



UNICAMP

**UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS
FACULDADE DE ODONTOLOGIA DE PIRACICABA**

Ricardo Honda

**Análise de três diferentes protocolos de remoção de
pinos de fibra de vidro com pontas ultrassônicas: estudo
*ex vivo***

Piracicaba

2019

Ricardo Honda

**Análise de três diferentes protocolos de remoção de
pinos de fibra de vidro com pontas ultrassônicas: estudo
*ex vivo***

Dissertação apresentada à Faculdade de Odontologia de Piracicaba da Universidade Estadual de Campinas para a obtenção do título de Mestre em Clínica Odontológica, na Área de Endodontia.

Orientador: Prof. Dr. José Flávio Affonso de Almeida

Este exemplar corresponde à versão final da dissertação defendida pelo aluno Ricardo Honda e orientado pelo Prof. Dr. José Flávio Affonso de Almeida

Piracicaba

2019

Ficha catalográfica
Universidade Estadual de Campinas
Biblioteca da Faculdade de Odontologia de Piracicaba
Marilene Girello - CRB 8/6159

H755a Honda, Ricardo, 1990-
Análise de três diferentes protocolos de remoção de pinos de fibra de vidro com pontas ultrassônicas : estudo *ex vivo* / Ricardo Honda. – Piracicaba, SP : [s.n.], 2019.

Orientador: Jose Flavio Affonso de Almeida.
Dissertação (mestrado) – Universidade Estadual de Campinas, Faculdade de Odontologia de Piracicaba.

1. Endodontia. 2. Ultrassom. 3. Microtomografia por raio-x. 4. Canal radicular. I. Almeida, Jose Flavio Affonso de, 1979-. II. Universidade Estadual de Campinas. Faculdade de Odontologia de Piracicaba. III. Título.

Informações para Biblioteca Digital

Título em outro idioma: Analysis of three different ultrasonic tip fiberglass posts removal protocol : *ex vivo* study

Palavras-chave em inglês:

Endodontics

Ultrasonics

X-ray microtomography

Root canal

Área de concentração: Endodontia

Titulação: Mestre em Clínica Odontológica

Banca examinadora:

Jose Flavio Affonso de Almeida [Orientador]

Murilo Priori Alcalde

Caio Cezar Randi Ferraz

Data de defesa: 11-09-2019

Programa de Pós-Graduação: Clínica Odontológica

Identificação e informações acadêmicas do(a) aluno(a)

- ORCID do autor: <https://orcid.org/0000-0002-4448-3222>

- Currículo Lattes do autor: <http://lattes.cnpq.br/8850367970916957>



UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS
Faculdade de Odontologia de Piracicaba

A Comissão Julgadora dos trabalhos de Defesa de Dissertação de Mestrado, em sessão pública realizada em 11 de Setembro de 2019, considerou o candidato RICARDO HONDA aprovado.

PROF. DR. JOSÉ FLÁVIO AFFONSO DE ALMEIDA

PROF. DR. MURILO PRIORI ALCALDE

PROF. DR. CAIO CEZAR RANDI FERRAZ

A Ata da defesa, assinada pelos membros da Comissão Examinadora, consta no SIGA/Sistema de Fluxo de Dissertação/Tese e na Secretaria do Programa da Unidade.

Dedicatória

Dedico esse trabalho aos meus pais Solimar e Sérgio, e ao meu irmão Fernando. Graças ao apoio e carinho de vocês foi possível concluir essa etapa.

Agradecimentos

À Faculdade de Odontologia de Piracicaba da Universidade Estadual de Campinas – FOP/UNICAMP, na pessoa do Diretor Prof. Dr. Francisco Haiter Neto e do Diretor Associado Prof. Dr. Flávio Henrique Baggio Aguiar.

À Prof^ª. Dr^ª. Karina Gonzales Silvério Ruiz, coordenadora geral dos cursos de Pós-Graduação e a Prof^ª. Dr^ª. Valentim Adelino Ricardo Barão, coordenadora do curso de Pós-Graduação em Clínica Odontológica da FOP – UNICAMP.

Aos docentes da área de Endodontia da FOP-UNICAMP, Prof^ª. Dr^ª. Adriana de Jesus Soares, Prof. Dr. Alexandre Augusto Zaia, Prof^ª. Dr^ª. Brenda Paula Figueiredo de Almeida Gomes, Prof. Dr. Caio Cesar Randi Ferraz, Prof. Dr. José Flávio Affonso de Almeida e Prof^ª. Dr^ª Marina Angélica Marciano da Silva, pelos conhecimentos compartilhados e por serem o exemplo e referência na área de Endodontia.

Aos funcionários da Endodontia, Ana Cristina Godoy, Maria Helídia e Maicon Passini, por terem sido além de competentes e eficazes em suas funções, amigos e colegas de trabalho de todos os dias durante o mestrado.

Aos demais funcionários da FOP pela cordialidade e disponibilidade.

Ao professor José Flávio Affonso de Almeida por ter aceitado me orientar. A convivência agradável e o trato educado com todas as pessoas ao seu redor demonstram o seu excelente caráter. Além disso, sou muito grato pela oportunidade de poder aprender com você durante todos esses anos. Isso foi fundamental para o meu crescimento. Com certeza você é a minha referência pessoal e profissional.

Ao professor Caio Cesar Randi Ferraz que mesmo estando presente próximo ao término dessa etapa, sempre se mostrou solícito. Eu me sinto privilegiado por poder conviver e aprender com você.

A banca examinadora do exame de qualificação, composta pelos professores Adriana de Jesus Soares, Renato Corrêa Viana Cesarin e Marina

Angélica Marciano da Silva pela disponibilidade, correções, sugestões e por aprimorar esse estudo.

A banca examinadora da defesa de tese, composta pelos professores José Flávio Affonso de Almeida, Caio Cesar Randi Ferraz e Murilo Priori Alcalde, pela disponibilidade, sugestões e considerações realizadas.

A minha família Solimar, Sérgio e Fernando, que em determinados momentos estiveram mais distantes, mas sempre me apoiaram e incentivaram para que eu concluísse essa etapa. O carinho de vocês foi fundamental.

A minha namorada Gabriela Rodrigues Campos, que me incentivou e fez com que essa jornada em Piracicaba fosse mais tranquila.

Aos meus amigos Felipe Anacleto e Diogo Silva, companheiros de pós-graduação e amigos que eu pretendo levar para a vida toda.

A turma do Zé, Felipe Anacleto, Diogo Silva, Bruna Milaré, Bruna Ueno, Fernanda Antonialli e Jéssica Jeuken pela amizade, companheirismo e por deixar a minha rotina muito mais agradável.

Aos meus companheiros de moradia, Felipe Anacleto, Lauter Pelepenko e Artur Barroso pela ótima convivência e os bons momentos que passamos e iremos passar.

Aos meus amigos do laboratório, Antonio Airton, Artur Barroso, Ederaldo Pietrafesa, Esdras Gabriel, Fernanda Antonialli, Paulo Henrique, Rodolfo Figueiredo, Tamares Andrade, Tamires Melo, Thiago Bessa, Walbert de Andrade, Emilly de Aveiro, Ezequiel Gabrielli, Jéssica Jeuken, Juliana Delatorre, Lauter Pelepenko, Lidiane Louzada, Maria Eunice, Vito Madio, Yanna de Omena, Natália Lobo, Pabla Secchi, Augusto Lima, Diogo Silva, Eloá Cristina, Flávia Medeiros, Jaqueline Lazzari, Marina Carvalho, Patrick Baltieri, Priscila Francisco, Rafaela Chapola, Rodrigo Vasconcelos, Andrea Pereira, Felipe Anacleto e Ana Carolina Correia pela ótima convivência.

Aos meus colegas de trabalho que permitiram eu concluir essa etapa mesmo tendo em contrapartida a minha ausência em diversas situações.

Resumo

A utilização de pinos de fibra de vidro tornou-se cada vez mais comum na reabilitação dos elementos dentários. Com isso, há um aumento das situações que exigem a sua remoção, podendo ocorrer após a fratura dos pinos ou do insucesso da terapia endodôntica. Entretanto, desgastes exagerados, desvios, perfurações e danos aos tecidos de suporte estão sujeitos a acontecer. Dessa forma, o objetivo deste estudo *ex vivo* foi avaliar três protocolos de remoção de pinos de fibra de vidro através do desgaste utilizando pontas ultrassônicas lisas (TRA12), acopladas a um adaptador. Vinte e quatro dentes monorradiculares de diferentes grupos e com características semelhantes foram preparados e divididos em 3 grupos (n=8): G20 – ciclos com duração de 20 segundos de aplicação sem refrigeração nesse período, G40 – ciclos de 40 segundos de aplicação sem refrigeração nesse período e G20a – ciclos de 20 segundos de aplicação com refrigeração do próprio aparelho durante esse período. Foram analisados o tempo total necessário para a remoção dos pinos, a variação da temperatura externa em diferentes regiões da raiz e a análise microtomográfica da quantidade de desgaste promovido na dentina, de material que permaneceu aderido as paredes do canal radicular e o surgimento ou a propagação de trincas radiculares. O estudo considerou um nível de significância $\alpha = 5\%$. Em relação ao tempo de remoção, o grupo G40 foi mais rápido que o G20, e o G20a foi semelhante aos demais. O grupo G20a apresentou menores valores de aumento de temperatura na região cervical, no entanto não foi observada diferença estatística entre os grupos na porção apical. Nenhum dos grupos resultou em variações de temperatura condizentes com a geração de danos biológicos. Todos os grupos deixaram quantidades significativas de material aderido as paredes do canal radicular. Os três protocolos testados podem criar ou propagar trincas radiculares. A utilização do ultrassom demonstrou ser um método viável quando é utilizado em intervalos de tempo controlados, independentemente da associação de um regime de refrigeração. Além disso, há necessidade de um método complementar para melhorar a remoção dos resíduos de materiais que permaneceram aderidos as paredes do canal radicular.

Palavras-chave: Endodontia. Ultrassom. Microtomografia por raio-X. Canal radicular

Abstract

The use of fiberglass posts has become increasingly common in dental element rehabilitation. Thus, there is an increase in situations that require their removal, which may occur after fracture of the posts or failure of endodontic therapy. However, excessive wear, deflection, perforation, and damage to supporting tissues are likely to occur. Thus, the objective of this *ex vivo* study was to evaluate three protocols for fiberglass post removal through wear using flat ultrasonic tips (TRA12) coupled to an adapter. Twenty-four monoradicular teeth of different groups and with similar characteristics were prepared and divided into 3 groups (n = 8): G20 - cycles of 20 seconds of application without cooling in this period, G40 - cycles of 40 seconds of application without cooling during this period and G20a - cycles of 20 seconds of application with cooling of the device itself during this period. The total time required for the removal of the pins, the variation of the external temperature in different root regions and the microtomography analysis of the amount of wear promoted on the dentin, of the material that remained adhered to the root canal walls and the appearance or propagation were analyzed of root cracks. The study considered a significance level $\alpha = 5\%$. Regarding the removal time, group G40 was faster than G20, and G20a was similar to the others. Group G20a presented lower temperature increase values in the cervical region, however no statistical difference was observed between the groups in the apical portion. Neither group resulted in temperature variations consistent with the generation of biological damage. All groups left significant amounts of material adhered to the root canal walls. The three protocols tested can create or propagate root cracks. The use of ultrasound has proven to be a viable method when used at controlled time intervals, regardless of the association of a refrigeration regime. In addition, there is a need for a complementary method to improve the removal of material residues that remained adhered to the root canal walls.

Keywords: Endodontics. Ultrasonics. X-Ray Microtomography. Dental Pulp Cavity.

Sumário

1. Introdução.....	11
2. Revisão da literatura.....	14
2.1. Remoção de pinos de fibra de vidro.....	14
2.2. Vibração dos pinos e o aumento de temperatura.....	20
2.3. Influência da espessura da raiz e o aumento de temperatura.....	25
2.4. O uso do ultrassom e o surgimento de trincas radiculares.....	28
2.5. Fatores relacionados ao movimento do inserto.....	29
3. Proposição.....	36
4. Material e métodos.....	37
4.1. Caracterização da amostra.....	37
4.2. Tratamento endodôntico.....	38
4.3. Confecção do espaço para o pino.....	40
4.4. Análise microtomógrafa.....	40
4.5. Cimentação dos pinos.....	42
4.6. Remoção dos pinos.....	43
4.7. Análise estatística.....	52
5. Resultados.....	53
5.1. Tempo total de remoção.....	53
5.2. Aumento de temperatura.....	54
5.3. Remoção de dentina e remanescente de material.....	57
5.4. Formação e propagação de trincas.....	60
6. Discussão.....	61
6.1. Metodologia.....	61
6.2. Tempo total de remoção.....	65
6.3. Aumento de temperatura.....	66
6.4. Remoção de dentina e remanescente de material.....	71
6.5. Formação e propagação de trincas.....	73
7. Conclusão.....	75
Referências.....	76
Apêndice 1 - Comparação entre a espessura da raiz e os grupos.....	87
Anexos.....	88
Anexo 1 - Certificado CEP.....	88
Anexo 2 - Relatório do Turnitin.....	89

1. Introdução

A execução criteriosa do tratamento endodôntico seguido por um correto e imediato selamento coronário proporciona um prognóstico favorável em dentes com a necessidade dessa terapia. Materiais que evitem a infiltração marginal, protejam de possíveis fraturas e possuam propriedades físicas e mecânicas adequadas ou semelhantes ao dente são atualmente preferidos para esse fim (Ferrari et al., 2012; dos Santos et al., 2014; Milani et al., 2016; Tabassum e Khan, 2016, Olcay et al., 2018). Dessa forma, a presença de uma considerável quantidade de remanescente dental permite a restauração direta com resina composta (Hervás-García et al., 2006). Nas situações com extensas perdas estruturais, há a necessidade da instalação de retentores intrarradiculares a fim de obter retenção e devolver parte daquela estrutura perdida, possibilitando a reabilitação do dente (Sorrentino et al., 2016).

Dentro dos retentores intrarradiculares, destacamos o aumento da utilização dos pinos de fibra de vidro ou núcleos de preenchimento, pois apresentam propriedades físicas e mecânicas mais próximas do dente quando comparamos com o núcleo metálico fundido (Ahmed et al., 2016). Entre elas, o módulo de elasticidade mais próximo ao da dentina, resultando em uma transmissão mais homogênea das forças recebidas sobre ele para a raiz, minimizando os casos de fraturas radiculares (Asmussen et al., 1999; Ferrari et al., 2000 (a); Ferrari et al., 2000 (b); Chieruzzi et al., 2012) . Outro fator a ser considerado é a estética, proporcionado por sua coloração (Plotino et al., 2007; Santos et al., 2010; Zhou e Wang, 2012).

Entretanto, as situações que necessitam remover os pinos de fibra de vidro costumam ocorrer após a sua fratura ou decorrente do fracasso da terapia endodôntica, essa última podendo alcançar índices de sucesso variando entre 68% e 91% (Hoshinson et al., 2002; Kojima et al., 2004; Imura et al., 2007; Ng et al., 2007). Além disso, a presença de pinos em dentes que necessitam de retratamento endodôntico é de aproximadamente 9,4% dos casos (Abbott, 1994), sendo que a escolha pela remoção costuma ser a primeira opção pelos profissionais (Castrisos e Abbott, 2002).

Essa manobra pode resultar em um procedimento complexo ao operador devido à dificuldade de visualização, que pode proporcionar desgastes exagerados da estrutura dental, a promoção de perfurações ou mesmo injúrias irreversíveis as estruturas adjacentes, resultado do aumento significativo de temperatura durante a utilização dos instrumentos no interior do canal radicular por períodos de tempo prolongados (Gesi et al., 2003; Garrido et al., 2004; Plotino et al., 2007; Haupt et al., 2017).

Com o objetivo de buscar alternativas que tornem esse procedimento mais rápido e seguro, diferentes instrumentos e protocolos vem sendo testados, visto que os pinos de fibra de vidro são removidos através do seu desgaste completo. Isso está relacionado com o tipo de cimentação utilizada, nesse caso a resinosa, que promove uma maior resistência as vibrações pelo fato de não ser friável, impedindo a formação de microfraturas e impossibilitando o desprendimento total do pino das paredes do canal radicular (Abe et al., 2014).

Entre os instrumentos empregados para a remoção, podemos destacar a utilização de brocas diamantadas, brocas multilaminadas, brocas de Largo, kits específicos para a remoção de pinos de fibra de vidro, limas rotatórias, pontas e insertos ultrassônicos e, mais recente, os guias endodônticos (Gesi et al., 2003; Anderson et al., 2007; Scotti et al., 2013; Abe et al., 2014; Kim et al., 2017; Haupt et al., 2017; Aydemir et al., 2018; Arukaslan e Aydemir, 2018; Maia et al., 2019; Schwindling et al., 2019).

Dessa forma, a utilização de pontas e insertos ultrassônicos vêm se destacando por possuírem uma boa capacidade de desgaste dos pinos de fibra de vidro. Além disso, permitem uma melhor visualização do campo operatório durante o procedimento, visto que a associação com a magnificação do campo operatório através do uso de microscopia é extremamente valiosa e necessária. Essa associação possibilita realizar um desgaste mais preciso e seletivo durante todas as etapas de remoção (Waplinton et al., 2000; Iqbal., 2004; Ruddle, 2004).

Sendo assim, sabemos que a utilização dos instrumentos ultrassônicos é bastante conhecida e utilizada durante a remoção de retentores intrarradiculares

metálicos (Gaffney et al., 1981; Glick e Frank, 1986; Chalfin et al., 1990; Buoncristiani et al., 1994; Dixon et al., 2002; Castrisos e Abbott, 2002; Ruddle, 2004; Plotino et al, 2007; Brito et al., 2009). Entretanto, existe a necessidade da busca de maiores informações sobre o seu emprego na remoção de pinos de fibra de vidro e sobre o seu comportamento no interior do canal radicular, visto que existe uma carência de estudos contendo informações sobre esse procedimento. Além disso, é importante conhecer as possíveis consequências que o seu uso poderia ocasionar as estruturas adjacentes ao elemento dental, visto que não há estudos relacionando o uso do ultrassom e a remoção de pinos de fibra de vidro com o aumento de temperatura.

2. Revisão da literatura

2.1 Remoção de pinos de fibra de vidro

A remoção de retentores intrarradiculares pode tornar-se necessária em situações de fratura ou insucesso na terapia endodôntica. Tratando dos pinos de fibra de vidro, a dificuldade pode ser maior visto que a sua coloração juntamente com a do cimento resinoso próximo a tonalidade da dentina resultam em maior dificuldade de visualização e distinção no interior do conduto e das paredes do canal radicular, principalmente no terço apical (Plotino et al., 2007). Dessa forma, o emprego da magnificação do campo operatório com microscopia para auxiliar na visualização e guiar o nosso direcionamento de desgaste se torna uma importante ferramenta (Arens, 2003; 2004; Iqbal, 2004).

Outro fator que deve ser considerado durante a remoção dos pinos de fibra de vidro é o seu comprimento, pois os pinos cimentados com 10 mm necessitam de mais força para se deslocarem quando comparados com pinos mais curtos (Braga et al., 2006). Juntamente a isso, a técnica de cimentação adesiva não permite o desprendimento do pino das paredes do canal radicular, resultando em um monobloco, acrescentando maior dificuldade para o procedimento (Abe et al., 2014).

Sendo assim, Gesi et al. (2003) testaram *in vitro* dois métodos para a remoção de três tipos diferentes de pinos. Dois deles eram de fibra de vidro e o terceiro de fibra de carbono. Todos os pinos tiveram o comprimento padronizado de 10 mm e foram cimentados com cimentos resinosos de dupla polimerização, em 60 dentes extraídos de humanos e divididos em 6 subgrupos. Em cada tipo de pino foram testados dois métodos de remoção. O primeiro consistia em um kit pronto sugerido pelo fabricante, composto por duas brocas apropriadas para a remoção de pinos de fibra de vidro. O segundo método era composto pela associação de uma broca diamantada e uma broca de Largo de número 3. O tempo de remoção foi cronometrado a partir do momento que iniciou o uso da primeira broca de cada kit e interrompido com o aparecimento da guta percha apical. Como resultado, observaram que o segundo método, composto pela

broca diamantada e a broca de Largo de número 3, conseguiu remover todos os tipos de pinos em menor tempo.

Lindemann et al. (2005) realizaram um trabalho comparando a eficiência ou o tempo de remoção, com a efetividade ou a quantidade de resíduos que permaneceram aderidos as paredes do canal radicular, durante a remoção de diferentes tipos de pinos de fibra de vidro. Para isso, foram utilizados um total de 80 dentes extraídos de humanos que possuíam dimensões semelhantes e um único canal radicular. As amostras foram divididas igualmente e receberam 4 diferentes tipos de pinos de fibra de vidro, cimentados com cimento do tipo resinoso. Os pinos possuíam um comprimento de 8 mm. Após a divisão das amostras em 8 subgrupos, metade delas foram removidas com o sistema de remoção de pinos composto por brocas e um dispositivo de remoção por pressão, e a outra metade utilizando a associação de duas brocas diamantadas e dois insertos ultrassônicos (nenhum possuía diamantes). A eficiência foi medida com um cronômetro e a efetividade através de escalas que classificavam a quantidade de material que permaneceu aderido as paredes do canal radicular em 5 categorias. Para isso, os dentes foram seccionados e analisados com o auxílio de um microscópio. Concluíram que a utilização do sistema de remoção de pinos foi mais eficiente, resultando em menor tempo de remoção. Já a utilização da associação das brocas diamantadas com os insertos ultrassônicos resultou em menor quantidade de material aderido as paredes do canal radicular. Os autores sugeriram uma possível associação dos instrumentos buscando otimizar a remoção desses materiais.

Anderson et al. (2007) realizaram a remoção de dois tipos de pinos de fibra de vidro cimentados em 60 dentes monorradiculares, extraídos de humanos. Foram testadas três associações diferentes de instrumentos. A primeira associação era composta por duas brocas utilizadas em baixa rotação, apropriadas e recomendadas pelo fabricante de um dos tipos dos pinos de fibra de vidro. O segundo kit possuía uma broca $\frac{1}{2}$ utilizada em alta rotação e uma segunda broca utilizada em baixa rotação, até a localização da guta percha apical. Esses instrumentos eram indicados para a remoção de pinos de fibra de vidro e utilizados de acordo com as orientações do fabricante. O terceiro kit era composto por uma broca $\frac{1}{2}$ e uma broca diamantada, ambas utilizadas em alta

rotação, e duas brocas de Peeso, de números 3 e 4 acionadas em baixa rotação. Concluíram que o tipo de pino de fibra de vidro não influenciou no tempo ou eficiência de remoção. Entretanto, foi constatado uma maior efetividade de remoção ou a menor permanência de remanescente de pino de fibra de vidro e cimento resinoso aderido as paredes do canal radicular com o terceiro kit, formado pela associação de quatro instrumentos cortantes.

Frazer et al. (2008) avaliaram o tempo necessário para a remoção de pinos de fibra de vidro cimentados com cimento resinoso, e pinos de titânio cimentados com cimento resinoso ou ionômero de vidro. Os testes foram realizados *in vitro* com um total de 40 dentes monorradiculares superiores extraídos de humanos, que tiveram as suas coroas removidas e foram divididos em três grupos. Os pinos de fibra de vidro foram removidos com desgastes realizados a partir do seu centro, utilizando uma broca de 1/2 de alta rotação no início, seguida por duas brocas de baixa rotação até a sua completa remoção. Os pinos de titânio tiveram espaços criados ao seu redor recebendo em seguida vibrações com o aparelho de ultrassom para a sua remoção. Durante a remoção dos pinos, realizaram a conferência da remoção dos materiais aderidos as paredes do canal com inspeções visuais e radiográficas. O tempo destinado as inspeções também foram contabilizados. Concluíram que os pinos de titânio com cimento resino demoraram consideravelmente mais para serem removidos. Os pinos de fibra de vidro puderam ser removidos em períodos inferiores.

Scotti et al. (2013) buscaram avaliar se diferentes níveis de habilidade clínica influenciam na remoção de dois tipos de pinos de fibra de vidro, sendo que em um deles possuía um polímero macio em seu centro, servindo de guia, e permitindo o desgaste. O segundo pino utilizado era convencional. Os pinos foram cimentados em dentes extraídos de humanos com um comprimento de 10 mm e divididos em quatro grupos. Para a remoção, um grupo era formado por operadores que possuíam experiência clínica de 10 anos em Endodontia e o outro grupo era composto por estudantes universitários que cursavam o quinto ano. Os instrumentos utilizados também foram divididos em dois grupos, sendo utilizado no grupo dos pinos convencionais um inserto ultrassônico denominado Start X tip #3, que possui microlâminas em suas laterais, mas que não alcançam a ponta do instrumento. No segundo grupo foi empregado uma associação de

instrumentos, composto por uma lima rotatória de níquel titânio 25.04 juntamente a uma broca de Largo de número 2, seguindo as instruções do fabricante do pino. Concluíram que os pinos convencionais foram removidos mais rapidamente pelos operadores experientes. A pesagem dos dentes após a remoção também foi influenciada pela experiência profissional, sendo que os menores desgastes de dentina foram encontrados no grupo dos operadores experientes. Por último, não houve diferença na presença de remanescentes dos pinos aderidos as paredes do canal radicular após a remoção.

Com o intuito de avaliar a eficácia e a efetividade de diferentes métodos de remoção de pinos de fibra de vidro, Abe e colaboradores em 2014 realizaram testes em 45 dentes extraídos utilizando diferentes associações de instrumentos. A primeira era composta por uma broca de alta rotação diamantada 1012 refrigerada com água e uma broca de Largo de número 4, utilizada em baixa rotação e sem refrigeração. O segundo método utilizou um inserto ultrassônico diamantado sem nenhum tipo de refrigeração. No terceiro método foi empregado uma broca Carbide longa acoplada na baixa rotação seguido pelo uso do mesmo modelo de inserto ultrassônico do grupo anterior. Os pinos possuíam 10 mm de comprimento e foram cimentados com cimento resinoso. Adotaram como critérios para o término do teste o alcance do comprimento do pino, a visualização da guta percha apical e a ausência de remanescente do pino e do cimento resinoso nas paredes do canal radicular. O último utilizando imagens das amostras obtidas antes e após a remoção dos pinos e analisadas em um programa de computador que mensurava o espaço do canal. Realizaram a comparação do tempo necessário para a completa remoção do pino, o desgaste gerado na estrutura dental e a quantidade de cimento que permaneceu nas paredes canal radicular. Como resultado, observaram que o terceiro método (broca Carbide longa e inserto ultrassônico) ocasionou uma menor permanência de cimento nas paredes do canal radicular. Não constataram diferença estatística entre os três grupos nos quesitos tempo total de remoção e desgaste gerado na estrutura dental (Abe et al., 2014).

Kim et al. (2017) compararam o volume de desgaste de dentina que os insertos ultrassônicos realizavam durante a remoção de pinos metálicos e pinos de fibra de vidro cimentados em 48 dentes anteriores extraídos de humanos.

Foram realizados 4 grupos: pino metálico com ionômero de vidro, pino metálico com cimento resinoso, pino de fibra de vidro com ionômero de vidro e pino de fibra de vidro com cimento resinoso. O preparo realizado para o espaço do pino era de 8 mm e, após a sua confecção, os dentes foram submetidos a imagem inicial com microtomógrafo. Em seguida, os pinos eram cimentados e submetidos à remoção utilizando ultrassom, sem irrigação e com o auxílio de microscopia. Após a remoção dos pinos, as amostras eram conferidas e tinham o remanescente de cimento removido com o auxílio de ultrassom. Feito isso, era realizada uma segunda imagem com o microtomógrafo para comparação com a imagem inicial. Observaram um aumento de volume de 81,3%, 42,2%, 25,4% e 35,0%, respectivamente, sendo que houve diferença estatística entre o grupo 1 (pino metálico com cimento de ionômero de vidro) e os demais grupos. Entre os grupos 2, 3 e 4 não houve diferença estatisticamente significativa no aumento do volume dental.

Haupt et al. (2017) realizaram testes para avaliar a efetividade de remoção de três tipos pinos, utilizando três combinações de instrumentos diferentes: uma ponta de ultrassom denominada SonicFlex Endo #67, cônica diamantada, acoplada em um aparelho sônico. O segundo método continha uma broca longa acionado em 1500 rotações por minuto. Os dois instrumentos citados eram associados a irrigação com água. O terceiro método de remoção era composto por um kit contendo duas brocas apropriadas para a remoção de pinos. Os pinos utilizados eram de fibra de vidro, de quartzo e fibra de carbono. Os pinos possuíam 10 mm de comprimento e foram cimentados com cimento resinoso em 153 dentes monorradiculares, extraídos de humanos e com um comprimento de raiz de 15 mm. Foram avaliados a quantidade de material que permaneceu aderido às paredes do canal radicular (efetividade), tempo total de remoção, a quantidade de dentina removida, as falhas que ocorreram durante o procedimento, a presença de perfurações, desvios e fraturas radiculares. Foi utilizado a tomografia computadorizada para a obtenção das imagens antes e após a remoção dos pinos. Constataram que a ponta de ultrassom e a broca longa deixaram menos materiais remanescentes, independentemente do tipo de pino utilizado. A combinação do pino de fibra de vidro com o kit de brocas para a remoção de pinos deixou uma quantidade maior de remanescente de material

aderido as paredes do canal radicular. Em relação ao tempo remoção, o kit composto por brocas obteve os menores valores independentemente do tipo de pino utilizado. A ponta de ultrassom e a broca longa conseguiram os seus melhores resultados removendo os pinos de fibra de vidro e de quartzo, em relação aos pinos de fibra de carbono. A utilização do inserto ultrassônico gerou um desgaste de dentina similar em todos os grupos de pinos. A utilização de broca ocasionou os maiores desgastes. O menor desgaste de dentina foi encontrado na combinação do kit de brocas para remoção de pinos com o pino de quartzo. Além disso, ocorreram desvios e perfurações durante as remoções dos pinos na seguinte proporção: oito com insertos ultrassônicos, quatorze com a broca longa e quatro com o kit de brocas de remoção pinos, sendo que nove ocorreram com pinos de fibra de vidro, onze com pinos de quartzo e seis com pinos de fibra de carbono. A associação do pino de quartzo com a broca longa resultou no maior número de perfurações, que foi de 25% do total.

Em um trabalho realizado no ano de 2018 por Arukaslan e Aydemir, foram comparados dois métodos para a remoção de pinos de fibra de vidro avaliando os seguintes critérios: quantidade de resíduos que permaneceram aderidos as paredes do canal radicular, quantidade de dentina ou remanescente dental, presença de trincas e tempo de remoção. Assim, o primeiro método de remoção consistia na utilização de um kit de brocas apropriadas para a remoção de pinos, contendo uma broca piloto diamantada e uma segunda broca do tipo carbide, ambas utilizadas no contra-ângulo. O segundo era composto por um modelo de inserto ultrassônico diamantado, acionado na potência máxima do aparelho associado a irrigação com água. Foram utilizados um total de 30 pré-molares inferiores apresentando um único canal radicular. As amostras foram submetidas a dois escaneamentos utilizando um aparelho de microtomografia. O primeiro logo após o preparo do espaço do pino e o segundo após a remoção do pino de fibra de vidro. Concluíram que não houve diferença na permanência de resíduos aderidos juntamente as paredes do canal radicular ou na formação e presença de trincas. O kit de brocas para a remoção de pinos ocasionou um maior desgaste de estrutura dental e resultou em um menor tempo de remoção (Arukaslan e Aydemir, 2018).

Aydemir et al. (2018) realizaram testes laboratoriais com o intuito de verificar o tempo necessário e a resistência a fratura após a remoção de pinos de fibra de vidro em dentes extraídos de humanos. Os pinos possuíam um comprimento de 9 mm e foram cimentados com cimento resinoso. Os dentes foram separados em três grupos: no primeiro, os pinos foram removidos com um kit de remoção do próprio fabricante do pino, no segundo foi utilizado um inserto ultrassônico denominado Start X tip #3, que possui microlâminas em suas laterais, mas que não alcançam a ponta do instrumento. O terceiro grupo não teve os pinos removidos (controle). Uma máquina de ensaio universal foi utilizada para quantificar a resistência a fratura, aplicando forças compressivas sobre as amostras. Os pinos removidos com o ultrassom resultaram em dentes com menor resistência, pois valores de força significativamente menores foram necessários para ocasionar fraturas. Além disso, esse grupo necessitou de um maior período tempo para a completa remoção do pino.

2.2 Vibração dos pinos e o aumento de temperatura

Outro ponto a ser considerado são os danos que podem ocorrer ao periodonto durante o processo de remoção dos pinos de fibra de vidro. O manuseio dos instrumentos no interior do canal radicular pode resultar em um aumento de temperatura na superfície externa do dente e em seus tecidos adjacentes, capaz de promover necrose tecidual em diferentes estruturas, como o cimento, ligamento periodontal e o osso alveolar. Foi constatado que um aumento de temperatura de 10 graus Celsius durante um minuto é capaz de ocasionar danos teciduais reversíveis. Da mesma forma, aumentos de temperatura superiores a 47 graus Celsius, por períodos prolongados, maiores que um minuto, são capazes desencadear necrose óssea, impossibilitando uma regeneração na área (Eriksson e Albrektsson, 1983; Eriksson et al., 1984). Além disso, notou-se que o aumento de temperatura pode resultar na desnaturação proteica das células do ligamento periodontal, promovendo anquilose e áreas de reabsorções ósseas (Atrizadeh et al., 1971; Line et al., 1974; Sauk et al., 1988). Sendo assim, é possível encontrar situações que resultaram na perda do elemento dental, decorrente de sucessivas ou prolongadas injúrias aos tecidos de suporte (Gluskin et al., 2005; Walters e Rawal, 2007; Chee e Aloum, 2011).

Satterthwaite et al. (2003) avaliaram o aquecimento que o uso prolongado do ultrassom gerou durante a remoção de dois tipos de pinos, sendo um de metal e outro de zircônia. Os pinos foram cimentados em 30 caninos extraídos de humanos e o tempo de aplicação do ultrassom foi de 30 minutos. O resultado foi um aumento de temperatura médio de 18,7 graus Celsius na superfície radicular, independentemente do tipo de pino. Além disso, notaram que havia uma relação entre o aumento de temperatura e a diminuição da espessura da raiz.

Da mesma forma, Garrido e colaboradores no ano de 2004 realizaram um estudo comparando a influência da aplicação do ultrassom, associado ou não com irrigação com água, na remoção de pinos metálicos. Para isso, foram cimentados pinos com 8 mm de comprimento utilizando cimento resino e cimento de fosfato de zinco em um total de 42 caninos extraídos de humanos. A remoção foi realizada utilizando insertos ultrassônicos com ou sem refrigeração a água, com aplicações com duração de 4 minutos sobre os pinos. Cada aplicação era realizada da seguinte maneira: 1 minuto de aplicação em cada uma das 4 faces dos pinos (vestibular, palatina, mesial e distal). Em seguida, os dentes eram levados até a máquina de testes Instron e aplicadas forças de tração paralelas ao longo eixo do dente. Constataram que a utilização de refrigeração com água foi mais eficaz nos casos que utilizaram o cimento de fosfato de zinco, reduzindo em 71% a força de tração necessária para remover o pino. Isso pode ser explicado pela transmissão da energia gerada pelo ultrassom que quebra a linha de cimentação juntamente com o efeito de solubilização que a água causa sobre o cimento de fosfato de zinco. Já com a ausência de refrigeração, os resultados mais satisfatórios foram em conjunto com o cimento resinoso, reduzindo em 75% a força necessária para deslocar os pinos. Essa relação acontece porque os cimentos resinosos têm alta capacidade de expansão térmica, ocasionado a degradação deles após sucessivas aplicações de calor. Entretanto, aplicações prolongadas sem refrigeração ocasionam maior liberação de calor, devendo ser evitadas para não causar injúrias ao ligamento periodontal (Garrido et al., 2004).

A quantidade de calor liberada foi avaliada Dominici e colaboradores em 2005, durante a remoção de núcleos metálicos cimentados com fosfato de zinco em 10 incisivos superiores extraídos de humanos. Os pinos possuíam 7 mm de comprimento na porção intrarradicular. Os testes foram realizados com insertos

ultrassônicos apropriados para a remoção de pinos, sem refrigeração. As medições de temperatura aconteceram a cada 15 segundos, com o auxílio de duas sondas aderidas 2 mm abaixo da linha amelocementária e na região coronária dos núcleos metálicos. Os tempos de aplicação eram de 15, 30, 45 e 60 segundos com uma força de 500 gramas sobre a peça de mão do ultrassom. Observaram que o aumento de temperatura na superfície do núcleo foi muito superior ao da superfície radicular. A dissipação da energia do ultrassom e a sucessiva transmissão de calor do núcleo para a raiz resulta em aumentos de temperatura que podem ocasionar danos as estruturas periodontais. Como conclusão, há um grande aumento de temperatura, superiores a 10 graus Celsius, em períodos superiores a 15 segundos. Observaram picos de temperatura de até 125,3 e 32,2 graus nos pinos e na superfície radicular, respectivamente (Dominici et al., 2005).

Budd et al. (2005) avaliaram as alterações de temperatura que um aparelho de ultrassom do tipo piezoelétrico e outro do tipo magnetostritivo, poderiam gerar durante a remoção de pinos, em períodos de acionamento de 120 segundos. Utilizaram pinos de titânio com 10 mm de comprimento, cimentados com ionômero de vidro na raiz distal de molares inferiores extraídos de humanos. Foram utilizados 4 diferentes regimes de refrigerações, sendo eles: sem nenhum tipo de refrigeração (ar ou água), somente com refrigeração com ar e refrigerado com ar e água com dois volumes diferentes sendo de 15 ml e 30 ml por minuto. A água destinada a refrigeração era mantida em uma temperatura constante de 18 graus Celsius. Realizaram a captação de calor com uma câmera infra- vermelha na superfície do pino, na região coronária e na superfície radicular, na altura apical do pino. Essas mensurações ocorriam a cada 30 segundos. Concluíram que o ultrassom piezoelétrico resultou em maiores aumentos de temperatura que o ultrassom do tipo magnetostritivo. Isso foi detectado principalmente na superfície do pino sem nenhum tipo de refrigeração. A utilização da associação com ar e água é inversamente proporcional a geração de calor. Além disso, foi constatado que somente o grupo com 30 ml de irrigação não permitiu um aumento de temperatura superior a 10 graus Celsius sobre a superfície radicular.

Com o intuito de avaliar se a utilização do aparelho de ultrassom, associado ou não a refrigeração com água, influenciava na liberação de calor durante a remoção de pinos metálicos, Huttula et al. (2006) prepararam 26 raízes de dentes monorradiculares extraídos de humanos. Para a cimentação dos pinos foi utilizado um cimento resinoso. O comprimento dos pinos era de 7 mm na porção intrarradicular. Esse conjunto foi imerso em água aquecida a 37 graus Celsius e tiveram aderidas a sua superfície sondas de termômetros localizadas a 2 e 7 mm da região cervical da raiz, fixadas com uma resina do tipo epóxi. O tempo total de aplicação do aparelho de ultrassom (P-5 Booster, Satelec/ Acteon, Bordeaux, França) era de 4 minutos, de maneira contínua e programado na potência de número 11. Notaram que a utilização de irrigação com água sucedeu em valores de temperatura significativamente menores. O grupo sem irrigação atingiu valores maiores de temperatura na região coronária, em contrapartida o grupo com irrigação obteve os valores mais elevados na região apical. Observaram que o uso de irrigação resultou em uma retirada de calor nas regiões que há o contato direto com a irrigação e sucção, enquanto no terço apical, pela ausência desses fatores, resultou em uma menor dissipação e uma maior transmissão de calor através do núcleo do pino.

Em 2007, Ettrich et al. (2007) testaram a influência do ultrassom na liberação de calor durante a remoção de pinos metálicos. Para isso, foram realizados testes em três situações: sem nenhum tipo de refrigeração, com a refrigeração com água e com refrigeração com ar. Os 37 dentes tiveram as suas coroas removidas e foram cimentados pinos metálicos com fosfato de zinco. Sondas de termômetro foram acopladas nas superfícies dentais nas alturas de 4 e 9 mm abaixo da linha cervical. Todo o conjunto foi imerso em água mantida em 37 graus Celsius. Para a remoção dos pinos, o ultrassom foi acionado na potência máxima, de número 13, e média, de número 9. O término do experimento foi após a remoção do pino ou quando o valor de 50 graus Celsius era atingido. Notaram um aumento de temperatura entre as duas sondas em direção apical, independente da refrigeração e da potência do ultrassom selecionada. A refrigeração com ar foi bastante eficaz na potência média do ultrassom. A utilização de água resultou nos menores aumentos de temperatura, sendo que a associação com água e a potência média do ultrassom resultou na

melhor combinação, pois permitiu uma menor geração de calor. Concluíram que a liberação de calor está diretamente relacionada com a potência de vibração selecionada no aparelho de ultrassom e a utilização e o tipo de refrigeração empregada durante o procedimento.

Davis et al. (2010) avaliaram a remoção de pinos metálicos com a utilização de um aparelho de ultrassom sem qualquer tipo de refrigeração. Foram testados também a eficiência de diferentes métodos de dissipação e liberação de calor, e os possíveis danos teciduais que poderiam ser ocasionados. Os pinos possuíam um comprimento de 10 mm e tiveram a sua fixação com cimento resinoso. As sondas do termômetro foram acopladas na região cervical e apical das raízes e o conjunto ficou imerso em água a 37 graus Celsius, durante todo o experimento. No decorrer da aplicação do ultrassom, se houvesse um aumento de temperatura superior a 10 graus Celsius, o experimento era interrompido e aplicado um dos seguintes métodos para controle de calor: aplicação de ar com a seringa tríplice, spray de água com a seringa tríplice, aplicação do spray refrigerador endodôntico com o auxílio de um algodão pequeno por 2 segundos, aplicação do spray refrigerador endodôntico com o auxílio de um algodão grande por 2 segundos e, por último a refrigeração com a temperatura ambiente (controle). Perceberam que temperaturas prejudiciais ao periodonto podem ser atingidas rapidamente com a utilização do ultrassom sem irrigação, mesmo em períodos de aplicação inferiores a 20 segundos. Os 4 métodos de refrigeração demonstraram eficácia na redução de temperatura.

Lipski e colaboradores no ano de 2010 realizaram um estudo com o objetivo de avaliar se o volume de água influencia no aumento de temperatura durante a remoção de pinos. Para isso, foram cimentados pinos metálicos com fosfato de zinco em 36 incisivos extraídos de humanos. A remoção foi feita utilizando insertos ultrassônicos acionados na potência média do aparelho de ultrassom. O tempo total de aplicação era de 2 minutos em três situações distintas: sem nenhuma refrigeração, com refrigeração no volume de 20 ml/min de água e com refrigeração no volume de 40 ml/min de água. Foi utilizado uma câmera capaz de captar calor para realizar as mensurações. Ela era posicionada a 15 cm de distância da superfície radicular e ficava voltada para a face mesial. As mensurações eram gravadas em intervalos de 10 segundos. Os grupos sem

refrigeração e com refrigeração com água com volume de 20 ml/ min permitiram um aumento de temperatura que atingiram 16,9 e 10,7 graus Celsius, respectivamente. Além disso, nesses dois grupos a espessura da raiz foi determinante para o aumento de temperatura, pois nas situações que utilizaram raízes mais delgadas houve uma maior elevação de temperatura. Por último, o grupo com refrigeração no volume de 40 ml/ min não permitiu que as temperaturas excedessem 10 graus Celsius, resultando em aumentos de temperatura médios de 7,18 graus Celsius (Lipski et al., 2010).

Capriotti et al. (2018) realizaram um estudo laboratorial para avaliar a quantidade de calor liberada durante a remoção de pinos de fibra. Selecionaram 40 dentes que foram submetidos ao tratamento endodôntico e posteriormente foram divididos em dois grupos, sendo que metade tiveram cimentados pinos de fibra de quartzo e os demais pinos de fibra de sílica, ambos unidos com cimento do tipo resinoso. As remoções eram realizadas com o inserto ultrassônico multilaminado Start X tip #3, em três regimes distintos. No primeiro foi utilizado o inserto ultrassônico durante 25 segundos sem nenhum tipo de refrigeração. O segundo grupo foi acionado durante 25 segundos, utilizando refrigeração com ar através do uso da seringa tríplice. No último, o acionamento ocorreu por 25 segundos utilizando a irrigação com água do próprio equipamento de ultrassom. As medições ocorriam com a utilização de uma câmera térmica capaz de captar o calor liberado em toda a superfície radicular. Os maiores valores de temperatura ocorreram nos grupos que não receberam nenhum tipo de refrigeração, sendo que o maior valor alcançado foi de 46,6 °C no grupo dos pinos de quartzo, seguido pelo valor de 42,5 °C no grupo dos pinos de sílica. A refrigeração com ar conseguiu reduzir os valores de temperatura, especialmente no grupo dos pinos de sílica. Já a refrigeração com água demonstrou ser o método mais eficaz entre os métodos testados (Capriotti et al., 2018).

2.3 Influência da espessura da raiz e o aumento de temperatura

No ano de 1998, Nicoll e Peters realizaram um estudo avaliando se a espessura de dentina e a utilização de diferentes métodos de irrigação influenciam no aumento de temperatura. Para isso, confeccionaram um total de 60 blocos compostos por dentina e esmalte, a partir de raízes de molares

extraídos de humanos. As suas dimensões de comprimento eram padronizadas em 1,5 mm X 3,0 mm, divididos em três grupos iguais de acordo com a sua espessura, que eram de 0,5, 1,5 e 2,5 mm. Em um dos lados foi fixado um sensor do termômetro, em oposição o outro era reservado para receber o contato do inserto ultrassônico. Este último, recebia a proteção de um plástico para impedir que a interferência no registro das temperaturas durante o uso da irrigação com água. As medições de temperatura ocorriam em intervalos de 5 segundos. O aparelho de ultrassom utilizado foi do tipo magnetostriativo, associado a um inserto liso (P- 10) que era acionado durante 30 segundos na potência média. As formas de irrigação testadas foram: utilizando a irrigação do próprio aparelho, com um volume de 15 ml por minuto. Gotejando com uma seringa manualmente, com um volume aproximado de 30 ml por minuto. O líquido utilizado durante a irrigação era mantido na temperatura de 26 graus Celsius. Por último, foram realizados testes sem a utilização de irrigação. Notaram que a irrigação através do gotejamento não permitiu que houvesse um aumento de temperatura superior a 5 graus Celsius, independentemente do tempo de aplicação. Foi verificado que esse método de irrigação resultou em maiores temperaturas no grupo com o bloco na espessura de 0,5 mm. A irrigação do próprio aparelho de ultrassom não permitiu que fossem alcançadas temperaturas prejudiciais aos tecidos periodontais, acima de 10 graus Celsius, em nenhuma das espessuras dos blocos. A ausência de irrigação resultou em aumentos de temperatura significativos, acima de 10 grau Celsius. Perceberam que havia uma relação no aumento de temperatura, tempo de aplicação e a diminuição da espessura dos blocos (Nicoll e Peters., 1998)

Um trabalho do ano de 2007 de Hashem buscou avaliar se a utilização de um aparelho de ultrassom durante a remoção de instrumentos fraturados pode resultar em aumentos de temperatura prejudiciais aos tecidos periodontais. Para isso, ele utilizou 30 incisivos centrais superiores de humanos. Neles foram fraturados fragmentos de 5 mm de limas manuais do tipo K #40. Esses dentes foram colocados em tubos preenchidos com alginato e tiveram duas sondas de termômetros unidas à superfície radicular, nas faces mesial e distal, com o auxílio de cianocrilato. Todo esse conjunto foi imerso posteriormente em água mantida em 37 graus Celsius. Para a remoção dos instrumentos, foram utilizadas

brocas de Gates Glidden de números 3 e 4, criando um caminho até o fragmento do instrumento fraturado. Em seguida, foram utilizados dois insertos ultrassônicos associados a três potências diferentes: um inserto liso (ET 40) na potência 1, o mesmo inserto na potência 5 e um inserto diamantado (CPR 5) na potência de número 1. Eram realizadas aplicações de até 120 segundos e as medições de temperatura aconteciam em 60 e 120 segundos. Todo o experimento foi realizado com microscopia. Em 60 segundos de medição, os menores valores de temperatura alcançados foram pelos dois grupos que utilizaram a menor potência do ultrassom. O grupo na potência máxima resultou em aumentos significativos de temperatura, com valores médios de 11,5 graus Celsius. No intervalo de tempo de 120 segundos, o aumento de temperatura aconteceu na seguinte ordem crescente: inserto diamantado na potência mínima, inserto liso na potência mínima e inserto liso na potência máxima. Concluíram que o aumento da potência, o aumento do tempo e a diminuição da espessura da raiz (nesse trabalho causado pelo desgaste maior gerado pelo inserto liso, que possui dimensões superiores) refletem em aumentos de temperatura (Hashem, 2007).

Um estudo foi realizado por Horan et al. (2008) com o intuito de verificar se há relação a espessura da raiz com o aumento de temperatura, durante a utilização de insertos ultrassônicos para a remoção de pinos metálicos. Os pinos foram padronizados com 7 mm de diâmetro intrarradicular e cimentados com cimento resino em 24 dentes monorrodiculares extraídos de humanos. Sondas de captação de calor foram aderidas na superfície radicular externa, há 7 mm abaixo da linha cervical. O conjunto foi deixado imerso em água com temperatura controlada em 37 graus Celsius. O ultrassom foi acionado com e sem refrigeração com água por um período de 4 minutos. Realizaram a mensuração da espessura de dentina que havia na parede dental, entre o pino e a sonda do termômetro. Não foram encontradas associações entre a espessura da raiz e a elevação de temperatura. Entretanto, constaram que no grupo sem refrigeração houve uma maior liberação de calor, independentemente da espessura da raiz.

O trabalho de Madarati e equipe do ano de 2008 avaliou *in vitro* o aumento de temperatura durante a remoção de instrumentos fraturados. Para isso, utilizaram insertos ultrassônicos de modelos e comprimentos diferentes.

Utilizaram potências do aparelho distintas e buscaram verificar se a espessura da raiz influenciava nas alterações de temperatura. Os testes foram realizados em 50 incisivos extraídos de humanos. As sondas do tipo K foram fixadas em áreas das regiões mesial, distal e lingual, em diferentes alturas da raiz, e acopladas a um termômetro. Antes de iniciar as mensurações, os dentes eram preparados com brocas de Gates Glidden até o fragmento do instrumento, permitindo um acesso adequado para que os insertos ultrassônicos fossem utilizados. As medições da temperatura ocorriam a cada 30 segundos, e o acionamento dos insertos ocorriam durante 120 segundos, sem nenhuma irrigação. Constataram que os maiores aumentos de temperatura foram na região cervical. Observaram que os insertos mais calibrosos resultaram em maiores aumentos de temperatura devido ao maior atrito que geravam nas paredes do canal radicular. Uma maior efetividade no desgaste de dentina foi observada com os insertos mais finos. A maior potência do ultrassom gerou aumentos de temperatura significativamente maiores nos períodos de aplicação de 120 segundos. Isso pode estar relacionado com a maior amplitude de vibração dos insertos nessa condição. Além disso, o uso na maior potência resultou na fratura dos insertos em períodos de aplicação reduzidos, de até 25 segundos. Por último, foram observados aumentos de temperatura superiores nas regiões mais apicais, sendo viável a redução do intervalo de tempo de aplicação nessas regiões (Madarati et al., 2008).

2.4 O uso do ultrassom e o surgimento de trincas radiculares

Altshul et al. (1997) avaliaram o surgimento de trincas após a remoção de pinos metálicos cimentados em 60 dentes de cadáveres. Os pinos foram cimentados com cimento de fosfato de zinco. Os grupos para o estudo foram: o grupo 1 utilizando o ultrassom para a remoção com refrigeração com água, o grupo 2 com o sistema de remoção de pinos de Gonan, que consistia no uso de uma trefina na baixa rotação. No grupo 3 os pinos foram somente cimentados, sem a remoção. No grupo 4 não houve preparo e cimentação dos pinos. Para realizar a avaliação das trincas, os dentes eram extraídos em blocos e após a remoção, cortados nas distâncias de 4, 7 e 10 mm da junção ameloementária. Em seguida, eram submetidos a avaliação de dois profissionais independentes. As trincas eram divididas em trincas do canal, que podiam ser completas ou

incompletas, e em trincas situadas no interior da dentina. O resultado foi que em todos os grupos havia trincas no interior da dentina. Além disso, todos os métodos de remoção ocasionaram trincas. Entretanto, no grupo que foi utilizado o ultrassom foi encontrado uma quantidade significativamente maior de trincas em relação ao grupo que não teve os pinos cimentados.

A formação de trincas e o uso de ultrassom foi estudada no trabalho de Fu e colaboradores do ano de 2018. Eles avaliaram se a remoção de limas fraturadas com o aparelho de ultrassom poderia resultar na formação de microtrincas. Foram utilizados 18 pares de incisivos inferiores extraídos de humanos. Todos tiveram a coroa anatômica removida. Metade das amostras (controle) foram submetidas a instrumentação dos canais com um sistema rotatório. O restante tinha uma lima de número 20 fraturada no terço médio do canal radicular. Em seguida esses instrumentos eram removidos com a utilização de um inserto ultrassônico liso (ET25) acionado entre as potências de números 3 e 5. Antes disso, era criado um caminho para os insertos até o fragmento da lima fraturada com brocas de Gates Glidden de números 3 a 4. Após a remoção, essas amostras eram submetidas a instrumentação dos canais radiculares com o mesmo sistema rotatório dos demais. Durante o experimento, foram realizadas microtomografias em três momentos: após a remoção das coroas (todos os grupos), após o término da remoção do fragmento da lima fraturada (grupo avaliado) e após da instrumentação dos canais radiculares (todos os grupos). Não foram encontradas microtrincas no grupo controle. Enquanto isso, no grupo experimental foram encontradas o surgimento de microtrincas após a remoção dos instrumentos fraturados em 8 das 18 amostras, sendo que a grande maioria ocorreu após a utilização do ultrassom. Essas microtrincas não foram removidas ou se propagaram após a instrumentação dos canais radiculares (Fu et al., 2018).

2.5 Fatores relacionados ao movimento do inserto

No ano de 2000 foi realizado um estudo por Waplinton e equipe com a finalidade de verificar o corte promovido em dentina por dois insertos ultrassônicos lisos de diferentes fabricantes (CT4 e SJ4), acionados em três diferentes potências (baixa, média e alta). Para as análises, levaram em

consideração a profundidade do corte realizado na dentina e as características de seus debrís. Sobre os instrumentos, verificou-se a amplitude dos seus movimentos. Dessa forma, constataram que a amplitude de movimento dos insertos acompanham a potência selecionada do aparelho. Além disso notou-se principalmente com o instrumento CT4 que a profundidade de desgaste da dentina tem relação direta com a amplitude de movimento exercida pelo inserto ultrassônico. O tamanho das partículas encontradas nos debrís também foram proporcionais a potência empregada do aparelho de ultrassom, ou seja, quanto maior a potência utilizada, maior o tamanho das partículas. Por último, o instrumento SJ4, por possuir dimensões reduzidas em relação ao CT4, ocasionou maiores amplitudes de movimento, sendo que os autores atribuíram isso a tendência da extremidade do inserto desempenhar maiores movimentos de chicoteamento. Entretanto, devido a menor massa desse instrumento, ocorreram fraturas quando acionados na potência média (Waplinton et al., 2000).

Em um estudo do ano 2002, Lea e colaboradores realizaram testes buscando avaliar a relação do movimento de vibração de insertos ultrassônicos, o uso de água e a regulação de potência do aparelho. Para isso, foi utilizado um equipamento de laser capaz de medir a vibração dos corpos acoplado em uma câmera de vídeo. Foi empregado um aparelho de ultrassom do tipo magnetostritivo e cinco insertos novos. Cada inserto foi acionado em 3 potências diferentes, sendo de um quarto da potência, metade da potência e na potência máxima. O fluxo de água do aparelho foi calibrado de maneira similar, correspondendo a um volume de água de 18, 38 e 62 ml de água por minuto. Constataram que durante a utilização na potência de um quarto e na potência média do aparelho, o aumento do fluxo de água reduziu a amplitude dos movimentos dos insertos. Já a potência máxima associada com o maior fluxo de água, permitiu que grandes amplitudes de movimento fossem alcançadas. Assim, observaram que a água possui um efeito inibitório sobre a amplitude do movimento do inserto ultrassônico, com exceção na potência máxima (Lea et al., 2002).

Lea et al. (2003) compararam a utilização de aparelhos de ultrassom do tipo piezoelétrico e magnetostritivo, associando insertos correspondentes aos

próprios fabricantes dos aparelhos. O acionamento ocorreu em diferentes potências. Para a mensuração, foi utilizado o equipamento de laser que permite a medição da vibração dos corpos combinado com uma câmera de vídeo. Observaram que todos os equipamentos produziram um aumento da amplitude de movimento acima de 100%, quando alteraram a potência 1 (mínima) para a de número 10 (máxima). Além disso, foram encontradas grandes diferenças dos valores da amplitude de movimento em todos os aparelhos e em todos insertos ultrassônicos. Por último, constataram que há diferenças na amplitude de movimento independente do aparelho empregado, desenho do inserto e número de repetição de uso do inserto, mesmo quando um inserto foi avaliado em mais de um uso.

O estudo de Trenter e colaboradores do ano de 2003 procurou avaliar a diferença de amplitude do movimento de insertos ultrassônicos em situações distintas. Para isso, foi utilizado um aparelho de ultrassom em baixa potência e cinco tipos de insertos, de três fabricantes diferentes, associados há um baixo volume de água para a irrigação. Os insertos foram avaliados durante o seu acionamento com e sem carga, sendo a última aplicada sobre dentes extraídos de humanos com um total de 1 N de força, incidindo paralelamente e perpendicularmente sobre o seu longo eixo. Para as mensurações, foi utilizado o equipamento de laser que permite captar as vibrações dos corpos juntamente a uma câmera de vídeo. Constataram que existe uma tendência de diminuição da amplitude do movimento nas situações que foram aplicadas cargas, independente se o inserto ultrassônico utilizado era do mesmo fabricante ou não (Trenter, et al., 2003).

Com o objetivo de avaliar as alterações da amplitude de movimento durante o uso de insertos ultrassônicos em diferentes condições, Lea et al. (2003) realizaram testes utilizando aparelhos de ultrassom do tipo piezoelétrico e magnetostritivo, associados com modelos de insertos ultrassônicos dos mesmos fabricantes. O experimento foi realizado aplicando forças de 0,25 N, 0,50 N e 1,0 N sobre a superfície de molares e pré-molares extraídos de humanos, empregando diferentes valores de potência. Durante os testes, foi utilizado irrigação de 20 ml/ min do próprio aparelho de ultrassom. A mensuração foi realizada com um equipamento de laser que mede a vibração dos corpos

associado a uma câmera de vídeo. Observaram que ocorreu um aumento da amplitude do movimento do inserto proporcionalmente com o aumento da potência do aparelho. Entretanto, isso não foi notado em todos os casos, sendo que os aparelhos piezoelétricos apresentaram resultados com aumentos não-lineares em algumas situações. Além disso, os mesmos insertos utilizados em diferentes situações apresentaram uma grande variabilidade de aumentos (Lea et al., 2003).

Lin e colaboradores (2005) avaliaram a capacidade de desgaste e o índice de fraturas que três tipos diferentes de insertos ultrassônicos. Utilizaram blocos artificiais com características semelhantes a dentina durante para a realização dos desgastes. Foram selecionadas 20 unidades de cada um dos seguintes insertos: de aço inoxidável (CT-4-S), insertos revestidos com nitreto de titânio (CPR- 2C) e revestidos por diamantes (ET- 20D). Eles receberam uma marcação delimitando 3 mm de comprimento da ponta, eram acionados na potência mínima do aparelho de ultrassom com uma força de aplicação de 30 g. A eficiência de desgaste dos instrumentos era mensurada com o auxílio de um sistema de vídeo quando os insertos alcançavam os 3 mm de desgaste do bloco. O maior consumo de tempo necessário registrado para o desgaste foi na seguinte sequência: aço inoxidável, inserto revestido por nitreto de titânio e inserto revestido por diamantes. Notaram que os insetos de aço inoxidável pedem a sua capacidade de desgaste rapidamente nas quatro primeiras aplicações. Nos ciclos seguintes não encontram diferença na eficiência de desgaste. Atribuíram isso a sua superfície mais maleável, quando comparado com o inserto revestido de nitreto de titânio, que apresentou uma eficiência de desgaste regular durante todo o experimento. O inserto revestido por diamantes apresentou a melhor capacidade de desgaste, apesar de ser o único a quebrar durante os experimentos (Lin et al., 2005).

Paz e equipe em 2005 compararam a eficiência de corte em dentina utilizando dois tipos de insertos ultrassônicos diamantados (ET- 20D e CPR- 2D) acoplados em dois aparelhos de ultrassom nas potências máxima e média. Para isso, utilizaram dentes extraídos que foram fixados em suportes de resina epóxi. A força aplicada sobre o aparelho de ultrassom era de 60 g com 90 graus de incidência, durante 60 segundos por três vezes para cada inserto, nas duas

potências e em cada um dos aparelhos. Se houvesse fratura do inserto, ele era substituído por um novo e o teste recomeçado. A quantidade de dentina removida era registrada e pesada após cada ciclo de 60 segundos de aplicação. Constataram que o desgaste de dentina está diretamente relacionado com os seguintes fatores: tipo de aparelho utilizado (houve uma diferença de 202% de dentina removida entre os aparelhos quando utilizaram o mesmo inserto na mesma potência), a potência selecionada (houve uma diferença de 240% de dentina removida entre a potência máxima e a potência média) e o inserto empregado (encontraram uma diferença de 208% de dentina removida entre eles). Justificaram a diferença entre o desempenho dos insertos devido a suas dimensões. O inserto mais fino apresentou maior capacidade de desgaste de dentina e sofreram fraturas. Isso pode estar relacionado com a maior transmissão de energia pelo aparelho a esses insertos que resultam em maiores oscilações (Paz et al., 2005).

Buscando avaliar se o desgaste do inserto ultrassônico e a redução do seu diâmetro, ocasionado normalmente pela utilização, influência na amplitude de movimento, Lea et al. (2006) realizaram testes utilizando um aparelho de ultrassom e 3 tipos de insertos com desenhos diferentes. Para isso, foi utilizado um equipamento de medição de vibração dos corpos acoplado a uma câmera de vídeo. Esses insertos foram acionados na potência média do aparelho e em três situações distintas. A primeira foi realizada sem a aplicação de carga. A segunda e a terceira foram testadas em contato com a superfície de dentes extraídos de humanos, com a aplicação de força nos valores de 0,5 N e 1 N, respectivamente. Com o intuito de simular uma situação clínica que resultou em desgastes dos insertos, as medições ocorreram com a remoção de 1 mm e 2 mm da extremidade de cada inserto ultrassônico. Notaram que a diminuição do comprimento reduziu a amplitude de movimento dos insertos, em todos os grupos, podendo acarretar prejuízo da eficiência e do desempenho clínico (Lea et al., 2006).

O trabalho de Koster e equipe de 2009 buscou quantificar *in vitro* o volume liberado de água de cinco aparelhos de ultrassom durante o acionamento deles. Foram utilizados diferentes modelos de insertos ultrassônicos, acionando por períodos 1 minuto. O suprimento de água era regulado nas capacidades média

e máxima. Todo o líquido era coletado em um reservatório e pesado em uma balança de alta precisão. Concluíram que a quantidade de água liberada durante o acionamento não correspondia precisamente ao indicado pelo aparelho. Além disso, os diferentes modelos de insertos ultrassônicos não permitiam a saída do mesmo fluxo de água ou de refrigeração, apesar de serem do mesmo fabricante do aparelho. Observaram também que existe a necessidade de um ajuste do fluxo de água de acordo com o inserto selecionado (Koster et al., 2009).

Yelton e colaboradores (2010) realizaram testes buscando comparar a eficácia de corte em dentina de 4 insertos ultrassônicos diamantados de fabricantes diferentes (ET- 18D, BUC- 1, TUF1- 2 E P5). Utilizaram um único aparelho de ultrassom colocado na potência de número 7, sem refrigeração e com uma carga de 15 g sendo aplicada a 90 graus Celsius de incidência sobre blocos que continham dentes extraídos. As aplicações tinham uma duração de 20 segundos. Após esse período era aplicado um jato de ar para a remoção de debris e pausavam os testes durante um minuto para aguardar a dissipação do calor. Em seguida, os testes prosseguiram até que fosse obtido um período de 2 minutos de aplicação para que os blocos fossem pesados. Foram realizados 2 períodos de 2 minutos de aplicação por inserto, com duas pesagens dos blocos. Foram testadas 5 unidades de cada tipo de inserto ultrassônico. Não foram encontradas diferenças estatísticas quando avaliaram o desgaste gerado por cada inserto em função do tempo de aplicação. Quando compararam os diferentes tipos de insertos ultrassônicos, constataram que o inserto denominado BUC- 1 foi capaz de remover consideravelmente mais dentina. Os autores destacaram que a eficácia de corte dos insertos irão influenciar diretamente no tempo da consulta, liberação de calor e desgaste de dentina (Yelton et al., 2010).

Lawlor e equipe em 2010 realizaram um estudo buscando avaliar se o tempo de aplicação influencia no desgaste gerado por insertos ultrassônicos. Para isso, foram utilizados blocos de dentina confeccionados a partir de terceiros molares extraídos de humanos. Eles eram posicionados e fixados na máquina de ensaio universal (Instron). Juntamente a isso foi montado um conjunto composto por um inserto ultrassônico diamantado (BUC-1) e um aparelho de ultrassom, acionado na potência de número 7. Sobre eles era aplicado uma força de 15 gramas em uma angulação de 90 graus em relação ao bloco de dentina.

O teste consistiu na realização de ciclos de 20 segundos de aplicação, com um intervalo de 1 minuto entre eles. Nesse intervalo era aplicado um jato de ar para a remoção de debris e a cada dois minutos de aplicação os blocos eram reposicionados, permitindo um desgaste sempre sobre uma superfície plana com o objetivo de evitar a influência de atritos laterais, caso fossem realizados desgastes em áreas com depressões ou cavidades. As mensurações dos pesos ocorriam após 2, 10, 20 e 30 minutos de aplicação. Foram realizados cinco testes no total, sempre com um novo bloco de dentina e inserto ultrassônico. A capacidade de desgaste de dentina reduziu significativamente entre 2 e 10 minutos de aplicação. Nos intervalos de 20 e 30 minutos, não houve diferença estatística. Dessa forma, uma boa capacidade de remoção de dentina só foi obtida no intervalo de 2 minutos de aplicação, sugerindo que a utilização prolongada ou os múltiplos usos do inserto resultaram em tempos de tratamento mais longos quando for necessário o desgaste dentinário (Lawlor et al., 2010).

Cloutier e equipe (2011) realizaram testes para avaliar a capacidade de desgaste de dentina de um inserto ultrassônico diamantado (BUC- 1). Eles tiveram uma marcação realizada entre 3 e 4 mm e os desgastes que os insertos sofriam eram registrados e analisados com o auxílio de uma câmera ligada no microscópio e o uso de programas de computador, nos períodos de 2, 50, 100, 150 e 190 minutos. O ultrassom realizava um deslocamento linear (não ficava estático como em outros estudos) de 6 mm em uma velocidade de 1,5 mm por segundo. Além disso, era aplicada uma força de 15 g com uma incidência de 90 graus em relação ao bloco de dentina. O seu acionamento ocorria na potência de número 7 durante 20 segundos. Após esse tempo, era aplicado um jato de ar para a remoção de debris e um novo ciclo de 20 segundos era iniciado. Isso era repetido até totalizar um período de 2 minutos de aplicação do ultrassom. Finalizado esse período, o bloco e o inserto ultrassônico eram removidos e, o primeiro pesado e o segundo fotografado para as análises no computador. Não foram encontradas diferenças na capacidade de remoção de dentina entre os insertos. Eles não apresentaram uma redução da capacidade de desgaste nos períodos estudados. A maior redução do comprimento do inserto ocorreu até 2 minutos de uso (Cloutier et al., 2011).

3. Proposição

Este estudo teve como objetivo avaliar *in vitro* a eficiência de remoção de pinos de fibra de vidro utilizando pontas ultrassônicas lisas em três protocolos diferentes. O primeiro consistia na aplicação do ultrassom durante ciclos com duração de 20 segundos sem refrigeração nesses períodos. O segundo com ciclos de 40 segundos de aplicação sem refrigeração nesses períodos. Os dois primeiros grupos recebiam irrigação e sucção nos intervalos dos ciclos de aplicação com o auxílio de uma seringa. No terceiro protocolo era realizado a aplicação do ultrassom durante ciclos com duração de 20 segundos, com refrigeração do próprio equipamento simultaneamente a aplicação.

Para as comparações foram realizadas as seguintes análises:

1. Avaliação do tempo de remoção do pino/ cimento resinoso;
2. Quantidade de calor liberada na superfície radicular externa em diferentes localidades;
3. Quantidade de desgaste gerado sobre as paredes do canal radicular;
4. Quantidade de remanescente de material que permaneceu aderido as paredes do canal radicular;
5. Surgimento ou propagação de trincas radiculares.

4. Material e métodos

Este trabalho *in vitro* foi submetido ao Comitê de Ética em Pesquisa em Humanos da Faculdade de Odontologia de Piracicaba e, após a sua aprovação, recebeu o protocolo CAAE 85802518.8.0000.5418, e tiveram coletadas e selecionadas as amostras para o estudo.

4.1 Caracterização da amostra

Para a realização desse estudo, foi realizado o cálculo amostral baseado no artigo do ano de 2017 de Kim e colaboradores (Tabela 1), levando em consideração como principal variável o volume do espaço do canal (Kim et al., 2017).

Tabela 1 - Cálculo amostral.

	Valores
Média estimada da amostra	45.9700
Desvio padrão	24.5300
Média da população	86.5500
Poder do teste	0.9500
Nível alfa	0.0100
Tamanho da amostra (teste unilateral)	6

Após isso, foram selecionados para o estudo um total de 24 dentes monorradiculares de diferentes grupos dentários, extraídos de humanos por motivos periodontais e obtidos a partir de um consultório particular. Os critérios de inclusão foram: as dimensões das raízes deveriam ser semelhantes, o ápice completamente formado, raízes retas, possuírem um único canal e não

apresentarem cárie ou fratura radicular. Eles não podiam ter sido submetidos a um tratamento endodôntico prévio. Além disso, as raízes deveriam possuir um comprimento mínimo de 14 mm, com a finalidade de preservar uma obturação de 4 mm após o preparo do conduto para receber o pino de fibra de vidro. O diâmetro do conduto não deveria ser superior as dimensões da broca do preparo do espaço do pino, com a finalidade de permitir uma adaptação justa dele ao canal radicular.

Os dentes foram armazenados em timol 0,2% com a finalidade de manter as suas propriedades e não interferir na adesão durante a cimentação dos pinos. Em seguida, foram submetidos à limpeza da superfície radicular com a utilização de uma cureta de Gracey 1-2 (Schobell Industrial Ltda, Rio Claro, São Paulo, Brasil). As coroas anatômicas foram removidas juntamente a linha amelocementária, perpendicular ao longo eixo do dente, com uma broca do tipo Zekrya (Angelus Prima Dental, Londrina, Paraná, Brasil) acoplada em alta rotação (605 C, Kavo, Joinville, Santa Catarina, Brasil) e refrigerada com água.

4.2 Tratamento endodôntico

Inicialmente, os dentes foram submetidos a avaliação da anatomia radicular interna seguido pelo tratamento endodôntico. Com o auxílio de uma lima manual #15 do tipo K (Kendo, VDW GmbH, Munique, Alemanha), foi realizada a exploração do canal radicular a 4 mm aquém do comprimento real do dente. Seguindo os conceitos da técnica coroa-ápice, foi utilizada a lima rotatória 25.06 do sistema K3XF (SybronEndo, Cidade do México, México) nos terços cervical e médio, acoplada ao motor endodôntico VDW Silver (VDW GmbH, Munique, Alemanha) com rotação de 350 RPM e 3 N de torque. Com o intuito de confirmar o comprimento real do dente, foi realizada a inspeção manual e visual com auxílio de uma lima manual #15 do tipo K, até a passagem e visualização da ponta do instrumento pelo forame. Em seguida, foi realizado o preparo do canal radicular juntamente com a ampliação foraminal através do emprego da lima rotatória 25.06 do sistema K3XF no limite de trabalho pré-estabelecido, correspondente ao comprimento real do dente mais 1 mm. No intervalo entre a utilização dos instrumentos, foram realizadas irrigações com o volume de 5 ml de água destilada, levada ao canal com uma seringa descartável

de 5 ml (BD Brasil, São Paulo, São Paulo, Brasil) e uma agulha hipodérmica descartável de 24 gauge (BD Brasil, São Paulo, São Paulo, Brasil). Durante a instrumentação, o conduto sempre esteve preenchido com a substância química auxiliar digluconato de clorexidina gel a 2% (Drogal, Piracicaba, São Paulo, Brasil), levada com uma seringa descartável de 3 ml (BD Brasil, São Paulo, São Paulo, Brasil) e agulha descartável de 24 gauge. Após o término do preparo do canal radicular, o conduto foi submetido a três irrigações sucessivas com ácido etileno diamino tetracético (EDTA trissódico 17%, Drogal, Piracicaba, São Paulo, Brasil), cada uma delas com uma duração de 1 minuto e volume total de 1 ml, agitado com uma lima manual #15 do tipo K. Posteriormente, foi realizada uma última irrigação com 5 ml de água destilada.

Os cones de guta percha do tipo Medium (Odus de Deus, Belo Horizonte, Minas Gerais, Brasil) foram calibrados e modelados para ficarem travados a 2 mm aquém do comprimento real do dente, com o auxílio de uma régua calibradora (Prisma Instrumentais Odontológicos, São Paulo, São Paulo, Brasil), lâmina de bisturi nº15 (Solidor, Lamedid, Osasco, São Paulo, Brasil) e placa de vidro polida (Golgran Ind Com Inst Odontológicos, São Caetano do Sul, São Paulo, Brasil) para obter o comprimento desejado. A secagem dos canais radiculares foi realizada com sugadores endodônticos (Luer Vacuum Adapter, Ultradent, Indaiatuba, São Paulo, Brasil) juntamente com as suas pontas de aspiração para secagem intracanal (Capillary tips, Ultradent, Indaiatuba, São Paulo, Brasil), associados as pontas de papel absorvente do tipo Medium (Tanari, Manaus, Amazonas, Brasil) devidamente calibradas, de acordo com a instrumentação realizada. O cimento endodôntico empregado foi o AH plus (Dentsply, Petrópolis, Rio de Janeiro, Brasil) e a obturação foi realizada com um único cone, cortado 2 mm abaixo da altura da linha amelocementária, com o auxílio de um termo compactador (Touch 'n Heat, SybromEndo, Cidade do México, México) e submetido a pressão vertical com o condensador de Schilder de números 1 e 2 (Odus de Deus, Belo Horizonte, Minas Gerais, Brasil). Por último, a entrada dos canais radiculares foi selada provisoriamente (Coltosol, Vigodent S/A, Bonsucesso, Rio de Janeiro, Brasil).

As amostras ficaram armazenadas no interior de microtubos (Eppendorf Tubes 3810X, Eppendorf AG, São Paulo, São Paulo, Brasil) que continham em

seu interior uma mecha de algodão imersa em água destilada, permanecendo na estufa durante 7 dias, a 37 graus Celsius e umidade de 100%.

4.3 Confeção do espaço para o pino

Para a confecção do espaço intrarradicular para o pino, foi realizada a remoção do selamento provisório, seguida pela desobturação parcial dos canais radiculares utilizando a broca de Gates-Glidden de número 2 (VDW GmbH, Munique, Alemanha), no comprimento de 10 mm. Para concluir o preparo do espaço e dar as dimensões semelhantes ao pino, foi utilizada a broca do kit Whitepost DC correspondente ao pino de fibra de vidro de número 1 (FGM, Joinville, Santa Catarina, Brasil) que contém as seguintes medidas: 20 mm de comprimento, 1,6 mm de diâmetro na região cervical e 0,85 mm de diâmetro na região apical. Dessa forma, todas as amostras tiveram o seu conduto modelado. Isso foi possível porque os dentes selecionados apresentavam canais com proporções inferiores aos da broca. Essa manobra permitiu que fossem evitados desgastes excessivos de dentina e que houvesse uma padronização das amostras.

Finalizado o preparo do conduto, as paredes circundantes foram avaliadas com o auxílio de um microscópio odontológico (Opto, São Carlos, São Paulo, Brasil) buscando conferir se houve a completa desobturação e remoção da guta percha. Quando necessário, as amostras retornavam para uma nova limpeza das paredes dos canais. Em seguida, o pino de fibra de vidro de número 1 (Whitpost DC, FGM, Joinville, Santa Catarina, Brasil) foi colocado em posição para conferir a sua adaptação no conduto.

4.4 Análise microtomográfica

Após o término dessa etapa, todas as amostras foram submetidas a microtomografia computadorizada (SkyScan 1174 versão 2, Bruker, Kontich, Bélgica). Elas foram fixadas no suporte apropriado do equipamento que era compatível com a dimensão da amostra, através do uso de cera utilidade. Para a confecção das imagens, o escaneamento foi realizado com os seguintes parâmetros de aquisição: correntes de voltagem de 70 kV e a amperagem de 800 μ A. A amostra foi posicionada com o seu longo eixo perpendicular à base

de suporte da amostra, e o escaneamento foi realizado com 180° de rotação, com passos de rotação de 0,4 graus e tempo de exposição de 3800 milissegundos. O filtro utilizado foi de alumínio, com espessura de 0,5 mm. O tamanho do pixel foi de 20,70 μm . As imagens foram salvas no formato .TIFF.

Para a reconstrução tridimensional das imagens foi utilizado o programa NRECON na versão 1.6.8.0 (Bruker, Kontch, Bélgica) com os valores de HU (Hounsfield units) de 270 a 7183, padronizados para todas as amostras. Os filtros de correção de artefatos ou ruídos das imagens foram aplicados nos seguintes valores: ring artefact reduction de 5%, beam hardening correction de 0% e smoothing de 0%. Todas as reconstruções foram salvas no formato .BMP.

A análise volumétrica de cada amostra foi realizada com o programa CTAN versão 1.12 (Bruker, Kontch, Bélgica) e tiveram os seus valores calculados e salvos em milímetros cúbicos (mm^3). Para isso, foi selecionada a área correspondente ao espaço criado para a colocação do pino, iniciando pela região cervical, a partir do momento que era possível observar todas as paredes circundantes do canal radicular de forma contínua e intacta, e era denominada como fatia ou slice inicial (top). A área apical foi determinada a partir da fatia que não havia mais material obturador e correspondia a fatia ou slice final (bottom). Os valores correspondentes ao slice inicial e final foram gravados e utilizados posteriormente, após a confecção de uma nova microtomografia computadorizada das amostras, para submissão da segunda análise volumétrica, logo após a remoção dos pinos de fibra de vidro. Lembrando que existe uma limitação de igualdade nos valores de medição quando comparamos a medição manual ou clínica, com a medição digital, realizada no computador e utilizando as imagens obtidas das amostras com o tomógrafo. Isso resultou em valores do comprimento do conduto inferiores a 10 mm em todas as amostras.

Para delimitação da região de interesse (ROI) foram selecionados os formatos geométricos elípticos ou da imagem, de acordo com a forma do conduto e do remanescente de material. Foi pré-estabelecido o “threshold” com escalas de cinza nos valores de 0 no limite inferior e 50 no limite superior para identificar o espaço do pino. O remanescente de material obturador com escalas de cinza nos valores de 255 limite superior e 115 no limite inferior. Esses valores de

binarização foram padronizados para todas as amostras e resultaram em uma imagem em preto e branco, onde a porção preta não era considerada para a quantificação e a porção branca era considerada para a quantificação, esta última sugerida como correspondente a densidade do tecido ósseo.

Após o término da realização da microtomografia computadorizada, todas as amostras tiveram a entrada do conduto selada com restaurador provisório e foram armazenadas no interior de microtubos com água destilada e algodão, permanecendo durante 30 dias na estufa a 37 graus Celsius e umidade de 100%.

4.5 Cimentação dos pinos

Devido a compatibilidade das dimensões do pino com a broca utilizada no preparo do espaço, em nenhum caso houve a necessidade da individualização dos pinos com resina composta.

Inicialmente os pinos eram selecionados e preparados com a remoção de qualquer resíduo presente em sua superfície, através de jatos de ar e água. Foi executada a secagem e a aplicação do ácido fosfórico a 37% (Ultra Etch, Ultradent, Indaiatuba, São Paulo, Brasil) durante 1 minuto. Foi realizada uma nova lavagem com jatos de ar e água, removendo completamente o ácido da sua superfície, seguido pela secagem com jatos de ar. O agente de união silano (Prosil, FGM, Joinville, Santa Catarina, Brasil) foi aplicado em sua superfície com o auxílio de micropincéis (Cavibrush, FGM, Joinville, Santa Catarina, Brasil) e o seu excesso foi removido com jatos de ar. Um sistema adesivo foi aplicado sobre o pino (Adper Single Bond 2, 3M ESPE, Sumaré, São Paulo, Brasil) e foto polimerizado durante 20 segundos (Valo, Ultradent, South Jordan, Utah, USA) com intensidade de luz de 1400 mW/ cm². Feito isso, o pino era acondicionado sobre uma placa de vidro.

O preparo da amostra foi realizado a partir remoção do selamento provisório com o auxílio de uma sonda exploradora reta (Golgran Ind Com Inst Odontológicos, São Caetano do Sul, São Paulo, Brasil), seguido pela lavagem abundante do conduto com água destilada até a remoção de qualquer remanescente do material. O excesso de umidade foi removido com pontas de papel absorvente previamente calibradas e ajustadas ao conduto.

Sobre a placa de vidro, duas porções do cimento resinoso (RelyX U200, 3M ESPE, Sumaré, São Paulo, Brasil) foi despejada e manipulada com uma espátula flexível de nº 24 (Golgran Ind Com Inst Odontológicos, São Caetano do Sul, São Paulo, Brasil) até ficar completamente homogêneo. Com o auxílio de uma seringa injetora (sistema Centrix, Nova DFL, Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, Brasil), o cimento foi levado até o conduto, realizando o completo preenchimento. O pino de fibra de vidro foi levado em posição e o excesso de cimento extravasado foi removido com o auxílio de um micropincel. Foi realizado a fotopolimerização por diferentes faces durante 1 minuto. As amostras ficaram no interior de microtubos e acondicionadas durante aproximadamente 60 dias na estufa a 37 graus Celsius, e umidade de 100%.

4.6 Remoção dos pinos

Para cada amostra foi confeccionado uma base de silicone de adição (Express XT, 3M ESPE, Sumaré, São Paulo, Brasil) a partir de um molde de acrílico (Rossini acrílicos, Piracicaba, São Paulo, Brasil). O conjunto dente e base foi posicionado no interior de uma estrutura de acrílico (Rossini, Piracicaba, São Paulo, Brasil), com as mesmas dimensões do molde e imersos em água, mantida em uma temperatura de aproximadamente 37 graus Celsius, através de um dispositivo de banho histológico digital (BH 2012, Lupetec, São Carlos, São Paulo, Brasil). No interior da estrutura de acrílico estavam presentes canais que permitiram a passagem de 4 sondas do tipo K do Datalogger (A0188598, Az instrument, Taichung, Taiwan) com o intuito de quantificar e gravar a liberação de calor durante todo o experimento, em intervalos de 2 segundos. Esse mesmo equipamento realizou a contagem do tempo total de remoção. Esses dados eram armazenados na memória do aparelho e transferidos posteriormente ao computador com o auxílio de um cartão de memória. As sondas foram distribuídas e acopladas em 4 pontos distintos da superfície dental. Duas delas foram posicionadas a 3 mm abaixo da cervical, nas faces mesial (sonda 1) e distal (sonda 3), e as outras duas foram colocadas há 7 mm da cervical, nas mesmas faces (sondas 2 e 4, respectivamente). Para isso, foram utilizados elásticos intraorais de látex (Elástico bengalinha, Morelli, Sorocaba, Brasil) determinando a altura das sondas e a aplicação de cianocrilato (Superbond, Luctite, Henkel, Itapevi, São Paulo, Brasil) sobre o sensor delas, fixando-as na

posição desejável e permitindo a sua remoção após o término do experimento, sem causar nenhum dano (Figura 1). Buscando evitar interferências sobre os sensores de temperatura, o dente recebeu o isolamento absoluto com dique de borracha, composto pelo arco Ostby dobrável (Indusbello, Londrina, Paraná, Brasil), lençol de borracha (Madeitex, São José dos Campos, São Paulo, Brasil), grampo 00 (S.S. White Duflex, Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, Brasil) e barreira gengival (Top Dam, FGM, Joinville, Santa Catarina, Brasil) (Figura 2).

Figura 1 - Detalhes das sondas em contato com a superfície dental.

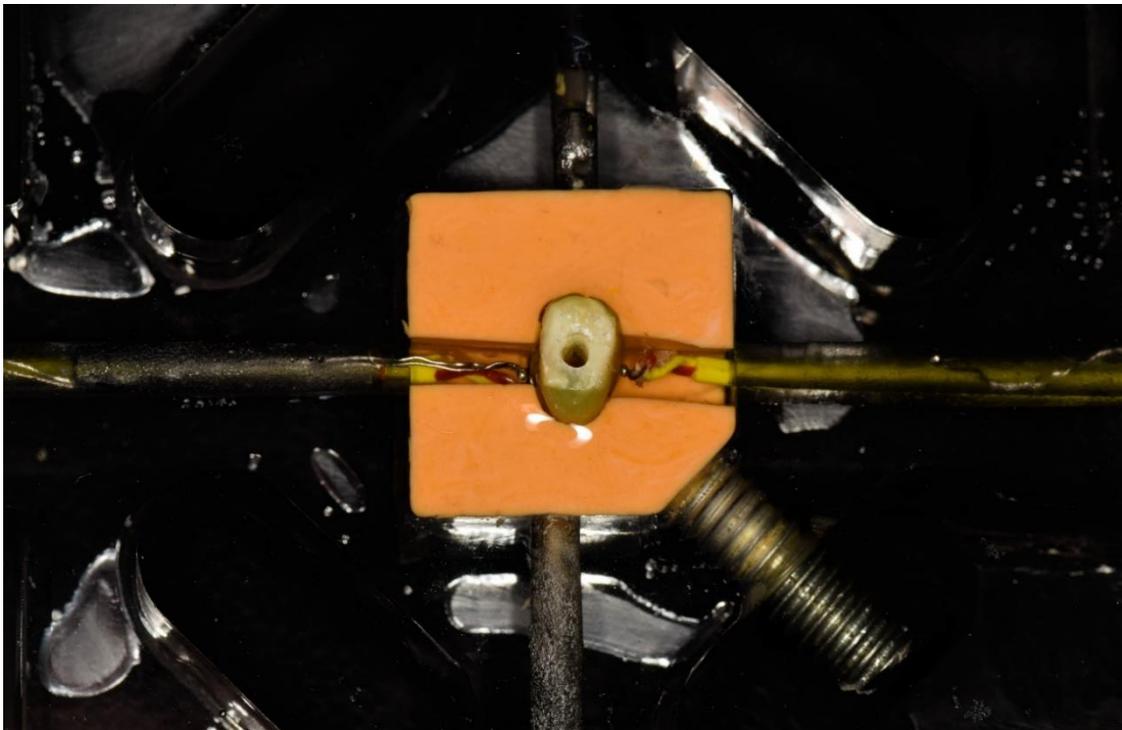
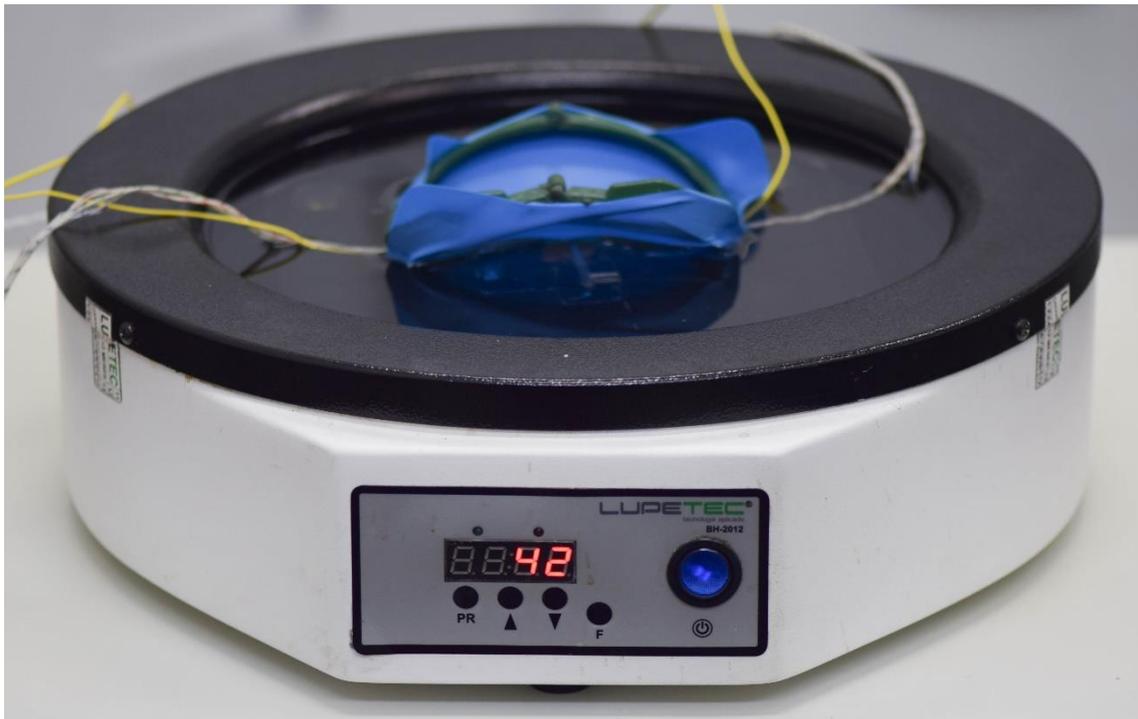
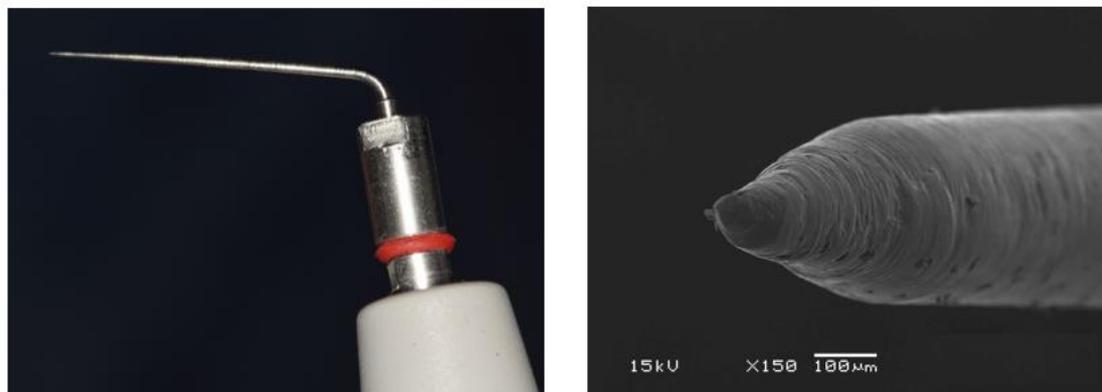


Figura 2 - Conjunto pronto e imerso para a remoção dos pinos



Para a remoção dos pinos foi utilizado o aparelho de ultrassom Satelec Newtron Booster (Satelec, Mérignac, Gironda, França) e uma ponta de ultrassom lisa (TRA 12 – Intracanal fina 20mm, Vortex Ind. e Com. de Ferr Diamantadas Ltda, São Paulo, São Paulo, Brasil), acoplada a um adaptador de ultrassom (Vortex Ind. e Com. de Ferr Diamantadas Ltda, São Paulo, São Paulo, Brasil) e compatível ao aparelho, acionados na potência de número 10, que corresponde a 50% da potência do equipamento (Figura 3). Todo o procedimento foi realizado com a utilização de microscopia clínica (DM- Pro, Opto Eletrônica S/a, São Carlos, São Paulo, Brasil) nos aumentos de 5 ou 8 vezes. Foi utilizada uma ponta de ultrassom por amostra, visto que as suas dimensões originais se alteravam e poderiam comprometer a sua eficácia de desgaste se fossem utilizadas mais vezes.

Figura 3 - Conjunto composto pelo adaptador e a ponta ultrassônica à esquerda. A direita é possível verificar maiores detalhes do instrumento através do uso de microscopia eletrônica de varredura.



A utilização da ponta ultrassônica acontecia de maneira contínua durante a remoção dos pinos, ou seja, era aplicada uma pressão intermitente sobre o transdutor durante o tempo de aplicação correspondente a cada grupo, de maneira que a ponta ficava paralela ao longo eixo do dente. A pressão aplicada sobre as pontas ocorria em todos os sentidos (vestibular, lingual, mesial e distal), de acordo com a necessidade de remoção visualizada através do microscópio para o completo desgaste do pino, desde que não houvesse a perda do contato entre a ponta e a superfície dele.

As amostras foram sorteadas, selecionadas aleatoriamente e divididas em 3 grupos, contendo 08 dentes em cada um de acordo com o tempo de aplicação e a refrigeração que foi empregada (Tabela 2). No grupo G20 a remoção foi feita com um tempo de aplicação de 20 segundos sem refrigeração do equipamento. Entretanto, para cada intervalo de aplicação, era realizado uma irrigação e aspiração com um volume de 2,5 ml de água destilada através do uso de seringa. No grupo G40 foram realizadas aplicações de 40 segundos sem refrigeração do equipamento, recebendo irrigação e aspiração com 2,5 ml água destilada entre os períodos de aplicação. Lembrando que a cada 4 ciclos de aplicação e irrigação, o aparelho de ultrassom era acionado com o seu sistema de irrigação ligado no máximo, com a maior vazão de água, em uma cuba de borracha (Nova OGP, Bragança Paulista, São Paulo) durante 5 segundos, com o intuito de

refrigerar todo o sistema interno do equipamento e o conjunto composto pelo adaptador e a ponta do ultrassom. Após a realização de duas refrigerações do conjunto, a pressão do sistema de água do aparelho era recalibrada, através do acionamento da seringa tríplice do próprio equipo (Gnatus G8, Barretos, São Paulo, Brasil), diretamente sobre sua válvula de ar destinada ao reservatório de água. No grupo G20a, foi utilizado o ultrassom durante 20 segundos associado a refrigeração com água do próprio aparelho, com volume de vazão de aproximadamente 2 ml por minuto ou 0,03 ml por segundo. Entre os períodos de aplicação era realizada somente a sucção da amostra e do campo operatório. A cada 8 ciclos de aplicação, era realizada uma nova injeção de ar no sistema de água do aparelho do ultrassom, com o intuito de deixar semelhante a vazão de água do aparelho. Nesse último grupo, o sugador endodôntico era mantido durante todo o ciclo de aplicação sobre o dique de borracha, a fim de evitar que houvesse o extravasamento da água para o reservatório do banho histológico digital.

Tabela 2 - Divisão dos grupos de acordo com o protocolo de remoção.

Grupos	Protocolo de remoção
G20	20 segundos sem refrigeração durante a aplicação
G40	40 segundos sem refrigeração durante a aplicação
G20a	20 segundos com refrigeração durante a aplicação

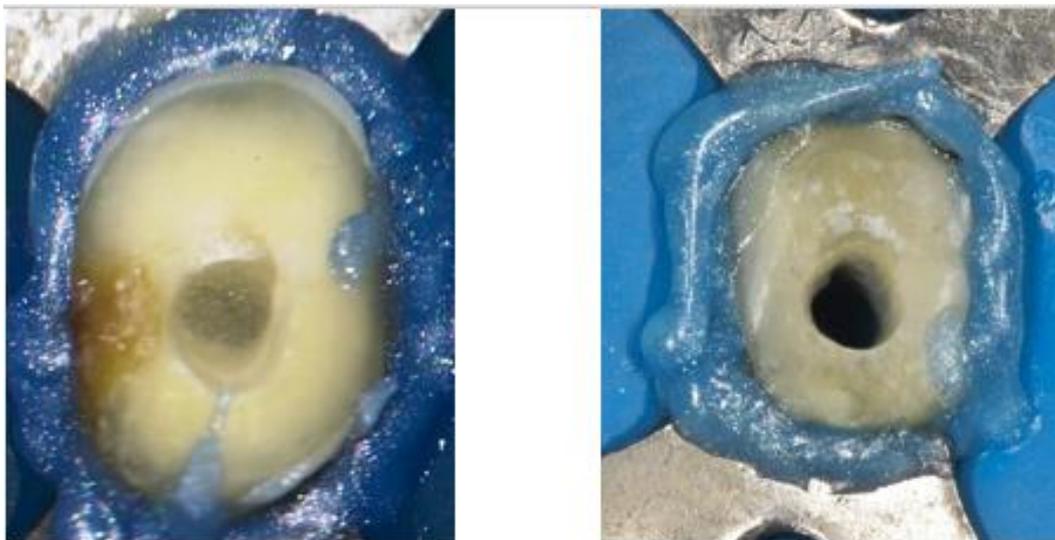
A contagem do tempo de cada período de aplicação foi realizada com um aplicativo de celular para iOS (Seconds Cronômetro HIIT Tabata, Runloop, Ltd, Londres Inglaterra) que emitia um aviso sonoro quando iniciava e encerrava um ciclo de aplicação.

Para demonstrar o equilíbrio entre as amostras, foram realizadas medições das suas espessuras. As análises foram feitas a partir do primeiro escaneamento, nos quatro pontos que eram realizadas as medições de temperatura. Assim, não notamos diferença estatística de largura quando

comparamos a mesma face na mesma altura da raiz (Apêndice 1), demonstrando uma distribuição homogênea das amostras entre os grupos.

Os critérios para a conclusão da remoção foram: o alcance do comprimento do pino, a visualização da guta percha apical e, quando possível, a completa remoção do pino de fibra de vidro e do remanescente do cimento resinoso aderido as paredes do canal radicular (Abe et al., 2014). Entretanto, devido as dificuldades e limitações clínicas, principalmente relacionado com a visualização dos materiais em toda a extensão do conduto pela coloração próxima ao da dentina, foi considerado como critério de término a menor quantidade possível de material aderido as paredes do canal radicular após o alcance da guta percha (Figura 4).

Figura 4 - Imagem clínica antes e após a remoção dos pinos.



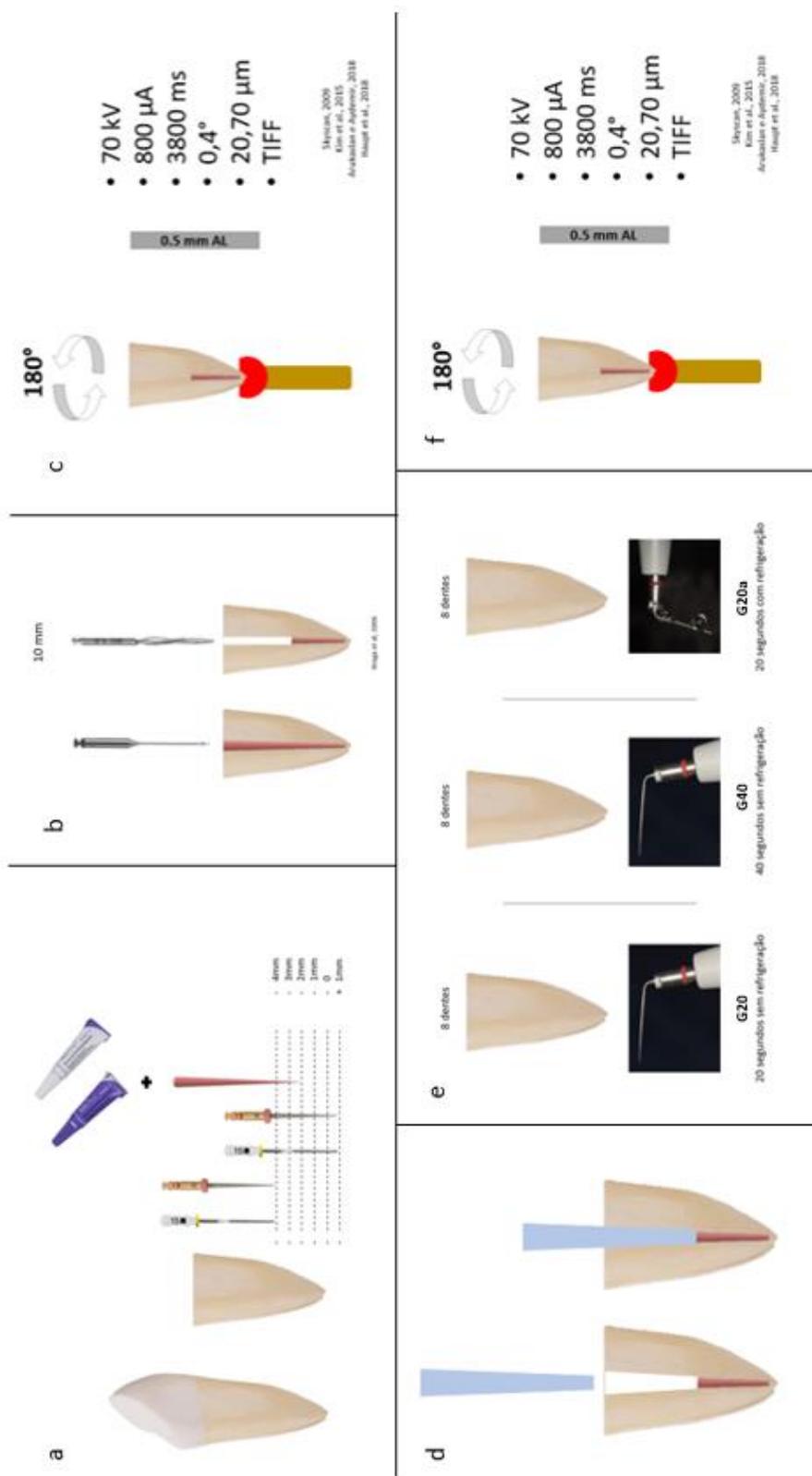
Após a confirmação da remoção dos pinos, as amostras foram submetidas a microtomografia computadorizada, com os mesmos parâmetros descritos anteriormente. Foi realizada a quantificação do volume do espaço do conduto e do material remanescente que permaneceu aderido às paredes do canal radicular, permitindo a comparação com os valores obtidos durante a análise inicial (Figura 5).

Figura 5 - Reconstrução tridimensional do espaço do conduto após o preparo do pino (esquerda) e após a remoção do pino (direita). A coloração rosa corresponde ao remanescente de material obturador, pino e cimento resinoso que permaneceu aderido às paredes do canal radicular.



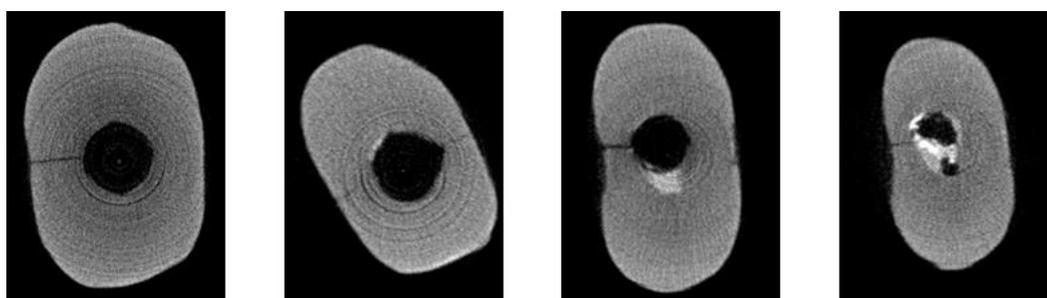
O passo a passo da metodologia pode ser visto resumidamente a seguir (Figura 6):

Figura 6 - Ilustração dos passos laboratoriais. (a) remoção da coroa, preparo do canal e obturação. (b) preparo do espaço do pino de fibra de vidro. (c) aquisição da primeira microtomografia. (d) cimentação do pino de fibra de vidro. (e) divisão dos grupos para a remoção dos pinos. (f) aquisição da segunda microtomografia.



A avaliação das trincas foi realizada a partir das mesmas imagens reconstruídas e utilizadas previamente, antes e após a remoção dos pinos de cada uma das amostras (Figura 7). Para isso eram avaliados todos os cortes no plano axial no programa CTAN versão 1.12.

Figura 7 - Visualização de trincas radiculares no corte axial de diferentes amostras.



A realização da classificação das amostras teve como base o artigo de Abedi e equipe do ano de 1995. Foi necessária a adaptação para o nosso estudo (Tabela 3).

Tabela 3 - Classificação das raízes de acordo com a ausência, presença, surgimento e propagação das trincas.

Identificação	Significado
-,-	raízes sem trincas após o preparo do espaço dos pinos e sem trincas após a remoção dos pinos
-,+	raízes sem trincas após o preparo do espaço dos pinos e com trincas após a remoção dos pinos
+,-	raízes com trincas após o preparo do espaço dos pinos sem a propagação ou surgimento de novas trincas após a remoção dos pinos
+,+	raízes com trincas após o preparo do espaço dos pinos e com a propagação ou o surgimento de novas trincas após a remoção dos pinos

4.7 Análise estatística

Este estudo adotou o nível de significância de $\alpha = 5\%$.

Para a avaliação dos dados relacionados ao tempo de remoção, foi utilizado a análise de variância (ANOVA) com um único fator. Para a avaliação da alteração de temperatura, foram utilizadas a análise de variância (ANOVA) com dois fatores e o teste de Tukey. Para a comparação entre os volumes dos condutos das amostras antes após a remoção, foram utilizados o teste T de Student. Por último, para a avaliação da quantidade de material que permaneceu aderido as paredes do canal radicular foi empregado o teste de Wilcoxon.

Todos os resultados coletados foram submetidos as análises estatísticas utilizando o programa GraphPad Prism 7 (GraphPad Software, San Diego, Califórnia, USA).

5. Resultados

5.1 Tempo total gasto

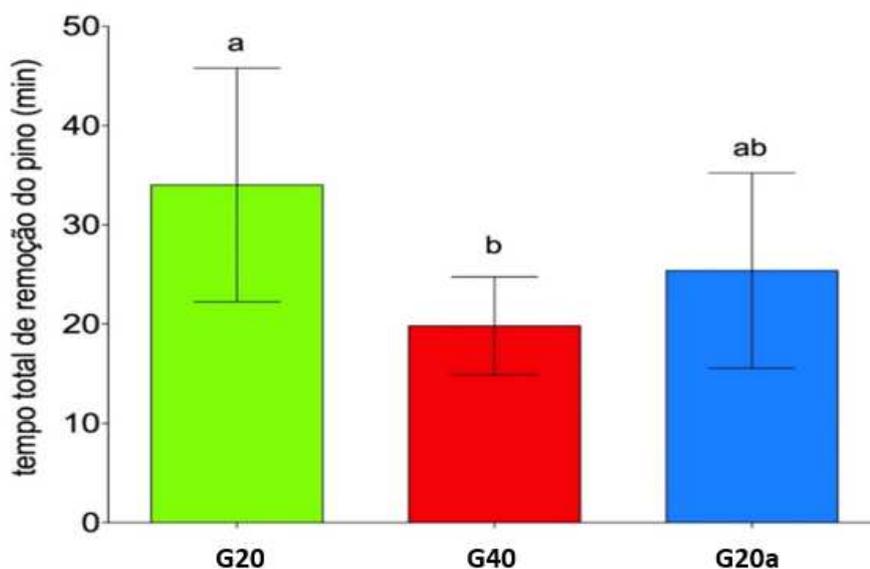
Em relação ao tempo total de remoção dos pinos de fibra de vidro, foi observado que o grupo G40 foi significativamente mais rápido que o grupo G20. Não houve diferença estatística entre o grupo G20a e os demais. A análise dos dados foi realizada utilizando a análise de variância (ANOVA) com um fator e um nível de significância de $p= 0,0203$ (Tabela 4) (Figura 8).

Tabela 4 - Tempo total gasto (min) em função dos grupos estudados.

	Média (desvio padrão)	p
G20	34,02 ($\pm 11,78$) ^a	0,0203
G40	19,84 ($\pm 4,92$) ^b	
G20a	25,40 ($\pm 9,83$) ^{ab}	

* ANOVA um fator - Letras diferentes demonstram diferença estatística significativa.

Figura 8 - Tempo total gasto (min) em função dos grupos estudados.



5.2 Aumento de temperatura

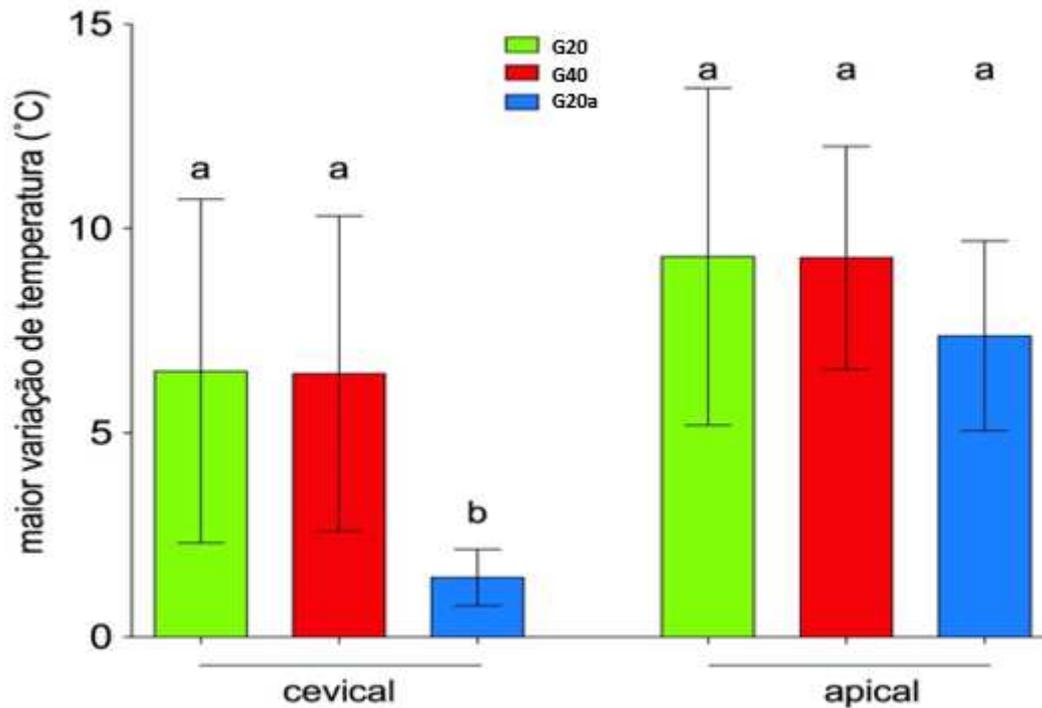
O aumento máximo de temperatura foi calculado a partir das maiores diferenças de temperatura obtidas em cada período que foi realizado o experimento. Para isso, foi utilizado o maior valor obtido entre as duas sondas na mesma altura, no mesmo instante e agrupados em dois grupos, recebendo os nomes de sonda cervical e sonda apical. Em seguida, era calculado o valor médio em cada grupo e submetido a análise estatística. Foi empregado a análise de variância (ANOVA) com dois fatores, permitindo concluir que não houve diferença estatística entre as sondas apicais quando comparamos os três grupos estudados. Já nas sondas cervicais, os grupos G20 e G40 não apresentaram diferença estatística. Enquanto isso, o grupo G20a resultou em uma liberação de calor significativamente menor que os dois grupos citados. Quando realizamos as comparações associando as duas regiões da raiz, notamos que o grupo G20A na região cervical atingiu um valor de temperatura inferior a todos os grupos da região apical (Tabela 5) (Figura 9).

Tabela 5 - Aumento máximo de temperatura (°C) de acordo a localização das sondas em função dos grupos estudados.

	Média (desvio padrão)	
	cervical	apical
G20	6,51 (\pm 4,20) ^a	9,31 (\pm 4,12) ^a
G40	6,45 (\pm 3,85) ^a	9,28 (\pm 2,72) ^a
G20a	1,46 (\pm 0,68) ^b	7,37 (\pm 2,32) ^a

* ANOVA dois fatores - Letras diferentes nas colunas e nas linhas demonstram diferença estatística significativa ($p < 0,05$).

Figura 9 - Aumento máximo de temperatura (°C) de acordo a localização das sondas em função dos grupos estudados ($p < 0,05$).



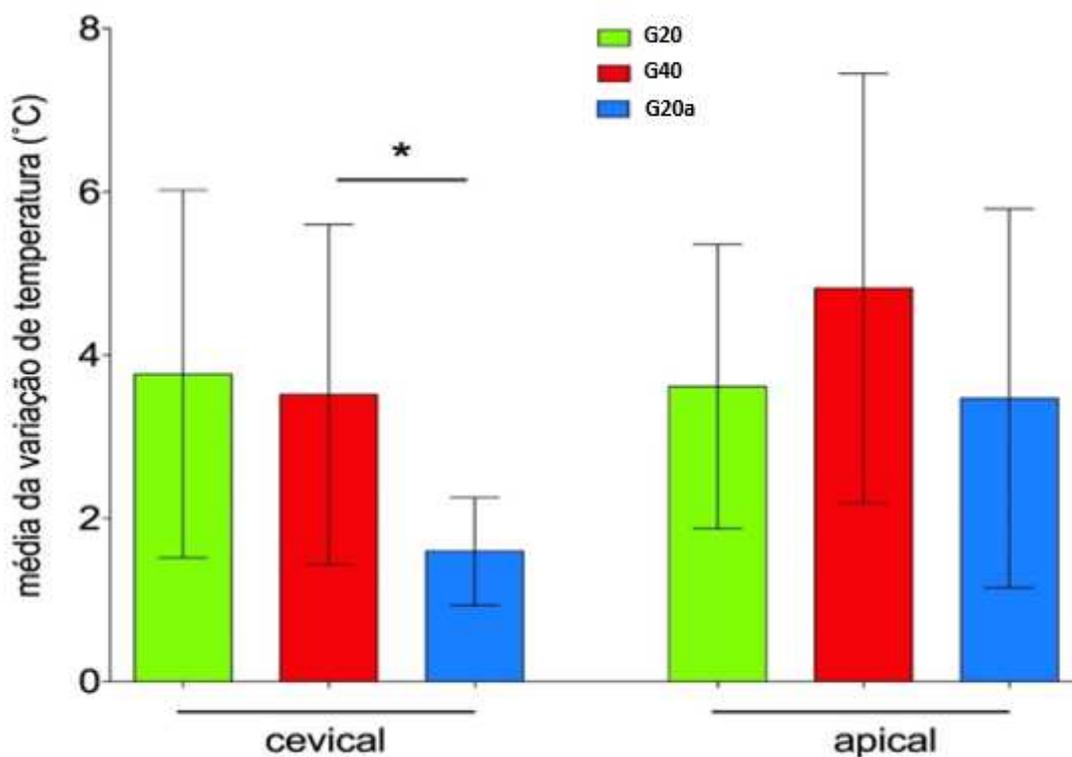
A segunda análise executada sobre a temperatura foi com o valor médio de calor liberado durante o experimento, que foi calculado a partir do valor da média da diferença de temperatura em cada altura da amostra. Realizamos o cálculo sobre a diferença entre a temperatura máxima e a temperatura mínima em cada um dos ciclos de remoção, nas quatro sondas. Em seguida, foi calculado um único valor médio obtido a partir de todos os ciclos das sondas da mesma altura, obtendo dois resultados, um da sonda cervical e outro da sonda apical. A análise estatística foi realizada empregando a análise de variância (ANOVA) com dois fatores, permitindo concluir que não houve diferença estatística entre as sondas apicais, quando comparamos os três grupos estudados. Já nas sondas cervicais, foi encontrada um valor significativamente menor de temperatura no grupo G20a em relação ao grupo G40. Não houve diferença estatística entre o grupo G20 e os demais grupos na região cervical. (Tabela 6) (Figura 10).

Tabela 6 - Comparação do aumento médio de temperatura (°C) em função da localização da sonda e o grupo.

	Média (desvio padrão)	
	cervical	apical
G20	2,86 (± 1,46) ^{ab}	3,43 (± 1,20) ^a
G40	3,14 (± 1,64) ^a	4,40 (± 1,57) ^a
G20a	1,48 (± 0,39) ^b	3,24 (± 0,89) ^a

* ANOVA dois fatores – letras diferentes nas linhas e nas colunas demonstram diferença estatística significativa ($p < 0,05$).

Figura 10 - Comparação do aumento médio de temperatura (°C) em função da localização da sonda e o grupo ($p < 0,05$).



Realizamos as comparações entre a média de calor liberada e as alturas correspondentes entre os grupos. Notamos que houve diferença significativa entre os grupos G20A e G40. Não houve diferenças nas demais combinações. Para essa análise foi utilizado o teste de Tukey (Tabela 7).

Tabela 7 - Comparação do aumento médio de temperatura (°C) em cada altura das sondas em função do grupo.

Comparações		Dif. entre médias	Significância
G40 vs. G20	cervical	0,2794	ns
G20a vs. G20	cervical	-1,38	ns
G20a vs. G40	cervical	-1,66	*
G40 vs. G20	apical	0,9705	ns
G20a vs. G20	apical	-0,1891	ns
G20a vs. G40	apical	-1,16	ns

* Teste de Tukey - a presença do símbolo na coluna “significância” demonstra diferença estatística ($p < 0,05$).

5.3 Remoção de dentina e remanescente de material

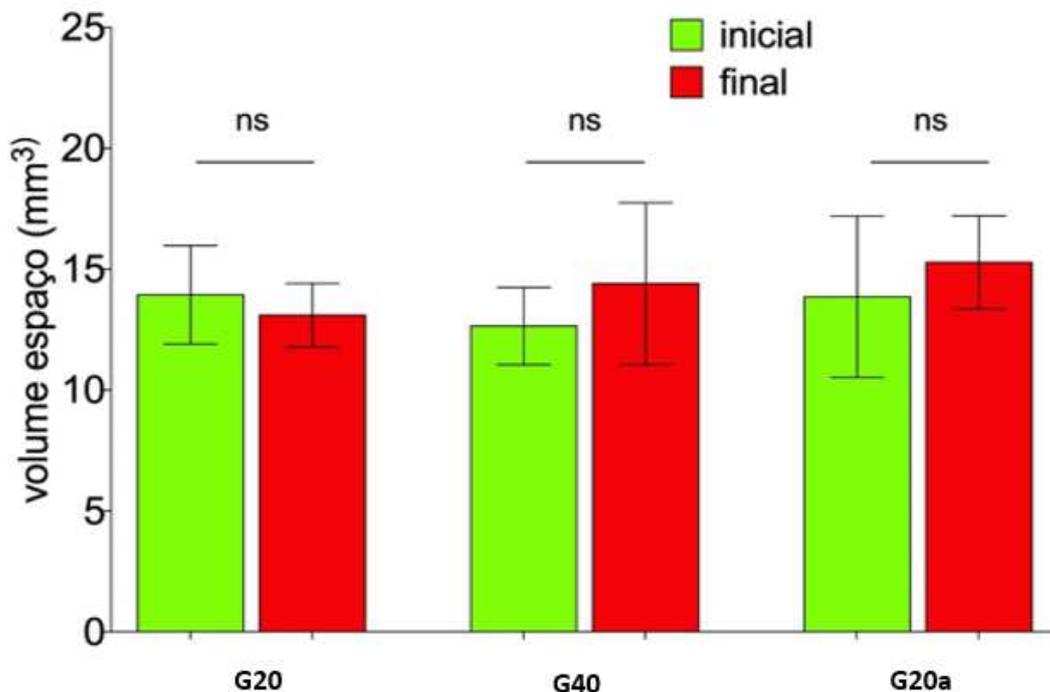
Quando comparamos a porcentagem de mudança de volume do conduto dentro de um mesmo grupo, antes e após a remoção dos pinos de fibra de vidro, observamos que a remoção dos pinos não resultou em aumentos volumétricos significativos. Entretanto, vale a pena destacar que mesmo sem diferença estatística, o grupo G20 promoveu um desgaste que permaneceu no interior pino de fibra de vidro e linha de cimentação, havendo uma redução do volume final em relação ao volume inicial (Tabela 8) (Figura 11). Essa comparação foi realizada com o Teste T de Student e os dados apresentados em milímetros cúbicos.

Tabela 8 - Comparação da porcentagem de mudança do volume do espaço do conduto antes e após a remoção dos pinos de fibra de vidro (%) ($p < 0,05$).

	Média (desvio padrão)		% de mudança	p
	antes	depois		
G20	13,94 ($\pm 2,03$)	13,01 ($\pm 1,31$)	-6,6	0,4205
G40	12,65 ($\pm 1,59$)	14,41 ($\pm 3,34$)	12,2	0,1508
G20a	13,86 ($\pm 3,34$)	15,28 ($\pm 1,92$)	9,2	0,3044

Teste T – comparação feita nas linhas.

Figura 11 - Comparação da porcentagem de mudança do volume do espaço do conduto antes e após a remoção dos pinos de fibra de vidro (%) ($p < 0,05$).



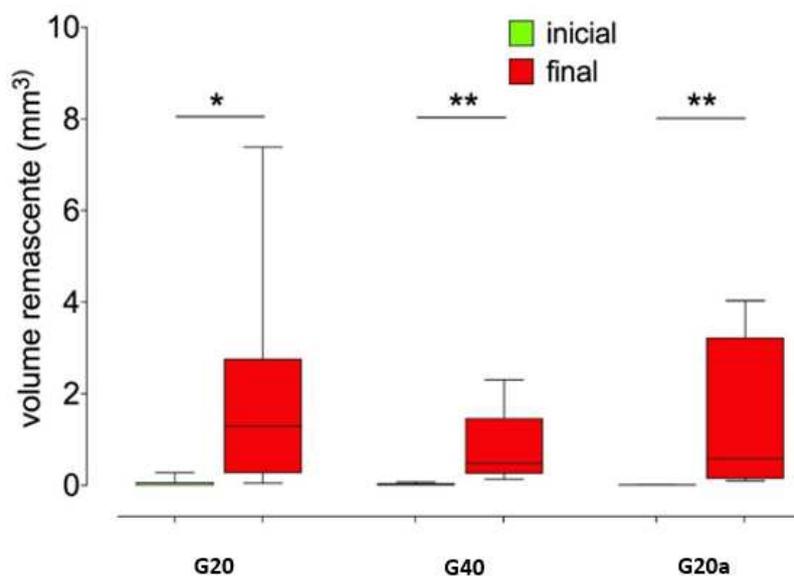
Ao realizarmos a comparação do volume de remanescente de material antes e após a remoção dos pinos, todos os grupos resultaram em um aumento significativo de material aderido as paredes do canal. Essa análise foi realizada com o teste de Wilcoxon (Tabela 9) (Figura 12).

Tabela 9 - Comparação do volume do remanescente de material antes e após a remoção dos pinos de fibra de vidro (mm^3) ($p < 0,05$).

	Mediana (1° e 3° quartis)		p
	antes	depois	
G20	0,00507 (0,00085 - 0,05442)	1,298 (0,2789 – 2,754)	0.0156
G40	0,007355 (0,000815 – 0,0338)	0,4841 (0,2626 – 1,457)	0,0078
G20a	0,002235 (0,00046 – 0,01337)	0,5813 (0,1596 – 3,219)	0,0078

Wilcoxon – comparações entre as linhas.

Figura 12 - Comparação do volume do remanescente de material antes e após a remoção dos pinos de fibra de vidro (mm^3) ($p < 0,05$).



5.3 Surgimento ou propagação de trincas

A partir da análise das imagens das microtomografias de cada amostra, foi possível constatar o surgimento de microtrincas, trincas e a propagação de trincas após a remoção dos pinos de fibra de vidro. Elas estavam localizadas no interior da dentina ou se estendendo por dentina e cimento. Também foram encontradas amostras que não tiveram a formação de trincas. Outra situação observada foi a ausência do aumento ou o surgimento de novas trincas após a remoção dos pinos (Tabela 10). Por último, não foi observada diferença estatística nas seguintes situações: raízes sem trincas após o preparo do espaço dos pinos e sem trincas após a remoção dos pinos e as raízes com trincas após o preparo do espaço dos pinos sem a propagação ou surgimento de novas trincas após a remoção dos pinos; raízes sem trincas após o preparo do espaço dos pinos e com trincas após a remoção dos pinos e as : raízes com trincas após o preparo do espaço dos pinos e com a propagação ou o surgimento de novas trincas após a remoção dos pinos.

Tabela 10 - Surgimento de trincas em função dos grupos estudados.

	-,-	-,+	+,-	+,+
G20	4	1	3	0
G40	3	0	4	1
G20a	3	0	3	2

6. Discussão

6.1 Metodologia

A utilização do aparelho de ultrassom durante a remoção de núcleos metálicos fundidos é bastante conhecida na literatura. Entretanto, o seu emprego sobre os pinos de fibra de vidro ainda necessita de mais investigações, principalmente quando associamos o seu uso com os possíveis danos aos tecidos periodontais que a geração de calor pode ocasionar durante a fricção dos insertos ultrassônicos com os pinos e as paredes do canal radicular. Sendo assim, avaliamos a eficácia e os possíveis prejuízos que diferentes protocolos de remoção de pinos de fibra de vidro poderiam ocasionar.

Padronizamos o comprimento dos pinos de fibra de vidro em 10 mm intrarradicular, através do seccionamento após a cimentação nas raízes, visto que essa medida necessita de mais força para resultar em deslocamentos, quando comparado com pinos mais curtos (Braga et al., 2006). Os pinos selecionados eram compatíveis com o diâmetro da broca utilizada para o preparo do espaço, buscando a melhor adaptação possível (Peciulene et al., 2005). Juntamente a isso, a associação de uma técnica de cimentação adesiva resulta na formação de um monobloco, evitando o desprendimento (Abe et al., 2014) e acrescentando maior dificuldade para a remoção, pois exige o degaste completo do pino. Por último, utilizamos um cimento endodôntico do tipo resinoso, livre de eugenol, para reduzir a possibilidade de qualquer interação deletéria na adesão (Bergeron et al., 2001; Altmann et al., 2015).

Para manter a raiz em posição, foi confeccionado uma base de silicone de adição personalizada para cada amostra, que permitia manter os sensores do termômetro estabilizadas e aderidas a superfície radicular (Madarati et al., 2008). Além disso, foi necessário produzir uma estrutura de acrílico que admitisse a colocação do conjunto da amostra e da base de silicone, permitindo uma posição de trabalho adequada, sem comprometer o contato da sonda com a amostra ou realizar alguma interferência quando o conjunto era imerso na água do banho histológico digital. Isso resultou na criação de uma estrutura de acrílico com canais que percorriam toda a sua extensão, permitindo a passagem das

sondas e da água livremente até a superfície radicular, que permaneceu imersa durante todo o experimento.

A medição de temperatura foi realizada com o uso de 4 sondas do termômetro fixadas a 3 mm abaixo da cervical da amostra e a 3 mm acima do limite apical do pino, nas faces mesial e distal, com o intuito de captar uma maior faixa de liberação de calor (Huttula et al., 2006; Ettrich et al., 2007; Davis et al., 2010). Optamos por esse método pois permite a captação de calor mesmo com a amostra estando imersa em um líquido com a temperatura próxima à corporal, reproduzindo uma situação mais próxima da real. Isso não é possível com a utilização de uma câmera térmica, que apesar da maior faixa de captação de calor, necessita que o objeto a ser mensurado não possua uma íntima aproximação ou um contato direto com outro objeto ou substância (Lipski et al., 2010).

O tempo escolhido para a aplicação do ultrassom e a opção pelo uso de refrigeração foi baseado nos testes realizados antes do estudo. Períodos de aplicação inferiores a 20 segundos não permitiam realizar desgastes adequados. Intervalos de tempo superiores a 40 segundos resultavam na criação de grande quantidade de debris que dificultavam demasiadamente a visualização para o desgaste. A associação da refrigeração com água acrescentava dificuldades de visualização mesmo em períodos de aplicação reduzidos, de 20 segundos. Com isso, a associação durante aplicações de 40 segundos se tornou completamente inviável devido à perda total das referências para o desgaste durante as remoções. Por esse motivo, o uso de refrigeração foi realizado somente com o intervalo de aplicação mais curto (grupo G20a), com a finalidade de obter um parâmetro capaz de contrapor a influência do tempo de aplicação.

O banho histológico digital foi o dispositivo eleito para imergir o conjunto da amostra, molde de silicone de adição e a estrutura de acrílico. Nele, foi selecionado a temperatura de 37 graus Celsius (Huttula et al., 2006; Ettrich et al., 2007; Horan et al., 2008; Madarati et al., 2008; Davis et al., 2010). Durante o procedimento havia alterações de temperatura em torno de 3 graus acima e 1 grau abaixo da temperatura pré-estabelecida. Devido ao mecanismo de aquecimento do dispositivo, necessário para manter a temperatura estável, havia a necessidade da ativação e desativação do seu sistema de aquecimento,

resultando em oscilações da temperatura. Assim, o início da realização dos testes acontecia somente após a estabilização e manutenção da temperatura nas 4 sondas, ou seja, quando o valor da temperatura permanecesse estável ou tivesse poucas variações durante períodos prolongados.

Com o intuito de evitar interferências sobre as sondas do termômetro e sobre o líquido contido no banho histológico digital durante a irrigação ou a utilização de refrigeração com água no decorrer das remoções dos pinos, as amostras receberam o isolamento absoluto (Huttula et al., 2006; Horan et al., 2008) associado a um sugador endodôntico que foi posicionado no seu interior durante todo o experimento. O objetivo era evitar um acúmulo excessivo de água no dique de borracha e o extravasamento para o banho histológico digital. Além disso, o uso do isolamento absoluto permitiu representar uma situação mais próxima da realidade clínica, dificultando a referência de angulação e posicionamento do dente no molde.

Para a análise volumétrica do desgaste, utilizamos a microtomografia computadorizada por ser um método que não destrói a amostra, permitindo múltiplas análises, ser relativamente rápido, proporcionar precisão e ser rica em detalhes (Swain e Xue, 2009). Os parâmetros seguidos para as aquisições das imagens e a realização das análises foram baseadas em artigos encontrados na literatura e a capacidade que o aparelho permitia trabalhar (Skyscan, 2009; Kim et al., 2015; Arukaslan e Aydemir, 2018; Haupt et al., 2018).

O emprego de pontas ultrassônicas lisas para a remoção de pinos de fibra de vidro foi visto em trabalhos da literatura (Lindemann et al., 2005; Waplington et al., 2000). A sua escolha aconteceu após à realização de testes com insertos ultrassônicos diamantados com diferentes formatos e tamanhos, além das pontas ultrassônicas lisas. O fator determinante para a não utilização dos insertos diamantados foi a dimensão que possuíam, inviabilizando uma visualização adequada do campo de trabalho com o microscópio, podendo resultar em desgastes excessivos devido ao maior contato com as paredes do canal radicular e, conseqüentemente, maior remoção de tecido dentinário e aumento de temperatura (Waplington et al., 2000; Madarati et al., 2008). Além disso, as pontas ultrassônicas lisas apresentaram uma capacidade favorável de

desgaste dos pinos de fibra de vidro, permitiam uma boa visualização do campo operatório e apresentavam uma resistência adequada ao desgaste.

O acionamento desses instrumentos na potência média do aparelho de ultrassom foi determinado levando em consideração critérios de eficiência e segurança. Assim, era preciso equilibrar a capacidade de desgaste sobre os pinos de fibra de vidro e o manejo com segurança do instrumento no interior dos canais radiculares, evitando desgastes exagerados de tecido dentinário. Além disso, alguns estudos relacionam o aumento da potência do ultrassom com o aumento de temperatura (Hashem, 2007; Madarati et al., 2008), desgastes ou fraturas precoces das pontas ultrassônicas (Waplinton et al., 2000; Lin et al., 2005).

Cada ponta ultrassônica foi utilizada em uma única amostra, visto que esses instrumentos sofriam desgastes significativos até o término da remoção, impossibilitando uma segunda utilização. Após o uso, foram notados desgastes que resultaram na redução de até aproximadamente 4 mm do comprimento da ponta ultrassônica. Essa redução de comprimento permitia a execução adequada de desgastes sobre o pino, apesar da perda de eficiência. Isso concorda com o trabalho de Lea e colaboradores (2006), que concluíram que quando os insertos ultrassônicos sofriam reduções de 1 a 2 mm do seu comprimento havia uma perda de eficiência, levando a uma redução do seu desempenho ou performasse clínica. Foi visto também que os insertos ultrassônicos lisos de aço inoxidável sofriam desgastes mais acelerados em períodos reduzidos em relação a outros tipos de insertos devido a sua maior maleabilidade ou menor rigidez, resultando em uma perda de eficiência após os primeiros ciclos de aplicação (Lin et al., 2005). Por último, destacamos que a eficácia de corte dos insertos irá influenciar diretamente no tempo da consulta, liberação de calor e desgaste de dentina (Yelton et al., 2010). Sendo assim, achamos que é possível obter um bom desempenho clínico utilizando os insertos lisos para a remoção de pinos de fibra de vidro, desde que utilizados respeitando as suas dimensões após os desgastes sofridos durante o seu uso.

6.2 Tempo total de remoção

A comparação do tempo total de remoção utilizando insertos ultrassônicos em relação ao uso de outros instrumentos para a remoção de pinos de fibra de vidro é bastante conhecida (Lindemann et al., 2005; Scotti et al., 2013; Abe et al., 2014; Haupt et al., 2017; Arukaslan e Aydemir, 2018). Entretanto, não foram encontrados estudos que avaliaram o uso de um mesmo instrumento submetido a diferentes situações ou protocolos clínicos. Ao realizar essas comparações alcançamos períodos de tempo superiores aos resultados encontrados na literatura (Lindemann et al., 2005; Scotti et al., 2013; Abe et al., 2014; Haupt et al., 2017; Arukaslan e Aydemir, 2018). Um dos motivos é o fato de nenhum desses estudos trabalharem com tempos de aplicação padronizados, permitindo a utilização dos instrumentos por períodos prolongados e de maneira contínua. Além disso, não foram encontradas citações referentes aos protocolos de irrigação e sucção, que influenciam diretamente no aumento do tempo total contabilizado.

Outra característica da remoção dos pinos de fibra de vidro é a necessidade do seu completo desgaste para a remoção. Em nenhum dos casos houve um desprendimento das paredes do canal radicular. De acordo Abe e equipe (2014) isso ocorre devido a cimentação adesiva, que resulta na criação de um monobloco composto pelo pino de fibra de vidro, cimento resinoso e a dentina, evitando o desprendimento dele juntamente as paredes do canal radicular. Lembrando que, para a obtenção e alcance dessas propriedades é fundamental que sejam respeitados criteriosamente os protocolos da cimentação adesiva.

Levando em consideração o tipo de cimentação empregada, nossos resultados divergem do trabalho de Garrido e colaboradores (2004), que observaram uma ação degradante do calor sobre o cimento resinoso após sucessivas aplicações. Nesse estudo a utilização do ultrassom com a ausência de refrigeração reduziu em 75% a força necessária para o deslocamento de pinos metálicos. Justificaram essa ação deletéria com a propriedade de alta capacidade de expansão térmica dos cimentos resinosos. Em nosso estudo, no grupo G400 foi necessário um maior intervalo de tempo para realizar a completa remoção dos pinos, visto que a degradação gerada pelo calor não resultou em

maior facilidade ou redução do tempo de remoção. Isso se deve a maior geração de calor durante a remoção de pinos metálicos graças a maior potência empregada e o tempo de aplicação do ultrassom, além das diferentes propriedades térmicas do metal.

O maior tempo total necessário para a remoção dos pinos de fibra de vidro pelo grupo G20 em relação ao grupo G40, se deve ao fato de ser necessário maiores quantidades de ciclos de remoção, e conseqüentemente maiores repetições de irrigação e sucção entre os intervalos de aplicação. Além disso, exigiam mais repetições das manobras para a refrigeração de todo o sistema interno do aparelho de ultrassom. Esse mesmo fato pode ser considerado em relação ao grupo G20a, que não tornava necessária a irrigação da amostra e refrigeração do equipamento de ultrassom, fazendo o uso exclusivo da sucção. Além do acréscimo de tempo para a realização dessas recursos, o ajuste do foco do microscópio durante a retomada e início de cada ciclo de aplicação do ultrassom também eram realizadas com maior frequência, visto que em cada retorno a posição de trabalho pode ocorrer a alteração da visualização do campo de visão, e conseqüentemente a necessidade de ajustes no foco e no posicionamento do microscópio.

6.3 Aumento de temperatura

Existe um grande número de estudos relacionando o aumento de temperatura causado pelo uso do ultrassom durante a remoção de pinos metálicos (Satterthwaite et al., 2003; Dominici et al., 2005; Budd et al., 2005; Huttula et al., 2006; Ettrich et al., 2007; Horan et al., 2008; Lipski et al., 2010; Davis et al., 2010) e os possíveis danos periodontais que as injúrias térmicas podem causar (Atrizadeh et al., 1971; Line et al., 1974; Eriksson e Albrektsson, 1983; Eriksson et al., 1984; Sauk et al., 1988; Gluskin et al., 2005; Walters e Rawal, 2007). Entretanto, não foram encontrados trabalhos que mensurassem a liberação de calor durante a remoção de pinos de fibra de vidro utilizando insertos ou pontas ultrassônicas.

Sendo assim, os dados obtidos em nosso estudo sobre o maior aumento de temperatura corroboram parcialmente com os resultados do trabalho de Huttula e equipe (2006), que notaram que a utilização de refrigeração com água

reduziu a liberação de calor em dentes que possuíam núcleos metálicos cimentados. Essa manobra fez com que a temperatura permanecesse em valores baixos durante todos os testes, especialmente na região cervical, que obteve valores inferiores aos da região apical. Atribuíram isso a maior dissipação de calor na região cervical graças ao contato direto do pino com a irrigação e a sucção. Assim como os nossos dados, a menor média do aumento máximo de temperatura foi encontrado na região cervical quando associamos a refrigeração. Entretanto, na região apical não houve diferença de temperatura entre os grupos, com ou sem o emprego da refrigeração. Por último, na região apical sempre encontramos a tendência do alcance de maiores valores de temperatura, diferente do estudo citado, que sem a refrigeração os maiores aumentos foram vistos na região cervical.

O alcance dos valores mais elevados de temperatura na região apical pode ser explicado pela menor espessura da raiz. A menor quantidade de tecido dentinário influencia no aumento de temperatura, visto que esse tecido não é um bom condutor de calor (Brown et al., 1970; Dominici et al., 2005). Essa relação foi exposta no trabalho de Lipski e colaboradores do ano de 2010, que perceberam que durante a remoção de núcleos metálicos fundidos em raízes mais finas havia uma elevação de temperatura em relação as raízes mais espessas. No estudo de Hashem do ano de 2007 relacionaram o aumento de temperatura à medida que a espessura da raiz diminuía, nesse caso decorrente de desgastes realizados durante o procedimento devido à dimensão do inserto ultrassônico. Madarati e sua equipe (2008) relacionou o aumento de temperatura em porções mais estreitas da raiz, sugerindo que o ultrassom deve ser utilizado em períodos reduzidos nessas áreas.

Outro fator importante é a redução do volume ou da renovação do líquido irrigador de acordo com o direcionamento a região apical, resultando em menor dissipação de calor. Uma das suposições é que logo na entrada do conduto o líquido tende a ser desviado para a parte externa. (Huttula et al., 2006). Entretanto, a remoção dos pinos sem a utilização de água resulta em vantagens ao operador e tende a otimizar o procedimento de remoção dos pinos. Entre os motivos podemos citar a maior facilidade de visualização do campo operatório, pois quando associamos o uso de irrigação, a água se mistura com a poeira

liberada durante o desgaste da dentina, pino e cimento resinoso, criando uma espécie de lama que impede uma visão adequada do local a ser desgastado. Diferentemente do que ocorre sem o uso associado de refrigeração com água, que após a remoção e a secagem dessa poeira com irrigação e sucção, em algumas situações permite enxergar uma coloração acinzentada sobre o pino, servindo como referência para o desgaste. (Ruddle, 2004).

Sabe-se que um aumento de temperatura acima de 10 graus Celsius ou o alcance de valores de temperatura superiores a 47 graus Celsius, durante períodos acima de 1 minuto de maneira contínua, podem ocasionar danos às estruturas periodontais irreversíveis (Eriksson e Albrektsson, 1983; Eriksson et al., 1984). Durante o estudo, foram atingidas temperaturas superiores aos limites citados em todos os grupos, entretanto nenhum deles permitiu que esses valores de temperatura permanecessem por 1 minuto, de maneira contínua ou interrompida. Isso se deve principalmente pelo período de aplicação do ultrassom, visto que o mais extenso era com um total de 40 segundos. Além disso, em dois grupos eram realizadas irrigações logo após os períodos de aplicação, que ocasionavam uma redução imediata da temperatura. Enquanto isso, no grupo sem irrigação era associado a refrigeração do próprio aparelho, ajudando nessa dissipação. Apesar do aumento progressivo da temperatura em função do tempo de aplicação, não foram atingidas médias de diferenças de temperaturas prejudiciais aos tecidos periodontais, ou seja, superiores a 10 graus Celsius, independentemente do regime de irrigação empregado. Vale destacar que os maiores valores de temperatura alcançados são próximos aos encontrados no estudo de Capriotti e equipe (2018) que realizaram a remoção de pinos de fibra de quartzo e sílica com insertos ultrassônicos.

Nenhum protocolo testado atingiu um maior aumento de temperatura capaz de prejudicar os tecidos periodontais. Isso diverge do estudo de Lipski e colaboradores do ano de 2010, que mensuraram a liberação de calor durante a remoção de núcleos metálicos em dentes com raízes de diferentes espessuras. Notaram que somente uma irrigação abundante, com um volume de 40 ml/ min, não permitiu que a temperatura se elevasse acima de 10 graus Celsius, independente da região ou da espessura da raiz. O emprego de volumes inferiores ou a não utilização de irrigação não evitaram que fossem atingidos

valores prejudiciais as estruturas periodontais. Em nosso estudo, qualquer protocolo testado demonstrou-se seguro nesse aspecto.

Também foi possível avaliar a existência da relação entre o aumento de temperatura e o tempo de aplicação do ultrassom. No estudo de Davis e equipe (2010), foi demonstrado que aplicações de ultrassom para a remoção de núcleos metálicos fundidos de maneira contínua e sem a utilização de irrigação, durante períodos de até 20 segundos, resultam em baixa probabilidade de gerar danos aos tecidos periodontais. Aplicações superiores a 37 segundos tiveram como consequência o aumento significativo das chances de causar injúrias periodontais, devido as elevações de temperatura principalmente na região cervical. No estudo de Budd e equipe do ano de 2005, o uso de refrigeração com água resultou no alcance dos menores valores de temperatura. O tempo de aplicação foi diretamente proporcional ao aumento de temperatura na superfície radicular, sendo que até 30 segundos não encontraram um aumento médio de temperatura que atingisse valores deletérios ao periodonto. Dominici e colaboradores no ano de 2005 notaram que o aumento do tempo de aplicação resultou em um aumento progressivo de temperatura. Em intervalos de aplicação de 30, 45 e 60 segundos o limite de 10 graus Celsius foi excedido. Esses três estudos citados concordam parcialmente com os nossos resultados, já que a aplicação durante períodos reduzidos, de 20 segundos, ou durante períodos mais longos, de 40 segundos, não foi capaz de exceder os limites seguros de temperatura, especialmente na região cervical. Assim, existe uma restrita relação entre o aumento de temperatura e o tempo referente ao período de aplicação do ultrassom. Foi possível notar que o alcance das maiores diferenças de temperatura acontecia em momentos semelhantes em todos os grupos. Entretanto, no grupo G40 havia a manutenção desses valores durante períodos mais longos, visto que o tempo do uso do ultrassom era superior, mas sem que houvesse a duração necessária para causar prejuízos as estruturas periodontais. Além disso, não houve uma continuidade nos aumentos de temperatura de maneira proporcional ao tempo de aplicação, que nesse grupo excedia 20 segundos sobre demais.

A associação entre o aumento de temperatura e o tempo de aplicação também foi encontrada em outros dois trabalhos semelhantes (Hashem, 2007;

Madarati et al., 2008) que realizaram testes durante a remoção de instrumentos fraturados sem a utilização de irrigação. No primeiro estudo a maior potência empregada foi inferior a utilizada por nós, mas em períodos mais longos. Isso resultou em aumentos de temperatura superiores a 10 graus Celsius. Já no trabalho de Madarati e equipe (2008), os maiores aumentos médios de temperatura ocorreram na região cervical, ao contrário do encontrado em nosso estudo. Esses estudos demonstraram que o aumento de temperatura foi proporcional ao tempo de aplicação, aumento da potência do ultrassom e as diferentes características dos insertos ultrassônicos (em relação a dimensão e o tipo, liso ou diamantado). Essas três características influenciam diretamente em um maior atrito ou fricção dos instrumentos juntamente as paredes do canal radicular.

O aumento de temperatura pode acontecer por vários motivos. Primeiramente, a capacidade de condução térmica dos metais é muito superior a fibra de vidro (Young e Hugh, 1992). Essa característica resulta em uma limitada transmissão de calor ao longo do pino de fibra de vidro, pois além desse componente, ele é constituído por uma matriz de resina epóxi entrelaçando as fibras, e os materiais resinosos tendem a agir como isolantes térmicos. Dessa forma, a transferência de calor não percorre o pino quando estamos trabalhando em áreas distantes, como notado no trabalho de Huttula e equipe (2006), que perceberam que o acionamento do ultrassom na região coronária dos pinos metálicos resultou em aumentos de temperatura na região apical. Assim, o aumento de temperatura encontrado em nosso estudo é totalmente dependente do atrito da ponta de ultrassom com as paredes do canal radicular, pino e cimento resinoso, de maneira mais local ou restrita. Inclusive, a produção de calor pelo ultrassom pode ser causada de três formas distintas: através do atrito ou da fricção com o uso do inserto ou da ponta ultrassônica sobre o pino e as paredes do canal radicular, através do aquecimento pelo líquido irrigante e, por último, através da absorção da energia acústica liberada pelo ultrassom e transmitida ao dente (Budd et al., 2005).

Outros fatores envolvidos diretamente no aumento de temperatura são: a pressão que o operador aplica sobre o equipamento, o tipo de aparelho de ultrassom empregado, a potência selecionada, tempo de aplicação, a forma e a

frequência de irrigação, o tipo e o comprimento do pino, a espessura da raiz, a anatomia dental e, por último, a circulação sanguínea presente na área, visto que em regiões posteriores estão presentes maiores quantidades de tecidos de suporte em comparação com a região anterior, auxiliando na dissipação do calor (Satterthwaite et al., 2003; Huttula et al., 2006; Horan et al., 2008).

6.4 Remoção de dentina e remanescente de material

A importância da conservação da estrutura dental é fundamental para um bom prognóstico do dente e isso está diretamente relacionado com a escolha de protocolos mais seguros e eficientes. Baseado nisso, um estudo realizado por Aydemir e colaboradores do ano de 2018 demonstrou que a remoção de pinos de fibra de vidro, utilizando insertos ultrassônicos, resultou em dentes que necessitavam de uma menor quantidade de força aplicada sobre eles para fraturarem. A relação entre o aumento do desgaste de dentina e a diminuição da resistência do dente também foi visto no trabalho de Souter e Messer (2005), que durante a remoção de limas fraturadas utilizando ultrassom ocasionaram uma diminuição da resistência da raiz em torno de 30% e 40%, quando submeteram os dentes em ensaios aplicando forças sobre eles. Os valores obtidos foram após o preparo dos terços médio e apical para a remoção dos instrumentos fraturados, e atribuíram isso a uma maior quantidade de dentina removida necessária para o acesso a essas regiões, juntamente com a diminuição natural da espessura das paredes decorrente da própria anatomia dental. De acordo com Satborn e equipe (2005) outros fatores como formato e o tamanho do canal radicular, além da anatomia externa da raiz influenciam diretamente na susceptibilidade a fraturas radiculares.

Dessa forma, comparamos o volume do espaço do conduto antes e após a remoção dos pinos de fibra de vidro e não encontramos diferenças significativas entre eles. Apesar disso, notamos que dois grupos ocasionaram um aumento do volume do espaço, com exceção do G20, que resultou em um volume inferior ao inicial. Isso demonstra que o desgaste gerado por ele permaneceu por mais tempo no centro do pino de fibra de vidro, tocando pouco as paredes do canal radicular e deixando permanecer maior quantidade de remanescentes de materiais aderidos. Em estudos similares, a remoção de pinos

de fibra de vidro com ultrassom sempre promoveu aumentos de desgaste de dentina, como o de Arukaslan e Aydemir do ano de 2018, que utilizou refrigeração com água e promoveu um aumento do desgaste de dentina em um volume médio de 11,723 mm³. No trabalho de Haupt e equipe do ano de 2018, constataram que a utilização de um inserto ultrassônico removeu aproximadamente 10,3 mm³ de dentina após a remoção dos pinos de fibra de vidro. Já Kim e colaboradores (2017) constataram diferenças em porcentagem superiores a 25% do volume do dente (Kim et al., 2017; Haup et al., 2018; Arukaslan e Aydemir; 2018). Os resultados do grupo G20 podem ser justificados pela ausência da utilização de refrigeração com água, que favorece a visualização do campo de trabalho, e os curtos períodos de aplicação que permitiam trabalhar somente no ponto de desgaste selecionado, com uma menor quantidade de resíduos de material ou dentina sobrepondo a visão do operador, levando a desgastes mais precisos.

Enquanto isso, períodos prolongados de aplicação implicam na formação de mais debris e resíduos de materiais sobrepondo a visão do operador. O mesmo acontece com a utilização de água, visto que acontece a formação de uma espécie de lama que resulta na perda de referências para o desgaste (Ruddle, 2004). Esses fatos contribuem para um maior desgaste de estrutura dental. Por último, além do protocolo de remoção dos pinos, o que irá influenciar diretamente na quantidade de remoção de dentina é a experiência profissional do operador (Scotti et al., 2013).

Quando realizamos as análises sobre a quantidade de material que permaneceu aderido as paredes do canal radicular, todos os protocolos testados resultaram na permanência de uma quantidade significativamente maior que a inicial. Isso pode ser atribuído a dificuldade de visualização do pino e do cimento resinoso devido a sua coloração próxima ao da raiz, mesmo com a utilização de microscopia operatória (Plotino et al., 2007), havendo uma concordância com estudos recentes (Arukaslan e Aydemir, 2018; Haupt et al, 2018) e sugerindo a necessidade de métodos complementares de remoção após o uso do ultrassom.

6.5 Formação e propagação de trincas

A associação entre a utilização do ultrassom e o surgimento de microtrincas, trincas parciais, trincas completas e a propagação de trincas é bastante conhecida e estudada por diversos autores durante o preparo de retro cavidades em cirurgias parodontológicas, podendo citar desde Saunders e equipe (1994) até Aydemir e colaboradores (2014). Além dessa situação, sabe-se que o aparecimento de trincas pode ocorrer em diferentes etapas do tratamento endodôntico, partindo do preparo dos canais radiculares, passando pela obturação e chegando em etapas como a desobturação dos canais e a remoção de retentores intraradiculares e (Çapar et al., 2015). Sendo assim, analisamos o surgimento e a propagação de trincas radiculares em todas as imagens de todas as amostras, antes e após a remoção dos pinos de fibra de vidro. Constatamos que em uma amostra houve a formação de trincas e em três houve a propagação ou o aparecimento de novas trincas após a remoção dos pinos de fibra de vidro. Esses dados concordam com os trabalhos dos estudos (Altshul et al., 1997; Fu et al., 2018) que relacionaram a utilização de ultrassom durante a remoção de pinos metálicos e instrumentos fraturados com o surgimento de trincas. Outro fator a ser considerado é a distribuição das amostras entre os três grupos estudados, demonstrando que qualquer um dos protocolos de remoção de pinos de fibra de vidro foi capaz causar ou propagar trincas radiculares de maneira similar.

Especula-se que a formação de trincas durante a aplicação do ultrassom pode ocorrer após a remoção de pequenas porções e/ ou pedaços de dentina. Também relacionaram ao excesso de tensão gerada e liberada por esses aparelhos sobre a raiz, excedendo o seu limite de resistência a tensão da matriz colágena (Fu et al., 2018).

Por último, a presença de dez amostras que não possuíam nenhuma trinca antes da remoção e de dez amostras que não tiveram a propagação ou formação de novas trincas após a remoção dos pinos de fibra de vidro, corrobora com o trabalho de Arukaslan e Aydemir do ano de 2018, que durante a remoção de pinos de fibra de fibra de vidro com insertos ultrassônicos ou brocas, não

encontraram aumentos numéricos significativos quando comparado com a fase somente do preparo do espaço do pino.

7. Conclusão

A partir dos resultados obtidos foi possível constatar que:

1. Aplicações mais longas e sem refrigeração permitem a redução do tempo total de remoção.
2. A utilização de irrigação no terço cervical evita aumentos significativos de temperatura.
3. O aumento de temperatura no terço apical não depende do uso de irrigação ou do tempo de aplicação.
4. Nenhum protocolo alcançou temperaturas prejudiciais em tempos suficientes para gerar danos biológicos.
5. O grupo G20 permitiu um menor desgaste dental e uma maior quantidade de material remanescente.
6. Todos os protocolos deixaram quantidades significativas de material aderido as paredes do canal radicular.
7. É possível ocorrer a formação ou a propagação de trincas após a remoção dos pinos.

8. Referências

Abbott PV. Analysis of a referral-based endodontic practice: Part 2. Treatment provided. *J Endod.* 1994 May;20(5):253-7.

Abe FC, Bueno CE, De Martin AS, Davini F, Cunha RS. Efficiency and effectiveness evaluation of three glass fiber post removal techniques using dental structure wear assessment method. *Indian J Dent Res.* 2014 Sep-Oct;25(5):576-9. doi: 10.4103/0970-9290.147091.

Abedi HR, Van Mierlo BL, Wilder-Smith P, Torabinejad M. Effects of ultrasonic root-end cavity preparation on the root apex. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod.* 1995 Aug;80(2):207-13.

Ahmed SN, Donovan TE, Ghuman T. Survey of dentists to determine contemporary use of endodontic posts. *J Prosthet Dent.* 2016 Oct 27. pii: S0022-3913(16)30369-9. doi: 10.1016/j.prosdent.2016.08.015.

Altmann AS, Leitune VC, Collares FM. Influence of Eugenol-based Sealers on Push-out Bond Strength of Fiber Post Luted with Resin Cement: Systematic Review and Meta-analysis. *J Endod.* 2015 Sep;41(9):1418-23. doi: 10.1016/j.joen.2015.05.014.

Altshul JH, Marshall G, Morgan LA, Baumgartner JC. Comparison of dentinal crack incidence and of post removal time resulting from post removal by ultrasonic or mechanical force. *J Endod.* 1997 Nov;23(11):683-6.

Anderson GC, Perdigão J, Hodges JS, Bowles WR. Efficiency and effectiveness of fiber post removal using 3 techniques. *Quintessence Int.* 2007 Sep;38(8):663-70.

Arens DE. Introduction to magnification in endodontics. *J Esthet Restor Dent.* 2003;15(7):426-39.

Arukaslan G, Aydemir S. Comparison of the efficacies of two different fiberpost-removal systems: A micro-computed tomography study. *Microsc Res Tech*. 2018 Dec 21. doi: 10.1002/jemt.23180.

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

Atrizadeh F, Kennedy J, Zander H. Ankylosis of teeth following thermal injury. *J Periodontal Res*. 1971;6(3):159-67.

Aydemir S, Cimilli H, Mumcu G, Chandler N, Kartal N. Crack formation on resected root surfaces subjected to conventional, ultrasonic, and laser root-end cavity preparation. *Photomed Laser Surg*. 2014 Jun;32(6):351-5. doi: 10.1089/pho.2013.3696.

Aydemir S, Arukaslan G, Sarıdağ S, Kaya-Büyükbayram I, Ylıdıran Y. Comparing Fracture Resistance and the Time Required for Two Different Fiber Post Removal Systems. *J Prosthodont*. 2018 Oct;27(8):771-774. doi: 10.1111/jopr.12575.

Bergeron BE, Murchison DF, Schindler WG, Walker WA 3rd. Effect of ultrasonic vibration and various sealer and cement combinations on titanium post removal. *J Endod*. 2001 Jan;27(1):13-7.

Braga NM, Paulino SM, Alfredo E, Sousa-Neto MD, Vansan LP. Removal resistance of glass-fiber and metallic cast posts with different lengths. *J Oral Sci*. 2006 Mar;48(1):15-20.

Brito Jr M, Soares JA, Santos SM, Camilo CC, Moreira Jr G. Comparison of the time required for removal of intraradicular cast posts using two Brazilian ultrasound devices. *Braz Oral Res*. 2009 Jan-Mar;23(1):17-22.

Brown WS, Dewey WA, Jacobs HR. Thermal properties of teeth. *J Dent Res*. 1970 Jul-Aug;49(4):752-5.

Budd JC, Gekelman D, White JM. Temperature rise of the post and on the root surface during ultrasonic post removal. *Int Endod J.* 2005 Oct;38(10):705-11.

Buoncristiani J, Seto BG, Caputo AA. Evaluation of ultrasonic and sonic instruments for intraradicular post removal. *J Endod.* 1994 Oct;20(10):486-9.

Çapar İD, Uysal B, Ok E, Arslan H. Effect of the size of the apical enlargement with rotary instruments, single-cone filling, post space preparation with drills, fiber post removal, and root canal filling removal on apical crack initiation and propagation. *J Endod.* 2015 Feb;41(2):253-6. doi: 10.1016/j.joen.2014.10.012.

Capriotti L, Greco K, Paolone G, Sberna MT, Cantatore G. Removal of fiber posts during endodontic retreatments using ultrasonic tips: A comparison between two different endodontic fiber posts. *Giornale Italiano di Endodonzia* 2018 Feb, 32, 47-50. Doi: 10.1016/j.gien.2018.04.002.

Castrisos T, Abbott PV. A survey of methods used for post removal in specialist endodontic practice. *Int Endod J.* 2002 Feb;35(2):172-80.

Chalfin H, Weseley P, Solomon C. Removal of restorative posts for the purpose of nonsurgical endodontic retreatment: report of cases. *J Am Dent Assoc.* 1990 Feb;120(2):169-72.

Chee W, Aloum A. Restoration of the anterior maxilla after thermal trauma as a sequela to post removal: a clinical report. *J Prosthet Dent.* 2011 Sep;106(3):141-4. doi: 10.1016/S0022-3913(11)00113-2.

Chieruzzi M, Pagano S, Pennacchi M, Lombardo G, D'Errico P, Kenny JM. Compressive and flexural behavior of fiber reinforced endodontic posts. *J Dent.* 2012 Nov;40(11):968-78. doi: 10.1016/j.jdent.2012.08.003.

Cloutier DL, Kulild JC, Walker MP. A novel methodology to evaluate the use of an ultrasonic tip. *J Endod.* 2011 Sep;37(9):1264-7. doi: 10.1016/j.joen.2011.05.043.

Davis S, Gluskin AH, Livingood PM, Chambers DW. Analysis of temperature rise and the use of coolants in the dissipation of ultrasonic heat buildup during post removal. *J Endod.* 2010 Nov;36(11):1892-6. doi: 10.1016/j.joen.2010.08.027.

Dixon EB, Kaczkowski PJ, Nicholls JI, Harrington GW. Comparison of two ultrasonic instruments for post removal. *J Endod.* 2002 Feb;28(2):111-5.

Dominici JT, Clark S, Scheetz J, Eleazer PD. Analysis of heat generation using ultrasonic vibration for post removal. *J Endod.* 2005 Apr;31(4):301-3.

dos Santos GL, Beltrame AP, Triches TC, Ximenes-Filho M, Baptista D, Bolan M. Analysis of microleakage of temporary restorative materials in primary teeth. *J Indian Soc Pedod Prev Dent.* 2014 Apr-Jun;32(2):130-4. doi: 10.4103/0970-4388.130963.

Eriksson AR, Albrektsson T. Temperature threshold levels for heat-induced bone tissue injury: a vital-microscopic study in the rabbit. *J Prosthet Dent.* 1983 Jul;50(1):101-7.

Eriksson AR, Albrektsson T, Albrektsson B. Heat caused by drilling cortical bone. Temperature measured in vivo in patients and animals. *Acta Orthop Scand.* 1984 Dec;55(6):629-31.

Ettrich CA, Labossière PE, Pitts DL, Johnson JD. An investigation of the heat induced during ultrasonic post removal. *J Endod.* 2007 Oct;33(10):1222-6.

Ferrari M, Vichi A, García-Godoy F. Clinical evaluation of fiber-reinforced epoxy resin posts and cast post and cores. *Am J Dent.* 2000 May;13(Spec No):15B-18B.

Ferrari M, Vichi A, Mannocci F, Mason PN. Retrospective study of the clinical performance of fiber posts. *Am J Dent.* 2000 May;13(Spec No):9B-13B.

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 Jul;91(7 Suppl):72S-78S.

Frazer RQ, Kovarik RE, Chance KB, Mitchell RJ. Removal time of fiber posts versus titanium posts. *Am J Dent*. 2008 Jun;21(3):175-8.

Fu M, Huang X, He W, Hou B. Effects of ultrasonic removal of fractured files from the middle third of root canals on dentinal cracks: a micro-computed tomography study. *Int Endod J*. 2018 Sep;51(9):1037-1046. doi: 10.1111/iej.12909.

Gaffney JL, Lehman JW, Miles MJ. Expanded use of the ultrasonic scaler. *J Endod*. 1981 May;7(5):228-9.

Garrido AD, Fonseca TS, Alfredo E, Silva-Sousa YT, Sousa-Neto MD. Influence of ultrasound, with and without water spray cooling, on removal of posts cemented with resin or zinc phosphate cements. *J Endod*. 2004 Mar;30(3):173-6.

Gesi A, Magnolfi S, Goracci C, Ferrari M. Comparison of two techniques for removing fiber posts. *J Endod*. 2003 Sep;29(9):580-2.

Glick DH, Frank AL. Removal of silver points and fractured posts by ultrasonics. *J Prosthet Dent*. 1986 Feb;55(2):212-5.

Gluskin AH, Ruddle CJ, Zinman EJ. Thermal injury through intraradicular heat transfer using ultrasonic devices: precautions and practical preventive strategies. *J Am Dent Assoc*. 2005 Sep;136(9):1286-93.

Hashem AA. Ultrasonic vibration: temperature rise on external root surface during broken instrument removal. *J Endod*. 2007 Sep;33(9):1070-3.

Haupt F, Pfitzner J, Hülsmann M. A comparative in vitro study of different techniques for removal of fiber posts from root canals. *Aust Endod J*. 2018 Dec;44(3):245-250. doi: 10.1111/aej.12230.

Hervás-García A, Martínez-Lozano MA, Cabanes-Vila J, Barjau-Escribano A, Fos-Galve P. Composite resins. A review of the materials and clinical indications. *Med Oral Patol Oral Cir Bucal*. 2006 Mar 1;11(2):E215-20.

Horan BB, Tordik PA, Imamura G, Goodell GG. Effect of dentin thickness on root surface temperature of teeth undergoing ultrasonic removal of posts. *J Endod*. 2008 Apr;34(4):453-5. doi: 10.1016/j.joen.2008.01.008.

Hoskinson SE, Ng YL, Hoskinson AE, Moles DR, Gulabivala K. A retrospective comparison of outcome of root canal treatment using two different protocols. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod*. 2002 Jun;93(6):705-15.

Huttula AS, Tordik PA, Imamura G, Eichmiller FC, McClanahan SB. The effect of ultrasonic post instrumentation on root surface temperature. *J Endod*. 2006 Nov;32(11):1085-7.

Imura N, Pinheiro ET, Gomes BP, Zaia AA, Ferraz CC, Souza-Filho FJ. The outcome of endodontic treatment: a retrospective study of 2000 cases performed by a specialist. *J Endod*. 2007 Nov;33(11):1278-82.

Iqbal MK. Nonsurgical ultrasonic endodontic instruments. *Dent Clin North Am*. 2004 Jan;48(1):19-34.

Kim JJ, Alapati S, Knoernschild KL, Jeong YH, Kim DG, Lee DJ. Micro-Computed Tomography of Tooth Volume Changes Following Post Removal. *J Prosthodont*. 2017 Aug;26(6):522-528. doi: 10.1111/jopr.12442.

Kojima K, Inamoto K, Nagamatsu K, Hara A, Nakata K, Morita I, Nakagaki H, Nakamura H. Success rate of endodontic treatment of teeth with vital and nonvital

pulps. A meta-analysis. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod.* 2004 Jan;97(1):95-9.

Koster TJ, Timmerman MF, Feilzer AJ, Van der Velden U, Van der Weijden FA. Water coolant supply in relation to different ultrasonic scaler systems, tips and coolant settings. *J Clin Periodontol.* 2009 Feb;36(2):127-31. doi: 10.1111/j.1600-051X.2008.01349.x.

Lamichhane A, Xu C, Zhang FQ. Dental fiber-post resin base material: a review. *J Adv Prosthodont.* 2014 Feb;6(1):60-5. doi: 10.4047/jap.2014.6.1.60.

Lawlor K, Yelton C, Kulild J, Walker MP. Dentin removal efficacy over time of the Buc-1 ultrasonic tip. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod.* 2010 May;109(5):e107-9. doi: 10.1016/j.tripleo.2009.12.003.

Lea SC, Landini G, Walmsley AD. Displacement amplitude of ultrasonic scaler inserts. *J Clin Periodontol.* 2003 Jun;30(6):505-10.

Lea SC, Landini G, Walmsley AD. Ultrasonic scaler tip performance under various load conditions. *J Clin Periodontol.* 2003 Oct;30(10):876-81.

Lea SC, Landini G, Walmsley AD. Vibration characteristics of ultrasonic scalers assessed with scanning laser vibrometry. *J Dent.* 2002 May;30(4):147-51.

Lea SC, Landini G, Walmsley AD. The effect of wear on ultrasonic scaler tip displacement amplitude. *J Clin Periodontol.* 2006 Jan;33(1):37-41.

Lin YH, Mickel AK, Jones JJ, Montagnese TA, González AF. Evaluation of cutting efficiency of ultrasonic tips used in orthograde endodontic treatment. *J Endod.* 2006 Apr;32(4):359-61.

Lindemann M, Yaman P, Dennison JB, Herrero AA. Comparison of the efficiency and effectiveness of various techniques for removal of fiber posts. *J Endod.* 2005 Jul;31(7):520-2.

Line SE, Polson AM, Zander HA. Relationship between periodontal injury, selective cell repopulation and ankylosis. *J Periodontol.* 1974 Oct;45(10):725-30.

Lipski M, Debicki M, Drożdżik A. Effect of different water flows on root surface temperature during ultrasonic removal of posts. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod.* 2010 Sep;110(3):395-400. doi: 10.1016/j.tripleo.2010.04.022.

Madarati AA, Qualtrough AJ, Watts DC. Factors affecting temperature rise on the external root surface during ultrasonic retrieval of intracanal separated files. *J Endod.* 2008 Sep;34(9):1089-92. doi: 10.1016/j.joen.2008.05.018.

Maia LM, Moreira Júnior G, Albuquerque RC, de Carvalho Machado V, da Silva NRFA, Hauss DD, da Silveira RR. Three-dimensional endodontic guide for adhesive fiber post removal: A dental technique. *J Prosthet Dent.* 2019 Mar;121(3):387-390. doi: 10.1016/j.prosdent.2018.07.011.

Milani AS, Froughreyhani M, Mohammadi H, Tabegh FG, Pournaghiazar F. The effect of temporary restorative materials on fracture resistance of endodontically treated teeth. *Gen Dent.* 2016 Jan-Feb;64(1): e1-4.

Ng YL, Mann V, Rahbaran S, Lewsey J, Gulabivala K. Outcome of primary root canal treatment: systematic review of the literature - part 1. Effects of study characteristics on probability of success. *Int Endod J.* 2007 Dec;40(12):921-39.

Nicoll BK, Peters RJ. Heat generation during ultrasonic instrumentation of dentin as affected by different irrigation methods. *J Periodontol.* 1998 Aug;69(8):884-8.

Olçay K, Ataoglu H, Belli S. Evaluation of Related Factors in the Failure of Endodontically Treated Teeth: A Cross-sectional Study. *J Endod.* 2018 Jan;44(1):38-45.

Paz E, Satovsky J, Moldauer I. Comparison of the cutting efficiency of two

- ultrasonic units utilizing two different tips at two different power settings. *J Endod.* 2005 Nov;31(11):824-6.
- Peciuliene V, Rimkuvienė J, Maneliene R, Pletkus R. Factors influencing the removal of posts. *Stomatologija.* 2005;7(1):21-3.
- Plotino G, Grande NM, Bedini R, Pameijer CH, Somma F. Flexural properties of endodontic posts and human root dentin. *Dent Mater.* 2007 Sep;23(9):1129-35.
- Ruddle CJ. Nonsurgical retreatment. *J Endod.* 2004 Dec;30(12):827-45.
- Santos AF, Meira JB, Tanaka CB, Xavier TA, Ballester RY, Lima RG, Pfeifer CS, Versluis A. Can fiber posts increase root stresses and reduce fracture? *J Dent Res.* 2010 Jun;89(6):587-91. doi: 10.1177/0022034510363382.
- Saunders WP, Saunders EM, Gutmann JL. Ultrasonic root-end preparation, Part 2. Microleakage of EBA root-end fillings. *Int Endod J.* 1994 Nov;27(6):325-9.
- Sauk JJ, Norris K, Foster R, Moehring J, Somerman MJ. Expression of heat stress proteins by human periodontal ligament cells. *J Oral Pathol.* 1988 Nov;17(9-10):496-9.
- Sathorn C, Palamara JE, Palamara D, Messer HH. Effect of root canal size and external root surface morphology on fracture susceptibility and pattern: a finite element analysis. *J Endod.* 2005 Apr;31(4):288-92.
- Satterthwaite JD, Stokes AN, Frankel NT. Potential for temperature change during application of ultrasonic vibration to intra-radicular posts. *Eur J Prosthodont Restor Dent.* 2003 Jun;11(2):51-6.
- Schwindling FS, Tasaka A, Hilgenfeld T, Rammelsberg P, Zenthöfer A. Three-dimensional-guided removal and preparation of dental root posts concept and feasibility. *J Prosthodont Res.* 2019 May 16. pii: S1883-1958(18)30403 1. doi: 10.1016/j.jpor.2019.04.005.

Scotti N, Bergantin E, Alovise M, Pasqualini D, Berutti E. Evaluation of a simplified fiber post removal system. *J Endod.* 2013 Nov;39(11):1431-4. doi: 10.1016/j.joen.2013.08.005.

SkyScan 1174v2 compact micro-CT. Instruction manual. Konitch, 2009.

Sorrentino R, Di Mauro MI, Ferrari M, Leone R, Zarone F. Complications of endodontically treated teeth restored with fiber posts and single crowns or fixed dental prostheses- a systematic review. *Clin Oral Investig.* 2016 Sep;20(7):1449-57. doi: 10.1007/s00784-016-1919-8.

Souter NJ, Messer HH. Complications associated with fractured file removal using an ultrasonic technique. *J Endod.* 2005 Jun;31(6):450-2.

Tabassum S, Khan FR. Failure of endodontic treatment: The usual suspects. *Eur J Dent.* 2016 Jan-Mar;10(1):144-7. doi: 10.4103/1305-7456.175682.

Trenter SC, Landini G, Walmsley AD. Effect of loading on the vibration characteristics of thin magnetostrictive ultrasonic scaler inserts. *J Periodontol.* 2003 Sep;74(9):1308-15.

Swain MV, Xue J. State of the art of Micro-CT applications in dental research. *Int J Oral Sci.* 2009 Dec;1(4):177-88. doi: 10.4248/IJOS09031.

Walters JD, Rawal SY. Severe periodontal damage by an ultrasonic endodontic device: a case report. *Dent Traumatol.* 2007 Apr;23(2):123-7.

Waplinton M, Lumley PJ, Blunt L. An in vitro investigation into the cutting action of ultrasonic radicular access preparation instruments. *Endod Dent Traumatol.* 2000 Aug;16(4):158-61.

Yelton C, Lawlor K, Kulild JC, Walker MP. Comparison of the efficiency of four different ultrasonic tips to remove dentin over time. *J Endod.* 2010 Mar;36(3):529-31. doi: 10.1016/j.joen.2009.10.024.

Young HD, Freedman RA. University physics with modern physics (14th edition). Harlow: Pearson, 2016.

Zhou L, Wang Q. Comparison of fracture resistance between cast posts and fiber posts: a meta-analysis of literature. *J Endod*. 2013 Jan;39(1):11-5. doi: 10.1016/j.joen.2012.09.026.

9. Apêndice

9.1 Apêndice 1- Comparação entre a espessura da raiz e os grupos.

Comparações	Média (desvio padrão)			Significância	p
	G20	G40	G20a		
Mesial cervical	1,2021 (± 0,2109)	1,4312 (± 0,4221)	1,3043 (± 0,4440)	ns	0,5218
Distal cervical	1,1961 (± 0,1981)	1,3215 (± 0,3749)	1,2380 (± 0,4720)	ns	0,7941
Mesial apical	0,9800 (± 0,2342)	1,2598 (± 0,3863)	1,0828 (± 0,3522)	ns	0,2385
Distal apical	0,9586 (± 0,1527)	1,0677 (± 0,3650)	0,9910 (± 0,3847)	ns	0,3049

* ANOVA um fator

10. Anexos

Anexo 1 - Certificado CEP

	<p>COMITÊ DE ÉTICA EM PESQUISA FACULDADE DE ODONTOLOGIA DE PIRACICABA UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS</p>	
<h2>CERTIFICADO</h2>		
<p>O Comitê de Ética em Pesquisa da FOP-UNICAMP certifica que o projeto de pesquisa "Comparação entre diferentes métodos de remoção de pinos de fibra de vidro (estudo in vitro)", CAAE 85802518.8.0000.5418, dos pesquisadores Ricardo Honda e José Flávio Affonso de Almeida José Flávio Affonso de Almeida, satisfaz as exigências das resoluções específicas sobre ética em pesquisa com seres humanos do Conselho Nacional de Saúde – Ministério da Saúde e foi aprovado por este comitê em 12/04/2018.</p>		
<p>The Research Ethics Committee of the Piracicaba Dental School of the University of Campinas (FOP-UNICAMP) certifies that research project "Comparison between different methods of glass fiber post removal (in vitro study)", CAAE 85802518.8.0000.5418, of the researcher's xxxxxx and xxxxx, meets the requirements of the specific resolutions on ethics in research with human beings of the National Health Council - Ministry of Health, and was approved by this committee on April, 12 2018.</p>		
		
<p>Profa. Fernanda Miori Pascon Vice Coordenador CEP/FOP/UNICAMP</p>	<p>Prof. Jacks Jorge Junior Coordenador CEP/FOP/UNICAMP</p>	
<p><small>Nota: O título do protocolo e a lista de autores aparecem como fornecidos pelos pesquisadores, sem qualquer edição. Notice: The title and the list of researchers of the project appears as provided by the authors, without editing.</small></p>		

Anexo 2 – Relatório do Turnitin.

