Dentsply - Maillefer, Ballaigues, Suíça) o que

apresentou a melhor adaptação (Figura 1).

Os dentes e coroas que não foram utilizados nesta pesquisa foram armazenados em *freezer* para utilização nos próximos estudos.

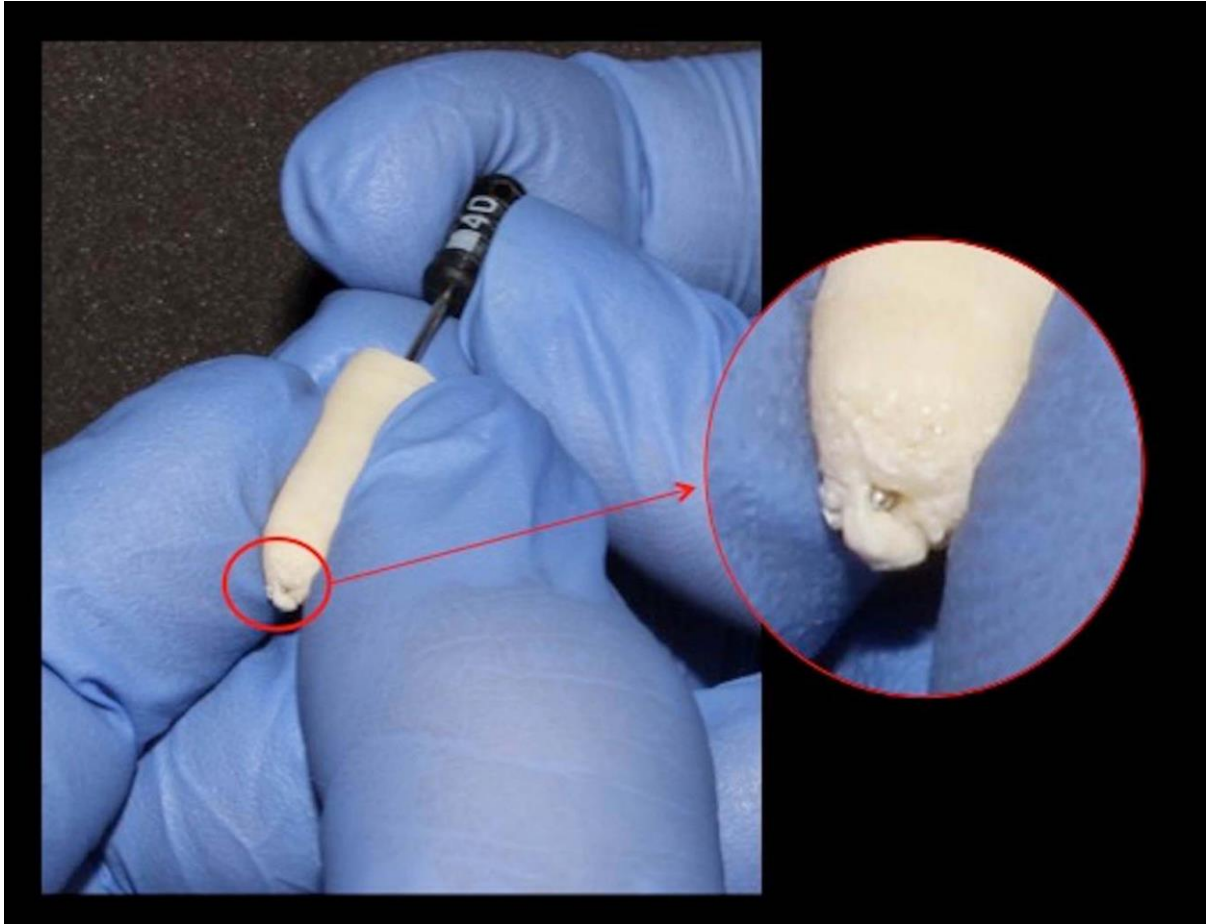


Figura 1 – Determinação do diâmetro apical na amostra. Em maior aumento, instrumento endodôntico em posição mais apical no canal radicular.

Para a obtenção dos corpos-de-prova, delineados a partir da porção radicular dos dentes, registrou-se a distância de 17 mm a partir do ápice radicular em direção à porção coronária. A esta distância, as porções coronárias foram seccionadas perpendicularmente ao longo eixo do dente com disco diamantado dupla face (KG Sorensen, São Paulo, Brasil), em baixa rotação e sob refrigeração constante. As distâncias foram conferidas com paquímetro digital (Mitutoyo Sul Americana Ltda, Santo Amaro, São Paulo, SP, Brasil) (Figura 2).

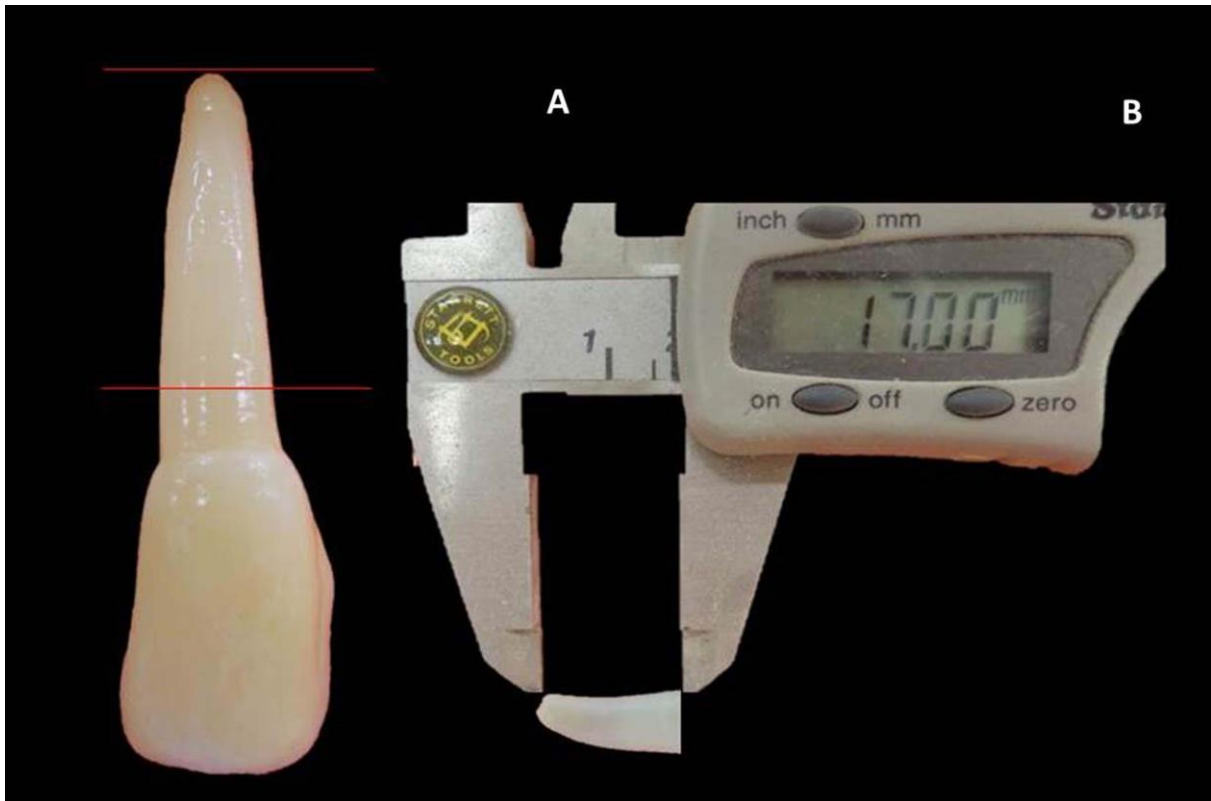


Figura 2 - A. Demarcação das referências no dente bovino selecionado. **B.** Conferência do comprimento da porção radicular por meio de paquímetro digital.

4.2 PREPARO DO CANAL RADICULAR

Para a determinação do comprimento de trabalho de todas as raízes, o terço cervical do canal radicular foi irrigado com 2 mL de solução de NaOCl 2,5% (Dermus, Florianópolis, SC, Brasil), e o instrumento K #15 (Dentsply - Maillefer, Ballaigues, Suíça) foi introduzido até sua ponta coincidir com o forame apical. Desta medida obtida foi subtraído 1 mm, estabelecendo-se o comprimento real de trabalho.

Após o esvaziamento do conteúdo radicular com lima K #15 (Dentsply - Maillefer, Ballaigues, Suíça), e o preparo químico-mecânico realizado pela técnica coroa-ápice, foram utilizadas brocas LA Axxxess® #3 (D0 = 0,45 mm e conicidade de 0,06 mm/mm) [SybronEndo Corporation, West Collins, Orange, CA, Estados Unidos] para preparo dos terços cervical e médio dos canais, acionadas por meio de micromotor (Dabi Atlante, Ribeirão Preto, SP, Brasil).

Os instrumentos ProTaper Universal® F4 (40/06) e F5 (50/05) (Dentsply - Maillefer, Ballaigues, Suíça) foram utilizados em motor elétrico X-Smart Plus (Dentsply - Maillefer, Ballaigues, Suíça) em velocidade de 300 rpm e torque 3, durante 3 a 5 s para o preparo dos canais, sendo F5 considerado o último

instrumento apical. Durante a etapa de preparação das raízes, utilizou-se 2 mL de NaOCl 2,5% (Dermus, Florianópolis, SC, Brasil) após a exploração, 2 mL no alargamento dos terços cervical e médio e 1 mL a cada troca de instrumento utilizado no preparo biomecânico. Ao final da instrumentação, o canal foi irrigado com mais 2 mL de NaOCl a 2,5%. Para este procedimento, foram utilizadas seringas plásticas descartáveis (Ultradent Produtos Inc, South Jordan, Utha, Estados Unidos) e cânulas de 21 mm de comprimento e gauge 29 Nav Tip[®] (Ultradent Produtos Inc, South Jordan, Utha, Estados Unidos).

Com a finalidade de remover possíveis raspas de dentina provenientes da instrumentação, os canais radiculares foram lavados com 20 mL de água deionizada por meio de seringa com bico tipo Luer lock[®] (BD, São Paulo, SP, Brasil) conectada a uma cânula plástica Capillary Tip[®] (Ultradent Produtos Inc, South Jordan, Utha, Estados Unidos). O líquido remanescente foi aspirado com cânula de aspiração. A seguir os canais foram secos com cones de papel absorventes, correspondente ao último instrumento apical #50 (Dentsply - Maillefer, Tulsa, Ok, Estados Unidos), e as substâncias quelantes à base de EDTA e quitosana foram aplicadas.

4.3 PREPARO DAS SOLUÇÕES QUELANTES UTILIZADAS

As soluções de EDTA trissódico a 17% e de quitosana a 0,2%, utilizadas nesta etapa, foram formuladas em farmácia de manipulação (Farmácia Hygia, Cuiabá, MT, Brasil), seguindo as especificações de Silva et al.⁶¹.

As soluções foram preparadas com reagentes de grau analítico e com água purificada por um sistema de Osmose Reversa com Luz Ultravioleta (Quimis, Diadema, SP, Brasil) com condutividade elétrica inferior a 1 μ S.

Para o preparo da solução de EDTA 17%, 17 gramas de EDTA (Merck). Foram adicionadas a 100 mL de água deionizada. A solução formada, com coloração branca, foi agitada por meio de um agitador magnético e em seguida gotejou-se lentamente o hidróxido de sódio 5 mol. L⁻¹, até se obter pH 7,25. A solução final tinha aspecto límpido e transparente. O EDTA, depois de aviado, foi colocado em recipiente plástico âmbar com tampa.

A solução de quitosana a 0,2% foi prepara da em um béquer de 200 mL. Foram pesadas 0,2 gramas de quitosana (ACROS Organics, Geel, Bélgica) e

adicionado 100 mL de ácido acético 1% (Glacial Comercial Ltda, Curitiba, PR, Brasil). A mistura foi agitada por meio de agitador magnético por 2 horas, aproximadamente, até obter uma mistura homogênea cristalina com pH 3,2.

4.4 GRUPOS EXPERIMENTAIS

O tamanho da amostra foi calculado, considerando $\alpha=0,05$, para a detecção de diferenças entre os grupos, utilizando-se um software estatístico¹⁹⁰. Os espécimes foram numerados de 1 a 65 e distribuídos aleatoriamente para um dos cinco grupos (n=13) usando o mesmo software¹⁹⁰. O programa foi definido de acordo com o número de espécimes em cada grupo (n=13), o número de grupos (n=5) e o nome de cada grupo de acordo com as soluções testadas conforme Tabela 1.

Com exceção das raízes do grupo controle, após a realização da fase anterior, todos os canais receberam 5 mL da solução quelante, a qual permaneceu por 3 min quantificados por cronômetro. Nos grupos onde se deu o uso do ultrassom, a agitação foi realizada no último minuto de permanência da solução. Para a introdução das soluções no interior dos canais radiculares, utilizou-se cânula de 21 mm de comprimento e gauge 29 (Nav Tip TM, Ultradent Products Inc, South Jordan, Utha, EUA) montada em seringa plástica descartável (Ultradent Products Inc, South Jordan, Utha, EUA).

Tabela 1 - Distribuição dos grupos experimentais de acordo com as substâncias quelantes e o protocolo de agitação

Grupo	Substância Quelante	Tempo	Forma de agitação	Total de Espécimes
Controle	Ausente	Ausente	Ausente	13
Qitosana	Qitosana 0,2%	3 min	Ausente	13
Qitosana+ultrassom	Qitosana 0,2%	3 min	Ultrassom (minuto final)	13
EDTA	EDTA 17%	3 min	Ausente	13
EDTA+ultrassom	EDTA 17%	3 min	Ultrassom (minuto final)	13

Após o tempo previsto os canais foram irrigados com 2 mL de NaOCl a 2,5%, e seguida pela irrigação com 2 mL de água destilada e deionizada por 1 min.

4.5 OBTURAÇÃO DOS CANAIS RADICULARES

Nesta etapa foram utilizadas 10 raízes de cada grupo da amostra inicial, quando os canais foram secos com cones de papel absorventes, correspondente ao último instrumento apical #50 (Dentsply - Maillefer, Tulsa, Ok, Estados Unidos) e obturados pela técnica híbrida de *Tagger*, utilizando cones de guta-percha principal, correspondente ao último instrumento apical, # 50 (Dentsply - Maillefer, Ballaigues, Suíça), cones secundários F (Dentsply - Maillefer, Tulsa, Ok, Estados Unidos), espaçador C (Dentsply - Maillefer, Ballaigues, Suíça) e cimento endodôntico AH Plus® (Dentsply - Maillefer, Ballaigues, Suíça). Após a condensação lateral do terço apical, foram utilizados condensadores de *Macspaden* #60 (Dentsply - Maillefer, Tulsa, Ok, Estados Unidos), para a condensação termoplastificada da obturação.

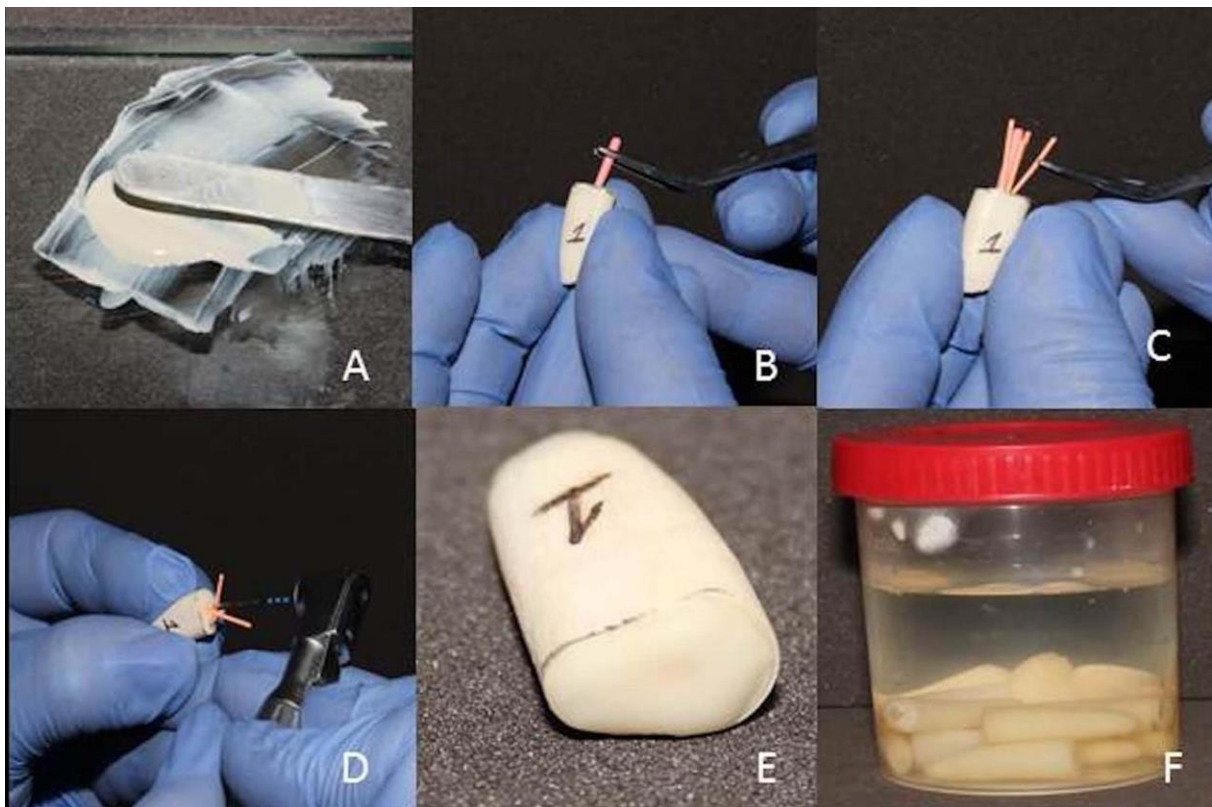


Figura 3- Sequência operatória para a obturação dos canais radiculares: **A.** Preparo do cimento obturador. **B.** Prova do cone principal. **C** Condensação lateral. **D.** Plastificação da guta-percha com termo-condensadores do tipo *MacSpadden*. **E.** Selamento provisório com resina composta. **F.** Dentes armazenados em água destilada após a finalização do tratamento endodôntico.

Após a obturação, os corpos-de-prova foram radiografados no sentido ortorrádial. Os orifícios dos canais foram selados com resina micro-híbrida

fotopolimerizável (TPH Spectrum[®], Dentsply Indústria e Comércio Ltda, Petrópolis, Brasil)¹⁹¹ e foram mantidos em estufa (37°C e 100% de umidade relativa) por 24 h (Figura 3).

4.6 PREPARO DO ESPAÇO PARA O RETENTOR INTRARRADICULAR

O preparo para inserção do retentor radicular foi realizado por meio de broca Largo Peeso CA n. 5 (Dentsply - Maillefer, Ballaigues, Suíça), correspondentes aos pinos de fibra de vidro paralelos e serrilhados de 1,5 mm de diâmetro (Reforpost n. 3; Angelus, Londrina, PR, Brasil), e complementados por compactadores palmo-digitais (Dentsply - Maillefer, Ballaigues, Suíça) aquecidos no comprimento de 13 mm (aproximadamente 2/3 do comprimento do canal radicular), mantendo-se 3 mm de material obturador no terço apical, condição confirmada mediante radiografia periapical convencional. Os canais foram irrigados a cada troca de broca e ao final do preparo com NaOCl 2,5% e secos com cones de papel absorvente.

4.7 CIMENTAÇÃO DO RETENTOR INTRARRADICULAR

Previamente a cimentação dos pinos pré-fabricados, todas as raízes foram cobertas com cera utilidade para evitar polimerização lateral decorrente da fotoativação do cimento (Figura 4).



Figura 4 – Raiz protegida com cera utilidade previamente a cimentação do pino de fibra de vidro.

Na sequência, os pinos pré-fabricados de fibra de vidro Reforpost n 3 (Angelus, Londrina, Paraná, PR, Brasil) foram limpos com álcool 70% por 15 seg e, em seguida, foi aplicado silano (Angelus, Londrina, Paraná, PR, Brasil) com utilização de pontas aplicadoras Microbrush (KG Sorensen, Barueri, SP, Brasil) por 1 min. Todos os retentores foram cimentados com cimento resinoso autoadesivo RelyX U200[®] (3M-Espe, Sumaré, SP, Brasil) manipulado de acordo com as instruções do fabricante.

Após a manipulação, o cimento foi levado no canal com auxílio de instrumento Lentulo #60 (Dentsply-Maillefer, Ballaigues, Suíça) e aplicado na superfície do pino, que foi inserido no interior do canal com pressão digital. O excesso de cimento foi removido após 1 min. Após 3 min, foi realizada a fotopolimerização com unidade de fotoativação por LED Radium-Cal[®] (SDI, Bayswater, Austrália) na intensidade de 1200 mW/cm², distância foco-objeto de 4 mm, durante 40 s na região cervical, em direção ao longo eixo da raiz, e oblíquo às superfícies vestibular e lingual, totalizando 120 s por raiz (Figura 5). A interface dentina-cimento-

pino foi selada com resina composta e 15 min após a cimentação dos pinos pré-fabricados, as raízes foram armazenadas em água destilada por 24 h a 37°C.

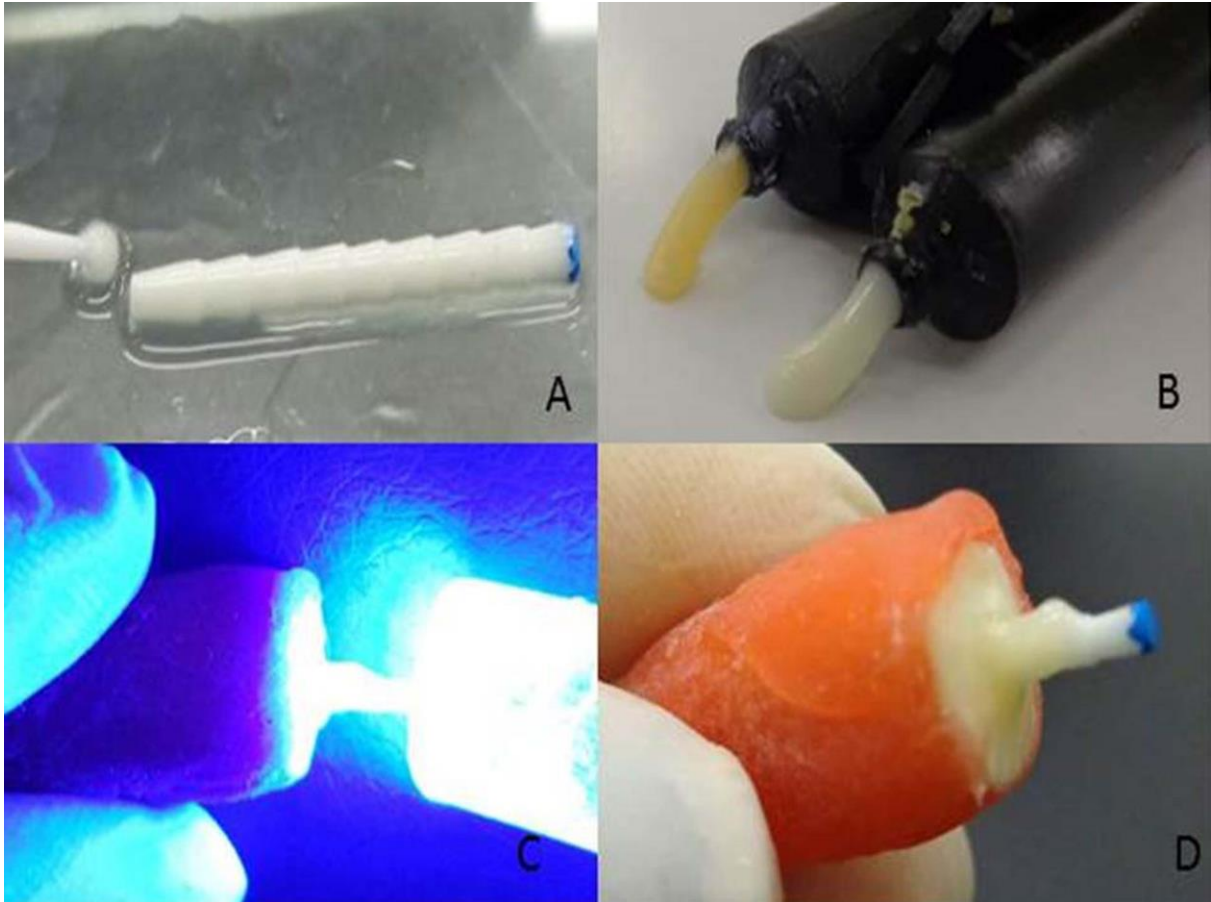


Figura 5- **A-** Silanização do pino de fibra de vidro. **B-** Proporção pasta base e catalizadora do cimento RelyX U200®. **C-** Fotopolimerização do cimento. **D-** Pino cimentado no canal radicular.

4.8 PREPARO DAS AMOSTRAS PARA O ENSAIO DE *MICROPUSH-OUT*

Após armazenamento (24h), as raízes foram numeradas e distribuídas segundo os grupos experimentais. Após este passo, elas foram coladas em placa de madeira com auxílio de godiva em bastão (Lysanda Produtos Odontológicos Ltda, São Paulo, SP, Brasil) e então foram seccionadas transversalmente com disco diamantado de dupla face (4lx 0,12 x 0,12, Extec, Enfield, CT, Estados Unidos) montado em micrótomo de tecido duro (Isomet 1000, Buehler, Lake Bluff, IL, Estados Unidos) sob refrigeração constante em velocidade de corte calibrada em 250 rpm (Figura 6).

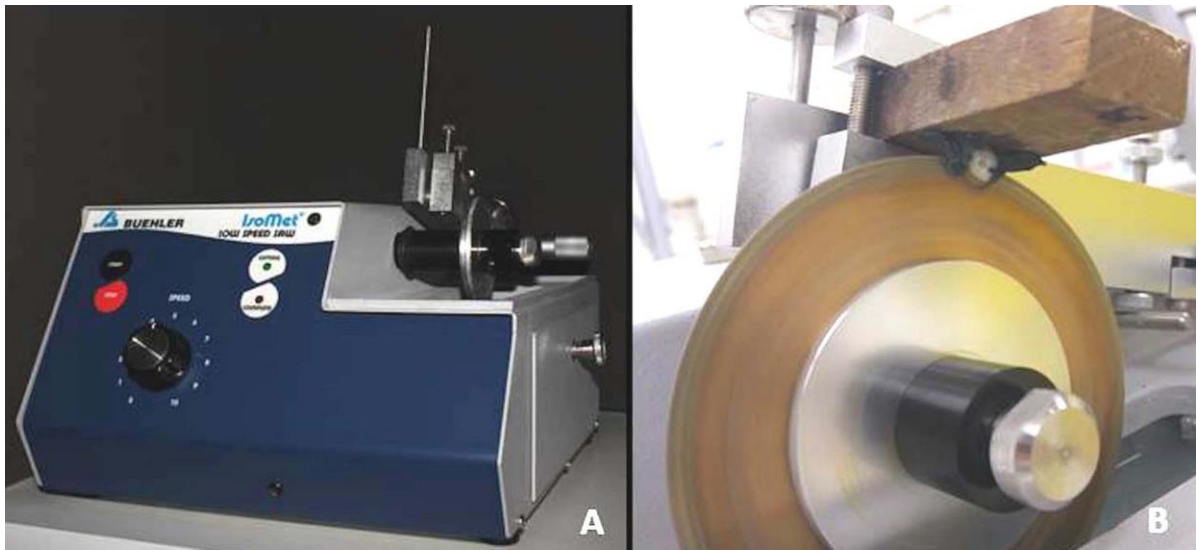


Figura 6 – A. Micrótomo de tecido duro. B. Corte da amostra por meio de disco diamantado.

Dois discos de 2 mm de espessura de cada terço (cervical, médio e apical) foram obtidos em corte único garantindo superfícies planas (Figura 7). As amostras de cada terço receberam identificação da face apical com caneta marcadora de tinta permanente e resistente à água (Pilot Pen do Brasil, São Paulo, SP, Brasil).

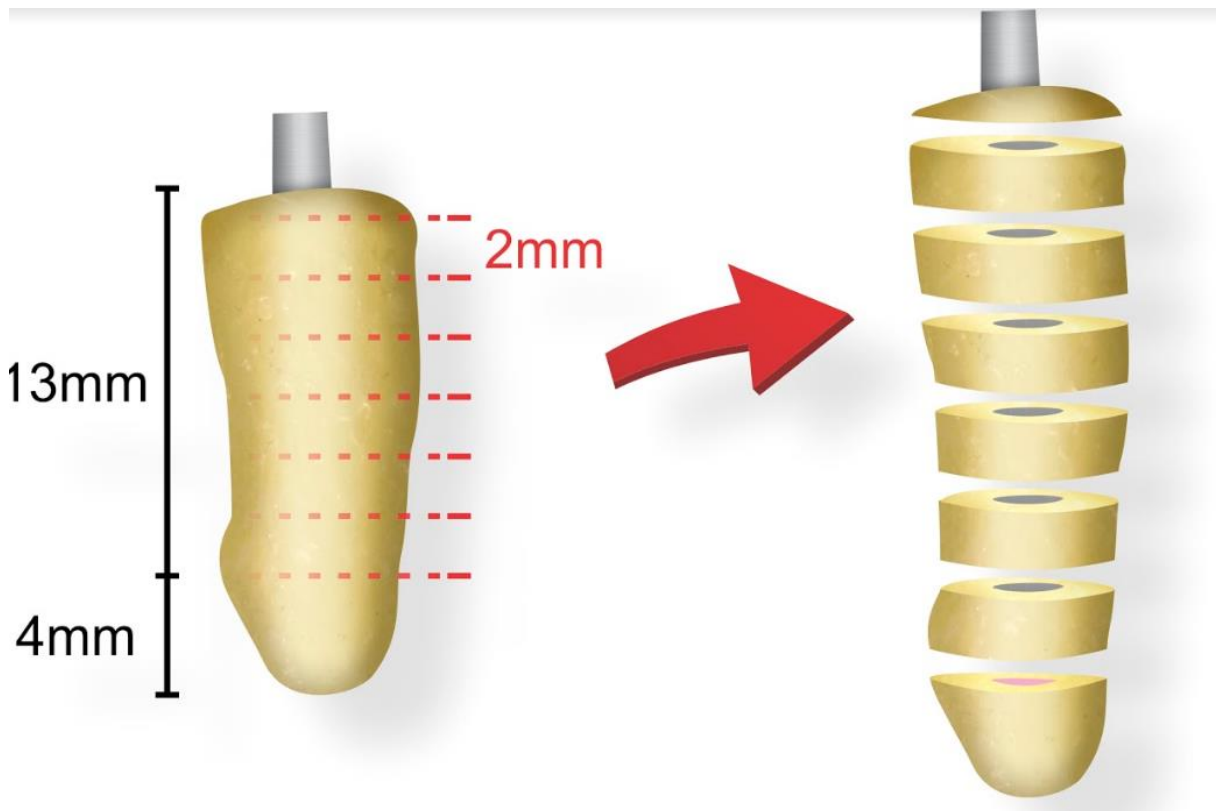


Figura 7- Esquema demonstrativo da obtenção de 6 fatias de 2 mm de espessura, sendo 2 de cada terço estudado.

4.9 ENSAIO DE RESISTÊNCIA DE UNIÃO

Para a determinação da resistência de união entre o pino pré-fabricado e as paredes dentinárias do preparo intrarradicular, adotou-se o teste de push-out, realizado em conformidades com as normas da ISO 11405110¹⁶⁸.

Para a realização do ensaio foi utilizado dispositivo constituído por base metálica em aço inoxidável com 3 cm de diâmetro, contendo orifício de 2 mm na região central e ponta aplicadora de carga com 1 mm de diâmetro e 3 mm de comprimento. A escolha desta ponta foi feita a partir das informações do fabricante do pino sobre os diâmetros cervical (1,5 mm) e apical (1,1 mm) do pino Reforpost n 3 (Angelus, Londrina, Paraná, PR, Brasil).

Após o posicionamento do conjunto na base da máquina de ensaio mecânico universal Instron 5965 (Instron Crp, Canton, Estados Unidos) contendo célula de carga de 20 Kgf, individualmente posicionou-se os discos de forma que a ponta aplicadora de carga coincida com o orifício da base metálica (Figura 8), e então, foram submetidos ao carregamento de compressão no sentido ápice/coroa, a uma velocidade de 0,5 mm/min, até ocorrer falha no sistema.



Figura 8 – A. Máquina de ensaio mecânico Instron 5965. B. Dispositivo para teste de resistência de união (*push-out*). C. Base metálica contendo orifício de 2 mm de diâmetro. D. Amostra posicionada no dispositivo.

Os valores da força de deslocamento foram obtidos em Newtons. A resistência de união em MPa foi calculada por meio da divisão da força pela área da interface adesiva. O cálculo da área foi utilizando a fórmula: $A = \pi \cdot \{[(R+r)] \times [h^2 + (R-r)^2]^{0,5}\}$ (π é a constante 3.14, R é o raio da face cervical do pino, r é o raio da face apical do pino e h a espessura dos espécimes em mm)^{12, 191} (Figura 9).

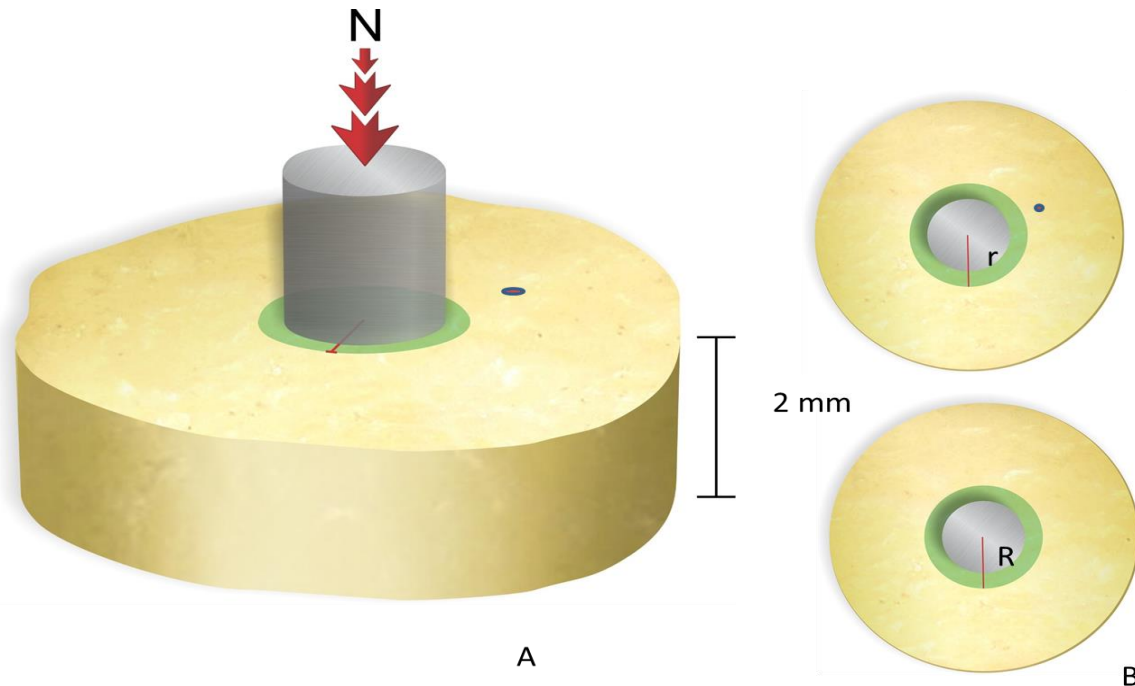


Figura 9 – **A.** Esquema demonstrativo da face da amostra que recebeu a força; **B.** Regiões onde foram obtidas as medidas dos raios (R e r) para o cálculo da força em MPa.

4.10 AVALIAÇÃO DO PADRÃO DE FALHA

Após a mensuração da resistência de união, os cortes foram observados por meio de microscópio óptico Leica DM 500B (Leica Microsystems, Heerbruigg, Suíça), equipado com software Laz Ez (Leica Microsystems, Heerbruigg, Suíça) (Figura 10). Foi utilizado um aumento de 40 vezes para determinar a natureza da falha, classificando-as de acordo com a Tabela 2^{164,206}.

Tabela 2 - Classificação de tipos de falhas

Classificação	Tipo de falha	Local da falha (interface)
A	Adesiva	Pino/cimento, Cimento/dentina
C	Mista	Pino/cimento/dentina ⁹⁸
D	Coesiva	Cimento, Dentina, Pino

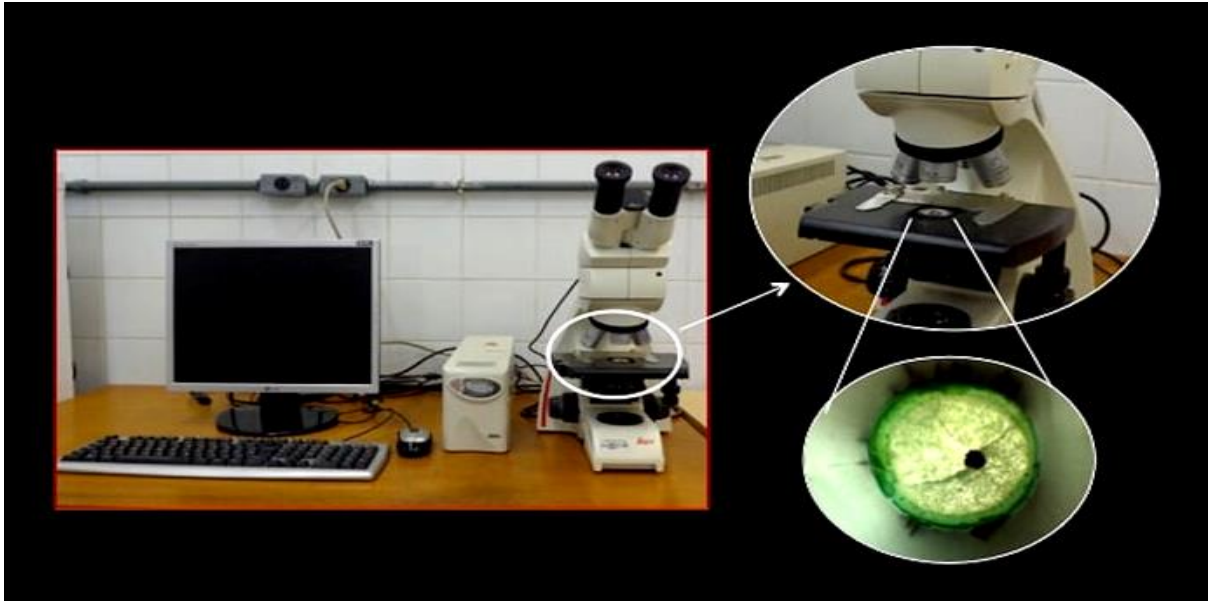


Figura 10 - Microscópio óptico Leica DM 500B. À direita imagem captada durante a avaliação.

4.11 AVALIAÇÃO DO SUBSTRATO DENTINÁRIO

Do número total de amostras iniciais ($n=13$), 10 foram utilizadas no ensaio de resistência de união. As 3 raízes restantes de cada grupo, haviam sido separadas após a utilização das substâncias quelantes e irrigação com 10 mL de água deionizada, foram utilizadas nesta avaliação.

Na sequência, as raízes receberam dois sulcos diametralmente opostos (faces vestibular e palatina) realizados com discos de carborundum acoplados à peça reta do micro-motor (Dabi-Atlante, Ribeirão Preto, SP, Brasil) cuidadosamente realizados para que não houvesse exposição do canal radicular, evitando assim, a deposição de resíduos dentinários sobre a superfície do canal a ser avaliada. Por meio de cinzel bi-bizelado foi realizado a clivagem dos espécimes longitudinalmente ao meio. A porção com menos irregularidades e com melhor qualidade de extensão do canal radicular foi selecionada para a avaliação em MEV (Figura 11).

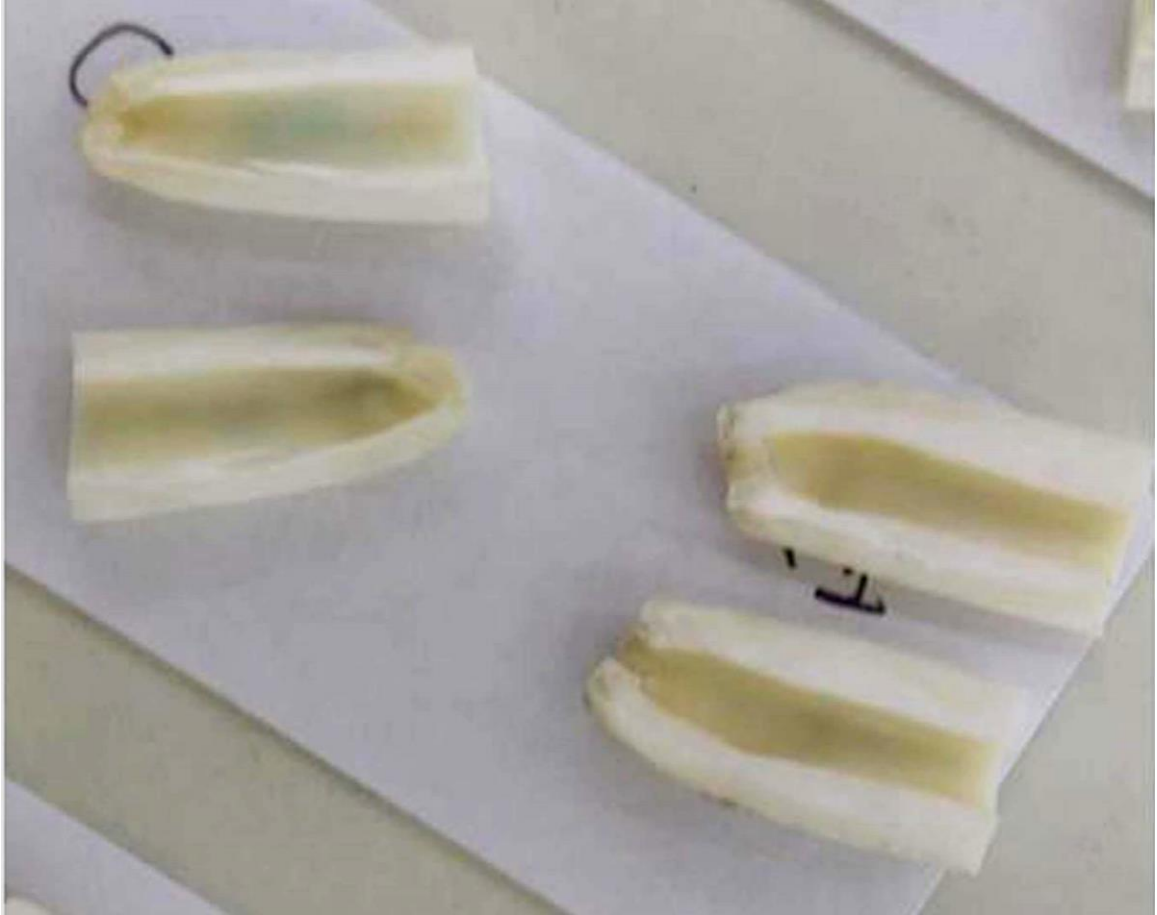


Figura 11 - Amostras clivadas no sentido longitudinal e separadas.

Os espécimes passaram por bateria ascendente de álcool (Merck, Darmstadt, Alemanha) de 50%, 60%, 70%, 80%, 96% e 100%, sendo mantidos por uma hora em cada solução e finalizados com dois banhos, de uma hora cada, em álcool absoluto –100% (Merck, Darmstadt, Alemanha) (Figura 12). A secagem foi realizada em ponto crítico de CO₂ por meio de equipamento Autosamdri[®], 815, Series A (Tousimis Research Corporation, Rockville, Maryland, Estados Unidos).

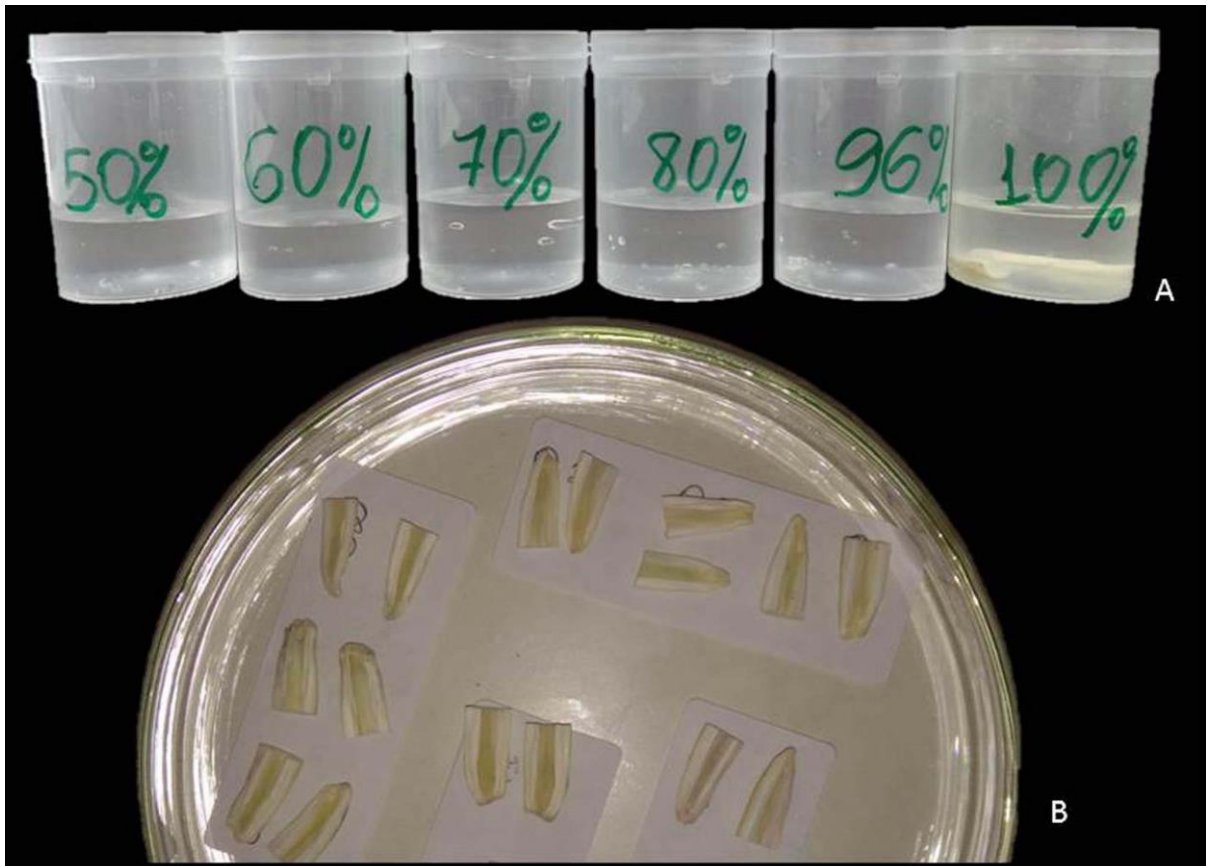


Figura 12 – Processo de desidratação das amostras: **A-** Bateria ascendente de álcoois. **B-** Amostras separadas e secas.

Concluído o processo de desidratação, as amostras foram montadas sobre “stubs” de 10 mm de diâmetro por 17 mm de altura previamente identificados de acordo com cada grupo experimental, denominados “stubs”, utilizando fita adesiva de dupla face de carbono (Electron Microscopy Sciences, Distrito de Columbia, Washington, Estados Unidos). As amostras foram metalizadas, com fina camada (cerca de 30 nm) de ouro ou uma liga de ouro e paládio sob os espécimes em aparelho de metalização a vácuo (Denton Vacuum Inovações, Moorestown, Nova Jersey-Estados Unidos), com pressão de 0,01 mbar, corrente de 40 mA, distância de trabalho de 50 mm, tempo de cobertura de 110 s e espessura média de deposição de 20 a 30 nm (Figura 13).

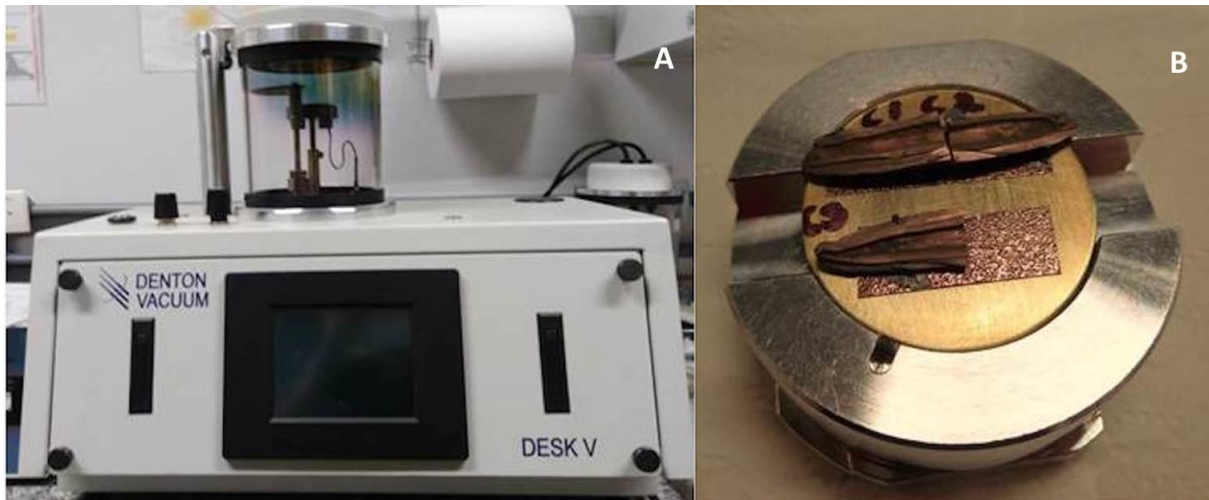


Figura 13 – **A-** Aparelho de metalização a vácuo. **B-** Grupo experimental com amostras metalizadas inseridas no *stub*.

Após a metalização, os espécimes preparados foram levados ao microscópio eletrônico de varredura MEV Jeol JSM 6610 (Thermo scientific NSS Spectral Imaging, Tóquio, Japão) do Laboratório de Microscopia LabiMic (Laboratório Multiusuário de Microscopia de Alta Resolução, UFG, Goiânia, GO, Brasil), utilizando-se comprimento de onda excitatório de 488 nm. O cursor selecionou as regiões centrais da amostra a partir do ápice em 3 mm (porção apical), 9 mm (terço médio) e 15 mm (terço cervical). As imagens foram processadas com a ajuda do software Zeiss LSM Image Browser (Southwest Environmental Health Science Center, Universidade do Arizona, Tucson, Arizona, Estados Unidos) (Figura 14). Na sequência, foram obtidas as fotomicrografias eletrônicas de varredura dos terços apical, médio e cervical, com aumento de 500X. Estas imagens foram avaliadas segundo o aspecto qualitativo de remoção da lama dentinária.

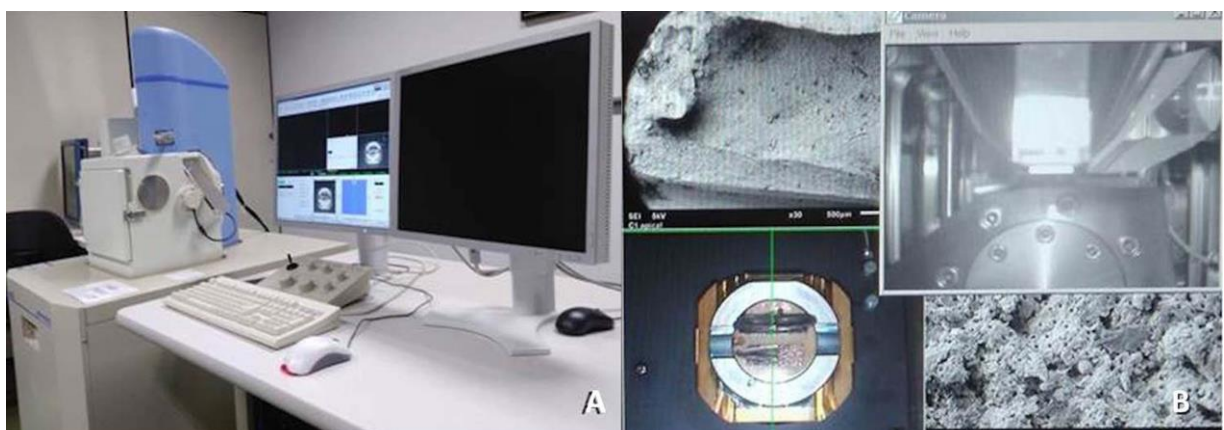


Figura 14 - **A-** Microscópio eletrônico de varredura Jeol JSM 6610. **B-** Imagens das amostras no momento da análise.

As fotomicrografias foram tabuladas sem identificação e submetidas a 3 examinadores, previamente calibrados, para avaliação da remoção da lama dentinária, pela técnica de cegamento. Os avaliadores, doutores em Endodontia, atribuíram escores que variaram de 1 a 5 seguindo a escala proposta por Takeda et al.¹⁹² (Tabela 3) conforme a quantidade de lama dentinária visualizada no campo.

Tabela 3 – Escores utilizados para a análise da remoção da camada de lama dentinária

ESCORES	DESCRIÇÃO
1	Camada de lama dentinária recobrindo toda a superfície.
2	Camada de lama dentinária recobrindo parcialmente a superfície e poucos túbulos visíveis.
3	Cerca de metade da superfície com lama dentinária e metade com túbulos abertos.
4	Camada de lama dentinária recobrindo pouca superfície e túbulos visíveis.
5	Ausência da camada de lama dentinária na superfície.

*Análise da limpeza das paredes dentinárias.

4.12 ANÁLISE ESTATÍSTICA

A análise estatística dos dados da resistência adesiva foi realizada por meio do *software* R (R version 3.3.2)¹⁹⁰. Os dados foram submetidos ao teste de normalidade (Shapiro-Wilk). Os resultados quantitativos da resistência de união adesiva foram testados com a análise de variância (Anova) e a comparação entre as médias foi feita pelo teste de Tukey ($\alpha=0,05$), considerando os grupos e os terços radiculares correspondentes (Anexo 3).

Os valores do padrão de falha foram expressos em porcentagem (%).

A análise dos escores obtidos na avaliação por MEV, foi correlacionada pelo teste Kappa, onde o grau de concordância entre os avaliadores foi de 80%, e seus resultados foram expressos em porcentagem (%).

5 RESULTADOS

5.1 RESISTÊNCIA DE UNIÃO ADESIVA (TESTE DE *MICROPUSH-OUT*)

A Tabela 4 descreve as médias da resistência de união adesiva do teste de *micropush-out* entre os grupos testados. Os dados originais estão expressos no anexo 4.

Tabela 4 – Resistência de união adesiva, medida em MPa, de acordo com os grupos estabelecidos

Grupos	Controle	EDTA	Quitosana	EDTA+ Ultrassom	Quitosana+ Ultrassom
Média (± Desvio padrão)	8,88±5,03 ^a	6,39±4,01 ^b	9,97±5,39 ^a	9,69±3,90 ^a	10,10±5,04 ^{a*}

*Letras diferentes demonstram diferenças estatísticas significantes ($p < 0,05$).

O grupo EDTA apresentou o menor valor de resistência de união, sendo estatisticamente diferente ($p < 0,05$) dos demais, que foram iguais entre si ($p > 0,05$) (Figura 15).

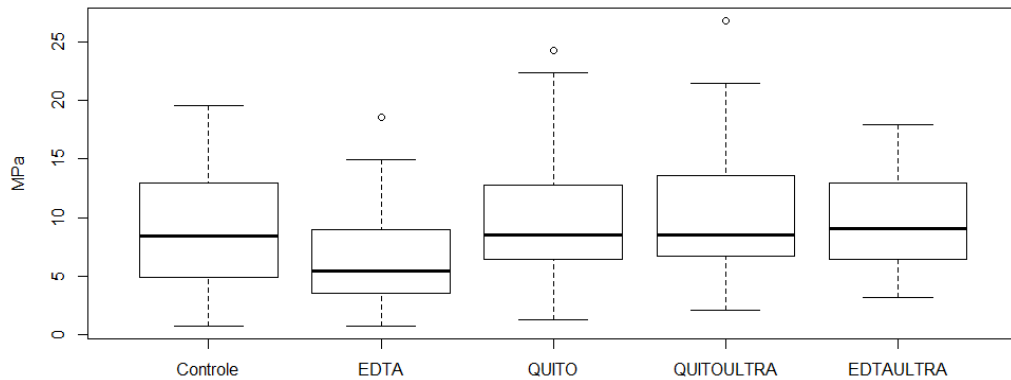


Figura 15- Diagrama de distribuição dos dados referentes aos valores de resistência de união adesiva (MPa) obtidos em cada grupo avaliado

A análise das médias e desvios padrão da resistência de união por terços nos grupos testados está demonstrada na Tabela 5.

Tabela 5– Resistência de união adesiva, medida em MPa, considerando os terços de cada grupo constituído (médias±desvio padrão).

TERÇO	GRUPOS				
	Controle	EDTA	Quitosana	EDTA+ Ultrassom	Quitosana+ Ultrassom
Apical	6,95±4,67 ^a	5,59±3,03 ^a	8,14±3,39 ^a	7,32±2,67 ^a	7,85±4,12 ^a
Médio	8,83±5,21 ^a	6,51±4,57 ^a	8,96±4,93 ^a	8,45±3,08 ^a	8,14±3,19 ^a
Cervical	10,86±4,64 ^a	7,06±4,32 ^b	12,80±6,43 ^a	13,31±3,08 ^a	14,33±5,37 ^a

*Letras diferentes demonstram diferenças estatísticas significantes nas colunas ($p < 0,05$).

O grupo EDTA apresentou as menores médias em todos os terços. Quando aplicado o teste estatístico, o terço cervical deste grupo apresentou a maior média e estatisticamente diferente dos terços apical e médio ($p < 0,05$). Os valores do terço cervical de todos os grupos foram maiores que os dos terços apical e médio.

A análise das médias e desvios padrão da resistência de união por terços está demonstrada na Tabela 6.

Tabela 6 – Resistência de união adesiva, medida em MPa, de acordo com os terços testados (média ± desvio padrão).

TERÇOS	APICAL	MÉDIO	CERVICAL
Média± Desvio padrão	7,17±3,54 ^a	8,18±4,29 ^a	11,67±5,44 ^b

*Letras diferentes demonstram diferenças estatísticas significantes ($p < 0,05$)

O terço cervical apresentou os maiores valores, com diferenças estatísticas para os demais terços ($p < 0,05$). O resultado estatístico demonstrou não haver diferenças significantes entre os terços apical e médio ($p > 0,05$) (Figura 16).

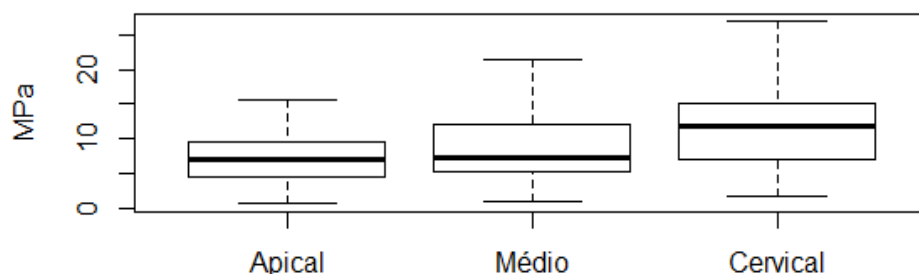


Figura 16 – Diagrama de distribuição dos dados referentes aos valores de resistência de união adesiva (MPa) obtidos por terços independentemente dos grupos avaliados

5.2 PADRÃO DE FALHA

A tabela 7 mostra os valores em percentual do padrão de falha ocorrido após o teste de *micropush-out* nos grupos testados. A falha adesiva entre o cimento e a dentina foi mais frequente em todos os grupos testados

Tabela 7 - Padrão de falha de acordo com os grupos testadas (%).

Padrão de falha	GRUPOS				
	Controle (n=60)	EDTA (n=60)	Quitosana (n=60)	EDTA+ Ultrassom (n=60)	Quitosana+ Ultrassom (n=60)
Adesiva	76,66	90,00	80,01	71,67	83,33
Mista	5,00	5,00	1,66	-	-
Coesiva	18,34	5,00	18,33	28,33	16,67

A tabela 8 mostra os valores em percentual do padrão de falha ocorrido após o teste de *micropush-out* em função dos terços do canal (n=60). A falha adesiva foi mais frequente em todos os terços testados. O terço de ocorrência variou entre os grupos. Os grupos EDTA e quitosana+ultrassom apresentaram os maiores valores no terço cervical. No grupo controle a maior frequência deste tipo de falha ocorreu nos terços médio e apical. Nos grupos EDTA+ultrassom e quitosana a maior frequência desta falha ocorreu no terço apical. A falha coesiva do cimento foi o segundo tipo mais frequente em todos os grupos. A falha coesiva no pino foi a menos frequente e ocorreu somente no terço apical do grupo quitosana.

Tabela 8 - Padrão de falha de acordo com os terços testados (%)

Padrão de falha/terço		GRUPOS				
		Controle n=20	EDTA n=20	Quitosana n=20	EDTA+ Ultrassom n=20	Quitosana+ Ultrassom n=20
Adesiva	C	16(26,67%)	19(31,67%)	13(21,67%)	11(18,34%)	19(31,66%)
	M	15(25,00%)	20(33,33%)	17(28,33%)	15(25,00%)	16(26,67%)
	A	15(25,00%)	15(25,00%)	18(30,00%)	17(28,33%)	15(25,00%)
Mista	C	0(0,00%)	0(0,00%)	0(0,00%)	0(0,00%)	0(0,00%)
	M	0(0,00%)	0(0,00%)	1(1,67%)	0(0,00%)	0(0,00%)
	A	3(5,00%)	3(5,00%)	0(0,00%)	0(0,00%)	0(0,00%)
Coesiva	C	4(6,67%)	1(1,67%)	7(11,67%)	9(15,00%)	1(1,67%)
	M	5(8,33%)	0(0,00%)	2(3,33%)	5(8,33%)	4(6,67%)
	A	2(3,33%)	2(3,33%)	2(3,33%)	3(5,00%)	5(8,33%)

As imagens dos tipos de falha estão exemplificadas na Figura 17. A falha coesiva no pino foi a menos frequente, ocorrendo somente no grupo quitosana.

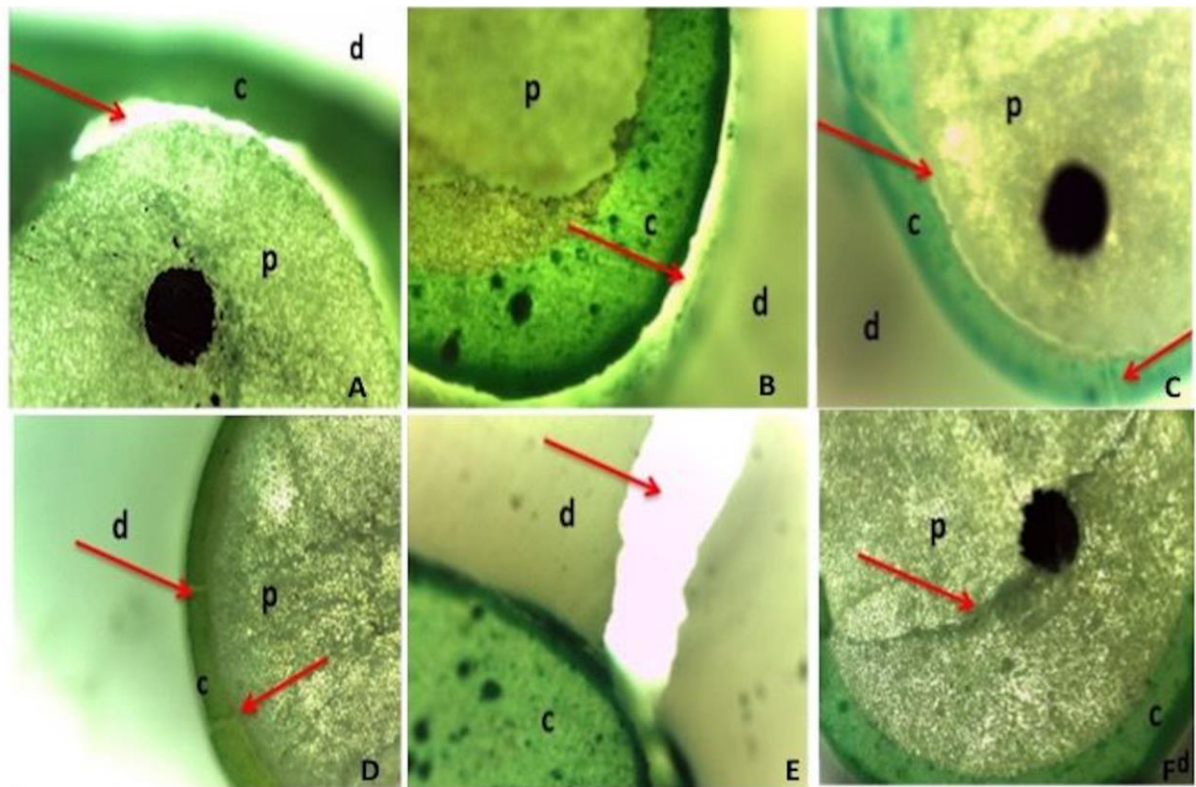


Figura 17 – Padrões de falha encontrados na análise por meio de microscópio óptico. (c- cimento. d- dentina. p- pino) indicados por seta. **A-** Falha adesiva (entre cimento e pino). **B-** Falha adesiva (entre cimento e dentina). **C-** Falha mista. **D-** Falha coesiva (cimento). **E-** Falha coesiva (dentina). **F-** Falha coesiva (pino).

5.3 MICROSCOPIA ELETRÔNICA DE VARREDURA

Para a análise dos resultados obtidos após a avaliação das fotomicrografias (Anexo 5), a comparação entre os avaliadores para a verificação da normalidade da amostra foi realizada pelo teste Kappa. O resultado para este teste foi de 85%. Por meio deste resultado, foi possível verificar que houve concordância significativa entre os avaliadores (Anexo 6).

A tabela 9 mostra os valores absolutos e percentuais obtidos em cada grupo, quanto à presença de lama dentinária no terço apical. No terço apical os grupos controle, EDTA, quitosana e quitosana+ultrassom apresentaram frequência de escores 1, 2 e 3 sinalizando abundante presença de lama dentinária neste terço. O grupo EDTA+ultrassom apresentou escore 4 (100%), caracterizando a menor quantidade de lama dentinária entre todos os grupos neste terço. Nenhum grupo neste terço exibiu a remoção total da lama dentinária, correspondente ao escore 5.

Tabela 9 – Frequência, em porcentagem, da presença de lama dentinária, no terço apical de acordo com a substância. (n=3)

Grupo	Escore				
	1	2	3	4	5
Controle	33,33	66,66	-	-	-
EDTA	-	66,66	33,33	-	-
Quitosana	-	-	100,00	-	-
EDTA+ultrassom	-	-	-	100,00	-
Quitosana +ultrassom	-	66,66	33,33	-	-

*1- Camada de lama dentinária em toda a superfície. 2- Camada de lama dentinária na maior parte da superfície, com poucos túbulos visíveis. 3- Camada de lama dentinária em metade da superfície. 4- Camada de lama dentinária poucas áreas da superfície e muitos túbulos visíveis. 5- Ausência de lama dentinária na superfície

A tabela 10 mostra os valores absolutos e percentuais obtidos em cada grupo, quanto à presença de lama dentinária no terço médio.

Tabela 10 - Frequência, em porcentagem, da presença de lama dentinária, no terço médio, de acordo com a substância. (n=3)

Grupo	Escore				
	1	2	3	4	5
Controle	33,33	66,66	-	-	-
EDTA	-	33,33	33,33	33,33	-
Quitosana	-	33,33	33,33	-	33,33
EDTA+ultrassom	-	-	-	100,00	-
Quitosana +ultrassom	-	33,33	66,66	-	-

*1- Camada de lama dentinária em toda a superfície. 2- Camada de lama dentinária na maior parte da superfície, com poucos túbulos visíveis. 3- Camada de lama dentinária em metade da superfície. 4- Camada de lama dentinária poucas áreas da superfície e muitos túbulos visíveis. 5- Ausência de lama dentinária na superfície

No terço médio houve distribuição mais homogênea dos escores entre os grupos avaliados. O grupo EDTA+ultrassom foi o que apresentou 100% escore 4, portanto, a maior porcentagem, enquanto o grupo controle apresentou as menores porcentagens quanto a remoção da lama dentinária. Somente uma amostra do grupo quitosana apresentou remoção total da lama dentinária.

A tabela 11 apresenta os valores absolutos e percentuais quanto à presença de lama dentinária no terço cervical.

Tabela 11 - Frequência, em porcentagem, da presença de lama dentinária, no terço cervical, de acordo com a substância. (n=3)

Grupo	Escore				
	1	2	3	4	5
Controle	66,66	33,33	-	-	-
EDTA	33,33	-	33,33	-	33,33
Quitosana	33,33	66,66	-	-	-
EDTA+ultrassom	-	-	-	33,33	66,66
Quitosana +ultrassom	-	100,00	-	-	-

*1- Camada de lama dentinária em toda a superfície. 2- Camada de lama dentinária na maior parte da superfície, com poucos túbulos visíveis. 3- Camada de lama dentinária em metade da superfície. 4- Camada de lama dentinária poucas áreas da superfície e muitos túbulos visíveis. 5- Ausência de lama dentinária na superfície

No terço cervical houve maior frequência dos escores 1, 2 e 3 nos grupos controle, EDTA, quitosana e quitosana+ultrassom indicando menor remoção da lama dentinária nestes grupos. O grupo EDTA+ultrassom apresentou escores 4 e 5, com as maiores porcentagens quanto à remoção de lama dentinária neste terço. O grupo EDTA apresentou um elemento com escore 5.

Na comparação entre os terços, o terço médio foi o que apresentou

menor quantidade de lama dentinária, seguido pelo terço cervical. O terço apical foi o que apresentou maior quantidade de escores 1, 2 e 3, portanto maior quantidade de lama dentinária.

As fotomicrografias, obtidas a partir de avaliação em microscopia eletrônica de varredura, e os escores atribuídos a elas estão exemplificadas na figura 18.

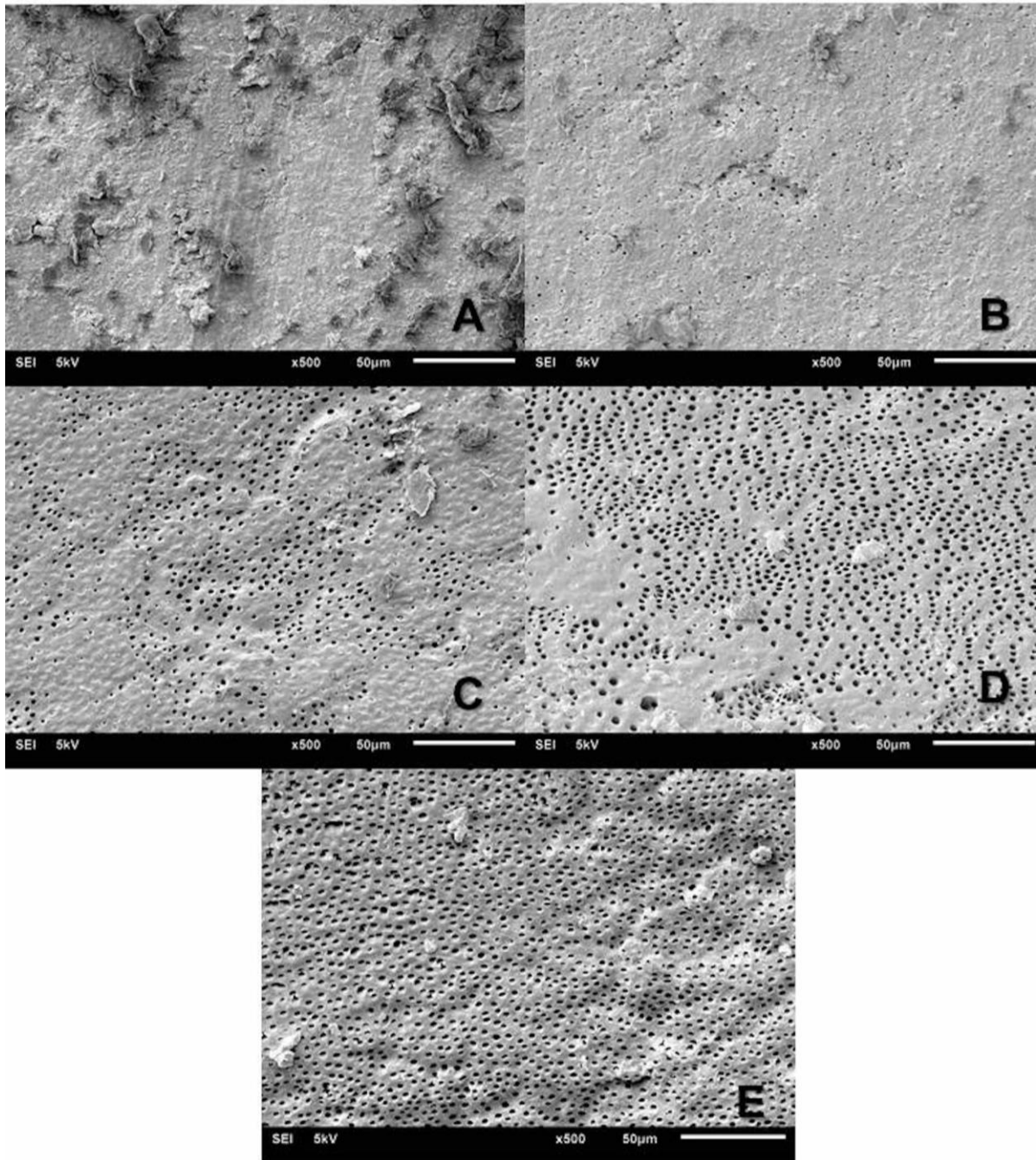


Figura 18 - Imagens obtida a partir da análise das amostras em MEV e escores referentes à qualidade de remoção da lama dentinária. **A-** Escore 1. Área totalmente (100%) coberta por lama dentinária. **B-** Escore 2. Lama dentinária cobrindo a maior parte (75%) da área, com poucos túbulos visíveis. **C-** Escore 3. Lama dentinária recobrendo metade (50%) da área. **D-** Escore 4. Lama dentinária cobrindo pequena parte (25%) da área, com muitos túbulos visíveis. **E-** Escore 5. Ausência de lama dentinária.

6 DISCUSSÃO

A metodologia proposta avaliou o uso de dois agentes quelantes, EDTA 17% e quitosana 0,2%, na resistência de união adesiva de pinos de fibra de vidro à dentina intrarradicular, por meio de teste de *micropush-out*. Os resultados mostraram que o grupo EDTA reduziu a resistência de união de pinos de fibra de vidro, enquanto que os outros grupos não influenciaram. A hipótese nula foi parcialmente aceita.

O processo reabilitador de dentes tratados endodônticamente é considerado um procedimento que merece atenção especial para o planejamento adequado^{5-6,58-64,113,193}. A literatura comprova que por estes dentes apresentarem destruição de estrutura mineralizada⁸, torna-se necessário a indicação de retentores intrarradiculares^{6,7,11,115,118-124}.

Os pinos intrarradiculares possibilitam a reabilitação do elemento dental e conseqüente longevidade⁶⁵. Porém, Ferrari et al.¹⁵⁸ e Melo¹⁵⁹ alertam que a forma e composição dos pinos interferem no processo de adesão às paredes dentinárias do canal radicular. Neste estudo foram utilizados pinos de fibra de vidro^{10-11,127,194}, que compensam a perda estrutural da dentina⁹. Esta indicação está apoiada nos resultados dos estudos de Scotti et al.⁹, Abduljawad et al.¹³ e Razimick et al.¹⁶⁰. Além disso, são pinos que oferecem ótimos resultados quanto a resistência adesiva¹²⁶, distribuem homogeneamente as tensões na interface adesiva^{14,18,128}, tem tempo operatório reduzido, o que diminui o risco de contaminação do canal radicular¹²⁹.

Considerando que o grau de retenção de pinos intrarradiculares está relacionado e é também determinado pela seleção do sistema de cimentação^{155-156,195}, foi feita a opção por utilizar cimento autoadesivo RelyX U200[®]. Kececi et al.¹³⁶, Bitter et al.¹³⁷, Calixto et al.¹⁵, Gomes et al.¹⁷⁶ e Sarkis-Onofre et al.¹⁶ afirmaram que os maiores valores de resistência de união adesiva de pinos de fibra de vidro acontecem quando é utilizado agente cimentante resinoso autoadesivo, não sendo influenciado pela forma do pino^{12,17,133}. Soares et al.¹³⁰ e Naumann et al.¹³¹ concordam que o cimento utilizado pode interferir na força de retenção e resistência de união destes pinos as estruturas dentárias. A opção por este cimento é justificada devido suas propriedades como alta aderência, estabilidade a longo prazo¹³⁸, e menor sensibilidade à técnica, quando comparado aos cimentos regulares²⁴. Soares

et al.¹² e Skupien et al.²⁴ demonstraram que a estrutura fibro-resinosa dos pinos de fibra de vidro favorece este tipo de cimentação^{21,129,130,132}. Pamato et al.¹³⁸ verificaram que a resistência adesiva do cimento (RelyX U200®) pode ser influenciada pelo protocolo de hibridização, anterior a sua cimentação. Porém os cimentos autoadesivos são capazes de formar uma interação química com a hidroxiapatita da dentina radicular, conferindo assim maiores valores de força de adesão^{137,175}.

Problemas como a descimentação destes pinos é relativamente frequente na clínica¹⁴⁰, o que fez Goracci et al.¹¹ considerarem o processo adesivo dos pinos intrarradiculares como crítico. Fatores como a homogeneidade na hibridização de todas as paredes dentinárias¹⁵⁶⁻¹⁵⁷, forma e largura do canal radicular^{20,142,154}, alto grau de sensibilidade da técnica adesiva¹⁷³⁻¹⁷⁴, grau de umidade das paredes dentinárias¹⁷⁷⁻¹⁷⁸, presença de resíduos de materiais e/ou substâncias utilizadas em procedimentos anteriores^{153,172}, ou o preparo inadequado do substrato dentinário^{27,171} são citados como possíveis causas. Para a cimentação do pino de fibra de vidro, as informações de manipulação do cimento e preparo do pino, fornecidos pelos fabricantes foram seguidas. O cimento foi levado ao canal radicular por meio de broca Lentullo e com a utilização do próprio pino. Esta escolha foi feita no sentido de ter distribuição mais homogênea do cimento em todos os terços do canal radicular. Os trabalhos de Kim et al.¹⁷⁴ e Rasimick et al.¹⁶⁰ sustentam esta opção.

Estudos de resistência de união adesiva são importantes e necessários para testar novos produtos e variáveis experimentais¹⁶³. Neste estudo foi utilizado o teste de *micropus-out* para a avaliação de resistência de união adesiva dos materiais à dentina^{12,166-167,196,197}. Goracci et al.¹⁶⁹ pontuaram vantagens para este teste, como a menor perda de espécimes, distribuição regular do *stress*, menor variabilidade nos resultados e correlação com os fenômenos clínicos¹⁶². Já Chen et al.¹⁷⁰ chamam a atenção para as variáveis como diâmetro do pino, espessura da amostra e módulo de elasticidade que devem ser consideradas quando os valores de resistência adesiva forem comparados, por isso é importante estabelecer um rigoroso conjunto de orientações para a realização do teste. O tipo, o diâmetro, e o comprimento do pino, assim como a broca (Largo nº 5) utilizada no preparo, foram padronizados com o objetivo de redução das variáveis.

Após o teste *micropush-out*, as amostras apresentam áreas de

falhas¹⁶⁴. A exata determinação da localização destas falhas é importante para melhorar a técnica de cimentação destes pinos e reduzir os riscos de perdas destas estruturas²⁶. Para a análise do padrão de falha foi utilizada um microscópio óptico com aumento de 4x, acoplado a um computador munido de *software* que permitiu a captura das imagens^{26,113}. Foram atribuídos escores que contemplam todos os tipos de falhas possíveis para o conjunto pino/cimento/dentina quando submetidos a testes de união adesiva por *micropush-out*^{164,191}.

Kalil e Heid¹⁸⁰ e Sousa et al.¹⁸¹ consideraram os dentes bovinos como alternativas a serem utilizadas em testes *ex-vivo*. No presente estudo, a opção por incisivos bovinos ocorreu principalmente devido às questões éticas discutidas atualmente, à dificuldades na obtenção de amostras de dentes humanos de qualidade e padronização destas^{12,179}. Costa et al.¹⁹⁸ sugeriram dentes bovinos para estudo *ex-vivo* devido à sua semelhança morfológica ao dente humano. Neste sentido alguns estudos^{19,179,184-186} utilizaram este tipo de dente, inclusive em testes que avaliaram resistência adesiva^{26,144,175,187}. Já Lopes et al.^{182,183} e Heintze et al.¹⁶² relataram diferenças estruturais microscópicas nos substratos dentinários de dentes bovinos em comparação com o dente humano. Outro aspecto a ser considerado é a forma e largura dos canais destes dentes¹⁶². Os dentes bovinos apresentam estruturas maiores quando comparadas às dos dentes humanos. Para a padronização da amostra, foram estabelecidos critérios de seleção, determinados por meio de exame visual e radiográfico. Além da completa formação radicular e do diâmetro do canal, foi considerado a semelhança da morfologia externa e interna¹⁸⁸. Espécimes com nódulos dentinários radiculares e/ou completa/parcial calcificação do canal radicular foram descartados. Critérios semelhantes foram utilizados nos estudos de Renovato¹⁵², Costa et al.¹⁸⁷ e Guedes et al.²⁶.

Os quelantes, na odontologia, são substâncias indicadas para a remoção da lama dentinária^{37,40,74-75} no protocolo endodôntico³⁸, que agem por meio de processo chamado quelação³⁷. Apesar de controversa, a remoção da lama dentinária favorece a ação de medicações intracanaís no sistema de canais radiculares^{35,68-70,72,74,75} e a adesão adequada do material obturador na dentina intrarradicular^{32,71,73}. A sua permanência é considerada, por alguns autores como um fator capaz de interferir no processo de adesão^{29,31,45}. Estas constatações estão de acordo com os achados de Lotfi et al.³⁶ que recomendaram a remoção da lama dentinária para a obtenção de valores mais altos na resistência adesiva de dois tipos

de biomateriais nos canais radiculares. Também Zorba et al.²⁹ encontraram os melhores resultados para a resistência de união de pinos cimentados com cimento Mazcem[®], quando a lama dentinária foi removida. Já Aguilar-Mendonza et al.³⁰ apontaram a presença da lama dentinária como dificultador na molhabilidade da dentina por adesivos dentinários, apesar de não afetar a força de adesão no teste *push-out*.

No presente estudo foi utilizado o EDTA e a quitosana como substâncias quelantes. A eficiência do EDTA em remover a lama dentinária já é documentada na literatura^{82,84}. Atualmente, esta substância é mais utilizada e testada na odontologia^{31,38,40,82-84,86}. O EDTA a 17% foi escolhido para a realização dos testes baseado nos resultados encontrados nos estudos de Spanó et al.⁸⁴, Prado et al.⁸², da Silva et al.⁸³ e Tartari et al.⁸⁶. Importante também dizer que esta solução tem pH entre 7,0 e 7,3, que segundo Çalt e Serper⁸¹ é adequado para desmineralização de tecidos duros. Além disto, a associação com o NaOCl para que haja a remoção da porção orgânica da lama dentinária é recomendada por Mello et al.²².

No entanto, alguns estudos foram feitos no sentido de encontrar uma solução substituta ao EDTA^{2,77,82,87-92}, devido a questionamentos sobre a sua capacidade de poluir águas⁴¹. Neste sentido, a quitosana 0,2% foi a substância eleita como comparativo ao EDTA^{60-62,97}. Esta indicação está pautada nas conclusões de Silva et al.⁶¹ que não encontraram diferenças significantes quanto a remoção da lama dentinária, quando a quitosana 0,2% e o EDTA 15% foram utilizados durante três min no canal radicular. Além disso, a quitosana é biomacromolécula⁴⁴⁻⁴⁶, abundante na crosta terrestre^{38,45}, e com indicação terapêutica^{46,48} inclusive na odontologia^{19,50-54,56-57}. O mecanismo de ação na lama dentinária pode ser explicado pelo baixo pH⁹³⁻⁹⁴, e devido a capacidade de grupos amina da sua cadeia ligarem à íons metálicos⁹⁵⁻⁹⁶ como o cálcio, por exemplo.

Uma das formas mais encontradas em estudos de qualidade de remoção da lama dentinária é a análise do substrato dentinário por meio de MEV^{2,22,38,85,110,178}. McComb, Smith e Beagrie¹⁹⁹ ressaltaram que por meio desta análise, é possível observar a lama dentinária, formada durante o preparo biomecânico, obstruindo total ou parcialmente os túbulos dentinários. Ribeiro et al.²⁰⁰ apresentaram como vantagem deste tipo de análise a possibilidade de visualização e avaliação de pequenas estruturas, devido à sua capacidade de magnificação.

Neste estudo foi utilizada a magnificação de 500x, aumento suficiente segundo Justo¹¹¹ para este tipo de avaliação. Viéses observacionais podem ocorrer quando são utilizadas magnificações maiores, pois há restrição das áreas a serem observadas⁷⁹. Importante aspecto a ser considerado é o preparo adequado das amostras. No presente estudo, os procedimentos de clivagem e desidratação foram criteriosamente seguidos, evitando a contaminação da região intracanal das amostras por debris produzidos durante o corte com discos de carborundum. O protocolo de banhos em concentrações ascendentes de álcool foi seguido de acordo com a metodologia proposta. Importante ressaltar que quando da análise o cursor do aparelho percorreu a amostra sempre na sua região mais central nos diferentes terços, evitando possíveis viéses de escolha de regiões com túbulos expostos.

A análise qualitativa das fotomicrografias, por meio de escores, é empregada nos estudos de remoção da lama dentinária^{103,105,110,200}. Neste sentido foi utilizada a escala de avaliação proposta por Takeda et al.¹⁹², por ser capaz de detalhar diferentes graus de remoção de lama dentinária por meio de cinco escores. Esta escala também foi utilizada nos estudos de Silva et al.⁶¹ e Arvanini e Khabbaz⁷⁷. Existem, na literatura, outras escalas utilizadas com quantidade menor de escores^{22,84-86,91,97,112,201}. Três avaliadores, doutores em endodontia, foram selecionados para atribuírem os escores. Todos passaram por treinamento realizado pela mesma pessoa, com objetivo de identificar cada escore da escala utilizada de maneira similar. Importante dizer que os avaliadores foram cegados quanto à magnificação das fotomicrografias e os grupos estudados.

Dois dos grupos avaliados neste estudo tiveram as substâncias quelantes agitadas por meio do ultrassom (EDTA+ultrassom e quitosana+ultrassom). A dispersão da solução irrigadora e o deslocamento da lama dentinária ocorrem de maneira mais efetiva quando esta solução é mecanicamente agitada⁹⁸. Esta indicação está embasada nos resultados nos trabalhos de Lui; Kuali e Chen¹⁰⁰, Castagna et al.¹¹⁰ e Justo¹¹². Existem formas manuais²⁰², rotatórias, por meio de instrumentos montados em baixa rotação¹⁰¹, sistemas sônicos e ultrassônicos¹⁰²⁻¹⁰³, além do laser¹⁰⁴. Já Chopra; Murray e Namerrow¹⁰⁵ afirmam que a remoção da lama dentinária está relacionada com as propriedades da solução independente da forma de agitação.

Na análise da resistência adesiva entre os grupos testados o uso do EDTA sem agitação apresentou os menores valores de resistência de união com

diferença significativa quando comparado aos outros grupos estudados. Há indicativos na literatura que algumas substâncias utilizadas em procedimentos anteriores à colocação dos pinos, podem exercer influência na resistência de união^{23,25,82,149-151}. Os resultados no presente estudo estão de acordo com os estudos de Barreto et al.¹⁴⁷. Estes autores afirmaram que os quelantes (EDTA, Qmix e Smear Clear) testados por eles contribuíram para a redução da resistência de união de pinos cimentados com cimentos RelyX U200. A perda de estrutura mineralizada, devido ao sequestro de íons cálcio pelo EDTA, interfere na interação química do cimento RelyX U200 com os componentes inorgânicos da hidroxiapatita, e pode ter como consequência a perda da resistência adesiva segundo alguns autores^{23,137}. Baena et al.¹⁴⁸ afirmam que o EDTA influencia na resistência adesiva de pinos de fibra de vidro. Por outro lado, os resultados não estão de acordo com os estudos de Cecchin et al.³³, Alfredo et al.¹⁴², Santana et al.¹⁴⁴, Garcia¹⁴⁶ e Akman et al.¹⁴³ que observaram os melhores resultados quando o EDTA 17% foi utilizado previamente ao procedimento adesivo de pinos de fibra de vidro. Shokouhinejad et al.³⁴ comparando o EDTA, clorexidina e NaOCl, não observaram diferenças entre os grupos quanto a resistência de união adesiva.

Os grupos que utilizaram a quitosana apresentaram médias maiores quando comparado ao grupo EDTA. Estes resultados não estão de acordo com os de Saker et al.⁵⁹ que comprovaram que a quitosana 0,2% e o EDTA 17% não afetaram a resistência adesiva de pinos cimentados na dentina. Quando o EDTA foi agitado por ultrassom as médias de resistência adesiva foram maiores, se comparado com o grupo no qual o EDTA não foi agitado. A presença de uma quantidade maior de lama dentinária pode ter interferido na resistência de união. Estes resultados estão de acordo com os achados de Zorba et al.²⁹ que encontraram maiores valores para resistência adesiva quando a lama dentinária foi removida mais efetivamente. Não foram encontradas diferenças significantes entre os outros grupos estudados, sendo que o grupo quitosana+ultrassom apresentou as maiores médias, mas sem diferença para os grupos controle, quitosana e EDTA+ultrassom.

Na análise da resistência adesiva por terços, os valores no terço cervical de todos os grupos foram significativamente maiores quando comparados aos terços médio e apical. Estes resultados estão de acordo com os estudos de Renovato¹⁵², Menezes et al.¹⁵⁵ e Zorba et al.²⁹ que obtiveram valores de resistência adesiva de pinos predominantemente maiores no terço cervical e menores no terço

apical. O melhor escoamento e a distribuição homogênea do cimento no terço cervical podem explicar os resultados obtidos¹⁵⁵. Este resultado vai de encontro aos de Souza et al.¹³⁹, que verificaram a distribuição de dois tipos de cimento, e não obtiveram valores diferentes quanto a resistência adesiva nos três terços da raiz.

Os menores valores de resistência adesiva foram encontrados no terço apical, no entanto, sem diferenças significantes quando comparado ao terço médio. Estes resultados estão de acordo com os estudos de Topcu et al.¹³⁴, Zorba et al.²⁹, Renovato¹⁵² e Pereira et al.¹⁶¹ os quais encontraram menores valores de resistência de união no terço apical, independente do tipo de cimento utilizado. Arvanini e Khabbaz⁷⁷, Tay et al.⁷⁸ e Menezes et al.¹⁵⁷ justificaram este fato pela dificuldade de acesso de substâncias e cimentos a esta região, o que pode impedir a adesão completa de cimentos a todas as paredes dentinárias. Outros fatores a serem considerados são a dificuldade de escoamento do cimento à região apical devido à configuração anatômica e diferentes arquiteturas da dentina desta região^{35,134,135} e o fator de configuração cavitária. Mjor e Nordahl¹³⁵ justificam tal fato afirmando que a densidade e o número reduzido de túbulos dentinários no terço apical, em comparação com os outros terços, influenciaria na resistência adesiva. Lui, Kuali e Chen¹⁰⁰ também encontraram valores de resistência adesiva menores no terço apical e apontaram a dificuldade de limpeza desta região como fator importante a ser levado em consideração.

O EDTA, quando comparado aos demais grupos, apresentou as menores médias de resistência adesiva nos três terços testados. Este resultado está de acordo com Renovato¹⁵², que mostrou que o EDTA reduziu a resistência adesiva de pinos cimentados em canais nos testes imediatos nos terços médio e apical, e em testes após 21 dias da cimentação no terço médio. Este autor justificou tal fato considerando que o EDTA, por sequestrar íons cálcio, altera a hidroxiapatita da dentina, onde ocorre a interação do cimento com a parede dentinária.

A avaliação do padrão de falhas que ocorrem após o deslocamento dos pinos é importante para esclarecer o desempenho das amostras durante o teste de *push-out*. As informações obtidas a partir dos resultados são capazes de auxiliar na melhoria dos materiais e técnicas de cimentação dos pinos nos canais radiculares. Na literatura, as falhas adesivas, são as mais relatadas^{26,144,152,155,174,176}. Neste estudo, este tipo de falha foi a mais frequente em todos os grupos. Quando a falha ocorre na interface cimento/dentina é caracterizada pela ausência de contato

entre o cimento e a dentina, quando na avaliação por microscopia. Barreto et al.¹⁴⁷ encontrou cerca de 53,9% deste tipo de falha, após utilizar substâncias irrigantes, dentre elas três tipos de quelantes, enquanto no presente estudo os percentuais variaram entre 61% a 85% nos grupos estudados. A interface cimento/dentina é a região de adesão mais susceptível a falha no conjunto pino/cimento/dentina, segundo alguns autores^{26,134,141}. Vários motivos são apontados para que a falha nesta interface ocorra, tais como a presença de resíduos de material de obturação dos canais radiculares nas paredes e no interior dos túbulos dentinários^{27,153}, a quantidade insuficiente de cimento nesta interface, alteração química e estrutural da dentina nos procedimentos anteriores a cimentação e as falhas na hibridização das paredes¹⁵⁶⁻¹⁵⁷ durante o processo de cimentação dos pinos. A de se considerar também que a cimentação de pinos de fibra de vidro com cimentos resinosos torna a interface pino/cimento mais homogênea, principalmente devido a constituição fibro-resinosa dos pinos, o que contribui para a menor quantidade de falhas nesta região^{12,17,21,133}. Porém, estes resultados contrastam com os de Bitter et al.¹³⁷ que encontrou a frequência maior de falhas entre pino e cimento.

As falhas adesivas, principalmente as adesivas cimento/dentina foram as mais frequentes, quando foram avaliados os terços. O grupo controle apresentou a maior frequência desta falha nos terços apical e médio, enquanto os grupos EDTA+ultrassom e quitosana apresentaram a maior frequência no terço apical. Quando comparamos estes resultados com os da avaliação da remoção de lama dentinária, nestes grupos, podemos notar que nos terços médio e apical, houve uma frequência de escores mais baixos, indicando menor remoção de lama dentinária se comparado ao terço cervical. A necessidade de remoção de lama dentinária para que aumente a efetividade da adesão entre cimento e dentina explica tal ocorrência^{31,38,39}. Estes resultados podem estar relacionados também com os menores valores da resistência de união nestes mesmos terços, já que este tipo de falha ocorre na interface de união cimento/dentina. A dificuldade de acesso ao terço apical das soluções irrigadoras e dos cimentos, além de falhas na hibridização das paredes e pequena ação dos fotopolimerizadores, podem explicar estas falhas nestes terços, como já comentado anteriormente^{77,78,100,135}. Estes achados corroboram com o estudo de Arisu et al.¹⁴⁵, que encontraram uma frequência maior de falhas no terço médio em comparação ao cervical dos canais radiculares. Porém, este autor encontrou uma frequência maior de falhas mistas, a qual no presente

estudo foi uma das menos frequentes em todos os grupos e terços. As falhas coesivas foram menos frequentes em todos os terços, sendo que a falha coesiva no pino ocorreu somente no terço cervical do grupo quitosana. Estes resultados estão de acordo com os estudos de Guedes et al.²⁶ Santana et al.¹⁴⁴, Gomes et al.¹⁷⁶ e Barreto et al.¹⁴⁷.

As técnicas de preparo biomecânico do canal radicular promovem a formação de lama dentinária. Encontrar soluções e/ou técnicas que promovam a remoção total ou em grande parte da lama dentinária das paredes dos canais radiculares, tem sido motivo de diversos estudos^{41,74-75}, já que a sua permanência diminui a permeabilidade dentinária e interfere na efetividade das medicações intracanaís e a adesão de cimentos às paredes dentinárias ocorre quando a lama dentinária é removida^{32,71-73}. Na avaliação da remoção da lama dentinária os terços cervical e apical apresentaram frequência maior dos escores 1, 2 e 3, demonstrando assim regiões com grande quantidade de lama dentinária. No terço cervical observamos a dificuldade de contenção da solução durante o tempo adequado para a efetividade desta, enquanto que o terço apical apresenta complexidade da anatomia e o aprisionamento de bolhas de ar dificultando o escoamento das soluções irrigadoras e quelantes, e por isso menor ação delas nas paredes dentinárias desta região^{76,78}. Estes achados corroboram com os estudos de Arvaniti e Khabbaz⁷⁷, Tay et al.⁷⁸, Wu e Wesselink⁷⁹, Justo¹¹¹ e Ribeiro³⁹ que também encontraram mais lama dentinária nos terços apical e cervical. No entanto, Da Silva et al.⁸³, comparando a quitosana 0,2%, ácido cítrico e EDTA 15%, não acharam diferenças significantes de presença de lama dentinária entre os terços médio e apical. Se considerarmos os terços, o apical apresentou escores menores em todos os grupos, justificando assim a menor média de resistência de união neste terço.

Quanto a remoção de lama dentinária, considerando os grupos avaliados, observou-se resultados melhores no grupo EDTA+ultrassom, com frequência de escores 4 e 5 em todos os terços. O turbilhonamento causado pela energia ultrassônica nas substâncias quelantes melhora a sua efetividade na remoção da lama dentinária^{100,107,110,111}. Este fato ficou evidente quando na comparação dos resultados dos grupos EDTA e EDTA+ultrassom, já que o primeiro apresentou escores de remoção de lama dentinária menores. Curtis et al.¹⁰⁶, Manicini et al.¹⁰³ e Khaord et al.⁹⁹, evidenciaram que a agitação ultrassônica é capaz de deixar as paredes dentinárias mais limpas quando comparadas à agitação

manual. No entanto, quando comparados os grupos quitosana e quitosana+ultrassom observamos comportamento de distribuição dos escores muito parecido entre os dois grupos. O tipo de interação da quitosana com o substrato pode explicar este comportamento. A solução de quitosana tem pH mais ácido^{93,94}, pois foi manipulada por meio da diluição em ácido acético 1%. A estrutura química da solução de quitosana e o seu baixo pH facilitam o mecanismo de ação sobre a dentina. Os mecanismos de ação desta substância baseiam-se em duas teorias: a ligação do grupo amino de uma cadeia de quitosana se liga ao íon metálico, ou o grupo amino da substância é envolvido na ligação, sendo o íon metálico ancorado ao grupo amino^{95,96}. Assim a utilização do ultrassom não melhorou a efetividade da solução de quitosana nas paredes dentinárias. Estes resultados corroboram com os estudos de Schmidt¹¹² e Justo¹¹¹ que não determinaram diferenças entre os grupos com agitação ultrassônica e os que foram submetidos à irrigação convencional.

Os grupos que utilizaram a quitosana (quitosana e quitosana+ultrassom) apresentaram frequência de escores menores quando comparados aos que utilizaram o EDTA (EDTA e EDTA+ultrassom). Há, na literatura estudos que mostram que tanto o EDTA quanto a quitosana apresentam resultados similares^{60,62,97}. Silva et al.⁶¹ afirmaram, através da avaliação das soluções de quitosana 0,2% e EDTA 15%, ácido cítrico e ácido acético. Os autores observaram que o EDTA e a quitosana apresentaram resultados semelhantes e foram as soluções mais efetivas tanto na remoção da lama dentinária quanto na concentração de íons cálcio.

Frente aos resultados obtidos neste estudo com a utilização de soluções de quitosana 0,2% e EDTA 17%, e observando que não houve diferenças significantes na maioria dos grupos com relação à resistência adesiva de pinos de fibra de vidro cimentados na dentina radicular, é possível descortinar um amplo campo de pesquisa. Os resultados satisfatórios apresentados pela quitosana, e por ser esta uma substância atóxica, com efeito antibacteriano, biodegradável, biocompatível e abundante na natureza⁴¹⁻⁴⁵, possibilitam novas pesquisas no sentido de investigar o uso desta substância como irrigante dos canais radiculares. Além disso, estudos futuros como a sua interferência na resistência adesiva de cimentos obturadores dos canais radiculares e outros materiais restauradores, além do seu efeito no grau de erosão frente à estrutura dentinária e citotoxicidade devem ser estudados.

7 CONCLUSÃO

A partir dos resultados obtidos e considerando a metodologia aplicada neste estudo podemos concluir que:

- O EDTA sem agitação reduziu a resistência de união adesiva de pinos de fibra de vidro cimentados nos canais radiculares.
- A quitosana sem agitação, quitosana+ultrassom e o EDTA+ultrassom não interferiram na resistência de união adesiva de pinos de fibra de vidro cimentados nos canais radiculares.
- O terço cervical apresentou os maiores valores de resistência de união adesiva.
- A falha adesiva cimento-dentina foi a mais frequente em todos os grupos estudados.
- O EDTA+ultrassom apresentou a maior porcentagem na remoção da lama dentinária, e o terço apical foi o que apresentou menor porcentagem na remoção de lama dentinária.

REFERÊNCIAS

1. Estrela C, Sousa-Neto MD, Alves DR, Alencar AH, Santos TO, Pécora JD. A preliminar study of the antibacterial potential of cetylpyridinium chloride in root canals infected by *E.faecalis*. Braz Dent J. 2012; 23(6):645-53.
2. Ashraf H, Asnaashari M, Darmiani S, Birang R. Smear Layer removal in the apical third of root canals by two chelating agents and laser: a comparative in vitro study. IEJ Iranian Endod J. 2014; 9(3):210-4.
3. Rodrigues FB, Paranhos MP, Spohr AM, Oshima HM, Carlini B, Burnett LH JR. Fracture resistance of root filled molar teeth restored with glass fibre bundles. Int Endod J. 2010 May; 43(5):356-62.
4. Chen G, Fan W, Mishra S, El-Atem A, Schuetz MA, Xiao Y. Tooth fracture risk analysis based on a new finite element dental structure models using micro-CT data. Comput Biol Med. 2012 Oct; 42(10):957-63.
5. Qing H, Zhu Z, Chao Y, Zhang W. In vitro evaluation of the fracture resistance of anterior endodontically treated teeth restored with glass fiber and zircon posts. J Prosthet Dent. 2007; 97(2):93-8.
6. Clavijo VG, Reis JM, Kabbach W, Silva AL, Oliveira Junior OB, Andrade MF. Fracture strength of flared bovine roots restored with diferente intrarradicular posts. J Appl Oral Sci. 2009b Nov-Dec; 17(6):574-8.
7. Santana F, Castro C, Simamoto-Júnior P, Soares P, Quagliatto P, Estrela C, et al. Influence of post system and remaining coronal tooth tissue on biomechanical behaviour of root filled molar teeth. Int Endod J. 2011; 44(5):386-94.
8. Souza EM, Do Nascimento LM, Maia Filho EM, Alves CM. The impact of post preparation on the residual dentin thickness of maxillary molars. J Prosthet Dent. 2011 Sep; 106(3):184-90.
9. Scotti N, Rota R, Scansetti M, Paolino DS, Chiandussi G, Pasqualini D, et al. Influence of adhesive techniques on fracture resistance of endodontically treated premolars with various residual wall thicknesses. J Prosthet Dent. 2013 Nov; 110(5):376-82.
10. Schiavetti R, Godoy F, Toledano M, Mazzitelli C, Barlattani A, Ferrari M, et al. Comparison of fracture resistance of bonded glass fiber posts at different lengths. Am J Dent. 2010 Aug; 23(4):227-30.
11. Goracci C, Ferrari M. Current perspectives on post systems: a literature review. Austr Dent J. 2011; 56(Suppl1):77-83.
12. Soares CJ, Pereira JC, Valdivia ADCM, Novais VR, Meneses MS. Influence of resin cement and post configuration on bond strength to root dentine. Int Endod J. 2012; 45(2):136-45.
13. Abduljawad M, Samran A, Kadour J, Al-Afandi M, Ghazal M, Kern M. Effect of

fiber posts on the fracture resistance of endodontically treated anterior teeth with cervical cavities: Na in vitro study. *J Prosthet Dent.* 2016 Jul;116(1):80-4.

14. Silva G, Santos-Filho P, Simamoto-Júnior P, Martins L, Mota A, Soares C. Effect of post type and restorative techniques on the strain and fracture resistance of flared incisor roots. *Braz Dent J.* 2011; 22(3):230-7.

15. Calixto LR, Bandéca MC, Clavijo V, Andrade MF, Vaz LG, Campos EA. Effect of resin cement system and root region on the push-out bond strength of a translucent fiber post. *Oper Dent.* 2012; 37(1):80-6.

16. Sarkis-Onofre R, Skupien J, Cenci M, Moraes R, Pereira-Cenci T. The role of resin cement on bond strength of glass-fiber posts luted into root canals: a systematic review and meta-analysis of in vitro studies. *Oper Dent.* 2014 Jan-Feb;39(1):E31-44.

17. Gómez-Polo M, Llidó B, Rivero A, Río J, Celemín A. A 10-year retrospective study of the survival rate of teeth restored with metal pre-fabricated posts versus cast metal post and cores. *J Dent.* 2010 Nov; 38(11):916-20.

18. Bosso K, Gonini Júnior A, Guiraldo RD, Berger SB, Lopes MB. Stress generated by customized glass fiber posts and other types by photoelastic analysis. *Braz Dent J.* 2015 may-Jun; 26(3):222-7.

19. DaSilva L, Finer Y, Friedman S, Basrani B, Kishen A. Biofilm formation within the interface of bovine root dentin treated with conjugated chitosan and sealer containing chitosan nanoparticles. *J Endod.* 2013 Feb; 39(2):249-53.

20. Zhang YY, Peng MD, Wang YN, Li Q. The effects of ferrule configuration on the anti-fracture ability of fiber post-restored teeth. *J Dent.* 2015 Jan; 43(118):117-25.

21. Baba NZ, Golden G, Goodacre CJ. Nonmetallic prefabricated dowels: a review of compositions, properties, laboratory, and clinical test results. *J Prosthodont.* 2009; 18(6):527-36.

22. Mello I, Kammerer BA, Yoshimoto D, Macedo MCS, Antoniazzi JH. Influence of final rinse technique on ability of Ethylenediaminetetraacetic Acid of removing smear layer. *J Endod.* 2010; 36(3):512-4.

23. Cecchin D, Almeida JF, Gomes BP, Zaia AA, Ferraz CC. Influence of chlorhexidine and ethanol on the bond strength and durability of the adhesion of the fiber posts to root dentin using a total etching adhesive system. *J Endod.* 2011b; 37(9):1310-5.

24. Skupien JA, Sarkis-Onofre R, Cenci MS, Moraes RR, Cenci TP. A systematic review of factors associated with the retention of glass fiber posts. *Braz Oral Res.* 2015; 29(1):1-8.

25. Wang L, Pinto TA, Silva LM, Araújo DF, Martins LM, Hannas AR, et al. Effect of 2% chlorhexidine digluconate on bond strength of a glass-fibre post to root dentine. *Int Endod J.* 2013 ; 46(9):847-54.

26. Guedes OA, Chaves GF, Alencar AHG, Borges AH, Estrela CRA, Soares CJ et

- al. Effect of gutta-percha solvents on fiberglass post bond strength to root canal dentin. *J Oral Science*. 2014; 56(2):105-12.
27. Ferrari M, Vichi A, Mannocci F, Mason PN. Retrospective study of the clinical performance of fiber posts. *Am J Dent*. 2000; 13:9B-13B.
28. Cecchin D, de Almeida JF, Gomes BP, Zaia AA, Ferraz CC. Effect of chlorhexidine and ethanol on the durability of the adhesion of the fiber post relined with resin composite to the root canal. *J Endod*. 2011a; 37(5):678-83.
29. Zorba YO, Erdemir A, Turkyilmaz A, Eldeniz AU. Effects of different curing units and luting agents on push-out bond strength of translucent posts. *J Endod*. 2010; 36(9):1521-5.
30. Aguilar-Mendoza JA, Rosales-Leal JI, Rodríguez-Valverde MA, González-López S, Cabrerizo-Vílchez MA. Wettability and bonding of self-etching dental adhesives. Influence of the smear layer. *Dent Mater*. 2008 ; 24(7):994-1000.
31. Violich DR, Chandler NP. The smear layer in endodontics - a review. *Int Endod J*. 2010 ; 43(1):2-15.
32. Shahravan A, Haghdoost AA, Adl A, Rahimi H, Shadifar F. Effect of smear layer on sealing ability of canal obturation: a systematic review and meta-analysis. *J Endod*. 2007; 33(2):96-105.
33. Cecchin D, Farina AP, Galafassi D, Barbizam JV, Corona SA, Carlini-Júnior B. Influence of sodium hypochlorite and edta on the microtensile bond strength of a self-etching adhesive system. *J Appl Oral Sci*. 2010;18(4):385-9.
34. Shokouhinejad N, Hoseini A, Gorjestani H, Shamshiri AR. The Effect of Different Irrigation Protocols for Smear Layer Removal on Bond Strength of a New Bioceramic Sealer. *IEJ Iranian Endod J*. 2013; 8(1):10-3.
35. Mokhtari H, Shahi S, Janani M, Reyhani MF, Zonouzi HRM, Rahimi S, et al. Evaluation of apical leakage in root canals obturated with three different sealers in presence or absence of smear layer. *IEJ Iranian Endodont J*. 2015; 10(2):131-4.
36. Lotfi M, Ghasemi N, Rahimi S, Bahari M, Vosoughhosseini S, Saghiri MA, Zand V. Effect of smear layer on the push-out bond strength of two endodontic biomaterials to radicular dentin. *Iran Endod J*. 2014; 9(1):41-4.
37. Flora SJS, Pachauri V. Chelation in Metal Intoxication. *Int J Environmental Res Pub Health*. 2010; 7:2745-88.
38. Tabrizzadeh M, Shareghi A. The Effect of Preparation Size on Efficacy of Smear Layer Removal; A Scanning Electron Microscopic Study. *Iran Endod J*. 2015; 10(3):169-73.
39. Ribeiro RG, Marchesan MA, Silva RG, Sousa-Neto MD, Pécora JD. Dentin permeability of the apical third in different groups of teeth. *Braz Dent J*. 2010; 21:216-9.

40. Torabinejad M, Handysides R, Khademi AA, Bakland LK. Clinical implications of the smear layer in endodontics: a review. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod.* 2002; 94(6):658-66.
41. Jaworska JS, Schowanek D, Feijtel TC. Environmental risk assessment for trisodium [S,S]-ethylene diamine disuccinate, a biodegradable chelator used in detergent applications. *Chemosphere.* 1999; 38(15):3597-625.
42. Kurita K, Shimada K, Nishiyama Y, Shimojoh M, Nishimura SI. Nonnatural Branched Polysaccharides: Synthesis and Properties of Chitin and Chitosan Having alpha-Mannoside Branches. *Macromolecules.* 1998; 31(15):4764-9.
43. Jayakumar R, Tokura S, Tamura H. Sulfated chitin and chitosan as novel biomaterials. *Int J Biol Macromol.* 2007; 40(3):175-81.
44. Peter MG. Applications and environmental aspects of chitin and chitosan. *J Macromol Sci.* 1995; A32:629-40.
45. Kurita K, Shimada K, Nishiyama Y, Shimojoh M, Nishimura SI. Nonnatural Branched Polysaccharides: Synthesis and Properties of Chitin and Chitosan Having alpha-Mannoside Branches. *Macromolecules.* 1998; 31(15):4764-9.
46. Wu Y, Hu Y, Cai J, Ma S, Wang X. Coagulation property of hyaluronic acid-collagen/chitosan complex film. *J Mater Sci Mater Med.* 2008; 19(12):3621-9.
47. Seyedmajidi M, Rabiee S, Haghanifar S, Seyedmajidi S, Jorsaraei SG, Alaghehmand H, et al. Histopathological, histomorphometrical, and radiographical evaluation of injectable glass-ceramic-chitosan nanocomposite in bone reconstruction of rat. *Int J Biomater.* 2015; 2015:1-8.
48. Costa EM, Madureira AR, Cardelle-Cobas A, Tavoria FK, Pintado MM. A comprehensive study into the impact of a chitosan mouthwash upon oral microorganism's biofilm formation in vitro. *Carbohydr Polym.* 2014a; 30(101):1081-6.
49. Aliasghari A, Rabbani Khgani M, Vaezifar S, Rahimi F, Younesi H, Khoroushi M. Evaluation of antibacterial efficiency of chitosan and chitosan nanoparticles on cariogenic streptococci: an in vitro study. *Iran J Microbiol.* 2016; 8(2):93-100.
50. Virlan MJR, Miricescu D, Radulescu R, Sabliov CM, Totan A, Calenic B, Greabu M. Organic nanomaterials and their applications in the treatment of oral diseases. *Molecules* 2016; 21(207):1-23.
51. Srakaew V, Ruangsri P, Suthin K, Thunyakitpisal P, Tachaboonyakiat W. Sodium-phosphorylated chitosan/zinc oxide complexes and evaluation of their cytocompatibility: an approach for periodontal dressing. *J Biomater Appl.* 2012; 27(4):403-12.
52. Elsaka S, Elnaghy A. Effect of addition of chitosan to self-etching primer: antibacterial activity and push-out bond strength to radicular dentin. *J Biomed Res.* 2012 ; 26(4):288-94.
53. Arancibia R, Maturana C, Silva D, Tobar N, Tapia C, Salazar JC, et al. Effects of

chitosan particles in periodontal pathogens and gingival fibroblasts. *J Dent Res.* 2013; 92(8).

54. Kim JS, Shin DH. Inhibitory effect on *Streptococcus mutans* and mechanical properties of the chitosan containing composite resin. *Restor Dent Endod.* 2013; 38(1):36-42.

55. Geethapriya N, Subbiya A, Padmavathy K, Mahalakshmi K, Vivekanandan P, Sukumaran VG. Effect of chitosan-ethylenediamine tetraacetic acid on *Enterococcus faecalis* dentinal biofilm and smear layer removal. *J Conserv Dent.* 2016; 19(5):472-7.

56. Seyedmajidi M, Rabiee S, Haghanifar S, Seyedmajidi S, Jorsaraei SG, Alaghehmand H, et al. Histopathological, histomorphometrical, and radiographical evaluation of injectable glass-ceramic-chitosannanocomposite in bone reconstruction of rat. *Int J Biomater.* 2015; 2015:1-8.

57. Kim HL, Jung GY, Yoon JH, Han JS, Park YJ, Kim DG, et al. Preparation and characterization of nano-sized hydroxyapatite/alginate/chitosan composite scaffolds for bone tissue engineering. *Mater Sci Eng C Mater Biol Appl.* 2015; 54:20-5.

58. Qasim SB, Najeeb S, Delaine-Smith RM, Rawlinson A, Ur Rehman I. Potential of electrospun chitosan fibers as a surface layer in functionally graded GTR membrane for periodontal regeneration. *Dent Mater.* 2016; S0109-5641(16):30572-3.

59. Saker S, Alnazzawi A, Özcan M. Adhesive strength of self-adhesive resins to lithium disilicate ceramic and dentin: effect of dentin chelating agents. *Odontology.* 2016; 104(1):53-9.

60. Pimenta JA, Zapparoli D, Pécora JD, Cruz-filho AM. Chitosan: effect of a new chelating agent on the microhardness of root dentin. *Braz Dent J.* 2012; 23(3):212-7.

61. Silva PG, Nakadi FV, Pécora JD, Cruz-Filho AM. Chitosan: a new solution for removal of smear layer after root canal instrumentation. *Int Endod J.* 2013; 46:332-8.

62. Del Carpio-Perochena A, Bramante CM, Duarte MA, de Moura MR, Aouada FA, Kishen A. Chelating and antibacterial properties of chitosan nanoparticles on dentin. *Restor Dent Endod.* 2015; 40(3):195-201.

63. Plotino G, Cortese T, Grande NM, Leonardi DP, Di Giorgio G, Testarelli L, et al. New Technologies to improve root canal disinfection. *Braz Dent J.* 2016; 27(1):3-8.

64. Schilder H. Filling root canals in three dimensions. 1967. *J Endod.* 2006; 32:281-90.

65. Summitt JB, Robbins JW, Schwartz RS. Fundamentals of operative dentistry. 2nd. Quintessence; 2001. 546-66.

66. McComb D, Smith DC. A preliminar scanning eletron microscopic study of root canals after endodontic procedures. *J Endod.* 1975; 1(7):238-42.

67. Mader CL, Baumgartner JC, Peters DD. Scanning eléctron microscopic

- investigation of the smeared layer on root canal walls. *J Endod.* 1984; 10(10):477-83.
68. Diamond A, Carrel R. The smear layer: a review of restorative progress. *The J Pedodont.* 1983; 8(3):219-26.
69. Pashley DH, Michelich V, Kehl T. Dentin permeability: effects of smear layer removal. *J Prosthet Dent.* 1981; 46(5):531-7.
70. Peres F; Calas P, Rochd T. Effect of dentin treatment in vitro root tubule bacterial invasion. *Oral Med Oral Pathol.* 1996; 82(4):446-51.
71. Cury JA, Bragotto C, Valdrighi L. The demineralizing efficiency of EDTA solutions on dentin. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol.* 1981; 52:446-8.
72. Orstavik D; Haapasalo M. Disinfection by endodontic irrigants and Dressings of Experimentally infected dentinal tubules. *Endod Dente Traumatol.* 1990; 6(4):142-9.
73. Kokkas AB et al. The influence of the smear layer on dentinal tubule penetration Depth by three different root canal sealers. *In vitro* study. *J Endod.* 2004; 30(2):100-2.
74. Teixeira CS, Felipe MC, Felipe WT. The effect of application time of EDTA and NaOCl on intracanal smear layer removal: an SEM analysis. *Int Endod J.* 2005; 38(5):285-90.
75. Haapasalo M, Shen Y, Qian W, Gao Y. Irrigation in endodontics. *Dent Clin North Am.* 2010; 54(2):291-312.
76. Wandelt S. Kann man enge Wurzelkanäle mit Komplexbildnern chemisch erweitern? Experimentelle Untersuchungen und klinische Erfahrungen. *Deutsche Zahnärztliche Zeitschrift.* 1965; 20:621-6.
77. Arvaniti IS, Khabbaz MG. Influence of root canal taper on its cleanliness: a scanning electron microscopic study. *J Endod.* 2011; 37(6):871-4.
78. Tay FR, Gu LS, Schoeffel GJ, Wimmer C, Susin L, Zhang K et al. Effect of vapor lock on root canal debridement by using a side-vented needle for positive pressure irrigant delivery. *J Endod.* 2010; 36(4):745-50.
79. Wu MK, Wesselink PR. Efficacy of three techniques in cleaning the apical portion of curved root canals. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod.* 1995; 79(4):492-6.
80. Ostby BN. Seis años de experiencia clínica y experimental con ácido etileno-diamino tetra-acético (EDTA) como coadyuvante en la terapia de los conductos radiculares. *Rev Asoc Odont Argentina.* 1962; 50(2).
81. Çalt S, Serper A. Smear layer removal by EGTA. *J Endod.* 2000; 26:459-61.
82. Prado M, Gusman H, Gomes BPFA, Simão RA. Scanning Electron Microscopic Investigation of the Effectiveness of Phosphoric Acid in Smear Layer Removal When Compared with EDTA and Citric Acid. *J Endod.* 2011; 37(2):255-8.

83. Da Silva LA, Sanguino AC, Rocha CT, Leonardo MR, Silva RA. Scanning electron microscopic preliminary study of the efficacy of smear clear and EDTA for smear layer removal after root canal instrumentation in permanent teeth. *J Endod.* 2008; 34(12):1541-4.
84. Spanó JCE, Silva RG, Guedes DFC, Sousa-Neto MD, Estrela C, Pecora JD. Atomic absorption spectrometry and scanning electron microscopy evaluation of concentration of calcium ions and smear layer removal with root canal chelators. *J Endod.* 2009; 35(5):727-73.
85. Candeiro Gt, Matos IB, Costa CF, Fonteles CS, Vale MS. A comparative scanning electron microscopy evaluation of smear layer removal with apple vinegar and sodiumhypochlorite associated with EDTA. *J Appl Oral Sci.* 2011; 19(6):639-43.
86. Tartari T, de Almeida Rodrigues Silva e Souza P, Vila Nova de Almeida B, Carrera Silva Júnior JO, Facíola Pessoa O, Silva e Souza Junior MH. A New weak chelator in endodontics: effects of different irrigation regimens with etidronate on root dentin microhardness. *Int J Dent.* 2013;2013:743018.
87. Mozayeni MA, Javaheri GH, Poorroosta P, Ashari MA, Javaheri HH. Effect of 17% EDTA and MTDA on intracanal smear layer removal: a scanning electron microscopic study. *Aust Endod J.* 2009; 35(1):13-7.
88. Divito E, Peters O, Olivi G. Effectiveness of the Erbium: YAG laser and new design radial and stripped tips in removing the smear layer after root canal instrumentation. *Lasers Med Sci.* 2012; 27(2):273-80.
89. Tartari T, Junior D, Pereira A, Junior S, Carrera JO, Klautau EB, et al. Etidronate from medicine to endodontics: effects of different irrigation regimes on root dentin roughness. *J Appl Oral Sci.* 2013b; 21(5):409-15.
90. Shenoy A, Ahmaduddin, Bolla N, Raj S, Mandava P, Nayak S. Effect of final irrigating solution on smear layer removal and penetrability of the root canal sealer. *J Conserv Dent.* 2014; 17:40-4.
91. Kuruvilla A, Jaganath BM, Krishnegowda SC, Ramachandra PK, Johns DA, Abraham A. A comparative evaluation of smear layer removal by using EDTA, etidronic acid, and maleic acid as root canal irrigants: an in vitro scanning electron microscopic study. *J Conserv Dent.* 2015; 18:247–51.
92. Rossi-Fedele G, Dođramaci EJ, Guastalli AR, Steier L, De Figueiredo JA. Antagonistic interactions between sodium hypochlorite, chlorhexidine, EDTA, and citric acid. *J Endod.* 2012; 38(4):426-31.
93. Guibal E, Milot C, Roussy J. Influence of hydrolysis mechanisms on molybdate sorption isotherms using chitosan. *Separation Science and Technology.* 2000; 35, 1020-38.
94. Rhazi M, Desbrières J, Tolaimate A , Rinaudo M, Vottero P, Alagui A, El Meray M. Influence of the nature of the metal ions on the complexation with chitosan. Application to the treatment of liquid waste. *Eur Polymer J.* 2002; 38:1523-30.

95. Blair HS, Ho TC. Studies in the adsorption and diffusion of ions in chitosan. *Journal of Chemical Technology and Biotechnology*, 1981; 31:6-10.
96. Domard A. pH and c.d. measurements on a fully deacetylated chitosan: application to Cull-polymer interactions. *International Journal of Biological Macromolecules*. 1987; 9:98-104.
97. Silva PVGD, Pécora JD, da Cruz-Filho AM. Time-dependent effects of chitosan on dentin structures. *Braz Dent J*. 2012; 23(4):357-61.
98. Gu LS, Kim JR, Ling J, Choi KK, Pashley DH, Tay FR. Review of contemporary irrigant agitation techniques and devices. *J Endod*. 2009; 35(6):791-804.
99. Khaord P, Amin A, Shah MB, Uthappa R, Raj N, Kachalia T, Kharod H. Effectiveness of different irrigation techniques on smear layer removal in apical thirds of mesial root canals of permanent mandibular first molar: scanning electron microscopic study. *J Conserv Dent*. 2015; 18(4):321-6.
100. Lui JN, Kuah HG, Chen NN. Effect of EDTA with and without surfactants or ultrasonic on removal of smear layer. *J Endod*. 2007; 33(4):472-5.
101. Al-Ali M, Sathorn C, Parashos P. Root canal debridement efficacy of different final irrigation protocols. *Int Endod J*. 2012; 45(10):898-906.
102. Malentacca A, Uccioli U, Zangari D, Lajolo C, Fabiani C. Efficacy and safety of various active irrigation devices when used with either positive or negative pressure: an in vitro study. *J Endod*. 2012; 38(12):1622-6.
103. Mancini M, Cerroni L, Iorio L, Armellini E, Conte G, Cianconi L. Smear layer removal and canal cleanliness using different irrigation systems (EndoActivator, EndoVac, and passive ultrasonic irrigation): field emission scanning electron microscopic evaluation in an in vitro study. *J Endod*. 2013; 39(11):1456-60.
104. Ordinola-Zapata R, Bramante CM, Apéccio RM, Handysides R, Jaramillo DE. Biofilm removal by 6% sodium hypochlorite activated by different irrigation techniques. *Int Endod J*. 2014; 47(7):659-66.
105. Chopra S, Murray PE, Namerow KN. Scanning electron microscopic evaluation of the effectiveness of the f-file versus ultrasonic activation of a k-file to remove smear layer. *J Endod*. 2008 Oct;34(10):1243-5.
106. Curtis TO, Sedgley CM. Comparison of a continuous ultrasonic irrigation device and conventional needle irrigation in the removal of root canal debris. *J Endod*. 2012 Sep;38(9):1261-4.
107. Van Der Sluis LW et al. Passive ultrasonic irrigation of the root canal: a review of the literature. *Endod J*. 2007; 40(6):415-26.
108. Mozo S, Llana C, Forner L. Review of ultrasonic irrigation in endodontics: increasing action of irrigating solutions. *Med Oral Patol Oral Cir Bucal*. 2012; 17(3):512-6.

108. Jensen SA, Walker TL, Hutter JW, Nicoll BK. Comparison of the cleaning efficacy of passive sonic activation and passive ultrasonic activation after hand instrumentation in molar root canals. *J Endod.* 1999 Nov;25(11):735-8.
110. Castagna F, Rizzon P, Rosa RA, Santini MF, Barreto MS, Duarte MA et al. Effect of passive ultrasonic instrumentation as a final irrigation protocol on debris and smear layer removal – a SEM analysis. *Microsc Res Tech.* 2013; 76(5):496-502.
111. Justo AM. Estudo in vitro da efetividade de diferentes protocolos de irrigação final para a remoção de detritos e lama dentinária do terço apical de canais radiculares [dissertação]. Porto Alegre: Universidade Federal do Rio Grande do Sul; 2013.
112. Schmidt TF. Efeito da ativação ultrassônica de soluções irrigadoras sobre a remoção da lama dentinária [dissertação]. Florianópolis: Universidade Federal de Santa Catarina; 2014.
113. Nair PNR. Biology and pathology of apical periodontitis. In: Estrela C. *Endodontic Science.* São Paulo: Artes Médicas; 2009. p.285-347.
114. Tang W, Wu Y, Smales RJ. Identifying and reducing risks for potential fractures in endodontically treated teeth. *J Endod.* 2010; 36(4):609-17.
115. Bitter K, Meyer-Lueckel H, Fotiadis N, Blunck U, Neumann K, Kielbassa AM, et al. Influence of endodontic treatment, post insertion, and ceramic restoration on the fracture resistance of maxillary premolars. *Int Endod J.* 2010; 43:469-77.
116. Assif D, Gorfil C. Biomechanical considerations in restoring endodontically treated teeth. *J Prosthet Dent.* 1994; 71:565-67.
117. Morgano SM, Brackett SE. Foundation restorations in fixed prosthodontics: current knowledge and future needs. *J Prosthet Dent.* 1999 Dec; 82(6):643-57.
118. Theodosopoulou JN, Chochlidakis KM. A systematic review of dowel (post) and core materials and systems. *J Prosthodont.* 2009 Aug; 18(6):464-72.
119. Mitsui FH, Marchi GM, Pimenta LA, Ferraresi PM. In vitro study of fracture resistance of bovine roots using different intraradicular post systems. *Quintessence Int.* 2004; 35(8):612-6.
120. Retter A. Restoring badly broken down molars and bicuspid to usefulness. *Dent. Cosmos.* 1899; 41:857-62.
121. Beg RT, Parker MW, Judkins JT, Pelleu GB Jr. Effect of dentinal bonded resin postcore preparations on resistance to vertical root fracture. *J Prosthet Dent.* 1992; 67:768-72.
122. Plasmans PJ, Visseren LG, Vrijhoef MM, Kayser AF. In vitro comparison of dowel and core techniques for endodontically treated molars. *J. Endod.* 1986; 12:382-7.
123. Sirimai S, Riis DN, Morgano SM. An in vitro study of the fracture resistance and

the incidence of vertical root fracture of pulpless teeth restored with six post-and-core systems. *J Prosthet Dent.* 1999; 81:262-9.

124. Heidecke G, Butz F, Strub JR. Fracture strength and survival rate of endodontically treated maxillary incisors with approximal cavities after restoration with different posts and core systems: an in-vitro study. *J Dent.* 2001; 29:427-33.

125. Cheleux N, Sharrock PJ. Mechanical properties of glass fiber-reinforced endodontic posts. *Acta Biomaterialia.* 2009; 5:3224-30.

126. Mumcu E, Erdemir U, Topcu FT. Comparison of micro push-out bond strengths of two fiber posts luted using simplified adhesive approaches. *Dental Materials Journal.* 2010; 29(3):286-96.

127. Giachetti L, Grandini S, Calamai P, Fantini G, Scaminaci Russo D. Translucent fiber post cementation using light- and dual-curing adhesive techniques and a self-adhesive material: push-out test. *J Dent.* 2009; 7(8):638-42.

128. Silva N, Raposo L, Versluis A, Fernandes-Neto A, Soares C. The effect of post, core, crown type, and ferrule presence on the biomechanical behavior of endodontically treated bovine anterior teeth. *J Prosthet Dent.* 2010; 104(5):306-17.

129. Grandini S, Goracci C, Tay F, Grandini R, Ferrari M. Clinical Evaluation of the use of fiber posts and direct resin restorations for endodontically treated Teeth. *Int J Prsthodont.* 2005; 18(5):399-04.

130. Soares CJ, Raposo LH, Soares PV, Santos-Filho PC, Menezes MS, Soares PB, et al. Effect of different cements on the biomechanical behavior of teeth restored with cast dowel-and-cores-in vitro and FEA analysis. *J Prosthodont.* 2010; 19(2):130-7.

131. Naumann M, Koelpin M, Beuer F, Meyer-Lueckel H. 10-year survival evaluation for glass-fiber-supported postendodontic restoration: A prospective observational clinical study. *J Endod.* 2012; 38(4):432-5.

132. Macedo VC, Faria e Silva AL, Martins LR. Effect of cement type, relining procedure, and length of cementation on pull-out bond strength of fiber posts. *J Endod.* 2010; 36:1543-6.

133. Yamamoto M, Miura H, Okada D, Komada W, Masuoka D. Photoelastic stress analysis of different post and core restoration methods. *Dent Mater J.* 2009; 28(2):204-11.

134. Topcu FT, Erdemir U, Sahinkesen G, Mumcu E, Yildiz E, Uslan I. Push-out bond strengths of two fiber post types bonded with different dentin bonding agents. *J Biomed Mater Res B Appl Biomater.* 2010; 93:359-66.

135. Mjor IA, Nordahl I. The density and branching of dentinal tubules in human teeth. *Arch Oral Biol.* 1996; 41:401-12.

136. Kececi AD, Ureyen Kaya B, Adanir N. Micro push-out bond strengths of four fiber-reinforced composite post systems and 2 luting materials. *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology, Oral Radiology and Endodont.* 2008; 105(1):121-8.

137. Bitter K, Paris S, Pfuertner C, Neuman K, Kiebassa AM. Morphological and bond strength evaluation of different resin cements to root dentin. *Eur J Oral Sci.* 2009 Jun; 117(3):326-33.
138. Pamato S, Valle AL, Andrade GHB, Vidotti HA, Só MVR, Pereira JR. Does hybridized dentin affect bond strength of self-adhesive resin cement? *J Clin Exp Dent.* 2016; 8(4):e409-14.
139. Souza NC, Marcondes ML, Breda RV, Weber JBB, Mota EG, Spohr AM. Relined fiberglass post: an ex vivo study of the resin cement thickness and dentin-resin interface. *Braz Oral Res.* 2016; 30(1):e77.
140. Sarkis-Onofre R, Jacinto RC, Boscato N, Cenci MS, Pereira-Cenci T. Cast metal vs. glass fiber posts: a randomized controlled trial with up to 3 years of follow up. *J Dent.* 2014a May; 42(5):582-7.
141. Ferrari M, Vichi A, Fadda GM, Cagidiaco MC, Tay FR, Breschi L, Polimeni A, Goracci C. A randomized controlled trial of endodontically treated and restored premolars. *J Dent Res.* 2012; 91(7):S72-S78. Supplement.
142. Alfredo E, Carvalho-Junior JR, Silva-Sousa Y, Correr-Sobrinho L, Saquy PC, Sousa-Neto MD. Evaluation of retention of post core system cemented with different materials on dentine surface treated with EDTA or Er: Yag laser irradiation. *Photomed Laser Surg.* 2005; 23(1):36-40.
143. Akman M, Eldeniz AU, Ince S, Guneser MB. Push-out bond strength of a new post system after various post space treatments. *Dent Mater J.* 2016;35(6):876-880.
144. Santana FR, Soares CJ, Silva JA, Alencar AH, Renovato SR, Lopes LG, Estrela C. Effect of Instrumentation Techniques, irrigant solutions and artificial accelerated aging on fiberglass post bond strength to intraradicular dentin. *J Contemp Dent Pract.* 2015; 16(7):523-30.
145. Arisu HD, Kivanç BH, Sağlam BC, Şimşek E, Görgül G. Effect of post-space treatments on the push-out bond strength and failure modes of glass fibre posts. *Aust Endod J.* 2013 Apr;39(1):19-24.
146. Garcia C. Avaliação do efeito de diferentes soluções irrigadoras na resistência de união de um cimento autoadesivo à dentina intrarradicular [dissertação]. Florianópolis: Universidade Federal de Santa Catarina; 2013.
147. Barreto MS, Rosa RA, Seballos VG, Machado E, Valandro LF, Kaizer OB et al. Effect of Intracanal Irrigants on Bond Strength of Fiber Posts Cemented With a Self-adhesive Resin Cement. *Oper Dent.* 2016 Nov/Dec;41(6):e159-e167
148. Baena E, Flores A, Ceballos L. Influence of root dentin treatment on the push-out bond strength of fiber posts. *Odontology.* 2017 Apr;105(2):170-77 .
149. Mao HY, Yan B, Feng LJ, Chen YM. Effects of radicular dentin treatments and luting materials on the bond of quartz fiber posts: scanning electron microscope

study. *Zhonghua Kou Qiang Yi Xue Za Zhi*. 2010; 45(2):102-4.

150. Uzunoglu E, Turker SA, Karahan S. The effect of increased temperatures of Qmix and EDTA on the push-out bond strength of an epoxy-resin based sealer. *J Clin Diagn Res*. 2015 Jul; 9(7):ZC98-ZC101.

151. Haragushiku GA, Back ED, Tomazinho PH, Baratto Filho F, Furuse AY. Influence of antimicrobial solutions in the decontamination and adhesion of glass-fiber posts to root canals. *J Appl Oral Sci*. 2015 Jul-Aug; 23(4):436-41.

152. Renovato SR. Influência do hidróxido de cálcio e irrigantes endodônticos na resistência de união de pinos de fibra de vidro à dentina do canal radicular [dissertação]. Uberlândia: Universidade Federal de Uberlândia; 2012.

153. Vasconcelos RA. Avaliação da influência de materiais obturadores endodônticos sobre a resistência de união adesiva de pinos de fibra de vidro cimentados [Tese]. São José dos Campos: Universidade Estadual Paulista; 2016.

154. Bouilaguet S, Troesch S, Wataha JC, Krejci I, Meyer JM, Pashley DH. Microtensile bond strength between adhesive cements and root canal dentin. *Dent Mater*. 2003; 19:199-205.

155. Menezes MS, Queiroz EC, Campos RE, Martins LRM, Soares CJ. Influence of endodontic sealer cement on fiberglass post bond strength to root dentine. *Int Endod J*. 2008; 41:476-84.

156. Valandro LF, Andreatta-Filho OD, Valera MC, Araújo MAM. The effect of adhesive systems on the pull-out strength of a fiber glass-reinforced composite post system in bovine teeth. *J Adhes Dent*. 2005; 7(4):331-3.

157. Horvath SD, Altenburger MJ, Naumann M, Wolkewitz M, Schirrmeister JF. Cleanliness of dentinal tubules following gutta-percha removal with and without solvents: a scanning electron microscopic study. *Int Endod J*. 2009; 42:1032-8.

158. Ferrari M, Cagidiaco MC, Goracci C, Vichi A, Mason PN, Radovic I, et al. Long-term retrospective study of the clinical performance of fiber posts. *Am J Dent*. 2007; 20(5):287-91.

159. Melo RM, Ozcan M, Barbosa SH, Galhano G, Amaral R, Bottino MA, et al. Bond strength of two resin cements on dentin using different cementation strategies. *J Esthet Restor Dent*. 2010 Aug.; 22(4):262-8.

160. Rasimick BJ, Wan J, Musikant BL, Deutsch AS. A review of failure modes in teeth restored with adhesively luted endodontic dowels. *J Prosthodont*. 2010; 19(8):639-46.

161. Pereira RD, Valdívia AD, Bicalho AA, Franco SD, Tantbirojn D, Versluis A, Soares CJ. Effect of Photoactivation Timing on the Mechanical Properties of Resin Cements and Bond Strength of Fiberglass Post to Root Dentin. *Oper Dent*. 2015 Sep-Oct; 40(5):E206-21.

162. Heintze SD. Clinical relevance of tests on bond strength, microleakage and

marginal adaptation. *Dental Materials*. 2013; 29:59-84.

163. Armstrong s, Geraldeli s., Maia r, Raposo lha, Soares cj, Yamagawa j. Adhesion to tooth struture: a critical review of “micro” bond strength test methods. *Dent Mater*. 2010; 26(2):50-62.

164. Castellan CS, Santos-Filho PC, Soares PV, Soares CJ, Cardoso PR. Measuring bond strength between fiber post and root dentin: a comparison of different tests. *J Adhes Dent*. 2010 Dec; 12(6):477-85.

165. Aleisa K, Al-Dwairi ZN, Lynch E, Lynch CD. In vitro evaluation of the effect of diferente endodontic sealers onretentive strength of fiber posts. *Oper Dent*. 2013; 38(5):539-44.

166. Martinho FC, Carvalho CAT, Oliveira LD, Lacerda AJF, Xavier ACC, Augusto MG et al. Comparison of diferente pre treatment protocols on the bond strength of glass fiber post using self-etching adhesive. *J Endod* 2015; 41(1):83-7.

167. Teixeira CS1, Silva-Sousa YT, Sousa-Neto MD. Bond strength of fiber posts to weakened roots after resin restoration with different light-curing times. *J Endod*. 2009 Jul; 35(7):1034-9.

168. International Organization for Standardization. Technical report ISO TR 11405. Dental materials- guidance on testing of adhesion to tooth structure. Suíça, 1994; revised in 2015.

169. Goracci C, Tavares AU, Fabianelli A, Monticelli F, Raffaelli O, Cardoso PC et al. The adhesion between fiber posts and root canal walls: comparison between microtensile and push-out bond strength measurements. *Eur J Oral Sci*. 2004; 112(4):353-61.

170. Chen WP, Chen YY, Huang SH, Lin CP. Limitations of push-out test in bond strength measurement. *J Endod*. 2013; 39:283-7.

171. Qualtrough AJ, Mannocci F. Tooth-colored post systems: a review. *Operat Dent*. 2003; 28(1):86-91.

172. Santos J N, Carrilho MRO, De Goes MF, Zaia AA, Gomes BPFA, Souza-Filho FJ, Ferraz CCR. Effect of chemical irrigants on the bond strength of self-ething adhesive to pulp chambre dentin. *J Endod*. 2006; 32(11):1088-90.

173. Shiratori FK, Valle AL, Pegoraro TA, Carvalho RM, Pereira JR. Influence of technique and manipulation on self-adhesive resin cements used to cement intrarradicular posts. *J Prosthet Dent*. 2013; 110(1):56-60.

174. Kim RS, Yum J, Park JK, Hur B, Kim HC. Comparison of push-out bond strength of post according to cement application methods. *JKACD*. 2010; 35(6):479-84.

175. Daleprane B, Pereira CN, Bueno AC, Ferreira RC, Moreira AN, Magalhães CS. Bond strength of fiber posts to the root canal: Effects of anatomic root levels and resin cements. *J Prosthet Dent*. 2016; 116(3):416-24.

176. Gomes GM, Gomes OMM, Reis A, Gomes JC, Loguercio AD; Calixto AL. Regional bond strengths to root canal dentin of fiber posts luted with three cementation systems. *Braz Dent J.* 2011; 22(6).
177. Türker SA, Uzunoğlu E, Yılmaz Z. Effects of dentin moisture on the push-out bond strength of a fiber post luted with different selfadhesive resin cements. *Restor Dent Endod.* 2013 Nov; 38(4): 234-40.
178. Rezende EC, Gomes GM, Szesz AL, da Silveira Bueno CE, Reis A, Loguercio AD. Effects of dentin moisture on cementation of fiber posts to root canals. *J Adhes Dent.* 2016; 18(1):29-34.
179. Almeida KGB, Scheibe KGBA, Oliveira AEF, Alves CMC, Costa JF. Influence of human and bovine substrate on the microleakage of two adhesive systems. *J Appl Oral Sci.* 2009; 17(2):92-6.
180. Khalil WA, Eid NF. Biocompatibility of BioAggregate and mineral trioxide aggregate on the liver and kidney. *Int Endod J.* 2013; 46(8):730-7.
181. Sousa CJ, Pereira MC, Almeida RJ, Loyola AM, Silva AC, Dantas NO. Synthesis and characterization of zinc oxide nanocrystals and histologic evaluation of their biocompatibility by means of intraosseous implants. *Int Endod J.* 2014; 47(5):416-24.
182. Lopes MB, Sinhoret MAC, Junior AG, Consani S, McCabe JF. Comparative study of tubular diameter and quantity for human and bovine dentin at different depths. *Braz Dent J.* 2009a; 20(4):279-83.
183. Lopes MB, Sinhoreti MAC, Júnior AG, Consani S, McCabe JF. Comparison of microleakage in human and bovine substrate using confocal microscopy. *Bull Tokio Dent Coll,* 2009b; 50(3):111-6.
184. Schilke R, Lisson JA, Bauss O, Geurtsen W. Comparison of the number and diameter of dentinal tubules in human and bovine dentine by scanning electron microscopic investigation. *Arch Oral Biol.* 2000; 45(5):355-61.
185. Firoozmand LM, Brandão JVP, Fialho MPN. Influence of microhybrid resin and etching times on bleached enamel for the bonding of ceramic brackets. *Braz Oral Res.* 2013; 27(2):142-8.
186. Melo TAF, Gründling GSL, Montagner F, Scarparo RK, Figueiredo JAP, Vier-Pelisser FV. Are bovine teeth a suitable substitute for human teeth in in vitro studies to assess endotoxin load in root canals? *Braz Oral Res* [online]. 2015; 29(1):1-6.
187. Costa LA, Carneiro, KK, Tanaka A, Lima DM, Bauer J. Evaluation of pH, ultimate tensile strength, and micro-shear bond strength of two self-adhesive resin cements. *Braz Oral Res.* 2014b; 28(1):1-7.
188. Schneider SW. A comparison of canal preparations in straight and curved root. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol.* 1971; 32(2):271-5.
189. Machado R, Ferrari CH, Back E, Comparin D, Tomazinho LF, Vansan LP. The

impacto of apical patency in the sucesso f endodontic treatment of necrotic teeth with apical periodontitis: a brief review. Iran Endod J. 2016; 11(1):63-6.

190. R Core Team [Internet]. R: A language and environment for statistical computing. Vienna, Austria: R Foundation for Statistical Computing; 2015. Available from: <http://www.R-project.org/>.

191. Farina AP, Chiela H, Carlini-Junior B, Mesquita MF, Miyagaki DC, Randi Ferraz CC, et al. Influence of Cement Type and Relining Procedure on Push-Out Bond Strength of Fiber Posts after Cyclic Loading. J Prosthodont. 2016 Jan;25(1):54-60.

192. Takeda FH, Harashima T, Kimura Y, Matsumoto K. Efficacy of Er:YAG laser irradiation in removing debris and smear layer on root canal walls. J Endod. 1998 Aug;24(8):548-51.

193. Casagrande L, Seminario AT, Correa MB, Werle SB, Maltz M, Demarco FF et al. Longevity and associated risk factors in adhesive restorations of young permanent teeth after complete and selective caries removal: a retrospective study. Clin Oral Investig. 2016 Apr 22. DOI: 10.1007/s00784-016-1832-1.

194. Giovani AR, Vansan LP, de Sousa Neto MD, Paulino SM. In vitro fracture resistance of glass-fiber and cast metal posts with different lengths. J Prosthet Dent. 2009 Mar;101(3):183-8.

195. Kurtz JS, Perdigão J, Geraldeli S, Hodges JS, Bowles WR. Bond strengths of tooth-colored posts, effect of sealer, dentin adhesive, and root region. Am J Dent. 2003 Sep;16 (Spec No):31A-36A.

196. Manicardi CA, Versiani MA, Saquy PC, Pécora JD, de Sousa-Neto MD. Influence of filling materials on the bonding interface of thin-walled roots reinforced with resin and quartz fiber posts. J Endod. 2011; 37(4):531-7.

197. AlEisa K, Al-Dwairi ZN, Lynch E, Lynch CD. In vitro evaluation of the effect of different endodontic sealers on retentive strength of fiber posts. Oper Dent. 2013 Sep-Oct;38(5):539-44.

198. Costa BM, Iwamoto AS, Puppim-Rontani RM, Pascon FM. Comparative Analysis of Root Dentin Morphology and Structure of Human Versus Bovine Primary Teeth. Microsc Microanal. 2015 Jun;21(3):689-94.

199. McComb D, Smith DC, Beagrie GS. The results of in vivo endodontic chemomechanical instrumentation-a scanning electron microscopic study. J Br Endod Soc. 1976 Jan;9(1):11-8.

200. Ribeiro EM, Silva-Sousa YT, Souza-Gabriel AE, Sousa-Neto MD, Lorencetti KT, Silva SR. Debris and smear removal in flattened root canals after use of different irrigant agitation protocols. Microsc Res Tech. 2012 Jun;75(6):781-90.

201. Resende GB. Análise pelo MEV da remoção da lama dentinária após o preparo dos canais radiculares de dentes decíduos. [Tese]. Florianópolis: Universidade Federal de Santa Catarina; 2007.

202. Andrabi SM, Kumar A, Zia A, Iftkhar H, Alam S, Siddiqui S. Effect of passive ultrasonic irrigation and manual dynamic irrigation on smear layer removal from root canals in a closed apex in vitro model. *J Investig Clin Dent*. 2014;5(3):188-93.

ANEXOS

ANEXO 1 – Comitê de ética

**Universidade Norte do Paraná**

CREDENCIADA PELO DECRETO FEDERAL DE 03/07/97 – D. O. U. Nº 126, DE 04/07/97.

COMITÊ DE ÉTICA PARA O USO DE ANIMAIS – CEA**CERTIFICADO**

Certificamos que o projeto/aula intitulado “Influência do uso de substâncias quelantes na resistência de união de pinos de fibra de vidro à dentina do canal radicular” protocolo nº 046/15, sob responsabilidade do Prof. Alcides Gonini Junior está de acordo com os princípios éticos de experimentação animal da Comissão de Ética para uso de Animais da Universidade Norte do Paraná (CEA) e foi aprovado “ad referendum”.

Arapongas, 08 de outubro de 2015.

A handwritten signature in blue ink, appearing to read 'Fabíola Grecco'.

Prof^a Dr^a. Fabíola Cristine de Almeida do Rego Grecco
Vice Presidente do CEA

A handwritten signature in blue ink, appearing to read 'Neide Mariko Tanaka'.


Prof. Dr^a. Neide Mariko Tanaka
Presidente do CEA

ANEXO 2 – Certificado do objeto de estudo

INFORMAÇÃO

Informamos aos órgãos de ética e pesquisa em animais que os dentes fornecidos por esta empresa, para testes "in vitro", pertencem a bovinos da raça Nelore, com cerca de 5 anos de idade e 250 kg de peso limpo, tratados dentro de rígidos padrões de qualidade e rastreamento sob fiscalização do Ministério da Agricultura – SIF 1758.

Atenciosamente,


José Maurício Soares Pardo
Gerente de Vendas
Mondelli Indústria de Alimentos S/A.

ANEXO 3 – Análise estatística dos dados da resistência adesiva

GRUPOS	dados	std	r	Min	Max
Controle	8,89	5,03	60,00	0,75	19,55
EDTA	6,39	4,01	60,00	0,75	18,52
EDTAULTRA	9,70	3,91	60,00	3,23	17,93
QUITO	9,97	5,39	60,00	1,30	24,20
QUITOULTRA	10,11	5,04	60,00	2,08	26,79

Trt	Means	M
1 QUITOULTRA	10	A
2 QUITO	10	A
3 EDTAULTRA	10	A
4 Controle	9	A
5 EDTA	6	B

ANOVA

```
Df Sum Sq Mean Sq F value Pr(>F)
Trat 4 569.1 142.285 6.3951 6.015e-05 ***
Residuals 295 6563.5 22.249
```

ANOVA	Dados	Df	Sum	Sq	Mean	Sq	F	value	Pr(>F)
Trat		4	569.1	142.285	63.951	6,02E-02	***		
Residuals		295	6563.5	22.249					

#Script utilizado na análise estatística

```
Teste de Tukey
require(agricolae)

attach (dados)
model<-aov(Apical~Trat, dados)
anova(model)
tukey <-HSD.test(model,"Trat", group=TRUE)
tukey

summary(dados$Apical)
boxplot(dados$Apical)
boxplot(dados)

#####
dados2=read.xlsx("Dados_Tukey.xls",2)
boxplot(dados2)

#####
attach (dados)
model<-aov(Medio~Trat)
anova(model)
```

```
tukey <-HSD.test(model,"Trat", group=TRUE)
tukey

attach (dados)
model<-aov(Cervical~Trat)
anova(model)
tukey <-HSD.test(model,"Trat", group=TRUE)
tukey

#####
attach (dados3)
dados3<-(read.xlsx("Dados_Tukey2.xls",2))
summary(dados3)
model2<- aov(Res~Trat)
anova(model2)
tukey <-HSD.test(model2,"Trat", group=TRUE)
tukey

#####
dados4=read.xlsx("Dados_Tukey2.xls",3)
summary(dados4)
attach (dados4)

model4<- aov(Res~Trat)
anova(model4)
tukey <-HSD.test(model4,"Trat", group=TRUE)
tukey
```

ANEXO 4 – Dados brutos do teste de resistência adesiva

Controle	EDTA	Quitosana	EDTA+ultra	Quitosana+ultra
1,626	5,491	15,666	10,99	4,589
0,75	3,372	10,676	4,828	6,44
12,35	10,577	7,048	2,084	5,152
7,513	9,464	2,743	3,403	7,707
1,325	7,243	1,297	7,155	8,951
2,785	4,593	9,46	8,51	5,393
2,183	5,4	3,695	13,918	3,654
7,252	1,896	6,374	12,352	4,388
6,786	4,633	3,692	10,409	6,118
14,801	0,749	7,736	7,656	9,674
1,204	2,799	11,551	3,386	9,985
1,911	2,344	9,551	6,561	9,227
6,741	7,779	10,822	8,891	11,171
11,584	4,254	9,839	14,51	13,191
13,364	5,57	10,574	7,905	6,685
6,114	3,426	9,433	9,79	9,164
13,567	6,085	7,36	6,457	8,226
11,043	9,403	8,523	6,757	3,225
8,663	12,159	7,452	4,756	5,147
7,562	4,567	9,345	6,767	8,356
1,596	1,558	11,262	14,071	8,939
13,391	1,22	14,964	15,353	4,137
8,161	1,561	15,61	2,135	6,902
14,303	1,514	12,824	6,776	12,713
1,343	1,851	5,295	7,908	13,548
8,279	3,805	5,539	10,072	8,878
5,214	10,76	3,982	8,593	7,168
13,143	5,138	8,12	13,442	5,67
12,584	12,515	8,149	4,888	7,594
10,938	5,872	6,977	6,907	8,622
3,054	14,964	5,411	8,366	6,749
1,437	12,249	16,246	7,788	12,911
12,493	12,499	7,266	7,32	5,456
8,794	4,751	21,301	6,628	5,001
3,143	9,206	6,507	6,578	6,498
12,74	2,351	9,039	8,184	13,112
14,996	6,854	7,344	4,798	5,41
2,955	5,443	7,834	6,01	11,443
17,983	12,365	2,61	7,187	6,306
10,142	3,853	3,04	9,871	12,074
5,633	7,427	24,198	10,12	6,774
10,858	1,925	17,654	17,819	12,97
4,62	2,304	8,012	18,554	17,929
6,198	4,102	6,689	5,929	13,039
16,469	2,346	21,477	13,656	10,245
7,192	4,009	2,536	14,348	11,737
8,98	6,64	5,104	13,332	12,814
7,693	14,223	12,75	11,441	12,041
15,344	7,862	6,272	20,436	15,087
11,446	3,828	6,047	7,21	13,34
11,264	7,771	15,477	21,401	17,852
11,951	13,511	22,302	14,838	14,766
3,698	9,681	19,217	26,791	10,412
16,613	18,519	8,435	12,905	7,898
16,245	8,701	16,128	19,888	14,45
6,858	6,047	9,938	5,455	17,827
14,467	5,727	8,34	15,127	11,58
19,55	3,668	19,494	12,919	14,113
7,73	8,15	14,247	10,689	14,513
14,506	4,826	11,804	13,796	16,824

ANEXO 5 - Escores atribuídos às fotomicrografias

Imagem 500x terços	Avaliador 1	Avaliador 2	Avaliador 3
A C1	1	1	2
A C2	2	2	2
A C3	2	3	2
A E1	4	2	3
A E2	2	1	2
A E3	3	2	3
A Q1	3	3	3
A Q2	2	3	3
A Q3	4	3	3
A EU1	4	4	3
A EU2	5	4	4
A EU3	4	4	4
A QU1	2	3	3
A QU2	2	2	2
A QU3	4	2	2
M C1	2	2	2
M C2	2	2	2
M C3	1	1	1
M E1	3	4	4
M E2	3	3	3
M E3	3	2	2
M Q1	2	2	2
M Q2	4	3	3
M Q3	5	5	5
M EU1	5	4	4
M EU2	4	4	3
M EU3	5	4	4
M QU1	4	2	2
M QU2	3	3	2
M QU3	3	3	2
C C1	2	2	2
C C2	1	1	1
C C3	1	1	1
C E1	1	1	1
C E2	5	5	5
C E3	2	1	1
C Q1	2	1	1
C Q2	3	2	2
C Q3	2	1	2
C EU1	5	5	4
C EU2	4	4	3
C EU3	5	5	5
C QU1	4	2	3
C QU2	3	2	2
C QU3	3	3	3

ANEXO 6 - Teste de Kappa

O teste de Kappa é utilizado para determinar a concordância entre os avaliadores realizadas, sendo que pode ter discordância perfeita (-1), concordância esperada (0) e concordância perfeita (+1). Seus resultados frequentemente são expressos em porcentagens onde se pode utilizar a classificação proposta por Jekel, Elmore e Katz (1999):

- Desprezível: abaixo de 20%
- Mínimo: de 20% a 40%
- Ruim: de 41% a 60%
- Bom: de 61% a 80%
- Excelente: acima de 80%