

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE
DO SUL
FACULDADE DE ODONTOLOGIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM
ODONTOLOGIA
ÁREA DE CONCENTRAÇÃO CLÍNICA
ODONTOLÓGICA – ENDODONTIA

**EFEITO DA ATIVAÇÃO ULTRASSÔNICA DE CIMENTOS ENDODÔNTICOS
NA PENETRAÇÃO INTRATUBULAR E RESISTÊNCIA DE UNIÃO À
DENTINA RADICULAR**

IGOR ABREU DE BEM

Porto Alegre
2019

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL
FACULDADE DE ODONTOLOGIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ODONTOLOGIA
CLÍNICA ODONTOLÓGICA - ENDODONTIA

Linha de pesquisa:

Biomateriais e Técnicas Terapêuticas em Odontologia

**EFEITO DA ATIVAÇÃO ULTRASSÔNICA DE CIMENTOS ENDODÔNTICOS
NA PENETRAÇÃO INTRATUBULAR E RESISTÊNCIA DE UNIÃO À
DENTINA RADICULAR**

IGOR ABREU DE BEM

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Odontologia da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Como requisito final para a obtenção do título de Mestre em Odontologia, área de concentração Clínica Odontológica, ênfase em Endodontia.

Orientação:
Prof. Dr. Ricardo Abreu da Rosa

Porto Alegre
2019

CIP - Catalogação na Publicação

Abreu de Bem, Igor

Efeito da ativação ultrassônica de cimentos endodônticos na penetração intratubular e resistência de união à dentina radicular / Igor Abreu de Bem. -- 2019.

122 f.

Orientador: Ricardo Abreu da Rosa.

Dissertação (Mestrado) -- Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Faculdade de Odontologia, Programa de Pós-Graduação em Odontologia, Porto Alegre, BR-RS, 2019.

1. Endodontia. 2. Cimentos biocerâmicos. 3. Resistência de união. 4. Microscopia eletrônica confocal a laser. 5. Ativação ultrassônica. I. Abreu da Rosa, Ricardo, orient. II. Título.

Dedico este trabalho,

À Deus, o Senhor,

Por estar sempre ao meu lado, me dando proteção

E me colocando no melhor caminho sempre.

Aos meus Pais

Iliomar e Elizangela, por todo apoio, amor e carinho.

Aos meus Irmãos

Natan e Naialin, por estarem sempre junto comigo me apoiando

E me dando forças.

AGRADECIMENTOS

Em primeiro lugar a **Deus**, que me proporciona momentos felizes como este, graças a Ele tenho uma família e amigos maravilhosos, os quais sempre me deram forças para agir e vencer cada desafio desta caminhada e por permitirem que esse sonho se tornasse realidade.

Aos meus pais, **Iliomar Bitencourt de Bem** e **Elizangela Lapa Abreu de Bem**, por estarem sempre ao meu lado me ajudando e apoiando desde sempre, vocês são meus exemplos de vida, vocês me fizeram chegar até aqui. Muito obrigado pelo carinho e por estar comigo em todos os momentos de minha vida, amo vocês mais do que tudo nessa vida.

Aos meus irmãos, **Natan Abreu de Bem** e **Naialin Abreu de Bem**, pelos quais tenho um carinho imenso e que são inspirações para que eu possa ser cada dia melhor. Vocês são o maior presente que Deus poderia ter me dado, obrigado por estarem sempre junto comigo e por fazerem parte de minha vida.

Aos meus Avós, **Antônio Fernandes de Abreu** e **Maria do Carmo Lapa de Abreu**, por me proporcionar momentos de felicidade e por estarem do meu lado desde sempre. Obrigado pelo amor e ajuda nos momentos mais difíceis. Vocês contribuíram muito para minha formação e amadurecimento.

Ao meu orientador, **Ricardo Abreu da Rosa**, por todo conhecimento, disponibilidade, paciência, conselhos, críticas e confiança a mim depositada. Agradeço a oportunidade de ser o seu primeiro orientado de mestrado. Você foi responsável por me ensinar a arte da pesquisa, a desenvolver um bom trabalho e a dedicação que colocamos nele. Tenho uma grande admiração e respeito por você, foi um prazer tê-lo como orientador.

As minhas amigas de mestrado e que a vida me proporcionou, **Patrícia Inês Chaves Severo**, **Bruna Giovanaz**, **Mariana Deluca**, **Marina Aspesi** e **Renata Aqel de Oliveira**, por me permitirem momentos de tranquilidade e de boas conversas durante todo esse período. Obrigado pela paciência, parceria e

pelo carinho. Desejo que vocês possam trilhar caminhos felizes e de muito sucesso, vocês são pessoas incríveis.

À Faculdade de Odontologia da Universidade Federal do Rio Grande do Sul e ao Programa de Pós-Graduação em Odontologia por me proporcionar a realização do curso de mestrado, um momento de grande evolução em minha vida.

Ao Professor, **Marcus Vinícius Reis Só**, por todo o conhecimento transmitido e pela amizade. Tenho profunda admiração pela sua vontade de ensinar, compartilhar os conhecimentos e pelo excelente ser humano e profissional que você é.

Ao Professor, **Régis Burmeister dos Santos**, pela amizade, pelos ensinamentos, profissionalismo e pelos momentos alegres nesses dois anos de mestrado. Tenho uma imensa admiração pelo seu trabalho.

Ao Professor, **Carlos Alexandre Bier**, é um privilégio tê-lo como avaliador da banca.

À equipe de professores de endodontia da UFRGS, Prof. **Fabiana Soares Grecca**, Prof. **Patrícia Kopper Móra**, Prof. **Francisco Montagner**, Prof. **Tiago Fontoura Melo**, Prof. **Roberta Kochemborger** e Prof. **Simone Bonato Luisi**, pela amizade, momentos de distração e carinho.

Por fim, agradeço aos demais amigos que contribuíram, de forma direta ou indireta, na minha trajetória até aqui.

Muito Obrigado!

“Entrega o teu caminho ao Senhor; confia nele, e ele tudo fará.”

Salmo 37:5

SUMÁRIO

RESUMO

ABSTRACT

1 INTRODUÇÃO	11
2 REVISÃO DE LITERATURA	15
2.1 Importância da Obturação dos Canais Radiculares	15
2.1.1 Diferentes Técnicas de Obturação	15
2.1.2 Diferentes Cimentos Endodônticos para Obturação	19
2.2 Cimentos Biocerâmicos	21
2.2.1 Endosequence	23
2.2.2 Sealer Plus BC	26
2.3 Cimento à base de resina de salicilato	27
2.3.1 MTA Fillapex	27
2.4 Cimento à Base de Resina Epóxica	29
2.5 Importância da Ativação Ultrassônica em Endodontia	31
2.6 Métodos de Análise	38
2.6.1 Penetração Intratubular e Microscopia Confocal à Laser	38
2.6.2 Resistência de União (Push Out)	42
3 Objetivos	46
3.1 Geral	46
3.2 Específicos	46
4 Artigo Científico	47
5 Considerações Finais	70
6 Conclusões	83
7 Referências	84
8 Apêndice	113
8.1 Fluxograma	113
9 Anexos	114
9.1 Aprovação do Comitê de Pesquisa	114
9.2 Aprovação do Comitê de Ética em Pesquisa	115

RESUMO

O objetivo deste estudo foi avaliar o efeito da ativação ultrassônica de cimentos endodônticos na penetração intratubular e na resistência de união à dentina radicular. Os canais de 100 dentes monorradiculares foram preparados com instrumentos de níquel-titânio e irrigados com hipoclorito de sódio 2,5% e EDTA 17% e obturados pela técnica de condensação lateral utilizando os seguintes cimentos: cimento à base de resina de salicilato MTA Fillapex (n = 20), cimento biocerâmico Sealer Plus BC (n = 20), e Endosequence BC (n = 20) e cimento à base de resina epóxica Sealer Plus (n = 20) e AH Plus (n = 20). Cada um destes grupos foi dividido em dois subgrupos (n = 10) de acordo com a ativação ultrassônica (20 segundos) ou não. Aos cimentos biocerâmicos, foi incorporado o corante Fluo-3 na proporção de 0,1%. Para os demais cimentos, rodamina B foi utilizada na mesma proporção. Os dentes foram seccionados transversalmente para análise de penetração intratubular e realização do teste de resistência de união. Os dados relativos à penetração intratubular foram analisados estatisticamente pelos testes T, ANOVA 1 fator Bonferroni. Os valores de resistência de união pelos testes T, Kruskal-Wallis e Dunn. O uso do ultrassom aumentou a penetração intratubular de todos os cimentos, porém com diferença significativa apenas para os grupos MTA Fillapex e Endosequence ($P < 0,05$). Após ativação ultrassônica, o MTA Fillapex apresentou os maiores valores de penetração intratubular ($P < 0,05$), sem diferenças entre os cimentos biocerâmicos e à base de resina epóxica ($P > 0,05$). Os valores de resistência de união dos cimentos AH Plus e Sealer Plus BC aumentaram após ativação ultrassônica ($P < 0,05$). Após o uso do ultrassom, os cimentos à base de resina epóxica (AH Plus e Sealer Plus) e o biocerâmico Sealer Plus BC apresentaram os maiores valores de resistência de união ($P < 0,05$). Houve um predomínio de falhas adesivas após o teste de push-out para todos os grupos. A ativação ultrassônica aumentou a penetração intratubular e influenciou na resistência de união à dentina radicular dos cimentos endodônticos avaliados.

Palavras-chave: Endodontia, cimentos biocerâmicos, resistência de união, microscopia eletrônica confocal a laser, ativação ultrassônica.

ABSTRACT

This study aimed to evaluate the effect of ultrasonic activation of endodontic sealers on the dentin tubule penetration and on the push-out bond strength to root dentin. One hundred monoradicular teeth were prepared with niqel-titanium instruments irrigated with 2.5% sodium hypochlorite and 17% EDTA and filled using cold lateral compaction using the following sealers: a salycilate resin-based sealer (MTA Fillapex, n = 20), two bioceramic sealers (Sealer Plus BC and Endosequence, n = 20 for each group) and two epoxy resin-based sealers (AH Plus and Sealer Plus, n = 20 for each group). Next, the groups were subdivided according to the use or not of ultrasonic activation of the sealer (20 seconds). Fluo-3 fluorophore were added to the bioceramic sealers and rodhamine B to the other sealers. Both at a ratio of 0.1%. The teeth were transversely sectioned to evaluate the dentin tubule penetration and the bond strength to root dentin. The penetration data were analyzed with T-test and 1-factor ANOVA and Bonferroni tests. Bond strength was evaluated usin T-test and Kruskall-Wallis and Dunn post hoc test. The ultrasonic activation enhanced the dentine tubule penetration for all the sealers, but only for MTA Fillapex and Endosequence the difference was significant ($p < 0.05$). After ultrasonic activation, MTA Fillapex showed the highest tubule penetration area ($p < 0.05$), but with no differences among the other sealers ($p > 0.05$). The bond strength values of AH Plus and Sealer Plus BC enhanced after ultrasonic activation ($p < 0.05$). Moreover, after ultrasonic activation the epoxy resin-based sealers (AH Plus and Sealer Plus) and the bioceramic Sealer Plus BC presented the highest bond strength values ($p < 0.05$). Adhesive failures were predominant in all groups, regardless of the ultrasonic activation. The ultrasonic activation increased intratubular penetration and influenced the bond strength to root dentin of the evaluated endodontic sealers.

Keywords: Endodontics, bioceramic sealers, bond strength, confocal laser scanning microscopy, ultrasonic activation.

1. INTRODUÇÃO

O tratamento endodôntico é constituído por diversas etapas que são interdependentes entre si, sua finalidade é controlar o processo inflamatório por meio da redução da carga microbiana. A presença de falhas em qualquer uma das etapas pode comprometer o sucesso do tratamento (CHEUNG; STOCK, 1993).

A presença de um ambiente favorável e propício ao reparo das lesões do periápice é obtido pela eliminação da infecção, que começa com um adequado preparo, até a obturação do sistema de canais radiculares. Por outro lado, a persistência de microorganismos é um contribuinte nos casos de falhas do tratamento endodôntico (SIQUEIRA; ROCAS, 2008).

A obturação consiste em uma etapa crucial que tem por função preencher e selar o sistema de canais radiculares, impedindo que as bactérias possam proliferar e migrar por meio de ramificações do sistema de canais ou do periodonto; favorecer o processo de cicatrização dos tecidos periapicais; não gerar irritação ao periápice e prevenir a percolação de exsudatos para o interior do canal (SCHILDER, 1974; LEDUC; FISHELBERG, 2003). Segundo Martins *et al.* (2011), em média, 60% dos casos de insucesso do tratamento endodôntico estão associados a uma obturação inadequada.

Existem diversas técnicas para obturação do canal, dentre elas, a condensação lateral é a mais utilizada devido às suas vantagens como o baixo custo (LEVITAN; HIMEL; LUCKEY, 2003). Sua técnica consiste na utilização de espaçadores digitais com o intuito de abrir espaço para a inclusão de novos cones acessórios após a colocação de um cone principal adaptado ao batente apical confeccionado previamente durante a instrumentação. Todos os cones ficarão unidos por justaposição com cimento obturador preenchendo os espaços entre um cone de cuta percha e outro e entre os cones e a parede do canal radicular (LEDUC; FISHELBERG, 2003).

A condensação lateral da guta percha e as técnicas de compactação termomecânica ou termoplásticas podem resultar na formação de bolhas e falhas na interface massa obturadora/parede do canal radicular independentemente do material utilizado (SCHAFER *et al.*, 2016; VIAPIANA *et al.*, 2016). Nesse sentido a ativação ultrassônica do cimento endodôntico tem

melhorado de maneira significativa a adaptação do cimento e da guta percha às irregularidades do canal, aumentando a penetração de cimentos à base de resina epóxica nos túbulos dentinários e, inclusive, aumentando os valores de resistência de união da obturação à dentina radicular (ARSLAN *et al.*, 2016; GUIMARÃES *et al.*, 2014; ALCALDE *et al.*, 2017, WIESSE *et al.*, 2018). A utilização de pontas ultrassônicas vibrando em altas frequências (25-30 kHz) promovem transmissão acústica e cavitação (GU *et al.*, 2009; JIANG *et al.*, 2016; VAN DER SLUIS *et al.*, 2007; WISEMAN *et al.*, 2011) fazendo com que o cimento endodôntico seja projetado para áreas de complexidades anatômicas do canal radicular e para o interior dos túbulos dentinários.

Devido à preocupação em aumentar cada vez mais os índices de sucesso dos tratamentos endodônticos, a busca incessante por novas metodologias e a presença de poucos estudos sobre a influência da agitação do cimento endodôntico durante a obturação, faz-se necessário novas pesquisas com intuito de tornar mais previsível o uso do ultrassom na endodontia, especialmente na etapa de obturação do sistema de canais radiculares.

A composição química do cimento obturador pode interferir tanto na sua adaptação às irregularidades do canal e penetração no interior dos túbulos dentinários quanto na sua resistência adesiva à dentina radicular. Cimentos à base de silicato de cálcio, conhecidos como biocerâmicos, surgiram no mercado odontológico como uma alternativa de cimento endodôntico. Esse material provém da combinação entre silicato de cálcio e fosfato de cálcio (LOUSHINE *et al.*, 2011). Em sua composição pode existir ainda alumina, zircônia, vidro bioativo, cerâmica de vidro e hidroxiapatita (UTNEJA *et al.*, 2015). Este material tem demonstrado um pH alcalino, ação antimicrobiana e biocompatibilidade. Durante o processo de presa a capacidade de formar hidroxiapatita permitirá ligar a dentina ao cimento (CANDEIRO *et al.*, 2012).

O Sealer Plus BC (MK Life, Porto Alegre, RS, Brasil) é um cimento biocerâmico, desenvolvido para a obturação dos canais radiculares. De acordo com o fabricante, é um cimento insolúvel, radiopaco, sem alumínio e contém silicato de cálcio, que exige a presença de umidade para sua reação de presa.

O Endosequence BC (Brasseler USA, Savannah, GA) é um cimento biocerâmico pré-misturado que apresenta em sua composição óxido de zircônia, silicato de cálcio, fosfato de cálcio monobásico, hidróxido de cálcio,

carga e agentes espessantes (HESS *et al.*, 2011). Portanto, o Endosequence BC foi desenvolvido para tomar presa apenas quando exposto a um ambiente úmido, como os túbulos dentinários (LOUSHINE *et al.*, 2011; ZHANG *et al.*, 2009).

O MTA Fillapex (Angelus Industry Dental Products Ltd., Londrina, PR, Brazil) é um cimento à base de resina de salicilato que contém agregado trióxido mineral em sua formulação, este é um composto biocerâmico. Foi desenvolvido com o objetivo de ser não apenas biocompatível, mas também estimular o reparo dos tecidos periapicais. Apresenta baixa solubilidade e degradação (PRATI *et al.*, 2015), bom escoamento (TANOMARU-FILHO *et al.*, 2013), boa radiopacidade (TANOMARU-FILHO *et al.*, 2013) e atividade antimicrobiana (MADANI *et al.*, 2014).

Os cimentos endodônticos à base de resina epóxi possuem um grande destaque na endodontia, devido a sua estabilidade dimensional e boa capacidade seladora, além de serem considerados o padrão ouro, também são utilizados como comparação com novos cimentos em pesquisas científicas (SONU *et al.*, 2016).

O Sealer Plus (MK Life, Porto Alegre, RS, Brasil) é um cimento endodôntico a base de resina epóxi, possui uma ótima viscosidade, penetração intratubular e capacidade de selamento, apresenta baixa contração de polimerização, evitando o espaço entre o cimento e a parede do canal. É composto a partir da mistura de duas pastas, a pasta base contém: Bisfenol A-coepiclorohidrina, Bisfenol F resina epóxi, óxido de zircônia, silicone e siloxanos, óxido de ferro e hidróxido de cálcio. A pasta catalisadora contém: hexametiletenotetramina, óxido de zircônio, silicone e siloxanos, hidróxido de cálcio e tungstato de cálcio.

O AH Plus (Dentsply DeTrey GmbH, Konstanz, Germany) é um cimento a base de resina epóxi e considerado padrão-ouro devido as suas propriedades físico-químicas e biológicas (KHALIL *et al.*, 2016; RESZKA *et al.*, 2016; SILVA ALMEIDA *et al.*, 2017), pois apresenta estabilidade dimensional à longo prazo, boa adesão dentinária, fluidez e biocompatibilidade (ARIAS-MOLIZ *et al.*, 2015).

Para a avaliação da união entre o cimento obturador, dentina e guta percha, bem como a análise das variáveis que podem interferir neste processo,

são utilizados ensaios de resistência de união, como o teste de push out, que corresponde à utilização de pontas metálicas finas compatíveis com o diâmetro do canal radicular usadas perpendicularmente a fatia dentária até que ocorra o deslocamento do corpo de prova (BOSCHIAN *et al.*, 2002). Este teste é muito usado para avaliar a resistência de união de pinos de fibra de vidro.

A penetração intratubular está intimamente relacionada com a remoção da smear layer, as propriedades físico químicas dos cimentos obturadores e do uso de dispositivos ou substâncias que tenham ação nas paredes dentinárias (KOKKAS *et al.*, 2004).

Um método adequado para analisar a área de cimento impregnada em dentina é a microscopia confocal. Este método utiliza corantes fluorescentes como a rodamina B ou o Fluo 3, escolhidos de acordo com a composição do cimento endodôntico (BALGUERIE *et al.*, 2011).

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1. Importância da Obturação do Sistema de Canais Radiculares

2.1.1. Diferentes Técnicas de Obturação

O tratamento endodôntico inicia-se pelo acesso adequado e tem como conclusão a obturação sem falhas, do espaço anteriormente ocupado pela polpa (DE DEUS *et al.*, 2002 e 2003). Seus objetivos são a limpeza, modelagem, antisepsia e a obturação de forma tridimensional (SCHILDER, 1967). A presença de falhas, em quaisquer que seja a etapa, podem prejudicar o sucesso da terapia endodôntica (BASMADJIAN-CHARLES; FARGE; BOURGEOIS 2002; SJOGREN *et al.*, 1990; SUNDQVIST *et al.*, 1998). A instrumentação mecânica auxilia na redução significativa da carga microbiana, porém, uma superfície considerável do canal radicular pode permanecer intocada pelos instrumentos (PETERS *et al.*, 2001). Logo, a obturação tem essencial importância na prevenção da reinfecção do canal, reduzindo a contaminação microbiana e fornecendo vedação apical e sepultamento dos irritantes remanescentes (SJOGREN *et al.*, 1997; KATEBZADEH; SIGURDSSON; TROPE, 2000).

Os cones de guta percha são materiais utilizados na obturação do sistema de canais radiculares (LEA *et al.*, 2005; TAGGER; GOLD, 1988). Suas características são a biocompatibilidade, boa plasticidade quando aquecida, fácil remoção quando necessário, estabilidade dimensional e passividade de ser condensada (SCHILDER, 1967; WELLER, 1997).

No entanto, o uso isolado da guta percha não é indicado, tornando-se necessário sua associação com os cimentos endodônticos, que possuem escoamento adequados para penetrar em regiões de difícil acesso como área de istmo, canais acessórios e secundários, túbulos dentinários, com intenção de diminuir a microinfiltração marginal, proporcionando reparo periapical e manutenção da saúde dos tecidos perirradiculares (HUANG *et al.*, 2002; PERASSI *et al.*, 2004); além de serem um meio auxiliar para permitir uma obturação tridimensional e sem espaços vazios (RAZMI *et al.*, 2016).

Na literatura é possível encontrar diversos estudos analisando as diferentes técnicas de obturação dos canais radiculares. Porém, em meio a

diversas tecnologias presentes na área da endodontia, a técnica da condensação lateral tem sido utilizada pela maioria dos cirurgiões dentistas (PETERS; SONNTAG; PETERS, 2010).

A condensação lateral a frio foi introduzida por Callahan em 1914 e desde então tem sido a técnica padrão na comparação com outras técnicas de obturação dos canais radiculares (PETERS; SONNTAG; PETERS, 2010). Tem a vantagem de permitir a colocação controlada de cones de guta-percha no canal radicular (DEITCH *et al.*, 2002; LEA *et al.*, 2005), além de ser previsível e relativamente de execução simples em canais cônicos (DE DEUS *et al.*, 2008).

Blum *et al.* (1997) realizaram um estudo em que mediram e analisaram as forças aplicadas pelos endodontistas durante a etapa de obturação. Isso foi possível com a criação de um sistema de transdutores de força vinculados a um software. O software permitiu estudar as forças de obturação em tempo real e armazená-las. Neste estudo inicial, foram analisadas as forças desenvolvidas por endodontistas e estudantes durante uma compactação vertical quente. As forças de direção horizontal e vertical foram armazenadas e então gerados gráficos das forças de compactação, permitindo a análise do método de obturação; de fato, dois casos de falha de obturação foram analisados a partir desses gráficos.

Goldberg *et al.* (2001) avaliaram a capacidade de compactação lateral de guta percha e de cinco técnicas de preenchimento termoplastificadas de guta percha em canais laterais simulados. Para isso, sessenta dentes humanos monorradiculares foram instrumentados no comprimento de trabalho até uma lima do tipo Kerr 35, posteriormente fez-se três canais laterais simulados nas superfícies mesial e distal da raiz, um em cada terço, usando um alargador de motor nº 15. Após ampliar os canais radiculares até uma lima tipo Kerr 45, os dentes foram divididos aleatoriamente em seis grupos iguais de 10 e obtidos de acordo com as seguintes técnicas: compactação lateral de guta-percha (grupo A), técnica híbrida (grupo B), Ultrafil (grupo C), Obtura II (grupo D), Sistema B 1 Obstáculo II (grupo E) e Thermafil (grupo F). AH26 foi usado como cimento. Um número maior de canais laterais simulados foi obtido quando Ultrafil, Thermafil e Sistema B 1 Objeto II foram utilizados, em comparação com os canais obturados com a técnica híbrida, Obtura II ou compactação lateral de guta percha.

Souza *et al.* (2009) relataram em seu estudo a preocupação quanto a obturação coronária prematura por meio do uso da técnica de condensação lateral passiva, relacionando-a com o maior diâmetro na porção coronal dos cones acessórios de tal forma que inviabilizaria uma vedação apical adequada. Por outro lado, o uso da técnica de condensação lateral ativa, com uso de espaçadores digitais, permite a utilização de um número maior de cones acessórios, obtendo-se melhor adaptação e condensação, tanto apicalmente, quanto lateralmente.

Shemesh *et al.* (2010) compararam a incidência de defeitos dentinários (trincas e fissuras) após o preparo do canal radicular, compactação lateral e compactação contínua de ondas de guta-percha e cimento AH26. A metodologia envolveu duzentos pré-molares inferiores divididos em quatro grupos com diâmetros médios semelhantes do canal ($n = 50$). Um grupo foi deixado sem tratamento e serviu como controle. Os outros três grupos foram preparados com instrumentos rotatórios ProTaper até o tamanho F4. Após o preparo, um grupo foi deixado sem preenchimento, enquanto dois grupos foram preenchidos com guta-percha e AH26 usando compactação lateral ou a técnica de ondas contínuas. As raízes foram seccionadas a 3, 6 e 9 mm do ápice e analisadas em microscópio. Observou-se o aparecimento de defeitos dentinários, bem como a espessura mínima e média restante da dentina. O grupo controle não apresentou defeitos dentinários. Os outros grupos exibiram significativamente mais defeitos do que o grupo despreparado ($P < 0,05$). Os autores concluíram que nos dentes extraídos, defeitos dentinários foram observados em raízes preenchidas com guta-percha e AH26, utilizando as técnicas de compactação lateral e de ondas contínuas.

DeLong, He e Woodmansey (2015) observaram em seus estudos que o calor provocado por técnicas de obturação termoplastificadas podem provocar mudanças nas propriedades dos cimentos biocerâmicos, sendo que o aquecimento gerado nesta técnica poderia promover o ressecamento dos túbulos dentinários, com isso, teríamos alteração em sua umidade, que é de caráter essencial para a tomada de presa dos cimentos biocerâmicos, pelo fato de serem hidrofílicos.

Al-Hiyasat e Alfirjani (2019) avaliaram o efeito das técnicas de obturação na resistência de união de um cimento endodôntico biocerâmico pré-misturado

(TotalFill BC) à superfície dentinária do canal radicular. O canal radicular palatino de sessenta pré-molares superiores humanos extraídos foram preparados com o sistema rotatório Mtwo, os dentes foram divididos em dois grupos; de acordo com o cimento a ser obturado; TotalFill BC e AH Plus. Cada grupo foi então dividido em três subgrupos (n = 10) de acordo com a técnica de obturação; compactação lateral fria, cone único e compactação vertical quente. A resistência de união dos materiais de obturação à dentina radicular foi analisada usando o teste push-out. No geral, a resistência de união do cimento TotalFill BC foi significativamente maior que a do cimento AH Plus ($P < 0,001$). A técnica de obturação não teve efeito significativo na resistência de união do TotalFill. Embora a resistência de união do AH Plus tenha sido significativamente afetada, a compactação vertical quente e os grupos de cone único apresentou menor resistência de união do que o grupo de compactação lateral fria ($P < 0,05$).

Com base nos estudos citados anteriormente, a compactação lateral fria e a compactação vertical quente tiveram relatos de estudos *in vitro* que mostraram a presença de enfraquecimento e danos à dentina radicular (SHEMESH *et al.*, 2010; BLUM *et al.*, 1997). Por outro lado, a técnica do cone único ou técnica de compactação passiva em que os cones acessórios de guta-percha são inseridos passivamente ao longo do cone principal representam uma alternativa menos prejudicial, pois esse método não causou nenhum dano à dentina radicular dos dentes extraídos (SHEMESH *et al.*, 2009). Porém, em algumas situações clínicas em que temos a presença de canais ovais, o cone único pode não fornecer vedação adequada (CELIK TEN *et al.*, 2016), e alguns clínicos ainda preferem usar a técnica de compactação lateral fria, pois é considerada a referência (WHITWORTH, 2005), outros preferem usar a técnica de compactação vertical quente, pois é supostamente a melhor técnica que pode preencher o espaço pulpar em três dimensões (SCHILDER, 2006). No entanto, alguns estudos relataram que o calor produzido durante esse processo pode afetar as propriedades do cimento, bem como a resistência de união do cimento (VIAPIANA *et al.*, 2014; CAMILLERI, 2015; ATMEH; ALSHWAIMI, 2017). Foi relatado que a adesão do cimento endodôntico à dentina do canal radicular é afetada pela técnica de obturação (DELONG *et al.*, 2015; GADE *et al.*, 2015; RACHED-JUNIOR *et al.*, 2016). Foi demonstrado que a técnica de

cone único apresentou uma resistência de união menor que a compactação lateral a frio usando cimento de resina epóxi (RACHED-JUNIOR *et al.*, 2016), mas ainda existem evidências limitadas sobre o efeito da técnica de obturação em cimentos biocerâmicos.

A técnica da condensação lateral é uma das mais utilizadas (CARNEIRO *et al.*, 2012), contudo, existem restrições quanto a sua aplicação em canais irregulares, achatados ou complexos (WELLER *et al.*, 1997; GOLDBERG *et al.*, 2001). A técnica termomecânica é capaz de promover uma condensação apical e lateral da guta percha em direção as paredes do canal, isso melhoraria o preenchimento do canal principal e dos canais acessórios (MICHELOTTO *et al.*, 2010). Por outro lado, as técnicas termoplásticas permitem plastificação da guta percha, originando uma compactação da mesma em direção apical, auxiliando no selamento apical (GOLDBERG *et al.*, 2001; CATHRO; LOVE, 2003; KARABUCAK *et al.*, 2008; HORIUCHI *et al.*, 2016).

2.1.2. Diferentes Cimentos Endodônticos para Obturação

O sistema de canais radiculares apresenta grande complexidade anatômica, incluindo a presença de ramificações, como deltas ou foraminas apicais, canais acessórios e secundários, dentre outros, que podem prejudicar o objetivo principal da terapia endodôntica de obter um selamento adequado (LUCCY; WELLER; KULILD, 1990; PABLO *et al.*, 2010). O preenchimento tridimensional, tanto do canal principal quanto dos acessórios, é fundamental para prevenir a recolonização decorrente da infiltração bacteriana e facilitar o reparo biológico do periápice (SCHILDER, 1967, SANTOS *et al.*, 2010; FLORES *et al.*, 2011; KAUR *et al.*, 2015; SHAKYA, 2016).

As características dos materiais obturadores incluem a obliteração do canal, não devem ter contração após a inserção, ser impermeáveis à umidade, bacteriostático, sem manchamento das estruturas remanescentes, estéreis, biocompatível, radiopaco e de fácil remoção sempre que necessário (ORSTAVIK, 2005; JAMES *et al.*, 2007). Os cones de guta percha usados isoladamente na obturação não são indicados devido à falta de adesão às paredes do canal radicular e também à falta de escoamento eficiente, resultando na formação de espaços vazios entre os cones e as paredes do

canal. Logo, um preenchimento satisfatório não pode ser obtido sem a utilização do cimento endodôntico (KHASHABA *et al.*, 2009; RAZMI *et al.*, 2016). Este, por sua vez, é um auxiliar na obturação do sistema de canais radiculares, tem o objetivo de preencher e selar o espaço entre as paredes dentinárias e os cones de guta percha (SOUZA *et al.*, 2001).

O cimento endodôntico deve possuir propriedades físico-químicas satisfatórias, ser facilmente levado ao interior do canal, ter um tempo de trabalho adequado; além de ter boa tolerância aos tecidos periapicais (SOUZA *et al.*, 2001). Sua função inclui a impermeabilização do sistema de canais radiculares, o agrupamento da massa obturadora e ação lubrificante (GROSSMAN, 1958; SILVA *et al.*, 2013).

A classificação dos cimentos utilizados em endodontia é feita de acordo com os componentes presentes na sua formulação, em: cimentos à base de óxido de zinco e eugenol; cimentos à base de resina epóxi; cimentos que contêm hidróxido de cálcio; cimentos à base de ionômero de vidro e os cimentos biocerâmicos (FARAONI *et al.*, 2013; MASSI *et al.*, 2011; CANDEIRO *et al.*, 2012; MACHADO *et al.*, 2016).

Os cimentos à base de óxido de zinco e eugenol são amplamente utilizados e com diversas marcas comerciais. Possuem atividade antimicrobiana própria, com presença de toxicidade quando em contato direto com os tecidos vitais (ORSTAVIK, 2005).

Os cimentos à base de ionômero de vidro possuem biocompatibilidade e boa adesão à dentina, entretanto, alguns estudos têm mostrado que a sua degradação pode resultar em infiltração, gerando consequências negativas no sucesso da terapia endodôntica (SCHAFER; ZANDBIGLARI, 2003).

Os cimentos à base de hidróxido de cálcio possuem um pH mais alcalino, o que leva a uma aceleração do processo de reparação (BORGES *et al.*, 2012). A adição do hidróxido de cálcio surgiu devido ao seu efeito antibacteriano e suas habilidades de reparo tecidual (ORSTAVIK, 2005), colagenização e mineralização (GARRIDO *et al.*, 2010).

Os cimentos à base de resina epóxi possuem propriedades como longa estabilidade dimensional, baixa solubilidade, boa capacidade de vedação apical, microretenção com a dentina e baixa toxicidade (VERSIANI *et al.*, 2006;

GARRIDO *et al.*, 2010). É usado com frequência como material controle nas pesquisas científicas (RESENDE *et al.*, 2009).

Os cimentos biocerâmicos ou bioativos são aqueles que durante a reação de presa produzem hidroxiapatita. Suas propriedades incluem biocompatibilidade, baixa citotoxicidade, capacidade seladora, atividade antimicrobiana, união à dentina, adequada radiopacidade e escoamento, pH alcalino e elevada liberação de íons cálcio. É um cimento que vem pré-misturado de fábrica. Para sua tomada de presa é necessária a existência de umidade no canal radicular (CANDEIRO *et al.*, 2012; ZHANG *et al.*, 2009; UTNEJA *et al.*, 2015; LOUSHINE *et al.*, 2011).

Vale ressaltar que todos os cimentos endodônticos devem ser testados em laboratório previamente a sua utilização clínica. Contudo, estes testes devem atender aos padrões internacionais. Logo, a ISO é considerada o maior desenvolvedor de padrões internacionais (SILVA *et al.*, 2013).

2.2. Cimentos Biocerâmicos

Um cimento ideal deve apresentar propriedades físicas, químicas e biológicas, que incluem: biocompatibilidade, estabilidade dimensional, baixa viscosidade atividade antimicrobiana, bom selamento, ser insolúvel ao meio oral e aos fluidos teciduais, escoamento adequado, fácil manipulação e inserção no interior do canal radicular, boa radiopacidade, não altere a coloração dental, adequado tempo de trabalho, adaptação e adesividade às paredes do canal radicular, ser reabsorvido no periápice quando ocorre o extravasamento, estimular o reparo e ser de fácil remoção sempre que houver necessidade (MARQUES *et al.*, 2011; MOUSQUER, 2012).

Alguns cimentos apresentam excelentes propriedades físicas e químicas e a compatibilidade biológica não é tão satisfatória, não há um material específico que compreenda todas as características supracitadas, o que geralmente acontece é o predomínio de algumas propriedades em detrimento de outras (VIVAN *et al.*, 2013). Por isso, a busca por um cimento endodôntico com propriedades desejáveis é intensa e difícil, havendo a necessidade de equilibrá-las para que o mesmo seja empregado na terapia endodôntica.

Os cimentos biocerâmicos são resultados da combinação entre o silicato de cálcio e o fosfato de cálcio. São constituídos por alumina, zircônia, vidro bioativo, cerâmica de vidro, hidroxiapatita e fosfato de cálcio. São também chamados de materiais bioativos, devido a uma composição química e estrutura cristalina semelhante aos materiais de apatita dos dentes e ossos (AL-HADDAD; AZIZ, 2016; JEONG *et al.*, 2017). A bioatividade de acordo com Loushine *et al.* (2011), é a capacidade do cimento durante o processo de presa de formar hidroxiapatita e assim, influenciar na ligação entre a dentina e o cimento endodôntico. Além disso, determinados autores enfatizam que a conformidade do escoamento de cimentos bioativos em relação às normas da ISO pode não ser tão importante (KHALIL; NAAMAN; CAMILLERI, 2016), tendo em vista que estes cimentos podem não ter sua capacidade de selamento do sistema de canais prejudicada em função de reagirem ativamente com a dentina radicular formando uma zona de infiltração mineral (ATMEH *et al.*, 2012).

Os cimentos biocerâmicos apresentam excelentes propriedades físico-químicas e biológicas, com pH alcalino, atividade antimicrobiana, radiopacidade, biocompatibilidade e não-tóxicos (CANDEIRO *et al.*, 2012; UTNEJA *et al.*, 2015). São constituídos por nanopartículas esféricas, com uma dimensão não superior a $1,9 \times 10^{-3} \mu\text{m}$. Devido a sua capacidade de penetrar nos túbulos dentinários e interagir com a umidade dentinária, se espera uma ótima estabilidade dimensional e uma menor quantidade de contração (RAZMI *et al.*, 2016).

O mecanismo de ação dos cimentos biocerâmicos compreende na utilização de água do interior dos túbulos dentinários, resultando no seu endurecimento. Os silicatos de cálcio, depois de hidratados, produzem gel de hidrato de silicato de cálcio e hidróxido de cálcio. Este, por sua vez, reage com os íons fosfato, gerando uma precipitação e consequente formação de hidroxiapatita e água. Esta continuará a reagir com o silicato de cálcio para precipitar adicionalmente hidrato de silicato de cálcio com uma consistência semelhante a um gel (DRS *et al.*, 2013). A água é um fator importante para o controle da taxa de hidratação e do tempo de presa (KOCH; BRAVE, 2009). Enquanto que a hidroxiapatita formada cria uma camada de interface, dando origem à uma ligação química entre materiais à base de silicato de cálcio e as

paredes dentinárias, resultando num potencial para adesão química à dentina (SHOKOUHINEJAD, 2011)

Os cimentos biocerâmicos são formados por minúsculas partículas, com menos de dois microns, permitindo com que sejam usados em seringas com pontas capilares de 0,012. A técnica consiste na inserção da ponta da seringa no terço cervical, seguida de pressão suave e lentamente de uma pequena quantidade de cimento. A seguir, revestimos o cone principal de guta-percha com uma fina camada de cimento e fazemos a inserção lentamente no canal até a 1 mm antes do comprimento de trabalho. O cone de guta-percha transportará material suficiente para selar o ápice (KOCH; BRAVE, 2009).

Segundo Ersahan e Aydin (2010), os cimentos biocerâmicos devem ser usados em associação com a técnica de obturação do cone único, pelo fato de ser cimentos nanoparticulados, porém, estudos mostram que a adesão destes cimentos pode ser prejudicada quando são utilizadas técnicas de obturação em que são aplicadas calor (DELONG; HE; WOODMANSEY, 2015).

Kohli *et al.* (2015) verificaram em sua pesquisa que os cimentos biocerâmicos não apresentam alteração de cor na estrutura dental, mesmo quando são deixados na câmara pulpar, sua metodologia incluiu análise com espectrofotômetro.

A principal desvantagem dos cimentos biocerâmicos está relacionada com a dificuldade de remoção em caso de necessidade de retratamento (AL-HADDAD *et al.*, 2016). Oltra *et al.* (2017) comprovaram a dificuldade de remoção destes cimentos endodônticos devido ao potencial de aderência que o cimento possui nas paredes dentinárias, além da composição química formada por cálcio e fosfato, havendo precipitação intratubular, responsável pela vedação e ligação dentinária.

2.2.1. Endosequence

O cimento endodôntico Endosequence BC (Brasseler USA, Savannah, GA, EUA) apresenta-se com um material pré manipulado, radipaco, de cor branca e injetável (CELIK TEN *et al.*, 2015; HESS *et al.*, 2011). Apresenta em sua composição óxido de zircônio, silicato de cálcio, fosfato de cálcio monobásico, hidróxido de cálcio e agentes espessantes (HESS *et al.*, 2011);

além de compostos nanoparticulados como o silicato tri-cálcico, silicato di-cálcico, fostato de cálcio monobásico, dióxido de silício amorfo e pentóxido de tântalo (UZUNOGLU *et al.*, 2015). É hidrofílico, seu endurecimento consiste na exposição a um ambiente com presença de umidade dentro dos túbulos dentinários, o que é algo ideal tendo em vista que a dentina é formada por 20% de água (ZHANG *et al.*, 2009; RAZMI *et al.*, 2016). É um material insolúvel, não apresenta alteração em sua configuração e possui boa capacidade antimicrobiana (CELIK TEN *et al.*, 2015; PAWAR *et al.*, 2014).

Sua radiopacidade segue as normas da ISO 6876/2012 (CANDEIRO *et al.*, 2012; XUEREB *et al.*, 2015), no entanto, apesar de ser considerada como adequada, é significativamente menor em comparação ao AH Plus (CANDEIRO *et al.*, 2012).

Quanto ao escoamento, apresenta concordância com as normas da ISO 6876/2012 (CANDEIRO *et al.*, 2012; ZHOU *et al.*, 2013), tendo boa capacidade de penetração em irregularidades e canais acessórios.

Zhou *et al.* (2013) mencionaram que apesar de o Endosequence ter a maior solubilidade, este cimento estava de acordo com as normas da ISO 6876/200113 e ANSI/ADA (2008). Além de apresentar alteração dimensional de acordo com a ISO 68776/2001.

Alguns estudos analisaram a liberação de íons Ca^{2+} do cimento iRoot SP e concluíram que este cimento apresentou altos níveis de liberação de íons Ca^{2+} (CANDEIRO *et al.*, 2012; BORGES *et al.*, 2012). Em relação ao índice de pH concluiu-se que o mesmo apresentou pH alcalino (ZHOU *et al.*, 2013); e na avaliação da capacidade de absorção de água do iRoot SP, observou-se que o mesmo apresentou o segundo maior grau de absorção de água (ERSAHAN *et al.*, 2013).

Zhang *et al.* (2009) analisaram o efeito antibacteriano do Endosequence contra o *Enterococcus faecalis* e concluíram que em 2 minutos todas as bactérias foram eliminadas, além disso, apresentou eficácia mesmo após 7 dias de sua mistura. Outros estudos têm confirmado excelente propriedade antimicrobiana deste cimento (WANG *et al.*, 2014; SINGH *et al.*, 2016).

Zoufan *et al.* (2011) observaram que este cimento apresentou leve citotoxicidade posteriormente a sua manipulação. Enquanto Zhang *et al.* (2010) que verificaram, após 24 horas, após completar o seu endurecimento, que o

cimento não apresentou sinais de citotoxicidade nos testes realizados. Em contrapartida destes achados, Loushine *et al.* (2011) verificaram que o Endosequence apresentou citotoxicidade severa ou moderada no decorrer de 6 semanas. No entanto, estudos comprovaram que o Endosequence é considerado biocompatível e com alta viabilidade celular (GUVEN *et al.*, 2013; SILVA *et al.*, 2016).

Estudos prévios levando em consideração a vedação do canal radicular e as propriedades do Endosequence, mostraram que este cimento possibilita um maior selamento apical quando comparado ao MTA Fillapex (ERSAHAN *et al.*, 2014; BIDAR *et al.*, 2014). Cabe ressaltar que Ersahan *et al.* (2014) afirmaram não haver diferença significativa em relação ao vedamento apical do Endosequence em comparação ao AH Plus; enquanto que Pawar *et al.* (2014) mostraram que o iRoot apresenta vedamento apical significativamente maior em comparação ao AH Plus. Bidar *et al.* (2014) demonstraram que a presença de smear layer pode alterar a capacidade de vedamento do cimento biocerâmico, leves falhas foram encontradas no decorrer de 2 semanas de análise.

Estudos que analisam a resistência de união do Endosequence observaram que, independente de o canal estar úmido ou não, encontraram-se maiores valores de resistência adesiva em comparação a outros cimentos (NAGAS *et al.*, 2012), e que frente ao uso de solução irrigadora, o Endosequence apresentou menor resistência de união em comparação ao AH Plus, com exceção para o grupo em que foi usado o hipoclorito de sódio (OZKOCAK *et al.*, 2015). É importante afirmar que o Endosequence apresenta boa resistência a fratura (GHONEIM *et al.*, 2011; TOPÇUOGLU *et al.*, 2013). Estudos recentes têm demonstrado que o uso de clorexidina previamente à obturação com Endosequence, diminuem a força de adesão do cimento, porém, a irrigação com hipoclorito de sódio é capaz de potencializar a adesão do cimento às paredes do canal radicular e conseqüentemente melhorar a resistência de união (RAZMI *et al.*, 2016). Um estudo verificou que o AH Plus apresentou resistência de união superior em comparação ao Endosequence, relatando que este achado estaria relacionado com as ligações químicas do AH Plus (GURGEL-FILHO *et al.*, 2014; UNGOR *et al.*, 2006; NEELAKANTAN *et al.*, 2015; FLORES *et al.*, 2011).

2.2.2. Sealer Plus BC

O Sealer Plus BC (MK Life, Porto Alegre, RS, Brasil) é um cimento biocerâmico, desenvolvido para a obturação dos canais radiculares. De acordo com o fabricante, é um cimento insolúvel, radiopaco, sem alumínio e contém silicato de cálcio, que exige a presença de umidade para tomada de presa.

Apresenta em sua composição o silicato di-cálcico, silicato tri-cálcico, óxido de zircônio, hidróxido de cálcio, em veículo de propilenoglicol, em que de acordo com o fabricante (Mk Life, Porto Alegre, RS Brasil) tem a propriedade de liberar íons Cálcio ao meio, induzindo a um melhor reparo apical.

Mendes *et al.* (2018) avaliaram as propriedades físico químicas do Sealer Plus BC em comparação ao cimento AH Plus, em que observou que o cimento biocerâmico apresentou maior liberação de íons cálcio, o que pode favorecer o pH alcalino do meio, gerando um efeito bioquímico que pode acelerar o processo de reparo; além de verificar que seus níveis de escoamento foram significativamente iguais ao AH Plus, com pequena diminuição no cimento Biosealer. Contudo, vale ressaltar que o escoamento excessivo de cimento pode levar ao seu extravasamento para os tecidos periapicais, o que conseqüentemente pode dificultar o processo de reparação (DUARTE *et al.*, 2010).

A desvantagem do Biosealer está relacionada com sua alta solubilidade em comparação ao AH Plus, não atendendo as normas da ISO 6876:2012 (MENDES *et al.*, 2018). Segundo Al-Haddad e Aziz (2016) uma hipótese para tal ocorrência seria o fato deste material ser hidrofílico e com isso algumas de suas características poderiam ser alteradas devido à umidade. Contudo, vale ressaltar que clinicamente os fluidos teciduais não aguardam o endurecimento do cimento para que ocorra o seu molhamento, por este motivo, os índices de solubilização seriam clinicamente diferentes dos dados obtidos em estudos de laboratório (ZHOU *et al.*, 2013).

Segundo Mendes *et al.* (2018) o Sealer Plus BC apresenta radiopacidade inferior em relação ao AH Plus; além disso, o tempo de presa do cimento biocerâmico, tanto inicial quanto final, foram menores em comparação ao AH Plus. O tempo de presa de um cimento endodôntico não pode ser tão extenso

para que não seja solubilizado pelos tecidos do periápice e gerar toxicidade de forma a prejudicar o selamento, e nem tão curto para que não dificulte a técnica de obturação devido a diminuição do tempo de trabalho (AL-HADDAD e AZIZ, 2016).

2.3 Cimento à base de resina de salicilato

2.3.1 MTA Fillapex

O MTA, um cimento biocerâmico, ganhou enorme popularidade na endodontia a partir de seu desenvolvimento na Universidade de Loma Linda, recebendo aprovação do FDA para uso em humanos em 1988 (TORABINEJAD et al., 1995). Sua composição consiste num pó com finas partículas hidrofílicas que adquirem presa em contato com umidade, possui principalmente silicato tricálcico, óxido tricálcico, silicato dicálcico, óxido de silicato, aluminato tricálcico e pequenas quantidades de outros minerais, como o óxido de bismuto ou óxido de zircônia como agente radiopacificador (PARIROKH; TORABINEJAD, 2010).

As vantagens do MTA estão relacionadas com seu pH alcalino devido a presença de hidróxido de cálcio, que é formado por meio da reação do óxido de cálcio em contato com os fluidos teciduais ou a água, após a presa do material. Isso favorece as propriedades antimicrobianas do MTA (PARIROKH; TORABINEJAD, 2010; LOVATO; SEDGLEY, 2011). Além disso, a alta biocompatibilidade, a baixa microinfiltração (PARIROKH; TORABINEJAD, 2010) e a capacidade de adquirir presa mesmo na presença de sangue ou de umidade estão dentre as vantagens deste material (TORABINEJAD *et al.*, 1994).

Holland et al. (1999) sugeriram o uso do MTA como cimento endodôntico para obturação do sistema de canais radiculares. Porém, devido as dificuldades de manipulação do MTA, suas propriedades físicas não são consideradas ideais para uso como cimento (ROBERTS *et al.*, 2008).

Contudo, na tentativa de associar as propriedades biológicas do MTA e buscando melhorar as desvantagens relacionadas com suas propriedades físicas, foram desenvolvidos novos cimentos obturadores que contém MTA na

sua formulação (SILVA *et al.*, 2013). Dentre eles, podemos destacar o MTA Fillapex (Angelus, Londrina, PR, Brasil).

O MTA Fillapex foi desenvolvido no ano de 2012 na tentativa de combinar as propriedades físico-químicas de um cimento obturador resinoso com as propriedades biológicas do MTA. A composição do MTA Fillapex inclui agregado de trióxido mineral, resina de salicilato, resina natural, óxido de bismuto (agente radiopacificador) e sílica. É comercializado na forma de bisnaga, com pasta base e catalisadora, proporcionadas em quantidades iguais e manipuladas até que se obtenha uma massa com coloração e consistência homogênea (HADDAD FILHO *et al.*, 2015).

A pasta base é composta por resina de salicilato, tungstato de cálcio, resina natural, pigmentos e sílica nanoparticulada; enquanto que a pasta catalisadora é formada por resina diluente, 13,2% de mineral trióxido agregado, pigmentos e sílica nanoparticulada (MACHADO *et al.*, 2016; RESZKA *et al.*, 2016). Como agente de radiopacidade é utilizado o óxido de bismuto (SILVA *et al.*, 2013).

Seu potencial de adesão à dentina é maior em comparação aos cimentos endodônticos à base de óxido de zinco e eugenol, porém, apresentam similaridade à adesão dos cimentos à base de resina epóxi (BUENO; PELEGRINE, 2017). Segundo Assmann *et al.* (2012) e Nagas *et al.* (2012) o MTA Fillapex apresenta similaridade em relação à resistência de união, quando comparado ao AH Plus. Por outro lado, Sagsen *et al.* (2011) verificaram que a força de união do cimento à base de MTA é menor em relação ao cimento à base de resina epóxica.

O tempo de trabalho é de 23 minutos, com tempo de presa final de, aproximadamente, duas horas (RESZKA *et al.*, 2016). Possui solubilidade baixa quando em contato com fluídos presentes nos tecidos periapicais, além das propriedades de escoamento serem satisfatórias (SRIVASTAVA *et al.*, 2014). Estudos mostram que o MTA Fillapex tem boa ação antimicrobiana, apresentando boa efetividade contra *E. faecalis* por meio de seu pH alcalino (BÓSIO *et al.*, 2013).

Vale ressaltar que este cimento apresenta outras características importantes como biocompatibilidade, osteocondução e bioatividade (VITTI *et al.*, 2013). Entretanto, existem pesquisas mostrando presença de efeitos

irritantes no tecido conjuntivo subcutâneo e tecido ósseo (ASSMANN *et al.*, 2015; TAVARES *et al.*, 2013).

Segundo Silva *et al.* (2013) o MTA Fillapex apresenta níveis de escoamento superiores em comparação ao AH Plus, esse fato estaria relacionado com a diferença na composição e o tamanho das partículas de ambos os cimentos. Ainda de acordo com Silva *et al.* (2013), o MTA Fillapex apresentou níveis elevados de citotoxicidade, sendo que não houve diminuição ao longo dos períodos analisados. Os autores associaram a citotoxicidade com a presença de componentes tóxicos como a resina de salicilato, resina diluída e sílica. Esses achados condizem com outros estudos (BIN *et al.*, 2012; SCELZA *et al.*, 2012).

O pH do MTA Fillapex é considerado altamente alcalino, devido a forte capacidade de liberar íons hidroxila (SILVA *et al.*, 2013). Esses elevados níveis de pH ativam a fosfatase alcalina presente nos tecidos e ativam o processo de mineralização, além de se conseguir a neutralização dos ácidos secretados pelos osteoclastos, podendo impedir uma grande destruição do tecido mineralizado (SILVA *et al.*, 2013). Por outro lado, seu pH alcalino também pode estar relacionado com o aumento da atividade antimicrobiana do material, ocasionando destruição das membranas celulares bacterianas e da estrutura protéica, diminuindo o número de microorganismos que poderiam estar presentes no interior do sistema de canais radiculares mesmo após o preparo químico mecânico e utilização de medicação intracanal, aumentando a chance de sucesso da terapia endodôntica (GOMES *et al.*, 2004).

2.4. Cimentos à Base de Resina Epóxi (AH Plus e Sealer Plus)

Os cimentos à base de resina epóxica foram desenvolvidos na Suíça, no ano de 1954, por Shroeder. Foi inicialmente desenvolvido o AH 26, com destaque para o seu selamento radicular devido à sua maior estabilidade físico-química (SCHROEDER, 1954; MACHADO *et al.*, 2016).

Até que em 1988, Klee e seus colaboradores, criaram o AH Plus, um cimento obturador que apresenta maior radiopacidade e estabilidade dimensional à longo prazo (SONNTAG *et al.*, 2014), além de liberar mínima concentração de formaldeído durante a sua presa (KLEE *et al.*, 1996). Este

cimento foi originado por meio de alterações na composição do AH 26, apresentando maior capacidade de escoamento e conseqüentemente maior penetração intratubular (DUARTE *et al.*, 2010).

Ariaz-Moliz *et al.* (2015) atribuíram destaque ao AH Plus, considerando-o como o padrão ouro devido a sua estabilidade dimensional à longo prazo, biocompatibilidade com tecidos periapicais, boa adesão as estruturas dentárias e boa fluidez, de acordo com os requisitos da ANSI/ADA e ISO (LEE *et al.*, 2017).

Apresenta-se de forma pasta/pasta, sua manipulação é feita manualmente na proporção de 1:1, de acordo com informações do fabricante. Na pasta A os constituintes são os seguintes: resina e epóxi de bisfenol-A; resina epóxi de bisfenol-F; tungstato de cálcio; sílica, óxido de ferro e óxido de zircônio; já na pasta B temos os seguintes componentes: dibenzil-5-oxanonane-diamina-1,9; TCD-Diamina; amina adamantada; tungstato de cálcio; óxido de zircônio e óleo de silicone (COLLADO GONZÁLEZ *et al.*, 2017).

O Sealer Plus é um cimento endodôntico recentemente introduzido no mercado odontológico, à base de resina epóxi e ainda hidróxido de cálcio em sua composição, tornando-o menos citotóxico (CINTRA *et al.*, 2017). Além disso, o cimento apresenta propriedades físico-químicas de acordo com o nº 57 da ANSI / ADA e ISO6876 e também boa solubilidade, radiopacidade e pH (VERTUAN *et al.*, 2017).

O Sealer Plus apresenta boa radiopacidade, sendo superior ao nível mínimo, que é de 3,00 mm/Al (VERTUAN *et al.*, 2017). Seus agentes radiopacificadores são os mesmos do AH Plus, isto é, o tungstato de cálcio e óxido de zircônio. Cabe salientar que a menor radiopacidade do sealer plus com o AH Plus estaria relacionado com a diferença nas concentrações dos agentes de radiopacidade (VERTUAN *et al.*, 2017).

Segundo Vertuan *et al.* (2017), tanto o Sealer Plus e AH Plus não apresentam uma capacidade de alcalinização elevada, essa propriedade estaria relacionada com o tempo de presa e a solubilidade dos cimentos, tendo em vista que ambos apresentam baixa solubilidade e que o Sealer plus apresenta um menor tempo de presa. Segundo Holland *et al.* (2002) a capacidade de alcalinização (aumento dos níveis de pH) é importante para o processo de reparação, estimulando a mineralização.

De acordo com Siqueira Jr. *et al.* (1995) o escoamento desempenha essencial importância na penetração do sistema de canais radiculares. Logo, segundo Vertuan *et al.* (2017) o Sealer Plus apresentou menor valor de escoamento em comparação ao AH Plus, essa informação condiz com outros estudos (DE ALMEIDA *et al.*, 2000; MCMICHEN *et al.*, 2003; SIQUEIRA JÚNIOR *et al.*, 2000; RESENDE *et al.*, 2009; BERNARDES *et al.*, 2010).

Tanto o Sealer Plus quanto o AH Plus apresentam níveis de solubilidade similares, adequados e de acordo com os padrões exigidos pela ISO 6876/2000. Segundo Carvalho Júnior *et al.* (2007) um longo tempo de presa pode aumentar a solubilidade do cimento em contato com fluidos orais, ocasionando a perda substancial do cimento e consequente formação de lacunas que poderiam ser colonizadas por microorganismos. Vertuan *et al.* (2017) concluíram que o Sealer Plus apresenta tempo de presa extremamente curto, além de baixa solubilidade, estas duas propriedades fazem com que este cimento apresente nenhuma liberação de íons hidroxila.

2.5. Importância da Ativação Ultrassônica em Endodontia

O sistema de canais radiculares apresenta grande complexidade anatômica, incluindo a presença de regiões de istmo e ramificações, que podem interferir na obturação completa e hermética (ARDILA *et al.*, 2003).

O objetivo da obturação é preencher o espaço correspondente ao canal com intuito de eliminar as vias de acesso por microorganismos (GUIMARÃES *et al.* 2014). Para que isso ocorra é necessária uma adequada condensação lateral e vertical para que se obtenha o selamento do canal principal, inclusive as foraminas que atingem o periodonto, além de se adaptar às paredes do canal e terminar em nível adequado na região periapical (GUIMARÃES *et al.*, 2014).

Alguns estudos têm mostrado a presença de gaps e de espaços vazios posteriormente a obturação com as mais variadas técnicas existentes para obturação dos canais radiculares (GUIMARÃES *et al.*, 2014; CELIKTEN *et al.*, 2015; SCHAFER *et al.*, 2016).

Logo, de acordo com as informações supracitadas e para suprir essas dificuldades e melhorar a qualidade do preenchimento radicular em termos de

redução de áreas e lacunas não preenchidas e com a finalidade de promover uma maior penetração do cimento endodôntico nos túbulos dentinários, Guimarães *et al.* (2014) propuseram a ativação ultrassônica do cimento na etapa de obturação, com objetivo de permitir melhor espalhamento do mesmo no interior do canal radicular, facilitando a adaptação interfacial entre o cimento endodôntico e as paredes dentinárias. Nikhill *et al.* (2015) mostraram que a ativação ultrassônica do cimento antes da obturação com guta percha pode proporcionar resultados satisfatórios.

Embora o uso do ultrassom tenha iniciado em 1957 por Richman, a popularização do mesmo ocorreu em 1976, com Martin, após esse período seu uso entrou em decadência devido a ocorrência de desvios em canais curvos (AHMAD; FORD, 1989; TANG; STOCK, 1989; AHMAD, 1991). No entanto, seu uso tem sido mais difundido no decorrer dos últimos anos, em várias etapas do tratamento endodôntico, inclusive a obturação, e atualmente é um dos dispositivos essenciais que inclui procedimentos desde a abertura coronária até procedimentos cirúrgicos (PLOTINO *et al.*, 2007).

Segundo Plotino *et al.* (2007) o método do uso do ultrassom em endodontia é baseado no princípio piezoelétrico, em que é utilizado um cristal que modifica a dimensão no momento em que é aplicada uma carga elétrica. A alteração desse cristal é convertida em oscilação mecânica sem a produção de calor. Este método trabalha de forma linear, com movimento de vaivém.

Cameron (1987) avaliou a irrigação final com hipoclorito de sódio e o uso do ultrassom. Seus resultados mostraram que houve diferença significativa em relação a sinergia da solução de Hipoclorito de sódio com o ultrassom na limpeza dos canais radiculares, concluindo então que o uso do ultrassom associado a solução irrigadora potencializa a capacidade de limpeza.

Hoen, Labounty e Keller (1988) avaliaram em seu estudo a influência da agitação ultrassônica na colocação do cimento endodôntico no interior do canal radicular. A metodologia compreendeu 50 raízes mesiais de molares humanos extraídos, após, realizou-se a inserção manual de cimento AH26 (DeTrey/Dentsply, Zurich, Switzerland) em comparação com a ativação ultrassônica. Concluíram que o uso do ultrassom em endodontia melhora o preenchimento das paredes dos canais radiculares, com diferença significativa entre os dois grupos neste estudo.

West, LaBounty e Keller (1989) avaliaram a interferência ultrassônica na instrumentação e inserção do cimento endodôntico em canais mesiais de molares inferiores. Seus resultados mostraram que a utilização do ultrassom para inserir o cimento endodôntico proporcionou melhor distribuição do mesmo nas complexidades do canal radicular em comparação a inserção manual.

Wiemann e Wilcox (1991) realizaram uma pesquisa *in vitro* para avaliar as diferentes maneiras de inserção do cimento endodôntico no canal radicular. Contudo, os autores não encontraram diferença estatística entre os grupos, porém, a maior variabilidade na quantidade de cimento foi encontrada no terço apical nos grupos que utilizaram a guta percha e a lentulo.

Braitt (1992) destacou que o fenômeno da cavitação ocorre quando a pressão osmótica aplicada sobre um líquido é maior que a pressão hidráulica que este líquido exerce na parede do recipiente que o contém, com a formação de bolhas no seu interior e posterior implosão, gerando cavidades temporárias que, quando se rompem, produzem ondas de impacto na superfície do recipiente em que o líquido está presente. Logo, frente a ativação ultrassônica, a cavitação gera um deslocamento do líquido com alto impacto na parede, atuando na remoção da smear layer e atingindo regiões mais profundas e não tocadas pelos instrumentos.

Cheung e Stock (1993) avaliaram, por meio de microscopia eletrônica de varredura, a limpeza das superfícies de canais radiculares preparados de forma manual e utilizando o ultrassom. Os autores concluíram que em nenhum dos grupos experimentais houve remoção total da smear layer na região apical, contudo, frente a ativação ultrassônica, ocorreu um aumento da capacidade de limpeza, independentemente da solução utilizada.

Aguirre, El-Deeb e Aguirre (1997) fizeram uma comparação entre o método de ativação ultrassônica e o método manual de inserção de três tipos diferentes de cimento: Sultan, AH-26 e CRCS. Avaliou-se a densidade radiográfica, o selamento apical e a distribuição do cimento. A metodologia envolveu 120 incisivos inferiores alocados em 6 grupos, de acordo com o cimento e método utilizado. Após a obtenção dos dados, os autores concluíram que a ativação ultrassônica foi superior ao método manual apenas em relação ao cimento CRCS.

Karadag, Tinaz e Mihcioglu (2004) avaliaram a influência da PUI em relação a profundidade de penetração de alguns seladores. A metodologia envolveu 42 raízes monorradiculares, divididas em dois grupos G1) recebeu aplicação de EDTA 17% com ativação por uma lima ultrassônica por 1 minuto; e G2) recebeu aplicação de EDTA 17% com energização por 0,5 minutos. Foram feitos dois subgrupos, em que um destes as raízes eram preenchidas com cimento AH-26 e outro pelo cimento a base de ionômero de vidro. Usou-se a técnica de condensação lateral e as análises foram feitas em MEV. Concluíram que a irrigação ativada por ultrassom não foi capaz de reduzir de forma efetiva a smear layer nos períodos de 1 e 0,5 minutos e também não houve diferença quanto a penetração dos cimentos.

Gutarts *et al.* (2005) realizaram uma pesquisa, *in vivo*, para avaliar a influência da ativação ultrassônica em regiões de istmo e canais mesiais de molares inferiores utilizando a técnica manual e rotatória. Os resultados mostraram que o uso do ultrassom proporcionou maior limpeza das áreas de istmos e dos canais em comparação com o grupo que foi realizada a irrigação convencional.

Van Der Sluis, Shemesh, Wesselink (2007) avaliaram o efeito da ativação ultrassônica da solução irrigadora na qualidade da obturação dos canais radiculares. Esta pesquisa mostrou que o grupo submetido a ativação ultrassônica obteve menores concentrações de glicose e conseqüentemente uma melhora significativa na qualidade da obturação.

Burleson *et al.* (2007) avaliaram o uso da instrumentação rotatória em associação ou não com a agitação do irrigante com ultrassom. Seus resultados mostraram diferença significativa entre os dois grupos em todos os níveis avaliados nos canais e nos istmos. A diferença maior foi encontrada nas áreas de istmos, sendo que o ultrassom foi 45% mais eficiente na limpeza destas áreas do que na irrigação convencional.

Carver *et al.* (2007) fizeram uma comparação, *in vivo*, do potencial antimicrobiano dos preparos manuais e rotatórios em associação ou não com a ativação ultrassônica da solução irrigadora em molares inferiores com necrose pulpar. Seus achados mostraram que a ativação final do hipoclorito de sódio gerou uma significativa redução do número de UFS e de culturas positivas.

Com isso, concluíram que o ultrassom é uma ferramenta essencial para a desinfecção dos canais radiculares.

De Gregório *et al.* (2009) avaliaram a penetração do hipoclorito de sódio a 5,25% de forma isolada ou em combinação com o EDTA a 17% em canais simulados frente a ativação sônica e ultrassônica. Em seus achados observaram que ambas as ativações mostraram ser eficazes, com diferença significativa na penetração nos canais laterais. Inclusive, a adição de EDTA não influenciou na penetração da substância irrigadora nos canais laterais.

Harrison *et al.* (2010) analisaram a capacidade da irrigação ultrassônica na eliminação de bactérias, em dentes humanos extraídos. Os autores concluíram que a ativação ultrassônica passiva é tão eficiente quanto a colocação de hidróxido de cálcio, porém, em nenhum dos dois grupos, houve eliminação total de bactérias.

Duarte *et al.* (2012) avaliaram a influência da ativação com ultrassom das pastas de hidróxido de cálcio no pH e liberação de cálcio em reabsorções radiculares externas simuladas. Os autores concluíram que a ativação ultrassônica aumentou os níveis de pH e de liberação de cálcio nas raízes com reabsorções externa simuladas.

Nikhil e Singh (2013) avaliaram os métodos ultrassônicos, sônicos e rotatórios em relação a penetração intratubular. Concluíram que o método ultrassônico foi o que proporcionou maior penetração do cimento endodôntico e menor presença de fendas em todos os níveis analisados, sendo que o método sônico obteve o pior resultado.

Guimarães (2013) realizou um estudo, *in vitro*, no qual verificou que os resultados do uso do ultrassom foram superiores relativamente à condensação lateral ativa manual quanto à capacidade de selamento e densidade da guta percha. A ativação ultrassônica permitiu melhor penetração do cimento em dentina, gerando menores porcentagens de fendas, principalmente em regiões de terço médio, utilizando a condensação lateral ativa.

Guimarães *et al.* (2014) avaliaram a influência da ativação ultrassônica do cimento endodôntico, usando 4 diferentes cimentos à base de resina epóxica (AH Plus, Acroseal, Sealer 26 e Adseal) na penetração intratubular, na adaptação e na presença de espaços vazios. Os autores concluíram que o ultrassom permitiu menor presença de fendas e maior penetração intratubular

em todos os cimentos analisados, contudo, o melhor desempenho foi o do cimento AH Plus.

Nikhil, Bansal, Sawani (2015) avaliaram o perímetro e a profundidade de penetração intratubular dos cimentos MTA Fillapex e AH Plus frente a ativação ultrassônica, espiral lentulo e com o Protaper F1 em rotação anti-horária. Concluíram que o MTA Fillapex apresentou maior perímetro e profundidade de penetração nos túbulos dentinários em comparação ao AH Plus. Além disso, a agitação ultrassônica do cimento endodôntico proporcionou aumento significativo no perímetro de penetração e na profundidade dos cimentos endodônticos em níveis avaliados em comparação com outros métodos.

Arslan *et al.* (2016) avaliaram a eficácia da ativação sônica e ultrassônica do cimento endodôntico à base de resina epóxi-amina (2Seal; VDW GmbH, München, Alemanha) na penetração de canais laterais em comparação ao preenchimento sem ativação. Sua metodologia incluiu trinta e seis dentes anteriores humanos de raiz única que foram preparados usando o sistema rotatório ProTaper (Dentsply Maillefer, Ballaigues, Suíça) para F4. Após a conclusão dos procedimentos de limpeza, os canais laterais foram criados a 2, 4 e 6 mm do comprimento de trabalho. As amostras foram divididas aleatoriamente em um grupo controle (aplicação de cimento sem ativação) e dois grupos experimentais onde os cimentos foram submetidos à ativação sônica ou ultrassônica. Os canais radiculares foram preenchidos por compactação lateral fria e as imagens foram obtidas de cada canal lateral com aumento de 40 x, utilizando um estereomicroscópio. A penetração do cimento foi avaliada usando um sistema de pontuação de quatro graus. Os dados foram avaliados estatisticamente pelos testes U de Kruskal-Wallis e Mann-Whitney, com nível de confiança de 95% ($P = 0,05$). A ativação ultrassônica resultou em uma melhor penetração do cimento em comparação com os grupos não ativados e ativados por ultrassom ($P < 0,001$). A ativação sônica também resultou em melhor penetração do cimento em comparação com o grupo não ativado ($P < 0,001$). O uso da ativação ultrassônica de um cimento à base de resina epóxi-amina promoveu maior penetração do cimento nos canais laterais. A ativação sônica não foi eficaz como a ativação ultrassônica, mas foi mais eficaz que o grupo não ativado.

Alcalde *et al.* (2017) e seus colaboradores avaliaram a influência da ativação ultrassônica do cimento AH Plus na melhora do preenchimento do canal radicular, região de istmo e ainda o efeito antimicrobiano contra *Enterococcus faecalis* nos túbulos dentinários. Para isso, usaram trinta raízes mesiais de primeiros molares inferiores que foram selecionados e divididos em 2 grupos (n = 15): com e sem ativação ultrassônica do cimento. Os canais radiculares foram preenchidos com a técnica do cone único e os espécimes foram seccionados a 2, 4 e 6 mm do ápice para análise de estereomicroscópio e microscopia confocal a laser. Além disso, 30 incisivos bovinos foram contaminados com *Enterococcus faecalis* e divididos em 3 grupos (n = 10). Os espécimes foram obturados usando a técnica de cone único G1) com US; G2) sem US; e G3 como o grupo de controle. Todos foram seccionados em cilindros de 6 mm de comprimento e corados com LIVE / DEAD para avaliar a viabilidade bacteriana por CLSM. A ativação ultrassônica do cimento reduziu significativamente a presença de áreas não preenchidas no canal e na área do istmo em todas as seções, e houve um aumento significativo na penetração do cimento nos canais e região de istmo ($p < 0,05$). Em relação às lacunas, foi encontrada uma redução significativa em 2 e 6 mm na área de istmo do grupo G1. Além disso, a ativação ultrassônica do cimento reduziu significativamente a viabilidade bacteriana na dentina superficial quando comparada aos demais grupos ($p < 0,05$).

Kim *et al.* (2018) investigaram a qualidade do preenchimento de um cimento endodôntico pré-misturado à base de silicato de cálcio recém-desenvolvido (Endoseal MTA) com uma única técnica de cone de guta percha (GP) em comparação com um cimento à base de resina epóxi (AH plus) com compactação vertical. Também exploraram o efeito da ativação ultrassônica mediada por cone de guta percha na qualidade de preenchimento do Endoseal MTA. Para isso, trinta pré-molares superiores da raiz humana com canais em forma de fita foram preparados e divididos em 3 grupos experimentais de acordo com o método de preenchimento: o grupo EMS foi o Endoseal MTA + cone único; O grupo EMSU foi o Endoseal MTA + cone único com ativação ultrassônica; e o grupo APW foi AH mais + compactação vertical quente. Cada dente foi escaneado usando tomografia computadorizada (μ -CT), e foram calculadas as proporções de cortes e as porcentagens de volume. Em seguida,

o dente foi seccionado transversalmente e a presença de espaços vazios nas fatias foram pontuadas sob um estereomicroscópio. Os dados foram analisados estatisticamente usando análise de variância unidirecional e testes de Tukey para detectar qualquer significância ($\alpha = 0,05$). Na avaliação por μ -CT, não houve diferença significativa entre os grupos em relação à proporção de seções com vazio e à porcentagem de volume vazio ($P > 0,05$). No entanto, na avaliação estereomicroscópica, o grupo EMS mostrou um número maior de espaços vazios e uma pontuação maior em comparação aos outros grupos ($P < 0,05$). O MTA Endoseal apresenta melhor desempenho quando usado com a ativação ultrassônica mediada por cone de guta percha. Além disso, a observação estereomicroscópica de seções das amostras deve ser realizada ao avaliar a qualidade do preenchimento do canal radicular.

Na literatura científica não existem uma vasta quantidade de estudos que avaliam a interferência da ativação ultrassônica em diferentes cimentos endodônticos. Além disso, os cimentos biocerâmicos, por serem considerados um material recente dentro da endodontia para obturação dos canais radiculares, ainda não existem muitos estudos associando o uso do ultrassom frente à estes cimentos.

2.6. Métodos de Análise

2.6.1. Penetração Intratubular e Microscopia Confocal à Laser

A penetração intratubular em profundidade dos cimentos obturadores possui grande importância clínica, está intimamente relacionada com a remoção da smear layer, têm o intuito de sepultar os microorganismos residuais, além de impedir a ativação microbiana e o seu crescimento (WHITE *et al.*, 1984; OKSAN *et al.*, 1993; KOKKAS *et al.*, 2004; GENERALI *et al.*, 2017; RUSSELL *et al.*, 2017) e das propriedades físico químicas dos cimentos utilizados (SIQUEIRA JR. *et al.*, 2000). Diversos estudos mostram superioridade dos cimentos à base de resina epóxi em termos de penetrabilidade (LEYHAUSEN *et al.*, 1999; SOLANO *et al.*, 2005; SOUZA *et al.*, 2009; BALGUERIE *et al.*, 2011; RUIZ-LINARES *et al.*, 2013; STELZER *et al.*, 2014).

O método amplamente usado para avaliar a penetração intratubular tem sido a microscopia confocal à laser em associação com o uso de marcadores fluorescentes como a Rodamina B ou Fluo 3. As amostras são analisadas em condições normais de temperatura, pressão e umidade (PIOSH *et al.*, 1997; ORDINOLA-ZAPATA *et al.*, 2009; BALGUERIE *et al.*, 2011; CHANDRA *et al.*, 2012; KUÇI *et al.*, 2014). Este método possibilita a confecção de imagens de alta resolução por meio de cortes ópticos que devem ser agrupados e reconstruídos tridimensionalmente, permite a eliminação de informações fora de foco da imagem e favorece a obtenção de amostras mais espessas. A microscopia confocal permite a remoção da fluorescência de boa parte da extensão da amostra que não está no plano focal, com isso tem-se uma imagem mais clara e definida (SHEPPARD; SHOTTON, 1997). Segundo Hillman e Burgess (2009), uma imagem 3D de alta resolução pode ser confeccionada por meio de escaneamento de posições profundas com pontos focais em sequência, até uma profundidade limite de 300µm.

Gharib *et al.* (2007) analisaram em microscopia confocal a laser a interface entre cimento endodôntico e a dentina, em nível cervical e fizeram uma comparação da porcentagem de penetração e profundidade do cimento nos túbulos dentinários, nos terços cervical, médio e apical. Os resultados mostraram que houve menor penetração do cimento na região apical em comparação as regiões média e cervical. Além disso, não foram encontrados espaços vazios na interface cimento dentina, nos cortes da porção coronária.

Zapata *et al.* (2008) avaliaram a efetividade na detecção da viabilidade microbiana do *Enterococcus faecalis* em biofilme *in situ* usando o corante LIVE/DEAD e laranja de acridina. Os autores concluíram que o uso da microscopia confocal a laser é capaz de identificar a viabilidade bacteriana em biofilme formados *in situ* pelo corante LIVE/DEAD e o corante laranja de acridina foi capaz de mostrar a atividade metabólica do *Enterococcus faecalis* utilizando a fluorescência vermelha.

Kokkas *et al.* (2004) e Moon *et al.* (2012) mostraram em seus estudos que os cimentos endodônticos que possuem propriedades antimicrobianas podem ser mais eficazes em bactérias que se localizam mais interiormente nos túbulos dentinários. A vedação do sistema de canais radiculares está relacionada com a penetração do cimento, este, aumenta a área de contato entre a parede

dentinária e o cimento (CALT; SERPER, 1999). Essa característica melhora a retenção da obturação no canal radicular por meio de um intertravamento mecânico entre dentina e cimento (MOON *et al.*, 2012).

Marciano *et al.* (2011) fizeram uma comparação entre porcentagem de guta percha, cimento, espaços vazios e a influência de istmos em obturações de canais de 60 raízes mesiais de molares inferiores, obturados com a técnica do cone único ProTaper F2, condensação lateral, System B e Thermafill, utilizando a estereomicroscopia e a microscopia confocal a laser. Os achados da pesquisa mostraram que a 2 mm, a porcentagem de guta percha, cimento e espaços vazios foram semelhantes entre os grupos do System B, condensação lateral e a técnica do cone único. Esta última técnica apresentou quantidade significativamente menor de guta percha, maior quantidade de cimento e espaços vazios em comparação ao Thermafill a 2 e 4 mm do ápice. Concluíram então, que a presença de istmos pode influenciar na qualidade da obturação do canal radicular.

Cavenago *et al.* (2012) compararam a interface existente entre ThermaSeal Plus e Real Seal SE, utilizando a microscopia confocal. A análise mostrou um padrão regular na distribuição de fendas na interface cimento dentina, principalmente para os dois grupos com cimento Real Seal SE. Os outros dois grupos (ThermaSeal Plus) apresentaram uma quantidade significativamente menor de áreas com fendas, independente da técnica de obturação. A melhor adaptação marginal foi observada quando se usou a guta percha e o cimento à base de resina epóxica (ThermaSeal Plus), tanto com o System B como com cone único.

Kok *et al.* (2012) avaliaram, utilizando a microscopia confocal à laser, a penetração dentinária e a área de cimento no terço apical do canal radicular utilizando diferentes técnicas de obturação em relação ao cimento AH Plus. Concluíram que todas as técnicas geraram penetração do cimento nos túbulos dentinários, sendo que a Thermafil proporcionou menor área de cimento na região apical.

Wiesse *et al.* (2018) avaliaram o efeito da ativação ultra-sônica e sônica de dois cimentos endodônticos na adaptação interfacial e resistência de união à dentina do canal radicular. A metodologia incluiu setenta e oito raízes maxilares de cães, preparadas com instrumentos rotatórios de NiTi sob

irrigação com NaOCl a 2,5% e EDTA a 17%. Os canais foram preenchidos com guta percha pela técnica da condensação lateral e cimento AH Plus (n = 39) ou MTA Fillapex (n = 39). Três subgrupos (n = 13) foram formados de acordo com a ativação do cimento: sem ativação (NA), ativação sônica (SA, 20 s) e ativação ultrassônica (US, 20 s). Em três amostras de cada subgrupo adicionou-se rodamina B a 0,1% ao cimento. Três fatias de 1 mm de espessura foram obtidas de cada terço da raiz. O primeiro e o segundo foram utilizados para testes de push-out e o terceiro para uma análise qualitativa da adaptação interfacial (lacunas) e espaços vazios por microscopia confocal de varredura a laser (CLSM). A penetração intratubular do cimento marcado com rodamina B também foi avaliada pelo CLSM. Os dados foram analisados por ANOVA a dois fatores e teste de Tukey ($\alpha = 0,05$). Concluíram que a ativação ultrassônica foi associada a valores mais elevados de resistência de união, penetração intratubular mais profunda e maior adaptação interfacial à dentina radicular do que a ativação sônica e sem técnicas de ativação. O AH Plus apresentou valores mais altos de resistência de união que o MTA Fillapex, independentemente do tipo de ativação.

Kim *et al.* (2018) compararam a capacidade de penetração de diferentes cimentos endodônticos, sendo eles à base de silicato de cálcio e cimentos convencionais à base de resina, usando microscopia confocal de varredura a laser (CLSM). Para tanto, foram usados 60 pré-molares humanos extraídos de raiz única. Os canais radiculares foram preparados instrumentos rotatórios ProFile de tamanho 40 / 0,06 e irrigados com NaOCl e EDTA. Após a secagem de todos os canais, os espécimes foram divididos aleatoriamente em três grupos experimentais (n = 20): Grupo 1, guta-percha (GP) / AH Plus com compactação contínua das ondas; grupo 2, GP / BioRoot RCS com técnica de cone único; e grupo 3, GP / Endoseal MTA com técnica de cone único. Todas as amostras experimentais foram seccionadas perpendicularmente ao seu longo eixo usando uma ponta diamantada de baixa velocidade nos terços apical, médio e coronal. A penetração de todas as amostras foram avaliadas usando CLSM. Uma análise de Kruskal-Wallis e uma série de testes U post hoc de Mann-Whitney foram realizados. Um nível de intensidade mais alto foi encontrado no terço cervical e um nível de intensidade mais baixo na região apical em todos os grupos experimentais. O grupo AH Plus apresentou maior

intensidade de fluorescência da soma nos terços apical e coronal em comparação com os grupos BioRoot RCS e Endoseal MTA, enquanto o grupo BioRoot RCS apresentou um nível de intensidade mais alto no terço médio, semelhante ao grupo AH Plus. A profundidade máxima de penetração do cimento foi baixa na região apical e alta na região cervical nos grupos AH Plus e Endoseal MTA. No grupo BioRoot RCS, a penetração máxima do cimento foi observada no terço médio. Em conclusão, houve diferenças significativas no padrão de penetração, de acordo com o nível da raiz e o tipo de cimento.

Betul *et al.* (2019) realizaram um estudo, *in vitro*, com a finalidade de avaliar o efeito do plasma não térmico (NP) na penetração dos túbulos dentinários de cimentos endodônticos, usando a microscopia confocal de varredura a laser. Para isso, foram utilizados quarenta pré-molares inferiores, selecionados e preparados com limas rotatórias Wave-Gold. As amostras foram divididas em quatro grupos experimentais de acordo com o tratamento, cimento e NP (n = 10). G1: AH-Plus (AH) G2: aplicação de plasma não-térmico + AH-Plus (AH-P) G3: Endosequence-BC (BC) G4: aplicação de plasma não-érmico + Endosequence-BC (BC-P). A técnica de condensação lateral a frio foi utilizada para a obturação dos canais radiculares. As raízes foram seccionadas horizontalmente e examinadas sob microscopia confocal de varredura a laser. Os valores máximos de penetração dos túbulos dentinários e porcentagem de penetração foram obtidos a partir das imagens microscópicas e analisadas estatisticamente - ANOVA e teste de Tukey (HSD) ($p < 0,05$). As porcentagens de penetração dos túbulos dentinários dos grupos não foram estatisticamente diferentes. A penetração máxima dos túbulos dentinários do AH-P foi estatisticamente menor que a do BC-P ($p < 0,05$). A aplicação do plasma não afetou a porcentagem de penetração dos túbulos dentinários. Quanto ao cimento Endosequence-BC, os valores máximos de penetração dos túbulos foram maiores que o AH-Plus após o tratamento com NP. A porcentagem de penetração dos túbulos dentinários nos grupos experimentais foram semelhantes.

2.6.2. Resistência de União (Teste de Push Out)

O teste de *push-out* consiste na utilização de fatias provenientes de terços diferentes do tecido dentinário radicular nos quais o cimento foi inserido. Posteriormente é aplicada uma força em direção perpendicular no sentido ápico-cervical ao material obturador até que ocorra o seu deslocamento. Essa força é chamada de cisalhamento por extrusão (DIAS, 2012, GONÇALVES, 2013). Este deslocamento do material é feito por meio de pressão exercida por pontas metálicas compatíveis com o diâmetro do canal radicular nos diferentes terços, para isso, a ponta metálica não deve tocar na porção da dentina da amostra e deve se justapor, no máximo, ao material obturador.

Na literatura científica existem estudos que avaliaram, por meio do teste de push, a resistência adesiva de pinos de fibra de vidro e de diferentes cimentos endodônticos frente à influência da ativação ultrassônica e diferentes irrigantes em endodontia.

Alcalde *et al.* (2018) avaliaram o efeito da agitação ultrassônica do agregado de trióxido mineral (MTA), cimento à base de silicato de cálcio (CSC) e Sealer 26 (S26) sobre a adaptação na interface cimento/dentina e a resistência de união por pressão. Desta forma, sessenta caninos superiores foram divididos em 6 grupos ($n = 10$): MTA, S26 e CSC, com ou sem ativação ultrassônica (US). Após a obturação, as porções apicais dos dentes foram seccionadas e cavidades retrógradas foram preparadas e preenchidas com cimento, por condensação manual. O cimento foi ativado por 60 segundos: 30 segundos na direção mesio-distal e 30 segundos na direção vestibular-lingual, utilizando Irrisonic acoplada ao transdutor de ultrassom. Após a fixação dos materiais, foram obtidos cortes de 1,5 mm de espessura dos ápices. A presença de lacunas e a ligação entre cimento e dentina foram analisadas por microscopia eletrônica de varredura. A resistência de união foi medida usando uma máquina de teste universal. A agitação ultrassônica aumentou a adaptação interfacial dos cimentos. O grupo S26 US apresentou um valor de adaptação maior que o MTA ($p < 0,05$). O Ultrassom melhorou a resistência de união para todos os cimentos ($p < 0,05$). A ativação ultrassônica de cimentos usados em obturação retrógrada melhorou sua adaptação à parede dentinária.

Vilas-Boas *et al.* (2018) avaliaram o efeito de diferentes cimentos endodônticos (à base de resina epóxi, eugenol e biocerâmico/silicato de cálcio) e o tempo de cimentação (imediatamente ou 7 dias após a obturação do canal)

sobre a resistência de união de um pino de fibra de vidro cimentado com RelyX ARC. Oitenta e quatro pré-molares foram instrumentados e divididos em grupos (n = 12) de acordo com o cimento e o tempo de pós-cimentação: Endofill (EN), Endosequence BC Sealer (BC) e AH Plus (AH) tiveram imediatamente a cimentação do pino de fibra de vidro pós-cimentação; EN7, BC7 e AH7 tiveram pós-cimentação após 7 dias; e o grupo controle (C) apresentou pós-cimentação de fibras sem cimento endodôntico. Cada terço radicular da raiz foi cortado em fatias e submetidos ao teste de push-out. O padrão de falha foi avaliado. Os testes ANOVA a dois fatores, Tukey e Dunnett foram utilizados para análise estatística ($\alpha = 5\%$). O tipo de cimento endodôntico ($p < 0,001$), o tempo de pós-cimentação ($p = 0,038$) e o tempo de interação do cimento ($p = 0,002$) tiveram influência negativa na resistência de união dos pinos de fibra de vidro cimentados com RelyX ARC. O AH Plus promoveu os maiores valores médios de resistência de união (21,20 MPa imediatamente e 15,54 MPa aos 7 dias). EN (9,75 MPa imediatamente e 13,15 MPa em 7 dias) e BC (10,43 MPa imediatamente e 5,73 MPa em 7 dias) apresentaram menor resistência de união que AH, independentemente do tempo de cimentação. AH foi o melhor cimento para a obturação do canal radicular quando é planejada a cimentação de pino de fibra de vidro com cimento à base de resina.

Turker *et al.* (2018) compararam o efeito da “smear layer” na profundidade de penetração e na resistência de união de diferentes cimentos endodônticos. Para isso, 90 pré-molares inferiores humanos extraídos foram divididos em 2 grupos: “smear layer” preservada e “smear layer” removida. Em seguida, as raízes foram divididas em três subgrupos de acordo com o cimento testado: AH 26, BioRoot RCS e MTA Plus. A obturação foi realizada com guta percha e cimento, com a incorporação de rodamina B a 0,1%. Três fatias de 1 mm de espessura foram obtidas na área do terço médio de cada raiz. Duas fatias foram selecionadas para o teste de push-out e a fatia restante foi usada para calcular a profundidade e porcentagem de penetração do túbulo dentinário. A resistência de união do MTA Plus e BioRoot RCS foi superior à do AH 26 quando a “smear layer” foi preservada ($P < 0,05$). O BioRoot RCS mostrou a menor profundidade de penetração quando a “smear layer” foi removida ($P < 0,05$). A penetração dos túbulos dentinários dos cimentos no canal radicular teve um efeito limitado em sua adesão à parede do canal radicular.

Tendo em vista a ampla utilização do teste de push out em diversos estudos e nas mais variadas aplicações dentro da odontologia, optou-se, neste estudo, por sua utilização para avaliação da resistência de união.

3. OBJETIVOS

3.1. Geral

Avaliar o efeito da ativação ultrassônica dos cimentos endodônticos na penetração intratubular e na resistência de união à dentina radicular.

3.2 Específicos

- Avaliar a penetração intratubular de cimentos biocerâmicos após ativação ultrassônica.
- Comparar a penetração intratubular de cimentos biocerâmicos com cimentos à base de resina epóxica e resina de salicilato com e sem ativação por ultrassom.
- Comparar os valores de resistência de união à dentina radicular dos cimentos biocerâmicos com cimentos à base de resina epóxica e resina de salicilato com e sem ativação por ultrassom.
- Analisar, de maneira descritiva, os padrões de falha apresentados após realização do teste de resistência de união.

4. SCIENTIFIC ARTICLE

Bem, I.A., Só, M.V.R., Rosa, R.A. Effect of ultrasonic activation of endodontic sealers on the tubule penetration and on the bond strength to root dentin. (Paper structured according to the Journal of Endodontics guidelines).

Effect of ultrasonic activation of bioceramic sealers on the tubule penetration and on the bond strength to root dentin

Bem, I.A. ^{*&}, Só, M.V.R. ^{*}, Rosa, R.A ^{*}

Aim: This study aimed to evaluate the effect of ultrasonic activation of endodontic sealers on the dentin tubule penetration and on the push-out bond strength to root dentin. **Methods:** One hundred monoradicular teeth were prepared with niqel-titanium instruments irrigated with 2.5% sodium hypochlorite and 17% EDTA and filled using cold lateral compaction using the following selalers: a salycilate resin-based sealer (MTA Fillapex, n = 20), two bioceramic sealers (Sealer Plus BC and Endosequence, n = 20 for each group) and two epoxy resin-based sealers (AH Plus and Sealer Plus, n = 20 for each group). Next, the groups were subdivided according to the use or not of ultrasonic activation of the sealer (20 seconds). Fluo-3 fluorophore were added to the bioceramic sealers and rodhamine B to the other sealers. Both at a ratio of 0.1%. The teeth were transversely sectioned to evaluate the dentin tubule penetration and the bond strength to root dentin. The penetration data were analyzed with T-test and 1-factor ANOVA and Bonferroni tests. Bond strength was evaluated usin T-test and Kruskall-Wallis and Dunn post hoc test. **Results:** The ultrasonic activation enhanced the dentine tubule penetration for all the sealers, but only for MTA Fillapex and Endosequence the difference was significant ($p < 0.05$). After ultrasonic activation, MTA Fillapex showed the highest tubule penetration area ($p < 0.05$), but with no differences among the other sealers ($p > 0.05$). The bond strength values of AH Plus and Sealer Plus BC enhanced after ultrasonic activation ($p < 0.05$). Moreover, after ultrasonic activation the epoxy resin-based sealers (AH Plus and Sealer Plus) and the bioceramic Sealer Plus BC presented the highest bond strength values ($p < 0.05$). Adhesive failures were predominant in all groups, regardless of the ultrasonic activation. **Conclusion:** The ultrasonic activation increased intratubular penetration and influenced the bond strength to root dentin of the evaluated endodontic sealers.

Keywords: Endodontics, bioceramic sealers, bond strength, confocal laser sacanning microscopy, ultrasonic activation.

(*) School of Dentistry, Federal University of Rio Grande do Sul, Porto Alegre, Rio Grande do Sul, Brasil;

([&]) Corresponding author, School of Dentistry, Federal University of Rio Grande do Sul, Porto Alegre, Rio Grande do Sul, Brasil; Rua Ramiro Barcelos, 2492, Porto Alegre, Rio Grande do Sul, Brasil; CEP 90035. E-mail address: igorabreudebem@yahoo.com.br.

Introdução

O tratamento endodôntico é constituído por diversas etapas interdependentes entre si, que tem por finalidade controlar o processo inflamatório por meio da redução da carga microbiana. A presença de falhas em qualquer uma das etapas pode comprometer o sucesso do tratamento (1). A obturação tem por função preencher e selar o sistema de canais radiculares, impedindo que as bactérias possam proliferar e migrar por meio de ramificações do sistema de canais radiculares ou do periodonto (2). Segundo Martins et al. (3), em média, 60% dos casos de insucesso do tratamento endodôntico estão associados a uma obturação inadequada.

A condensação lateral da guta percha e as técnicas de compactação termomecânica ou termoplásticas podem resultar na formação de bolhas e falhas na interface massa obturadora/parede do canal radicular independentemente do material utilizado (4, 5). Nesse sentido, a ativação ultrassônica de cimentos endodônticos à base de resina epóxica tem sido proposta a fim de melhorar a qualidade de preenchimento do sistema de canais radiculares (6, 7). A utilização de pontas ultrassônicas vibrando em altas frequências (25-30 kHz) promovem transmissão acústica e cavitação (8, 9, 10) fazendo com que o cimento endodôntico seja projetado para áreas de complexidades anatômicas do canal radicular e para o interior dos túbulos dentinários.

A composição química do cimento obturador pode interferir tanto na sua adaptação às irregularidades do canal e penetração no interior dos túbulos dentinários quanto na sua resistência de união à dentina radicular. Recentemente, cimentos à base de silicato de cálcio, conhecidos como biocerâmicos, apareceram no mercado como alternativa aos cimentos já existentes. Esse material provém da combinação entre silicato de cálcio e fosfato de cálcio (11). Em sua composição podem existir ainda alumínia, zircônia, vidro bioativo, cerâmica de vidro e hidroxiapatita (12). Este material tem demonstrado um pH alcalino, ação antimicrobiana e biocompatibilidade. Durante o processo de presa a capacidade de formar hidroxiapatita permitirá ligar a dentina ao cimento (13).

O Sealer Plus BC (MK Life, Porto Alegre, RS, Brasil) é um cimento biocerâmico brasileiro, radiopaco, sem alumínio e contém silicato de cálcio. O Endosequence BC (Brasseler USA, Savannah, GA) é um cimento biocerâmico pré-misturado que apresenta em sua composição óxido de zircônia, silicato de cálcio, fosfato de cálcio monobásico, hidróxido de cálcio, carga e agentes espessantes (14). Ambos necessitam de umidade para tomar presa. O MTA Fillapex (Angelus Industry Dental Products Ltd., Londrina, PR, Brazil) apesar de conter agregado trióxido mineral em sua composição, um composto biocerâmico, é considerado um cimento à base de resina de salicilato.

Dessa maneira, o objetivo deste estudo é avaliar o efeito da ativação ultrassônica dos cimentos biocerâmicos na penetração intratubular e na resistência de união à dentina radicular. As hipóteses nulas do estudo são: (1) não haverá diferença entre os valores de penetração intratubular dos cimentos testados, independentemente da ativação ultrassônica; e (2) não haverá diferença entre os valores de resistência de união dos cimentos testados, independentemente do uso do ultrassom.

Material e Método

Este estudo, *in vitro*, controlado, com mascaramento para os examinadores, foi aprovado pelo comitê de ética da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (03294618.2.0000.5347). Cem dentes humanos monorradiculares foram utilizados neste estudo. Os critérios de inclusão foram: dentes com um único canal, reto e com formação radicular completa, sem calcificações, diâmetro anatômico equivalente a um instrumento tipo K #25 (Dentsply Sirona, Ballaigues, Switzerland). Todos os dentes utilizados neste estudo foram armazenados em solução de timol 0,1%. Após lavagem em água corrente para remoção da solução de timol 0,1%, as raízes foram seccionadas transversalmente com disco diamantado sob constante irrigação de modo a padronizar o comprimento das raízes em 16 mm.

O comprimento de trabalho foi estabelecido pela penetração de uma lima tipo K #15 (Dentsply Maillefer, Ballaigues, Suíça) introduzida passivamente até atingir o forame apical para que então esta medida fosse reduzida em 1 mm e

o comprimento de trabalho (CT) estabelecido. O preparo dos canais radiculares foi realizado com instrumento recíprocante 40.06 (X1; MK Life, Porto Alegre, Brasil). Os instrumentos foram acionados por motor elétrico com redução de 16:1 (X-Smart Plus, Dentsply Maillefer). Após o uso de cada instrumento, os canais foram irrigados com 2 ml de NaOCl 2,5%, totalizando 20 ml de solução irrigadora. Após o preparo, os canais foram irrigados com 5 ml de ácido etilendiaminotetracético (EDTA) 17% por 5 min para remoção da *smear layer* e irrigado, por fim, com 10 ml de água destilada. A secagem dos canais foi realizada com cones de papel absorvente 40.06 (MK Life). Cones de guta percha 40.06 (MK Life) foram testados no CT para verificar sua adaptação no batente apical e confirmado radiograficamente.

Os espécimes foram divididos em 10 grupos experimentais de acordo com o cimento utilizado para obturação dos canais e a utilização ou não do ultrassom para ativação do cimento (n = 10): MTAF – obturação com MTA Fillapex; MTAF/US – MTA Fillapex + ultrassom; Sealer Plus BC – obturação com Sealer Plus BC; Sealer Plus BC/US – Sealer Plus BC + ultrassom; AHP – obturação com AH Plus; AHP/US – AH Plus + ultrassom; Sealer Plus – obturação com Sealer Plus; Sealer Plus/US – Sealer Plus + ultrassom; Endosequence – obturação com Endosequence BC e Endosequence/US – Endosequence BC + ultrassom.

Cada um dos cimentos foram preparados de acordo com as especificações dos respectivos fabricantes e inseridos no canal radicular utilizando um cone principal de número 40.06 (Dentsply Maillefer), calibrado 1 mm aquém do CT com movimentos de pincelamento. Após preenchimento do canal com o cimento, a ativação ultrassônica foi realizada nos grupos US por 20 segundos, 2 mm aquém do CT. A ativação ultrassônica foi realizada com aparelho MultiSonic S (Satelec System, Gnatus, Ribeirão Preto, SP, Brasil) na função Endo, potencia 5, juntamente com um inserto liso com diâmetro de ponta 0.2 mm e conicidade .01 (E1 Irrisonic; Helse, São Paulo, SP, Brasil) centralizada no canal.

Em seguida, os cones de guta percha 40.06 foram inseridos no CT e a obturação foi realizada pela técnica de condensação lateral com espaçadores bidigitais C (Dentsply Maillefer) posicionados 1 mm aquém do CT e posterior inserção de cones de guta percha acessórios FF (Dentsply Maillefer) até o

completo preenchimento dos canais. Após confirmação radiográfica da completa obturação do canal, o excesso de material foi removido com instrumento aquecido e condensado verticalmente com calcadores digitopalmares.

Todos os espécimes foram obturados com guta percha e cimento endodôntico. Sendo que aos cimentos endodônticos foram incorporados corantes para permitir visualização em microscopia eletrônica confocal a laser (MCL). Rodamina foi adicionada aos cimentos MTA Fillapex, AH Plus e Sealer Plus na proporção de 0,1% de peso. Já aos cimentos Sealer Plus BC e Endosequence, o corante Fluo-3 foi adicionado na mesma proporção.

As raízes foram armazenadas a 37°C e umidade de 100% por 7 dias. Posteriormente, as raízes foram fixadas em uma base metálica da máquina de corte (LabCut 1010, Extec Corp, Enfield, CT, EUA). Em seguida, foram seccionadas transversalmente com disco diamantado sob constante refrigeração. Seis fatias foram produzidas por cada raiz, sendo duas de cada terço radicular com espessura de (1 mm ± 0.1 mm).

Análise da penetração intratubular

As fatias obtidas foram polidas com tiras de lixa de granulação decrescente até 1200 e discos de feltro com pasta específica (Arotec, Cotia, SP, Brasil). Por fim, as amostras foram lavadas com água destilada para remover detritos oriundos do polimento.

As fatias correspondentes aos terços médio e apical foram analisadas usando o microscópio eletrônico confocal a laser Olympus Fluoview 1000 (Olympus Corporation, Toquio, Japão) com ×10 de magnificação. As configurações utilizadas foram de 70-µm de profundidade e resolução de 800 x 800 pixels. Cada conjunto de imagens, foi avaliada através do software Adobe Photoshop software (Adobe Systems, San Jose, CA, EUA) para mensurar a área de penetração intratubular do cimento. Inicialmente a quantidade total de pixels presente na imagem foi anotada. Em seguida, a ferramenta “laço” delimitou a área do canal radicular e tal valor (em pixels) também foi anotado. Ao subtrair a quantidade de pixels total da imagem da quantidade de pixels da luz do canal, obteve-se a área de dentina penetrável. O próximo passo foi

delimitar, com a ferramenta “varinha mágica”, a área penetrada pelo cimento após o tratamento endodôntico (área corada com rodamina, vermelho, ou Fluo-3, verde). Em seguida, foi realizada uma regra de três, onde a área de dentina penetrável correspondia à 100% e a área corada foi calculada proporcionalmente.

Teste de resistência de união

As fatias correspondentes aos terços cervical, médio e apical foram posicionadas em um dispositivo metálico com uma abertura central ($\varnothing = 3 \text{ mm}$), portanto, maior que o diâmetro do canal. A porção coronária da fatia foi posicionada em contato com o dispositivo metálico. Dessa maneira, o cilindro metálico ($\varnothing = 0,35 \text{ mm}$) induziu uma carga no sentido ápico-cervical sobre a obturação.

O teste de resistência de união (push-out) foi realizado na máquina de ensaios universal (EMIC, São José dos Pinhais, Brasil), em velocidade de 0,5 mm/min. Para obter os valores de resistência de união, em MPa, foi utilizada a seguinte fórmula: $\sigma = F/A$, onde F = carga necessária para ruptura do espécime (N) e A = área adesiva (mm^2). Para determinar a área de interface adesiva, uma fórmula para calcular a área lateral de um cone circular com bases paralelas foi usada. A fórmula é definida como: $A = 2\pi g(R1 + R2)$, onde $\pi = 3,14$, g = geratriz, $R1$ = menor raio da base, $R2$ = maior raio da base. Para determinar a geratriz, o seguinte cálculo foi feito: $g^2 = (h^2 + [R2 - R1]^2)$, onde h = altura da área seccionada, $R1$ e $R2$ foram obtidos através da medição dos diâmetros menor e maior da base, respectivamente, que correspondem, por sua vez, ao diâmetro interno entre as paredes radiculares do conduto. Estes valores foram obtidos utilizando paquímetro digital.

Análise dos padrões de falha

Todos os espécimes foram analisados em microscópio óptico (Olympus, BX60M, Japan), com aumento de 40x para observar o padrão de falha. Com relação aos padrões de falha, os dados foram classificados como: I - adesiva para a dentina: se o material deslocou da dentina, II - adesiva para a

obturação: se a guta percha deslocou do cimento, III – mista: se a guta percha deslocou da dentina e do cimento, IV – coesiva da dentina: se a falha ocorreu na dentina e V - coesiva do cimento: se a falha ocorreu no cimento.

Imagens representativas de cada grupo foram analisadas em microscopia eletrônica de varredura com aumento de 60 a 270 vezes. Para isso, alguns espécimes foram montados em stubs específicos para microscópio JEOL 6060 (JEOL, Tóquio, Japão) e metalizados com cobertura de paládio na metalizadora (MED 010, Balzers Union, Balzers, Liechtenstein, Alemanha).

Análise estatística

Os dados foram submetidos ao teste de Shapiro-Wilk para verificar se houve normalidade na distribuição dos dados. Para os valores de penetração intratubular foi verificada distribuição normal dos dados. Nesse sentido, foi utilizado teste T para comparação do uso ou não de ultrassom dentro de cada tipo de cimento endodôntico, teste ANOVA e Bonferroni para comparar os cimentos testados com e sem ultrassom em cada porção radicular. Os valores de resistência de união não apresentaram distribuição normal. Portanto, foi utilizado teste T para comparação do uso ou não de ultrassom dentro de cada tipo de cimento endodôntico, teste de Kruskal-Wallis e post-hoc de Dunn para comparar os cimentos testados com e sem ultrassom em cada porção radicular. Para todos os testes, o nível de significância foi estabelecido em 5%.

Resultados

Penetração Intratubular

Sem ativação ultrassônica, os menores valores de penetração intratubular foram observados para os cimentos biocerâmicos (Sealer Plus BC e Endosequence) quando avaliado o terço médio do canal radicular ($P < 0,05$). Para o terço apical, o MTA Fillapex apresentou maior penetração tubular em comparação com os demais cimentos ($P < 0,05$). Considerando os valores médios de penetração intratubular sem ativação ultrassônica, os cimentos biocerâmicos apresentaram menores áreas de dentina impregnada comparado

com o grupo MTA Fillapex ($P < 0,05$). Os cimentos à base de resina epóxica apresentaram valores intermediários e sem diferença estatística com os demais cimentos.

Quando realizado o protocolo de ativação ultrassônica, o MTA Fillapex apresentou maior penetração tubular em comparação com os demais cimentos tanto em terço médio quanto apical ($P < 0,05$). No terço médio, a área de penetração intratubular foi similar para cimentos biocerâmicos e à base de resina epóxica ($P > 0,05$). No terço apical, o Endosequence apresentou valores de penetração intratubular similares ao AH Plus e Sealer Plus ($P > 0,05$) e superiores ao outro cimento biocerâmico (Sealer Plus BC) ($P < 0,05$). Ao analisar os valores médios de penetração intratubular após ativação ultrassônica, a área de dentina impregnada por cimento foi similar quando comparados os cimentos biocerâmicos e à base de resina epóxica ($P > 0,05$).

A ativação ultrassônica aumentou a capacidade de penetração intratubular dos cimentos testados, contudo após análise estatística, apenas para os grupos MTA Fillapex e Endosequence este aumento foi significativo ($P < 0,05$).

Tabela 1 – Valores de penetração intratubular (% \pm desvio padrão) dos cimentos endodônticos de acordo com a porção do canal radicular.

	MTA Fillapex	Sealer Plus BC	Endosequence	AH Plus	Sealer Plus
Médio	19,96 ^{Ba} \pm 7,93	12,13 ^{Ab} \pm 4,40	10,57 ^{Bb} \pm 2,12	18,54 ^{Aa} \pm 4,91	20,57 ^{Aa} \pm 7,75
Apical	19,63 ^{Ba} \pm 7,43	10,83 ^{Ab} \pm 3,39	10,04 ^{Bb} \pm 2,51	12,15 ^{Ab} \pm 5,17	7,51 ^{Ab} \pm 3,66
Média	19,79^{Ba} \pm 7,63	11,48^{Ab} \pm 3,70	10,38^{Bb} \pm 2,45	15,34^{Aab} \pm 5,26	15,56^{Aab} \pm 5,41
	MTA Fillapex Ultrassom	Sealer Plus BC Ultrassom	Endosequence Ultrassom	AH Plus Ultrassom	Sealer Plus Ultrassom
Médio	48,64 ^{Aa} \pm 8,10	19,84 ^{Ab} \pm 7,57	20,61 ^{Ab} \pm 8,70	26,57 ^{Ab} \pm 8,37	23,88 ^{Ab} \pm 10,98
Apical	44,23 ^{Aa} \pm 10,23	11,47 ^{Ac} \pm 4,30	21,20 ^{Ab} \pm 8,45	15,20 ^{Abc} \pm 5,98	15,13 ^{Abc} \pm 7,44
Média	42,55^{Aa} \pm 9,71	15,65^{Ab} \pm 6,96	25,20^{Ab} \pm 8,06	20,88^{Ab} \pm 7,44	19,50^{Ab} \pm 8,61

Letras maiúsculas indicam diferença estatística dentro de cada coluna através do Teste T ($P < 0,05$). Letras minúsculas indicam diferença estatística na linha após teste de ANOVA e post hoc de Bonferroni ($P < 0,05$).

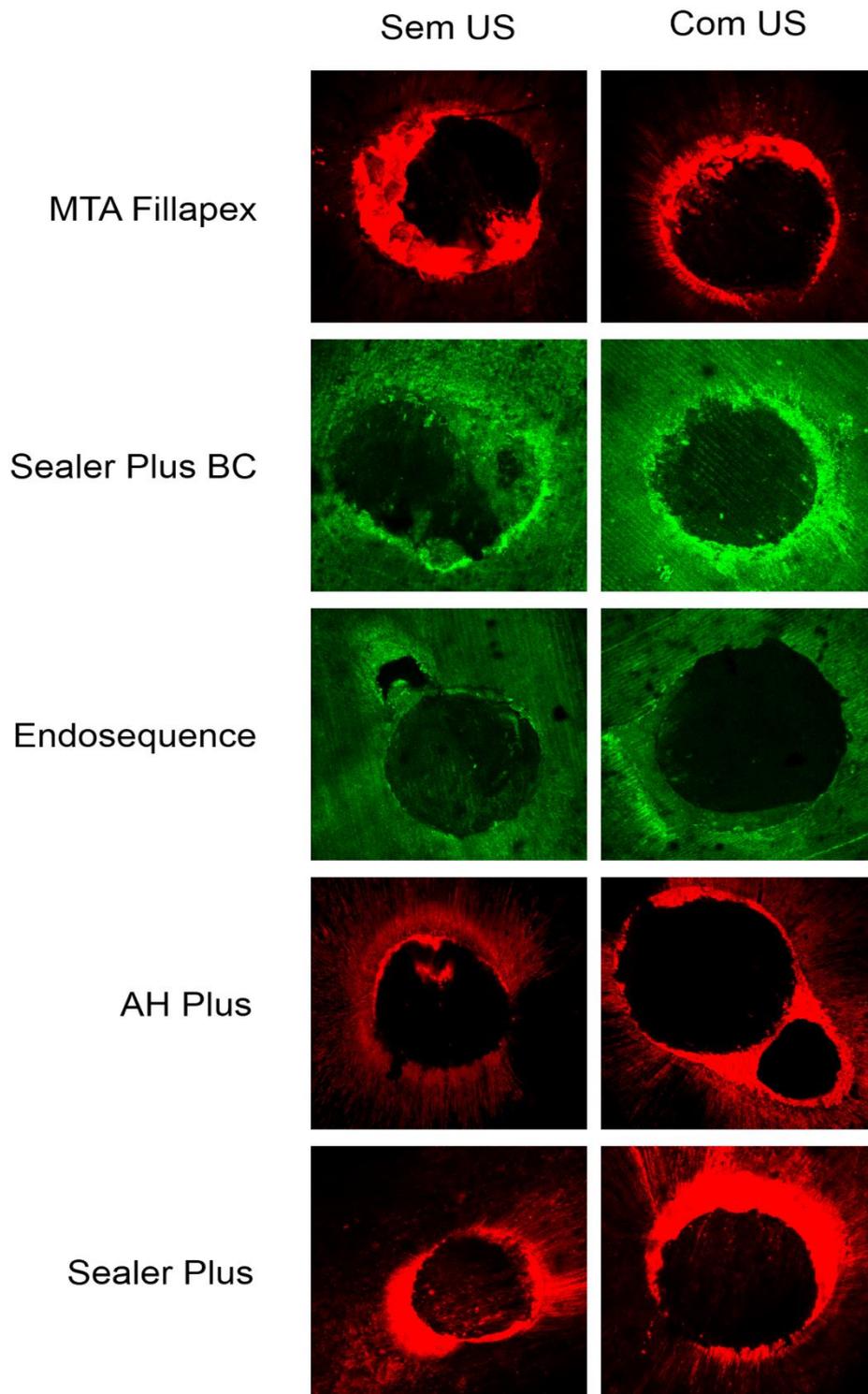


Figura 1 – Imagens de Microscopia Eletrônica Confocal à Laser dos cimentos analisados com e sem ativação ultrassônica.

Análise da Resistência de União

A ativação ultrassônica melhorou significativamente a resistência de união do Sealer Plus BC e do AH Plus ($P < 0,05$) e gerou uma diminuição significativa para o cimento MTA Fillapex ($P < 0,05$). Numa comparação entre os cimentos biocerâmicos e os cimentos à base de resina epóxi, observa-se que o Sealer Plus BC apresentou valores de resistência de união similares ao AH Plus e Sealer Plus, enquanto que o MTA Fillapex e o Endosequence foram os cimentos que apresentam significativamente menores valores em comparação aos demais cimentos analisados ($P < 0,05$).

Tanto após obturação convencional quanto após ativação ultrassônica, os grupos MTA Fillapex e Endosequence apresentaram os menores valores de resistência de união ($P < 0,05$) para todos os terços radiculares e para os valores médios. O cimento biocerâmico Sealer Plus BC apresentou valores de resistência de união comparáveis aos cimentos à base de resina epóxica, independentemente do uso do ultrassom ($P > 0,05$).

A ativação ultrassônica aumentou os valores de resistência de união para os cimentos Sealer Plus BC, AH Plus e Sealer Plus, sendo este aumento significativo apenas para os dois primeiros ($P < 0,05$). Para o MTA Fillapex, a ativação ultrassônica diminuiu os valores de resistência de união ($P < 0,05$).

Tabela 2 – Resistência de união [(mediana (P25-P75)], em Mpa, apresentada pelos cimentos endodônticos analisados.

	MTA Fillapex	Sealer Plus BC	Endosequence	AH Plus	Sealer Plus
Cervical	1,28 Ab (1,03 – 1,50)	1,84 Bab (1,22 – 4,08)	0,74 Ac (0,38 – 1,06)	2,47 Aa (1,59 – 3,48)	1,09 Ab (0,78 – 2,31)
Médio	1,52 Aab (1,17 – 1,63)	2,57 Ba (1,57 – 3,84)	0,92 Ab (0,53 – 1,22)	3,68 Aa (3,05 – 4,54)	2,25 Aa (1,20 – 3,04)
Apical	2,05 Ab (1,37 – 2,66)	3,87 Ba (2,87 – 5,25)	1,19 Ab (0,37 – 1,97)	4,76 Ba (1,91 – 7,09)	6,53 Aa (2,61 – 16,33)
Média	1,60 Ab (1,40 – 2,23)	2,93 Ba (1,8 – 3,88)	1,11 Ab (0,71 – 1,24)	4,11 Ba (2,71 – 5,06)	3,62 Aa (2,04 – 4,06)
	MTA Fillapex Ultrassom	Sealer Plus BC Ultrassom	Endosequence Ultrassom	AH Plus Ultrassom	Sealer Plus Ultrassom
Cervical	0,57 Ac (0,30 – 1,42)	3,68 Aa (2,42 – 4,99)	0,53 Ac (0,27 – 0,80)	3,38 Aa (3,13 – 3,89)	1,93 Ab (0,86 – 2,74)
Médio	0,28 Bc (0,21 – 0,83)	4,22 Aa (3,97 – 4,74)	0,88 Ac (0,54 – 1,16)	4,98 Aa (3,61 – 5,75)	2,33 Ab (0,75 – 4,52)
Apical	0,72 Bb (0,24 – 1,30)	7,49 Aa (4,63 – 11,85)	1,28 Ab (0,93 – 1,73)	9,26 Aa (5,50 – 15,84)	9,06 Aa (5,78 – 11,57)
Média	0,67 Bb (0,36 – 1,30)	4,81 Aa (3,72 – 4,14)	0,91 Ab (0,79 – 1,15)	7,19 Aa (4,50 – 7,75)	3,76 Aa (2,45 – 5,68)

Letras maiúsculas indicam diferença estatística dentro de cada coluna através do Teste T ($P < 0,05$). Letras minúsculas indicam diferença estatística na linha após teste de Kruskal Wallis e post hoc de Dunn ($P < 0,05$).

Análise dos Padrões de Falha

O maior número de falhas observadas foi a adesiva para a obturação, com exceção do grupo AH Plus com US, em que houve um predomínio de falhas do tipo adesiva para a dentina.

	Adesiva para a dentina	Adesiva para a obturação	Mista	Coesiva da dentina	Coesiva do cimento	Total
MTA Fillapex	19	22	10	0	9	60
MTA Fillapex US	14	26	10	3	7	60
Endosequence	7	33	10	0	10	60
Endosequence US	12	26	14	0	8	60
Sealer Plus BC	10	30	10	2	8	60
Sealer Plus BC US	5	45	10	0	0	60
AH Plus	12	24	17	4	3	60
AH Plus US	27	17	9	0	7	60
Sealer Plus	22	23	10	0	5	60
Sealer Plus US	14	35	10	0	1	60
Total	142	281	110	9	58	600

Tabela 3 - Padrões de falha após teste de push-out.

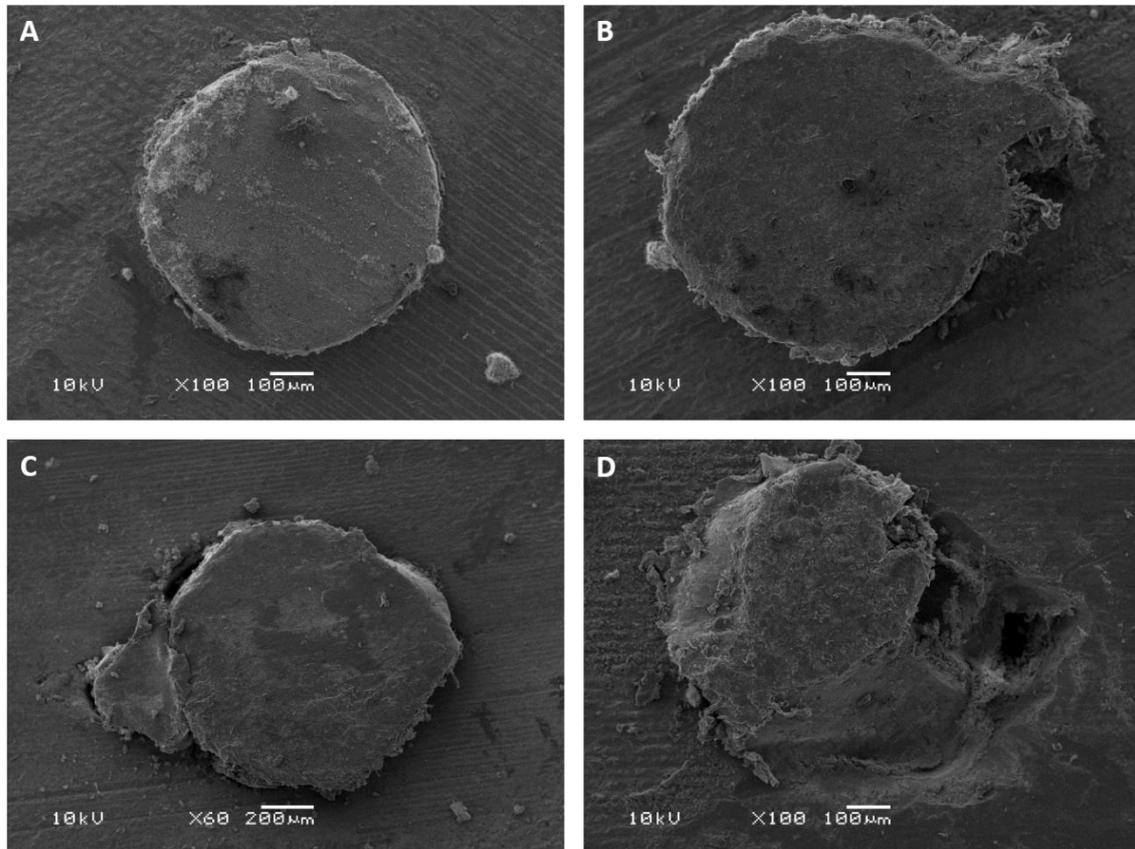


Figura 2 – Imagens de microscopia eletrônica de varredura ilustrando as falhas mais prevalentes após teste de resistência de união. A e B) falha adesiva para a dentina e C e D) falha adesiva para a obturação.

Discussão

Nesta pesquisa, ambas as hipóteses nulas foram rejeitadas, visto que a ativação ultrassônica dos cimentos biocerâmicos influenciou os valores de penetração intratubular e a resistência de união à dentina radicular.

A penetração intratubular do cimento endodôntico está relacionada com fatores como a presença de *smear layer*, número e tamanho dos túbulos dentinários, presença de umidade no canal radicular e a capacidade de escoamento do próprio cimento (15). No presente trabalho, a ativação ultrassônica aumentou a capacidade de penetração intratubular de todos os cimentos testados, porém apenas para o MTA Fillapex e Endosequence o aumento foi significativo ($P < 0,05$).

O MTA Fillapex consiste em um cimento à base de resina de salicilato que contém MTA em pasta catalisadora. Este cimento apresentou excelente penetração intratubular após ativação ultrassônica, inclusive com valores significativamente maiores àqueles obtidos com os cimentos à base de resina epóxica ($P < 0,05$). Este achado pode estar associado com o tamanho das partículas dos cimentos endodônticos. O MTA Fillapex apresenta partículas de menor tamanho quando comparado aos demais cimentos testados. Portanto, tende a penetrar com maior facilidade no sistema de canais radiculares do que o AH Plus e o Sealer Plus (16). Os achados deste estudo vão ao encontro daqueles reportados por Silva et al. (17), que demonstraram que o MTA Fillapex apresenta melhor escoamento que o AH Plus.

O Endosequence é composto por óxido de zircônia, silicato de cálcio, fosfato de cálcio, hidróxido de cálcio, carga e agentes espessantes. O bom escoamento observado neste trabalho corrobora os achados de trabalhos anteriores (18, 19, 20). Os autores atribuem o bom escoamento do Endosequence ao tamanho das suas partículas (menos de 1 μm), facilitando a penetração em túbulos dentinários (2 à 3,3 μm de diâmetro) e em áreas de complexidade anatômica (21). Tanto o Endosequence quanto o Sealer Plus BC apresentaram valores de penetração intratubular similar àqueles apresentados pelos cimentos à base de resina epóxica ($P > 0,05$). Mendes et al. (22) demonstraram após análise das propriedades físico-químicas do Sealer Plus BC em comparação com os AH Plus que o escoamento do cimento biocerâmico é

similar ao cimento à base de resina epóxica. Este fato explica a penetração intratubular apresentada por ambos os cimentos no presente trabalho.

Como controle para a avaliação da penetração intratubular dos cimentos endodônticos foram selecionados dois cimentos à base de resina epóxica, considerados como padrão-ouro para análise deste desfecho. Tanto o AH Plus quanto o Sealer Plus apresentaram um considerável aumento na penetração intratubular após ativação ultrassônica, embora sem diferença estatística ($P > 0,05$). Uma das explicações para tal ocorrência é que o aumento da temperatura causado pela vibração do inserto ultrassônico gera um aumento de sua fluidez, aumentando, por consequência o escoamento dos cimentos à base de resina epóxica (23). Além disso, o aumento da temperatura ocasionado pelo calor gerado no momento da condensação vertical seria capaz de aumentar o escoamento destes cimentos e, com isso, favorecer a penetração do cimento nos túbulos dentinários (24).

Alcalde et al. (7) e Guimarães et al. (6) pesquisaram a influência da ativação ultrassônica utilizando cimentos endodônticos à base de resina epóxica, dentre eles, o AH Plus. Concluíram que a agitação do cimento promove maior penetrabilidade e menor presença de lacunas, principalmente em regiões de istmo. Ambos os estudos estão de acordo com os resultados desta pesquisa, mostrando que a ativação do cimento endodôntico aumenta os níveis de penetração intratubular.

Devido à diferente natureza dos cimentos endodônticos testados, dois corantes foram usados para análise em microscopia eletrônica confocal a laser. A Rodamina B (Hexis, Jundiaí, Brasil) é um corante básico intenso, solúvel em água à temperatura ambiente, solúvel em álcoois, além de ser altamente estável. Quando diluída, é capaz de produzir fluorescência (25). É frequentemente usada associada a cimentos à base de resina epóxica por apresentar moléculas pequenas que permitem boa penetrabilidade (26). O Fluo-3 (Invitrogen, Carlsbad, EUA) é um indicador fluorescente, altamente sensível para a medição do fluxo de cálcio nas células, adequado para rastrear a penetração de cimentos à base de silicato de cálcio nos túbulos dentinários (27). A comparação de cimentos marcados por ambos fluoróforos pode ser realizada de maneira direta (28).

A ativação ultrassônica aumentou os valores de resistência de união para os cimentos Sealer Plus BC, AH Plus e Sealer Plus, sendo este aumento significativo apenas para os dois primeiros ($P < 0,05$). O Sealer Plus BC apresenta boa resistência de união à dentina radicular em função da combinação de silicato de cálcio e fosfato de cálcio (13). Neste estudo, observou-se que a agitação ultrassônica proporcionou aumento significativo da resistência de união deste cimento biocerâmico, com valores encontrados similares aos encontrados no grupo AH Plus/US ($P > 0,05$). Os valores altos de resistência de união podem estar relacionados com a expansão higroscópica ao tomar presa (expande cerca de 0,2%) fazendo com que ocorra um alto embricamento mecânico entre cimento e dentina radicular. Cabe salientar que a alta solubilidade do Sealer Plus BC reportada por Mendes et al. (22) normalmente está associada a uma diminuição do tempo de presa. Do contrário, cimentos com alta solubilidade e alto tempo de presa são mais susceptíveis a dissolução em contato com os fluidos periapicais, vindo a formar lacunas ou espaços vazios na interface cimento/dentina fazendo com que a força de união seja menor e a infiltração marginal maior (29). Contudo, esta pesquisa mostrou que, apesar de em estudos anteriores o terem considerado o cimento Sealer Plus BC altamente solúvel (22, 29), observa-se que essa característica não levou à baixos valores de resistência de união.

A literatura tem reportado altos valores de resistência de união para os cimentos à base de resina epóxica (30), em consonância com os achados da presente pesquisa. Uma explicação seria a formação de uma ligação covalente no momento em que compostos de epóxido e pasta de poliamina são incorporados na manipulação dos cimentos à base de resina epóxica, reagindo com cada grupo amina na sua rede de colágeno com um anel epóxido aberto que formaria um polímero reticulado rígido (31), além de outras propriedades favoráveis como a estabilidade dimensional e boa penetrabilidade.

O cimento biocerâmico Endosequence, por outro lado, apresentou resistência de união significativamente menor em comparação aos cimentos à base de resina epóxica ($P < 0,05$), provavelmente associada à alta solubilidade encontrada em cimentos similares (18). Além disso, o Endosequence é um material hidrofílico, sua reação de presa ocorre com a presença de umidade de forma mais rápida em comparação ao AH Plus, com isso o nível de fluidez

cairia e por este motivo o Endosequence apresentaria menores valores de resistência de união (23).

Com relação a resistência de união, o MTA Fillapex teve diminuição considerável quando ativado com ultrassom, com diferença significativa nos terços médio e apical. Alguns estudos demonstraram valores aceitáveis de resistência de união, semelhante ao AH Plus (32). Por outro lado, Sagsen et al. (33) observou que o MTA Fillapex não apresentou valores adequados de resistência de união. Uma das possíveis causas para a baixa resistência de união do MTA Fillapex seria o alto grau de umidade residual na superfície da dentina (32); também devido à camada interfacial com estruturas de ligação cruzada do cimento, o que atribui menor capacidade de adesão à dentina radicular (33).

Quanto aos padrões de falha obtidos após a realização do teste de push-out, observa-se que os cimentos biocerâmicos, em termos gerais, apresentaram maiores falhas do tipo adesiva para a obturação. Isso está associado a bioatividade dos cimentos biocerâmicos. Isso mostra a capacidade de ligação química destes cimentos à dentina radicular, sendo a interface mais frágil a da massa obturadora (cone/cimento). Os cimentos à base de silicato de cálcio são capazes de se ligar fortemente as paredes do canal radicular, além de se ligar fracamente a guta percha, gerando maior desprendimento do cimento à guta-percha. Essa característica está relacionada com o mecanismo de ação dos cimentos biocerâmicos, tendo em vista que a hidroxiapatita formada permite a criação de uma camada de interface que intensifica a ligação química com a dentina (34).

Conclusão

Diante das condições experimentais e dos resultados obtidos no presente estudo, é lícito concluir que a ativação ultrassônica interfere na penetração intratubular e na resistência de união dos cimentos endodônticos. Uma hipótese para tais resultados, estaria relacionada com a composição química dos diferentes cimentos endodônticos. Levando em consideração a presença de poucos estudos investigando as diferentes propriedades dos cimentos

biocerâmicos, torna-se necessário a realização de novos estudos para melhor embasar seu uso clínico.

Referências

1. Cheung GSP, Stock CJR. In-Vitro Cleaning Ability of Root-Canal Irrigants with and without Endosonics. *Int Endod J* 1993;26:334-43.
2. Leduc L, Fishelberg G. Endodontic obturation: a review. *Gen Dent* 2003;51:232-3.
3. Martins SC, Mello J, Martins CC, Maurício A, Ginjeira A. Comparison of endodontic obturation by lateral condensation techniques, hybrid Tagger and Thermafil: a pilot study with Micro-CT. *Rev Port de Est, Med Dent e Cir Max* 2011;52:59-69.
4. Schäfer E, Schrenker C, Zupanc J, Bürklein S. Percentage of Gutta-percha Filled Areas in Canals Obturated with Cross-linked Gutta-percha Core-carrier Systems, Single-Cone and Lateral Compaction Technique. *J Endod* 2016;42:294–8.
5. Viapiana R, Moizadeh AT, Camilleri L, Wesselink PR, Tanomaru Filho M, Camilleri J. Porosity and sealing ability of root fillings with gutta-percha and BioRoot RCS or AH Plus sealers. Evaluation by three ex vivo methods. *Int Endod J* 2016;49:774–82.
6. Guimarães BM, Amoroso-Silva PA, Alcalde MP, Marciano MA, de Andrade FB, Duarte MA. Influence of ultrasonic activation of 4 root canal sealers on the filling quality. *J Endod* 2014;40:964-8.
7. Alcalde MP, Bramante CM, Vivan RR, Amoroso-Silva PA, Andrade FB, Duarte, MAH. Intradental antimicrobial action and filling quality promoted by ultrasonic agitation of epoxy resin-based sealer in endodontic obturation. *J Appl Oral Sci* 2017;25:641-49.
8. Gu L, Kim JR, Ling J, Choi KK, Pashley DH, Tay FR. Review of contemporary irrigant agitation techniques and devices. *J Endod* 2009;35:791–804.

9. Jiang S, Zou T, Li D, Chang JWW, Huang X, Zhang C. Effectiveness of Sonic, Ultrasonic, and Photon-Induced Photoacoustic Streaming Activation of NaOCl on Filling Material Removal Following Retreatment in Oval Canal Anatomy. *Photomed Laser Surg* 2016;34:3–10.
10. Van der Sluis LWM, Versluis M, Wu MK, Wesselink PR. Passive ultrasonic irrigation of the root canal: a review of the literature. *Int Endod J* 2007;40:415–26.
11. Loushine BA, Bryan TE, Looney SW, Gillen BM, Loushine RJ, Weller RN, et al. Setting properties and cytotoxicity evaluation of a premixed bioceramic root canal sealer. *J Endod* 2011;37:673–7.
12. Utneja S, Nawal RR, Talwar S, Verma M. Current perspectives of bio-ceramic technology in endodontics: calcium enriched mixture cement - review of its composition, properties and applications. *Restor Dent Endod* 2015;40:1–13.
13. Candeiro GT, Correia FC, Duarte MA, Duarte MA, Ribeiro-Siqueira DC, Gavini G. Evaluation of radiopacity, pH, release of calcium ions, and flow of a bioceramic root canal sealer. *J Endod* 2012;38:842-845.
14. Hess D, Solomon E, Spears R, He J. Retreatability of a bioceramic root canal sealing material. *J Endod* 2011;37:1547–9.
15. De Deus G, Gurgel-Filho ED, Ferreira CM, Coutinho-Filho T. Intratubular penetration of root canal sealers. *Pesq Odontol Bras* 2002;16:332-6.
16. Almeida JF, Gomes BP, Ferraz CC, Souza-Filho FJ, Zaia AA. Filling of artificial lateral canals and microleakage and flow of five endodontic sealers. *Int Endod J* 2007;40:692-9.
17. Silva EJNL, Rosa TP, Herrera DR, Jacinto RC, Gomes BPF, Zaia AA. Evaluation of cytotoxicity and physicochemical properties of calcium silicate-based endodontic sealer MTA fillapex. *Journal of Endodontics* 2013;39:274-77.
18. Valentim RM, Silva LMM, Silva CC, Carvalho NK, Vieira VTL, Silva EJNL. Literature review of physicochemical and biological properties of a calcium silicate base. *Rev bras odontol* 2016;73:237-41.
19. McMichael GE, Primus CM, Opperman LA. Dentinal Tubule Penetration of Tricalcium Silicate Sealers. *J Endod* 2016;42:632-6.
20. Fernández R, Restrepo JS, Aristizábal DC, Álvarez LG. Evaluation of the filling ability of artificial lateral canals using calcium silicate-based and epoxy

resin-based endodontic sealers and two gutta-percha filling techniques. *Int Endod J* 2016;49:365-73.

21. Candeiro GTM, Lavor AB, Lima HTF, Vasconcelos BC, Gomes NV, Iglecias EF, Gavini G. Penetration of bioceramic and epoxy-resin endodontic cements into lateral canals. *Braz Oral Res* 2019;33:1-7.

22. Mendes AT, Silva PB, Só BB, Hashizume LN, Vivan RR, Rosa R.A, Duarte MAH, Só MVR. Evaluation of Physicochemical Properties of New Calcium Silicate-Based Sealer. *Brazilian Dental Journal* 2018;29:536-540.

23. Camilleri J. Sealers and warm gutta-percha obturation techniques. *J Endod* 2015;41:72–8.

24. Macedo RG, Verhaagen B, Fernandez Rivas D, Gardeniers JGE, Van Der Sluis LWM, Wesselink PR, Versluis M. Sonochemical and high-speed optical characterization of cavitation generated by an ultrasonically oscillating dental file in root canal models. *Ultrasonics Sonochemistry* 2014;21:324-35.

25. Ohlweiler OA. Química analítica quantitativa, 2th ed. Rio de Janeiro: Livros Técnicos e Científicos; 1974.

26. Tanomaru Filho M, Jorge EG, Tanomaru JMG. Avaliação da capacidade seladora apical de materiais retrobturadores empregando corante rodamina B. *JBE, J Bras Endod* 2006;6:89-93.

27. Jeong JW. et al. Dentinal Tubule Penetration of a Calcium Silicate–based Root Canal Sealer with Different Obturation Methods. *J Endod Baltimore* 2017;43:633-37.

28. Furtado TC. Avaliação da penetração intratubular de dois cimentos obturadores utilizando dois corantes para análise em microscopia eletrônica confocal à laser. Trabalho de conclusão de curso. Universidade Federal do Rio Grande do Sul. 2019.

29. Carvalho Junior JR, Correr Sobrinho L, Correr AB. Solubility and dimensional change after setting of root canal sealers: a proposal for smaller dimensions of test samples. *J Endod* 2007;33:1110-6.

30. Vertuan GC, Duarte MAH, Moraes IG, Piazza B, Vasconcelos BC, Alcalde MP, Vivan R R. Evaluation of physicochemical properties of a new root canal sealer. *Journal of Endod* 2017;44:501–5.

31. Neelakantan P, Sharma S, Shemesh H, Wesselink PR. Influence of irrigation sequence on the adhesion of root canal sealers to dentin: A fourier

transform infrared spectroscopy and push-out bond strength analysis. *J Endod* 2015;41:1108–11.

32. Nagas E, Uyanik MO, Eymirli A, Cehreli ZC, Vallittu PK, Lassila LV, et al. Dentin moisture conditions affect the adhesion of root canal sealers. *J Endod* 2012;38:240-4.

33. Sagsen B, Usteun Y, Demirbuga S, Pala K. Push-out bond strength of two new calcium silicate-based endodontic sealers to root canal dentine. *Int Endod J* 2011;44:1088–91.

34. Shokouhinejad N, Gorjestani H, Nasseh AA, Hoseini A, Mohammadi M, Shamsiri AR. Push-out bond strength of gutta-percha with a new bioceramic sealer in the presence or absence of smear layer. *Aust Endod J* 2011;39:102–6.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Da Metodologia:

O presente estudo avaliou a influência da ativação ultrassônica na penetração intratubular e na resistência de união dos cimentos biocerâmicos em comparação aos cimentos à base de resina epóxica e de resina de salicilato. De acordo com os resultados e considerando que a ativação ultrassônica dos cimentos testados melhorou a penetração intratubular e a resistência de união de algum dos cimentos testados, a hipótese nula foi parcialmente rejeitada.

Tendo em vista a complexidade anatômica e a dificuldade em fazer a limpeza completa dos canais radiculares, os cimentos endodônticos apresentam fundamental importância no confinamento dos microorganismos residuais em regiões até então inacessíveis pelos instrumentos (CARVALHO-JÚNIOR *et al.* 2007). Aproximadamente 60% dos casos de insucesso do tratamento endodôntico estão relacionados à uma obturação inadequada (SCHILDER, 2006). Estudos mostraram que a ativação ultrassônica é um meio auxiliar que promove uma maior penetração de irrigantes, de medicações intracanaís e inclusive de cimentos endodônticos nessas regiões de difícil acesso (KARA TUNCER *et al.*, 2014, VERTUAN *et al.*, 2017).

Embora não tenhamos muitas pesquisas envolvendo a ativação ultrassônica de cimentos obturadores, há artigos na literatura mostrando seu uso em outros procedimentos endodônticos (GUIMARÃES *et al.* 2014, ALCALDE *et al.* 2017), além disso, nos últimos anos sua utilização tem sido mais difundida na endodontia. Na obturação, a inserção do cimento associado com a ativação ultrassônica mostrou melhor distribuição no interior dos canais e ramificações (HOEN *et al.*, 1988), maior penetração nos túbulos dentinários (NIKHIL; SINGH, 2013; GUIMARÃES *et al.*, 2014; ALCALDE *et al.*, 2017) e melhor qualidade da obturação (WEST *et al.*, 1989; GUIMARÃES *et al.*, 2014; ALCALDE *et al.*, 2017).

Portanto, a relevância clínica deste estudo está em associar as propriedades de cada cimento endodôntico e a ação que o ultrassom proporciona na penetração do cimento nos túbulos dentinários e na resistência

de união dos cimentos biocerâmicos em comparação aos cimentos resinosos, com o intuito de auxiliar o profissional na escolha do material a ser usado para cada caso clínico especificamente.

O modelo experimental na presente pesquisa *in vitro*, incluiu apenas dentes humanos com canal único e raízes retas, devido à proximidade com a realidade clínica anatômica. Todos os canais radiculares foram instrumentados com limas rotatórias de diâmetro 40 e conicidade .06, 1 mm aquém do ápice para que houvesse uma padronização radicular das amostras e maior possibilidade de se conseguir uma boa limpeza do terço apical com intuito de garantir uma melhor adaptação do material obturador. Segundo Fornari *et al.* (2010), um maior alargamento do terço apical pode proporcionar uma maior limpeza dessa região. A padronização do comprimento de trabalho é uma condição importante para minimizar variáveis que possam alterar o selamento apical (WU; WESSELINK, 1995).

De acordo com a literatura científica e levando em consideração a importância do efeito físico e químico do protocolo de irrigação e do irrigante, respectivamente, os canais foram irrigados com hipoclorito de sódio 2,5% por apresentar capacidade em dissolver remanescentes orgânicos e de sua atividade antimicrobiana (SPÅNGBERG *et al.*, 1973; MOHAMMADI, 2008; ZEHNDER *et al.*, 2006; GREGÓRIO *et al.*, 2010; RÔÇAS; SIQUEIRA JR, 2011).

Posteriormente, o EDTA 17% foi introduzido no canal por um período de 5 minutos com a finalidade de eliminar a porção inorgânica da lama dentinária proveniente do preparo químico-mecânico e expor os túbulos dentinários favorecendo a penetração intratubular do cimento obturador (VAN DER SLUIS *et al.*, 2007; ZOU *et al.*, 2010, JARDINE *et al.*, 2015). Após, os canais foram irrigados com água destilada, visando a remoção de EDTA e hipoclorito de sódio.

Vale ressaltar que, para todas as amostras, as soluções utilizadas para irrigação do canal radicular foram dispensadas nos canais radiculares com agulhas de irrigação com abertura lateral (Dentsply-RINN, EUA) (ESTEVEZ *et al.*, 2010).

Na fase de obturação, as raízes foram divididas aleatoriamente para evitar viés de seleção. A inserção do cimento endodôntico no interior do canal

radicular deu-se com o uso do cone de guta percha principal, isso por que existem estudos que relatam que não há diferença em relação aos métodos de inserção do cimento endodôntico (WIEMANN; WILCOX, 1991; JEFFREY *et al.*, 1986; AMATO *et al.*, 1984). Adicionalmente, o cimento foi ativado com inserto ultrassônico E1-Irrisonic, em que de acordo com o fabricante, é indicado para ativar o cimento por no máximo 30 segundos com recomendação de nível de potência de 10%, com intuito de facilitar a penetração em pequenos espaços vazios da anatomia radicular, eliminar bolhas de ar e empurrar o cimento para pontos anatômicos estratégicos como deltas e canais radiculares secundários. Logo, nesta pesquisa, o tempo de ativação do cimento endodôntico foi padronizado em 20 segundos, de acordo com a metodologia empregada no estudo de Guimarães *et al.* (2014). Vale ressaltar a importância de o inserto ultrassônico não contactar com as paredes radiculares, pois um instrumento oscilante livre dentro do canal possui maior efeito sobre o cimento (Van Der Sluis *et al.*, 2007).

A obturação dos canais radiculares foi realizada pela técnica da condensação lateral, por ser amplamente utilizada. Segundo achados de Kok *et al.* (2012), diferentes técnicas para obturação promovem uma penetração intratubular semelhante.

A escolha pelo estudo em relação aos cimentos biocerâmicos deu-se devido a sua introdução recente para uso no tratamento endodôntico e a presença de poucos estudos referentes a penetrabilidade e resistência de união (AL-HADDAD; AZIZ, 2016; AL-HIYASAT; ALFIRJANI, 2019). Além disso, devido as suas propriedades relacionadas à sua bioatividade, ou seja, a capacidade de formar hidroxiapatita e aumentar a resistência adesiva juntamente com a dentina (AL-HIYASAT; ALFIRJANI, 2019).

Cabe ressaltar que o MTA Fillapex é um cimento resinoso, pois em sua composição predomina componentes resinosos à base de salicilato (ROSA *et al.*, 2013), embora seja por muitos considerado, de maneira equivocada, como um cimento à base de MTA. Portanto, a inclusão deste cimento na pesquisa deu-se pela necessidade de descobrir a capacidade de penetração e de resistência de união que ele apresenta em comparação aos cimentos biocerâmicos e os cimentos à base de resina epóxica.

Como grupos de comparação utilizou-se o AH Plus devido a sua consolidação quanto as propriedades físico químicas e por ser o padrão ouro dentro da endodontia (SONU *et al.*, 2016). Além de apresentar propriedades de escoamento e penetração intratubular adequadas (WHITE *et al.*, 1984) e excelente resistência de união à dentina radicular (AL-HIYASAT; ALFIRJANI, 2019).

A importância da avaliação da penetrabilidade dos cimentos endodônticos está relacionada com sua principal função, que inclui a penetração em regiões de difícil acesso, incluindo deltas apicais, regiões de istmos, canais acessórios, túbulos dentinários e espaços em que somente a guta percha é incapaz de penetrar. Outro ponto a ser destacado seria a prevenção da microinfiltração bacteriana e da reinfecção dos canais radiculares, tendo em vista sua atuação como barreira física, impedindo a proliferação de microorganismos residuais em torno do periápice, podendo levar a falha do tratamento endodôntico (WEIS *et al.*, 2004; ORDINOLA-ZAPATA *et al.*, 2009; POMMEL *et al.*, 2001). Cimentos com maior capacidade de penetração intratubular tendem a levar ao aprisionamento das bactérias dentro dos túbulos dentinários favorecendo o processo de reparo e elevando as taxas de sucesso do tratamento endodôntico (ORDINOLA-ZAPATA *et al.*, 2009). Cabe ressaltar que a penetração dos cimentos endodônticos nos túbulos dentinários depende de alguns fatores, incluindo as propriedades físico químicas do cimento (Oksan *et al.*, 1993), da permeabilidade da dentina (OKSAN *et al.*, 1993) e da remoção da *smear layer* (WHITE *et al.*, 1984, JARDINE *et al.*, 2015).

Nesta pesquisa, o motivo da escolha pela análise dos terços apical e médio, com exclusão do terço cervical, deu-se pelo fato de que, segundo Wu e Wesselink (1995) o terço apical é o que apresenta maior sujidade após a realização do PQM, em comparação ao terço cervical. Além de ser uma região crítica para acesso dos instrumentos e maior complexidade anatômica. Por fim, as imagens em microscopia eletrônica confocal a laser no aumento utilizado não conseguiam englobar toda luz do canal para análise. Por este motivo, esta porção do canal não foi utilizada.

Atualmente, a microscopia eletrônica confocal a laser consiste no principal método para avaliar a penetração de cimentos endodônticos. Este método permite a aquisição de imagens de alta resolução por meio de feixes de lasers

com comprimentos de onda específicos de acordo com o fluoróforo utilizado. Após escaneamento em diferentes profundidades no eixo “Z”, os cortes são reconstruídos tridimensionalmente (GHARIB *et al.*, 2007; ZAPATA *et al.*, 2008). Este método elimina informações fora de foco da imagem e favorece a obtenção de imagens mais espessas como os tecidos dentários (GHARIB *et al.*, 2007; ZAPATA *et al.*, 2008). O LEXT OLS 4000 (Olympus, Tóquio, Japão) foi o microscópio confocal utilizado para criar as imagens com resolução em 3D, além de possibilitar a análise da adaptação do material obturador nos túbulos dentinários (JARDINE *et al.*, 2016). Posteriormente, as imagens foram agrupadas e submetidas à mensuração da quantidade de cimento impregnada em dentina usando o software Adobe Photoshop, para transformar a quantidade de pixels em área de cimento impregnada nos túbulos dentinários. Vale ressaltar que a microscopia confocal à laser apresenta vantagens quando comparada a microscopia eletrônica de varredura para este tipo de estudo. Dentre elas, podemos citar a possibilidade de uma análise do eixo Z que possibilita uma captação de imagens sobrepostas com vários planos de corte, de acordo com determinada espessura do material analisado, manutenção da integridade dos cimentos estudados e permitir análises de tratamento e retratamento (ZAPATA *et al.*, 2008, KARA TUNCER; TUNCER, 2012; KOK *et al.*, 2014, SONU *et al.*, 2016).

A utilização de fluoróforos associados aos cimentos endodônticos para posterior análise em MCL consiste no método mais acessível e confiável para avaliação deste desfecho (BALGUERIE, 2011; DEUS *et al.*, 2004; MOON *et al.*, 2010; WEIS *et al.*, 2004).

A Rodamina B (Hexis, Jundiaí, Brasil) é um corante básico intenso, solúvel em água à temperatura ambiente, solúvel em álcoois, além de ser altamente estável. Quando diluída, é capaz de produzir fluorescência (OHLWEILER, 1974; VOGEL, 1981). É frequentemente usada por apresentar moléculas pequenas que permitem boa penetrabilidade (TANOMARU *et al.*, 2006). A Rodamina B foi o corante de escolha para os cimentos à base de resina epóxica, na proporção de 0,1% (MARCIANO *et al.*, 2011). Apesar deste fluoróforo não interferir na reação de presa dos cimentos, é necessário cautela na sua incorporação para evitar excesso de fluorescência que possam prejudicar a visualização do cimento na microscopia confocal de varredura à

laser (PIOCH *et al.*, 1997; GHARIB *et al.*, 2007). É importante destacar que a Rodamina B não interfere na capacidade de selamento dos cimentos endodônticos devido a pequena quantidade de pó incorporada ao material, além disso, essa mesma quantidade já está embasada em estudos prévios (DE DEUS *et al.*, 2003; ORDINOLA-ZAPATA *et al.*, 2009).

O Fluo-3 (Invitrogen, Carlsbad, EUA) é um indicador fluorescente, altamente sensível para a medição do fluxo de cálcio nas células, adequado para rastrear a penetração de cimentos à base de silicato de cálcio nos túbulos dentinários (JEONG *et al.*, 2017).

O fluoróforo padrão para marcação de cimentos à base de resina epóxica é a rodamina B. Entretanto, devido à solubilidade da rodamina B em água, parece pertinente verificar seu comportamento associado à cimentos biocerâmicos, uma vez que necessitam de umidade no canal radicular para tomarem presa. Nestes casos, pode ser que resultados falso-positivos de penetração intratubular ocorram, ou seja, o corante seria levado no interior dos túbulos pela água presente no canal radicular não significando necessariamente a presença do cimento nestas regiões.

Furtado (2019) investigou se o fluoróforo preconizado para utilização junto aos cimentos biocerâmicos (Fluo-3) pode também ser utilizado associado aos cimentos à base de resina epóxica, uma vez que estes apresentam tungstato de cálcio como agente radiopacificador e o cálcio se faz necessário para ligação com o Fluo-3. Os autores concluíram que o tipo de fluoróforo influencia a penetração intratubular dos cimentos à base de silicato de cálcio, mas não dos cimentos à base de resina epóxica. A natureza hidrofílica da rodamina B gera resultados falso-positivos quando associada à cimentos biocerâmicos. O Fluo-3 pode ser utilizado associado tanto à cimentos à base de resina epóxica quanto cimentos de silicato de cálcio.

A importância da análise da resistência de união nesta pesquisa, está relacionada com o selamento e adesão ou capacidade de embricamento mecânico do cimento às paredes do canal radicular em situações estáticas e dinâmicas. Em situações estáticas, o selamento apical está relacionado com as propriedades de união do cimento às paredes da dentina. Ela é importante para evitar a incorporação de fluidos teciduais na interface cimento/dentina, evitando qualquer presença de espaços vazios que possam proporcionar crescimento

microbiano (ORSTAVIK *et al.*, 1983). Já nas situações dinâmicas, a resistência de união do cimento durante qualquer tipo de movimento ou força aplicada, é considerada essencial para evitar falhas na interface que possam servir como espaço para desenvolvimento de biofilme prejudicando a longevidade clínica do dente tratado endodonticamente (UNGOR *et al.*, 2016).

O método mais utilizado para avaliar a resistência de união dos cimentos obturadores no canal radicular é o teste de push-out (GOGOS *et al.*, 2004). Este método possibilita avaliar a resistência ao deslocamento da massa obturadora quando uma força é aplicada de apical para cervical (NEELAKANTAN *et al.*, 2011; CARNEIRO *et al.*, 2012). Normalmente, fatias de cerca de 1 mm são confeccionadas a partir de cortes transversais da porção radicular obturada (NEELAKANTAN *et al.*, 2011; CARNEIRO *et al.*, 2012). Vale ressaltar que este modelo de análise não permite fazer uma relação direta entre a resistência de união e o sucesso clínico, porém, ele nos fornece informações substanciais no que diz respeito a diferentes cimentos e diferentes técnicas de obturação (PANE *et al.*, 2013).

Para análise dos padrões de falha, foi utilizada microscopia eletrônica de varredura. Compreende um método observacional bastante versátil, utilizado para análise de microestruturas sólidas e visualização de interfaces entre cimento/guta percha/dentina (BITTER *et al.*, 2004; BITTER *et al.*, 2009). Embora tenhamos imagens de alta qualidade, é importante ressaltar que, devido a análise ser realizada em alto vácuo, há a possibilidade de danificar a amostra ou de criar artefatos gerando áreas de falhas na interface que não existiam previamente ao preparo para MEV (BITTER *et al.*, 2009). Além disso, o preparo das amostras é extremamente cauteloso, pois a desidratação, a desmineralização e a secagem das fatias dentárias obtidas antes do seu recobrimento com ouro, podem gerar mais artefatos e criar obstáculos para observar as estruturas de interesse (PATEL *et al.*, 2007).

Dos Resultados:

A penetração intratubular do cimento endodôntico está relacionada com fatores como a presença de *smear layer*, número e tamanho dos túbulos

dentinários, presença de umidade no canal radicular e capacidade de escoamento do cimento (DE-DEUS *et al.*, 2002; ORSTAVIK, 2005).

A ativação ultrassônica aumentou a capacidade de penetração intratubular dos cimentos testados, contudo, após análise estatística, apenas para os grupos MTA Fillapex e Endosequence este aumento foi significativo ($P < 0,05$). Após ativação ultrassônica, os cimentos biocerâmicos apresentaram penetração intratubular similar àquela obtida com os cimentos à base de resina epóxica ($P > 0,05$). Nesse sentido, a hipótese nula de que não haveria diferença entre os valores de penetração intratubular dos cimentos testados, independentemente da ativação ultrassônica, foi rejeitada.

Esses achados estão de acordo com o estudo de Zhou *et al.* (2013) que mostrou valores similares de escoamento para os cimentos Endosequence e AH Plus. Ambos os cimentos apresentavam escoamento em concordância com as normas da ISO 6876/2001, onde o fluxo mínimo necessário é de 20 mm de diâmetro quando este material era comprimido por duas placas de vidro (CANDEIRO *et al.*, 2012). Ainda, Valentim *et al.* (2016) mencionaram não haver diferença significativa com relação aos níveis de escoamento entre o Endosequence e o AH Plus. Os resultados deste estudo estão de acordo com os achados de McMichael *et al.* (2016), que mostraram que o Endosequence apresenta capacidade de penetração adequada nos túbulos dentinários, independente da técnica de obturação empregada. Isso ocorre, pois, as partículas do cimento medem menos de 1 μm , facilitando a penetração em túbulos dentinários, que medem cerca de 2 à 3,3 μm de diâmetro, e em áreas de complexidade anatômica (CANDEIRO *et al.*, 2019). Fernández *et al.* (2016) também demonstraram capacidade de preenchimento de irregularidades e de túbulos dentinários similar aos cimentos à base de resina epóxica.

Por outro lado, a análise da Tabela 2 mostrou que o Endosequence apresentou resistência de união significativamente menor em comparação aos cimentos à base de resina epóxi e ao outro cimento biocerâmico (Sealer Plus BC) ($P < 0,05$). Uma explicação para este resultado seria a formação de uma ligação covalente no momento em que compostos de epóxido e pasta de poliamina são incorporados na manipulação dos cimentos à base de resina epóxica, reagindo com cada grupo amina na sua rede de colágeno com um anel epóxido aberto que formaria um polímero reticulado rígido

(NEELAKANTAN *et al.*, 2015), além de outras propriedades favoráveis como a estabilidade dimensional e boa penetrabilidade. Estes fatores associados garantem, de maneira geral, melhores valores de resistência de união aos cimentos à base de resina epóxica. Outra explicação para os baixos valores de resistência de união do Endosequence pode ser a alta solubilidade deste cimento (VALENTIM *et al.*, 2016). Ela é prejudicial, uma vez que está relacionada com a dissolução do material frente à um determinado líquido (líquidos tissulares), isso pode gerar sinais de desintegração do cimento (VALENTIM *et al.*, 2016). Além disso, o Endosequence é um material com características hidrofílicas, sua reação de presa ocorre com a presença de umidade. Portanto, sua reação de presa ocorre de forma mais rápida em comparação ao AH Plus e, em função disso, sua fluidez diminuiria e isso levaria a menores valores de resistência de união (CAMILLERI *et al.*, 2015). Borges *et al.* (2012) demonstraram que, após os testes de solubilidade, o Endosequence não cumpriu os protocolos da ANSI/ADA, onde a solubilidade do cimento não deve exceder 3% de sua massa. Zhou *et al.* (2013) verificou ainda que o Endosequence apresentou a maior solubilidade entre os cimentos analisados, porém, de acordo com as normas da ISO 6876/2012 e ANSI/ADA. Vale ressaltar que, de acordo com Bidar *et al.* (2014) e Shokouhinejad *et al.* (2013) a presença ou ausência da *smear layer* não interfere na capacidade de selamento e na resistência de união do Endosequence. Por fim, os resultados desta pesquisa corroboram os achados de Ungor *et al.* (2006), Gurgel-Filho e Martins (2014) e Ozkocak *et al.* (2015), em que o AH Plus teve uma resistência de união à dentina maior que o Endosequence.

O MTA Fillapex apresentou considerável aumento da penetração intratubular após ativação ultrassônica ($P < 0,05$), além de apresentar valores significativamente maiores em comparação aos cimentos à base de resina epóxica e os biocerâmicos ($P < 0,05$). Isso pode ser explicado devido ao tamanho das partículas dos cimentos endodônticos, tendo em vista que seu tamanho influencia diretamente sua capacidade de escoamento e, conseqüentemente, sua penetração nos túbulos dentinários. Quanto menores são as suas partículas, maior é a capacidade de escoamento. Logo, o MTA Fillapex, por apresentar partículas de menor tamanho, penetrará com maior facilidade no sistema de canais radiculares do que o AH Plus e o Sealer Plus

(ALMEIDA *et al.*, 2007). O MTA Fillapex apresenta níveis adequados de escoamento de acordo com a ISO 6786/2001. Os achados deste estudo corroboram os resultados de Silva *et al.* (2013) que demonstraram que o MTA Fillapex apresentou maiores valores de escoamento em comparação ao AH Plus.

É importante destacar que o alto escoamento de um cimento endodôntico, apesar de permitir melhor penetrabilidade nas irregularidades do canal radicular, pode aumentar as possibilidades de extravasamento do material para o periápice (MENDES *et al.*, 2018). Neste contexto, apesar da comprovada biocompatibilidade do MTA Fillapex, existem estudos que mostram a presença de efeitos irritantes no tecido conjuntivo subcutâneo e tecido ósseo (ASSMANN *et al.*, 2015; TAVARES *et al.*, 2013). Portanto, um escoamento excessivo deste cimento poderia não ser algo tão benéfico, havendo necessidade de um equilíbrio entre escoamento e penetrabilidade (ASSMANN *et al.*, 2015; TAVARES *et al.*, 2013). Além disso, o alto escoamento e poder de penetração do MTA Fillapex como observado nesta pesquisa, pode dificultar a remoção deste cimento numa possível reintervenção endodôntica, devido ao grande poder de adaptação que o material possui em estruturas mais profundas do canal radicular (KIM *et al.*, 2019).

Porém, quando o defecho avaliado foi a resistência de união, o MTA Fillapex apresentou uma diminuição considerável quando ativado por ultrassom ($P < 0,05$). Alguns estudos demonstraram que este cimento apresentou valores aceitáveis de resistência de união, semelhante ao AH Plus (ASSMANN *et al.*, 2012; NAGAS *et al.*, 2012). Em concordância com o presente estudo, Sagsen *et al.* (2011) observaram que o MTA Fillapex apresentou baixos valores de resistência de união. Uma das possíveis causas para isso seria o alto grau de umidade residual na superfície da dentina (NAGAS *et al.*, 2012). Além disso, também devido à camada interfacial com estruturas de ligação cruzada do cimento, o que atribui menor capacidade de adesão aos túbulos dentinários (SAGSEN *et al.*, 2011). Além disso, os resultados desta pesquisa condizem com o estudo de Madhuri *et al.* (2016), em que o MTA apresentou os menores valores de resistência de união quando comparado com outros cimentos biocerâmicos e à base de resina epóxica. Estes achados condizem também com o estudo de Silva *et al.* (2013) em que foi observado que apesar de o MTA

Fillapex apresentar maiores valores de penetração intratubular, a sua capacidade de adesão a dentina radicular é reduzida.

A área de dentina impregnada pelo cimento biocerâmico Sealer Plus BC não aumentou significativamente após o uso do ultrassom ($P > 0,05$), porém, foi similar aos valores obtidos com ativação ultrassônica dos cimentos à base de resina epóxica ($P > 0,05$). Os resultados deste estudo estão de acordo com os achados de Mendes *et al.* (2018), em que observaram que os níveis de escoamento do Sealer Plus BC eram comparáveis ao AH Plus. Vale ressaltar que o Sealer Plus BC é um cimento endodôntico relativamente novo, lançado no mercado há cerca de um ano. Portanto, há a necessidade de novos estudos avaliando suas propriedades físico-químicas, penetração intratubular, resistência de união, suas propriedades biológicas e sua remoção do sistema de canais em casos de retratamento.

O Sealer Plus BC consiste em uma combinação de silicato de cálcio e fosfato de cálcio. Este último, responsável por aumentar suas propriedades adesivas à dentina radicular (CANDEIRO *et al.*, 2012). Logo, neste estudo, observou-se que a agitação ultrassônica deste cimento proporcionou aumento considerável da resistência de união ($P < 0,05$) e que os valores encontrados foram similares aos encontrados no AH Plus ($P > 0,05$). Os valores altos de resistência de união podem estar relacionados com a expansão higroscópica ao tomar presa (expansão de cerca de 0,2% conforme informado pelo fabricante) fazendo com que ocorra um alto embricamento mecânico entre cimento e dentina radicular. Além disso, a alta capacidade de escoamento do Sealer Plus BC em associação com a ativação ultrassônica podem levar a maior penetrabilidade do cimento e com isso aumentar a resistência de união. Cabe salientar que nos estudos de Mendes *et al.* (2018) foi observado alta solubilidade do Sealer Plus BC e que, segundo Carvalho-Júnior *et al.* (2007), o aumento da solubilidade está relacionado com o baixo tempo de presa, gerando perda ou dissolução do cimento em contato com os fluidos periapicais, vindo a formar lacunas ou espaços vazios na interface cimento/dentina fazendo com que a força de união seja menor. Contudo, esta pesquisa mostrou que, apesar de em estudos anteriores o Sealer Plus BC tenha sido considerado altamente solúvel, observa-se que essa característica não influenciou na diminuição dos níveis de resistência de união. Seria interessante verificar em

estudos futuros, a capacidade de selamento deste cimento em comparação com os demais cimentos utilizando ativação ultrassônica.

A análise referente a penetração intratubular do Sealer Plus mostrou que a ativação ultrassônica não gerou alterações significativas na área de dentina impregnada pelo cimento ($P > 0,05$). Além disso, não foi encontrado diferença significativa em comparação com o outro cimento à base de resina epóxica testado (AH Plus) ($P > 0,05$). Os resultados desta pesquisa confrontam com os achados encontrados por Vertuan *et al.* (2017), no qual afirmaram que o AH Plus apresentou maiores valores de escoamento em comparação ao Sealer Plus (DE ALMEIDA *et al.*, 2000; MCMICHEN *et al.*, 2003; SIQUEIRA JÚNIOR *et al.*, 2000; RESENDE *et al.*, 2009; BERNARDES *et al.*, 2010). Neste caso específico cabe salientar que a área de dentina impregnada pelo Sealer Plus no terço médio foi superior ao terço apical ($P < 0,05$). Isso é ocasionado pelo menor número de túbulos dentinários à medida que se aproxima da porção apical do canal radicular, além do menor diâmetro destes túbulos nessa região. Por fim, a dificuldade em levar a solução irrigadora no terço apical, pode contribuir para reduzir a eficácia das soluções, afetando a remoção da *smear layer* nessa porção do canal (BALGUERIE *et al.*, 2011; DE DEUS *et al.*, 2004; KARA TUNCER *et al.*, 2012; SONU *et al.*, 2016).

Embora o AH Plus não tenha apresentado diferença significativa quanto a área impregnada pelo cimento ($P > 0,05$), é possível observar um ligeiro aumento na penetrabilidade frente ao uso do ultrassom. Uma das explicações para tal ocorrência é que o aumento da temperatura gera um aumento do escoamento do AH Plus, conseqüentemente aumentando a sua fluidez, favorecendo sua penetração nos túbulos dentinários (CAMILLERI, 2015). Logo, o aumento da temperatura ocasionado pela ativação ultrassônica em associação com o calor da condensação vertical no momento da técnica de obturação seria capaz de aumentar o escoamento do cimento e com isso gerando um leve aumento na sua penetração intratubular (MACEDO *et al.*, 2014).

Quanto aos padrões de falha obtidos após a realização do teste de push-out, observa-se que os cimentos biocerâmicos, em termos gerais, apresentaram maiores falhas do tipo adesiva para a obturação. Isso está associado à bioatividade dos cimentos biocerâmicos. Isso mostra o potencial

de adesividade que os cimentos à base de silicato de cálcio apresentam de se ligar fortemente às paredes do canal radicular, além de se ligar fracamente à guta percha, gerando maior desprendimento do cimento à guta. Essa característica está relacionada com o mecanismo de ação dos cimentos biocerâmicos, tendo em vista que a hidroxiapatita formada permite a criação de uma camada de interface que intensifica a ligação química com a dentina (SHOKOUHINEJAD *et al.*, 2011).

Os resultados desta pesquisa não possibilitam associar de forma direta a penetração do cimento endodôntico com sua capacidade de selamento do canal radicular. Contudo, os túbulos dentinários são componentes do sistema de canais radiculares que precisam ser selados através da penetração do cimento obturador para isolar microorganismos residuais (CANDEIRO *et al.*, 2019).

Vale ressaltar que os resultados obtidos neste estudo apresentam as devidas limitações de qualquer outro estudo que seja *in vitro*, pois nestes modelos de estudo os fenômenos são observados fora do organismo de um ser vivo, o que pode não expressar a realidade clínica. Além disso, existem poucos estudos que abordam a agitação dos cimentos endodônticos biocerâmicos com insertos ultrassônicos previamente à inserção da guta percha. Desta forma, torna-se necessário a realização de estudos futuros em relação aos temas abordados.

É cabível afirmar que este estudo possibilitou uma melhor compreensão em relação a penetrabilidade e resistência de união dos cimentos biocerâmicos frente a ativação ultrassônica, tendo em vista que a literatura carecia dessa informação. Este estudo poderá contribuir para o clínico na tomada de decisão para a escolha do cimento a ser empregado.

6. CONCLUSÕES

Diante das condições experimentais e dos resultados obtidos no presente estudo, é lícito concluir que:

- A ativação ultrassônica interfere na penetração intratubular e na resistência de união dos cimentos endodônticos.

- A composição química dos diferentes cimentos endodônticos pode ser um fator que interfere na penetração intratubular e na resistência de união, frente a ativação ultrassônica.

- Os cimentos biocerâmicos apresentaram valores de penetração intratubular similares aos cimentos à base de resina epóxica tanto sem quanto após ativação ultrassônica, mostrando excelentes propriedades físico química em comparação aos cimentos considerados padrão ouro.

- A ativação ultrassônica aumentou consideravelmente os valores de penetração intratubular dos cimentos testados, com diferença significativa para o cimento biocerâmico Endosequence e o cimento à base de resina de salicilato MTA Fillapex.

- O MTA Fillapex apresentou os maiores valores de penetração intratubular após ativação por ultrassom, sendo que o tamanho das partículas deste cimento poderia ter influenciado nesse aumento.

- O cimento biocerâmico Sealer Plus BC apresentou valores de resistência de união similares aos cimentos à base de resina epóxica AH Plus e Sealer Plus, independentemente da ativação ultrassônica, estando relacionado possivelmente com a propriedade de bioatividade dos biocerâmicos

- A ativação ultrassônica aumentou os valores de resistência de união dos cimentos Sealer Plus BC e AH Plus.

- Houve um predomínio de falhas adesivas para todos os grupos, sendo que os cimentos biocerâmicos a maior prevalência foi de falhas do tipo adesiva para a obturação, possivelmente devido a maior bioatividade dos biocerâmicos.

Levando em consideração a presença de poucos estudos investigando as diferentes propriedades dos cimentos biocerâmicos, torna-se necessário a realização de novos estudos para melhor embasar seu uso clínico.

7. REFERÊNCIAS

AGUIRRE, A.M., EL-DEEB, M.E., AGUIRRE, R. The effect of ultrasonics on sealer distribution and sealing of root canals. **J Endod.** v. 23, n. 12, p. 759-64, 1997.

AHMAD, M. Comparison between two ultrasonic units in shaping curved canals in teeth using macroradiography. **Endod Dent Traumatol.** v. 7, n. 2, p. 55-8, 1991.

AHMAD, M., PITT FORD, T.R. Comparison of two ultrasonic units in shaping simulated curved canals. **J Endod.** v. 15, n. 10, p. 457-62, 1989.

AL-HIYASAT, A.S., ALFIRJANI, S.A. The effect of obturation techniques on the push-out bond strength of a premixed bioceramic root canal sealer. **J Dent.** v. 89, n.1, p.1-7, 2019.

ALCALDE, M.P., BRAMANTE, C.M., VIVAN, R.R., AMORSO-SILVA, P.A., ANDRADE, F.B., DUARTE, M.A.H. Intradental antimicrobial action and filling quality promoted by ultrasonic agitation of epoxy resin-based sealer in endodontic obturation. **J Appl Oral Sci.** v. 25, n. 6, p. 641-49, 2017.

ALCALDE, M.P., VIVAN, R.R., MARCIANO, M.A., DUQUE, J.A., FERNANDES, S.L., ROSSETO, M.B., DUARTE, M.A.H. Effect of ultrasonic agitation on push-out bond strength and adaptation of root-end filling materials. **Restor Dent Endod.** v. 43, n. 2, p. 23-26, 2018.

AL-HADDAD, A.; AZIZ, Z. A. C. A. Bioceramic-Based Root Canal Sealers: A Review. **Int J Biomater, Baltimore.** v. 2016, n. 1, p. 1-10, 2016.

ALMEIDA, J.F., GOMES, B.P., FERRAZ, C.C., SOUZA-FILHO, F.J., ZAIA, A.A. Filling of artificial lateral canals and microleakage and flow of five endodontic sealers. **Int Endod J.** v. 40, n. 1, p. 692-9, 2007.

AMATO, R. et al. A comparasion of the efficiency of various delivery methods on sealer distribution. **AAE Abstr. Papers, Baltimore.** v. 10, n. 1, p. 119-20, 1984.

ARIAS-MOLIZ, M.T., RUIZ-LINARES, M., CASSAR, G., FERRER-LUQUE, C.M., BACA, P., ORDINOLA-ZAPATA, R., et al. The effect of benzalkonium chloride additions to AH Plus sealer. Antimicrobial, physical and chemical properties. **J Dent.** v. 43, n. 7, p. 846–54, 2015.

ARDILA, C.N., WU, M.K., WESSELINK, P.R. Percentage of filled canal area in mandibular molars after conventional root-canal instrumentation and after a noninstrumentation technique (NIT). **Int Endod J.** v. 36, n. 9, p. 591-8, 2003.

ARSLAN, H., ABBAS, A., KARATAS, E. Influence of ultrasonic and sonic activation of epoxy-amine resin-based sealer on penetration of sealer into lateral canals. **Clin Oral Investig.** v. 20, n. 8, p. 2161-64, 2016.

ASSMANN, E. et al. Evaluation of Bone Tissue Response to a Sealer Containing Mineral Trioxide Aggregate. **J Endod, Baltimore.** v. 41, n. 1, p. 62-66, 2015.

ASSMANN, E., SCARPARO, R.K., BOTTCHER, D.E., GRECCA, F.S. Dentin bond strength of two mineral troxide aggregate-based ando ne epoxy resin-based sealers. **J Endod.** v. 38, n. 1, p. 219-21, 2012.

ATMEH, A.R., ALSHWAIMI, E. The effect of heating time and temperature on epoxy resin and calcium silicate–based endodontic sealers, **J. Endod.** v. 43, n. 1, p. 2112–18, 2017.

ATMEH, A.R; CHONG, E.Z; RICHARD, G; FESTY, F; WATSON, T.F. Dentin cement interfacial interaction: calcium silicates and polyalkenoates. **Journal of Dentistry Research.** v. 91, n. 5, p. 454-9, 2012.

BALGUERIE, E., VAN DER SLUIS, L., VALLAEYS, K., GURGEL-GEORGELIN, M., DIEMER, F. Sealer penetration and adaptation in the dentinal tubules: a scanning electron microscopic study. **Journal of Endodontics.** v. 37, n. 11, p. 1576-1579, 2011.

BORGES, R.P., SOUSA-NETO, M.D., VERSIANI, M.A., RACHED-JÚNIOR, F.A., DE-DEUS, G., MIRANDA, C.E., et al. Changes in the surface of four calcium silicate-containing endodontic materials and an epoxy resin-based sealer after a solubility test. **Int Endod J.** v. 45, n. 5, p. 419-28, 2012.

BERNARDES, R.A., DE AMORIM CAMPELO, A., JUNIOR, D.S. et al. Evaluation of the flow rate of 3 endodontic sealers: Sealer 26, AH Plus, and MTA Obtura. **Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod.** v. 109, n. 1, p. 47-9, 2010.

BIN, C.V., VALERA, M.C., CAMARGO, S.E., RABELO, S.B., et al.. Cytotoxicity and genotoxicity of root canal sealers based on mineral trioxide aggregate. **J Endod.** v. 38, n. 1, p. 495-50, 2012.

BITTER, K., PARIS, S., MARTUS, P., SCHATNER, R., KIELBASSA, A.M. A Confocal Laser Scanning Microscope investigation of different dental adhesives bonded to root canal dentine. **International Endodontic Journal.** v. 37, n. 1, p. 840-8, 2004.

BITTER, K., PARIS, S., PFUERTNER, C., NEUMANN, K., KIELBASSA, A.M. Morphological and bond strength evaluation of different resin cements to root dentin. **European Journal of Oral Sciences.** v. 117, n. 1, p. 326-33, 2009.

BLUM, J.Y., PARAHY, E., MACHTOU, P. Warm vertical compaction sequences in relation to gutta-percha temperature. **J Endod.** v. 23, n. 5, p. 307-11, 1997.

BRAITT, A.H. Considerações sobre o uso de aparelhos ultra-sônicos em endodontia. **Ver Odonto.** v. 2, n. 8, p. 242-246, 1992.

BUENO, C.E.S., PELEGRINE, R.A. **Excelência em Endodontia Clínica.** São Paulo: Quintessence, 2017. v. 1, 217 p.

BASMADJIAN-CHARLES, C.L., FARGE, P., BOURGEOIS, D.M. Factors influencing the long-term results of endodontic treatment: a review of the literature. **Int Dent J.** v. 52, n. 2, p. 81-6, 2002.

BIDAR, M., SADEGHALHOSEINI, N., FORGHANI, M., ATTARAN, N. Effect of the smear layer on apical seals produced by two calcium silicate-based endodontic sealers. **J Oral Sci.** v. 56, n. 3, p. 215-9, 2014.

BÓRIO, C.C. et al. Subcutaneous connective tissue reactions to iRoot SP, mineral trioxide aggregate (MTA) Fillapex, DiaRoot BioAggregate and MTA. **Int Endod J.** v. 47, n. 7, p. 667-674, 2013.

BOSCHIAN PEST, L., CAVALLI, G., BERTANI, P., GAGLIANI, M. Adhesive post-endodontic restorations with fiber posts: push-out tests and SEM observations. **Dent Mater.** v. 18, n. 8, p. 596-602, 2002.

BURLESON, A., NUSSTEIN, J., READER, A, BECK, M. The in vivo evaluation of hand/rotary/ultrasound instrumentation in necrotic, human mandibular molars. **J Endod.** v. 33, n. 7, p. 782-7, 2007.

CALLAHAN, J.R. Rosin solution for the sealing of dentinal tubule and as an adjuvant in the filling of root canals. **Dental Cosmos**, v. 56, n. 12, p. 1376-78, 1914.

CALT, S., & SERPER, A. Dentinal tubule penetration of root canal sealers after root canal dressing with calcium hydroxide. **Journal of Endodontics.** v. 25, n. 6, p. 431–433, 1999.

CAMERON, J.A. The synergistic relationship between ultrasound and sodium hypochlorite: a scanning electron microscope evaluation. **J Endod.** v. 13, n. 11, p. 541-5, 1987.

CAMILLERI, J. Sealers and warm gutta-percha obturation techniques, **J. Endod.** v. 41, n. 1, p. 72–78, 2015.

CANDEIRO, G.T.M., CORREIA, F.C., DUARTE, M.A.H., RIBEIRO-SIQUEIRA, D.C., GAVINI, G. Evaluation of radiopacity, pH, release of calcium ions, and flow of a bioceramic root canal sealer. **J Endod.** v. 38, n. 1, p. 842–5, 2012.

CANDEIRO, G.T.M., LAVOR, A.B., LIMA, H.T.F., VASCONCELOS, B.C., GOMES, N.V., IGLECIAS, E.F., GAVINI, G. Penetration of bioceramic and

epoxy-resin endodontic cements into lateral canals. **Braz Oral Res.** v. 33, n. 1, p. 1-7, 2019.

CARNEIRO, S.M.B.S., SOUSA-NETO, M.D., RACHED-JUNIOR, F.A., MIRANDA, C.E.S., SILVA, S.R.C., SILVA-SOUSA, Y.T.C. Push-out strength of root fillings with or without thermomechanical compaction. **Int. Endod. J.** v. 45, n. 1, p. 821–828, 2012.

CARVALHO-JUNIOR, J.R., CORRER-SOBRINHO, L., CORRER, A.B., et al. Solubility and dimensional change after setting of root canal sealers: a proposal for smaller dimensions of test samples. **J Endod.** v. 33, n. 1, p. 1110-6, 2007.

CARVER, K., NUSSTEIN, J., READER, A., BECK, M. In vivo antibacterial efficacy of ultrasound after hand and rotary instrumentation in human mandibular molars. **J Endod.** v. 33, n. 9, p. 1038-43, 2007.

CATHRO, P.R., LOVE, R.M. Comparison of microseal and system b/ obtura II obturation techniques. **International Endodontic Journal**, v. 36, n. 2, p. 876-882, 2003.

CAVENAGO, B.C., DUARTE, M.A., ORDINOLA-ZAPATA, R., MARCIANO, M.A., CARPIO-PEROCHENA, A.E., BRAMANTE, C.M. Interfacial adaptation of na epoxy-resin sealer and a self-etch sealer to root canal dentin using the System B or the single cone technique. **Braz Dent J.** v. 23, n. 3, p. 205-11, 2012.

CELIKTEN, B., UZUNTAS, C.F., GULSAHI, K. Resistance to fracture of dental roots obturated with different materials. **BioMed Research International.** v. 1, n. 1, p. 1-5, 2015.

CELIKTEN, B., UZUNTAS, C.F., ORHAN, A.I., ORHAN, K., TUFENKCI, P., KURSUN, S., DEMIRALP, K.O. Evaluation of root canal sealer filling quality using a single-cone technique in oval shaped canals: an in vitro Micro-CT study. **Scanning.** v. 38, n. 1, p. 133–140, 2016.

CHANDRA, S.S., SHANKAR, P., INDIRA, R. Depth of penetration of four resin sealers into radicular dentinal tubules> a confocal microscopic study. **Journal of Endodontics**. v.38, n.10, p.1412-1416, 2012.

CHEUNG, G.S.P., STOCK, C.J.R. In-Vitro Cleaning Ability of Root-Canal Irrigants with and without Endosonics. **International Endodontic Journal**. v. 26, n. 6, p. 334-43, 1993

CINTRA, L.T.A., BENETTI, F., DE AZEVEDO QUEIROZ, Í.O., FERREIRA, L.L., MASSUNARI, L., BUENO, C.R.E., GOMES-FILHO, J.E. Evaluation of the cytotoxicity and biocompatibility of new resin epoxy-based endodontic sealer containing calcium hydroxide. **Journal of Endodontics**. v. 43, n. 2, p. 2088–2092, 2017.

COLLADO-GONZÁLEZ, M. et al. Cytotoxicity of GuttaFlow Bioseal, GuttaFlow2, MTA Fillapex, and AH Plus on Human Periodontal Ligament Stem Cells. **J Endod**. v. 43, n. 5, p. 816-822, 2017.

DE ALMEIDA, W.A., LEONARDO, M.R., TANOMARU-FILHO, M. et al. Evaluation of apical sealing of three endodontic sealers. **Int Endod J**. v. 33, n. 1, p. 25-7, 2000.

DE DEUS, G., GURGEL-FILHO, E.D., FERREIRA, C.M., COUTINHO-FILHO, T. Intratubular penetration of root canal sealers. **Pesq Odontol Bras**. v. 16, n. 4, p. 332-6, 2002.

DE DEUS, G.A., GURGEL-FILHO, E.D., MANIGLIA-FERREIRA, C., COUTINHO-FILHO, T. The influence of filling technique on depth of tubule penetration by root canal sealer: A study using light microscopy and digital image processing. **Australian Endodontic Journal**. v.30, n. 1, p. 23–28, 2004.

DE DEUS, G., MARTINS, F., LIMA, A.C.M.R., MANIGLIA-FERREIRA, C., GURGEL-FILHO, E.D., COUTINHO-FILHO, T. Analysis of the film thickness of a root canal sealer following three obturation techniques. **Braz Oral Res**. v. 17, n. 2, p. 119-25, 2003.

DE DEUS, G., REIS, C., BEZNOS, D., ABRANCHES, A.M.G., COUTINHO-FILHO, T., PACIORNIK, S. Limited ability of three commonly used thermoplasticized gutta-percha techniques in filling oval-shaped canals. **Journal of Endodontics**, v. 34, n. 11, p. 1401-1405, 2008.

DE GREGORIO, C., ESTEVEZ, R., CISNEROS, R., HEILBORN, C., COHENCA, N. Effect of EDTA Sonic and Ultrasonic Activation on the penetration of Sodium Hypochlorite into Simulated Lateral Canals: Na In Vitro Study. **J Endod**. v. 35, n. 6, p. 891-5, 2009.

DEITCH, A.K., LIEWEHR, F.R., WEST, L.A., PATTON, W.R. A comparison of fill density obtained by supplementing cold lateral condensation with ultrasonic condensation. **Journal of Endodontics**. v. 28, n. 8, p. 665-667, 2002.

DELONG, C., HE, J., WOODMANSEY, K.F. The effect of obturation technique on the push-out bond strength of calcium silicate sealers, **J. Endod**. v. 41, n. 1, p. 385–88, 2015.

DIAS, K.C. Influência do protocolo de secagem com álcool isopropílico na adesividade de diferentes cimentos obturadores de metacrilato à dentina radicular. Ribeirão Preto: **Dissertação de Mestrado** (Universidade de São Paulo). 2012.

DRS, A., KOCH, K., BRAVE, D., NASSEH, A.A. A review of bioceramic technology in endodontics. **CE Artic Technol**. v. 10, n. 1, p. 6–13, 2013.

DUARTE, M.A., BALAN, N.V., ZEFERINO, M.A., VIVAN, R.R., MORAIS, C.A., TANOMARU-FILHO, M., et al. Effect of ultrasonic activation on pH and calcium released by calcium hydroxide pastes in simulated external root resorption. **J Endod**. v. 38, n. 6, p. 834-7, 2012

DUARTE, M.A.H., et al., Influence of Calcium Hydroxide Association on the Physical Properties of AH Plus. **J Endod Baltimore**. v. 36, n. 6, p. 1048-1051, 2010.

ERSAHAN, S., AYDIN, C. Dislocation resistance of iRoot SP, a calcium silicate-based sealer, from radicular dentine. **J Endod**. v. 36, n. 12, p. 2000-2, 2010.

FARAONI, G., FINGER, M.S., MASSON, M.C., VICTORINO, F.R. Avaliação comparativa do escoamento e tempo de presa do cimento MTA Fillapex. **RFO UPF**. v. 18, n. 2, p. 180-184, 2013.

FERNÁNDEZ, R., RESTREPO, J.S., ARISTIZÁBAL, D.C., ÁLVAREZ, L.G. Evaluation of the filling ability of artificial lateral canals using calcium silicate-based and epoxy resin-based endodontic sealers and two gutta-percha filling techniques. **Int Endod J**. v. 49, n. 2, p. 365-73, 2016.

FORNARI, V.J., SILVA-SOUSA, Y.T., VANNI, J.R., PÉCOR, J.D., VERSIANI, M.A., SOUSA-NETO, M.D. Histological evaluation of the effectiveness of increased apical enlargement for cleaning the apical third of curved canals. **Int Endod J**. v. 43, n. 11, p. 988-94, 2010.

FLORES, D.S.H., RACHED-JUNIOR, F.J.A., VERSIANI, M.A., GUEDES, D.F., SOUSA-NETO, M.D., PECORA, J.D. Evaluation of physicochemical properties of four root canal sealers. **Int. Endod. J**. v. 44, n. 2, p. 126–135, 2011.

FURTADO TC. Avaliação da penetração intratubular de dois cimentos obturadores utilizando dois corantes para análise em microscopia eletrônica confocal à laser. **Trabalho de conclusão de curso**. Universidade Federal do Rio Grande do Sul. 2019.

GADE, V.J., BELSARE, L.D., PATIL, S., BHEDE, R., GADE J.R. Evaluation of push-out bond strength of endosequence BC sealer with lateral condensation and thermoplasticized technique: an in vitro study, **J. Conserv. Dent**. v. 18, n. 1, p.124–127, 2015.

GARRIDO, A.D.B., LIA, R.C.C., FRANÇA, S.C., DA SILVA, J.F., ASTOLFI-FILHO, S., SOUSA-NETO, M.D. Laboratory evaluation of the physicochemical properties of a new root canal sealer based on Copaifera multijuga oil-resin. **International Endodontic Journal**. v. 43, n. 4, p. 283-291, 2010.

GENERALI, L., CAVANI, F., SERENA, V., PETTENATI, C., RIGHI, E., & BERTOLDI, C. Effect of different irrigation systems on sealer penetration into dentinal tubules. **Journal of Endodontics**. v. 43, n. 4, p. 652–656, 2017.

GHARIB, S.R., TORDIK, P.A., IMAMURA, G.M., BAGINSKI, T.A., GOODELL, G.G.. A confocal laser scanning microscope investigation of the epiplany obturation system. **J Endod.** v. 33, n. 8, p. 957-61, 2007

GHONEIM, A.G., LUTFY, R.A., SABET, N.E., FAYYAD, D.M. Resistance to fracture of roots obturated with novel canal-filling systems. **J Endod.** v. 37, n. 11, p. 1590-2, 2011.

GOGOS, C., ECONOMIDES, N., STAVRIANOS, C., KOLOKOUNIS, I., KOKORIKOS, I. Adhesion of a new methacrylate resin-based sealer to human dentine. **Journal of Endodontics.** v. 30, n. 1, p. 238-40, 2004.

GOLDBERG, F., ARTAZA, L.P., SÍLVIO, A. Effectiveness of different obturation techniques in the filling of simulated lateral canals. **J Endod.** v. 27, n. 5, p. 362-4, 2001.

GOMES, B.P., PEDROSO, J.A., JACINTO, R.C., et al. In vitro evaluation of the antimicrobial activity of five root canal sealers. **Braz Dent J.** v. 15, n. 1, p. 30-5, 2004.

GONÇALVES, G.S. Influência de diferentes tensoativos em soluções irrigadoras na adesão do cimento endodôntico à dentina radicular bovina. Campo Grande: **Dissertação de Mestrado** (Universidade Federal do Mato Grosso do Sul). 2013.

GREGORIO, C., ESTEVEZ, R., CISNEROS, R., PARANJPE, A., COHENCA, N. Efficacy of different irrigation and activation systems on the penetration of sodium hypochlorite into simulated lateral and activation systems on the penetration of sodium hypochlorite into simulated lateral canals and up to working length: an in vitro study. **J Endod.** v. 36, n. 1, p. 1216-21, 2010.

GROSSMAN, L. Na improved root canal cement. **Journal American Dental Association.** v. 56, n. 3, p. 381-385, 1958.

GU, L., KIM, J.R., LING, J., CHOI, K.K., PASHLEY, D.H., TAY, F.R. Review of contemporary irrigant agitation techniques and devices. **J Endod.** v. 35, n. 6, p. 791–804, 2009.

GUIMARÃES, B.M. (2013). Influencia da agitação de 4 cimentos com ultrassom na capacidade seladora, penetrabilidade dentinária e qualidade da obturação pela técnica da condensação lateral ativa. **Dissertação de Mestrado**. São Paulo, Faculdade de Odontologia de Bauru da Universidade de São Paulo.

GUIMARÃES, B.M., AMOROSO-SILVA, P.A., ALCALDE, M.P., MARCIANO, M.A., DE ANDRADE, F.B., DUARTE, M.A.H. Influence of ultrasonic activation of 4 root canal sealers on the filling quality. **J Endod**. v. 40, n. 7, p. 964–8, 2014.

GUNES, B., YETER, K.Y., TERLEMEZ, A., SEKER, B., ALTAY, Y. Dentinal tubule penetration of endodontic sealers after nonthermal plasma treatment: A confocal laser scanning microscopy study. **Microsc Res Tech**. v. 82, n. 1, p. 903–908, 2019.

GURGEL-FILHO, E.D., MARTINS, F. Comparative evaluation of push-out bond strength of a MTA based root canal sealer. **Braz. J. Oral Sci**. v. 13, n. 1, p. 114–117, 2014.

GUTARTS, R., NUSSTEIN, J., READER, A., BECK, M. In vivo debridement efficacy of ultrasonic irrigation following hand-rotary instrumentation in human mandibular molars. **J Endod**. v. 31, n. 5, p. 166-70, 2005.

GÜVEN, E.P., YALVAÇ, M.E., KAYAHAN, M.B., SUNAY, H., SAHIN, F., BAYIRLI, G. Human tooth germ stem cell response to calcium-silicate based endodontic cements. **J Appl Oral Sci**. v. 21, n. 4, p. 351-7, 2013.

HADDAD FILHO, M.S. **Endodontia de Vanguarda**. 1ºed. São Paulo: Napoleão Ltda, 2015. 242 p.

HARRISON, A.J., CHIVATXARANUKUL, P., PARASHOS, P., MESSES, H.H. The effect of ultrasonically activated irrigation on reduction of *Enterococcus faecalis* in experimentally infected root canals. **Int Endod J**. v. 43, n. 11, p. 968-77, 2010.

HESS, D., SOLOMON, E., SPEARS, R., HE, J. Retreatability of a bioceramic root canal sealing material. **J Endod**. v. 37, n. 11, p. 1547–9, 2011.

HILLMAN, E.M., BURGESS, S.A. Sub-millimeter resolution 3D optical imaging of living tissue using laminar optical tomography. **Laser Photon Rev**, v. 3, n. 1-2, p. 159-179, 2009.

HOEN, M.M., LABOUNTY, G.L., KELLER, D.L. Ultrasonic endodontic sealer placement. **J Endod**. v. 14, n. 4, p. 169-74, 1988.

HOLLAND, R., DE SOUZA, V., NERY, M.J., OTOBONI-FILHO, J.A., BERNABÉ, P.F., DEZAN-JÚNIOR, E. Reaction of rat connective tissue to implanted dentin tubes filled with mineral trioxide aggregate or calcium hydroxide. **J Endod**. v. 25, n. 1, p. 161-6, 1999.

HOLLAND R., DE SOUZA, V., NERY, M.J., et al. Calcium salts deposition in rat connective tissue after the implantation of calcium hydroxide-containing sealers. **J Endod**. v. 28, n. 2, p. 173-6, 2002.

HORIUCHI, Z.H., SILVA-SOUSA, Y.T.C., RAUCCI-NETO, W., et al. Effect of thermoplastic filling techniques on the push-out strength of root sealing materials. **Brazilian Oral Research**. v. 30, n.1, 2016.

HOVLAND, E.J., DUMSHA, T.C. Leakage evaluation in vitro of the root canal sealer cement Sealapex. **Int Endod J**. v. 18, n. 3, p. 179-82, 1985.

HUANG T.H., YANG J.J., LI H., KAO C.T. The biocompatibility evaluation of epoxy resin-based root canal sealers in vitro. **Biomaterials**. v. 23, n. 1, p. 77-83, 2002.

JAMES, B.L., BROWN, C.R., LEGAN, J.J., MOORE, B.K., VAIL, M.M. Na in vitro evaluation of the contents of root canals obturated with gutta percha and AH-26 sealer of resilon and epiphany sealer. **Journal of Endodontics**. v. 33, n. 11, p. 1359-1363, 2007.

JARDINE, A. P., ROSA, R. A., SANTINI, M. F., ZACCARA, I. M., SÓ, M. V., KOPPER, P. M. Shaping ability of rotatory or reciprocating instruments in curved canals: a microcomputed tomographic study. **Braz. Oral Res**. v. 30, n. 1, p. 1-8, 2016

JEFFREY, I.M.W., SAUNDERS, W.P., THOMAS, G.E. An investigation into the movement of sealer during placement of gutta-percha points. **Int Endod J.** v. 19, n. 1, p. 21-28, 1986.

JEONG, J. W. et al. Dentinal Tubule Penetration of a Calcium Silicate-based Root Canal Sealer with Different Obturation Methods. **J Endod.** v. 43, n. 4, p. 633-637, 2017.

JIANG, S., ZOU, T., LI, D., CHANG, J.W.W., HUANG, X., ZHANG, C. Effectiveness of Sonic, Ultrasonic, and Photon-Induced Photoacoustic Streaming Activation of NaOCl on Filling Material Removal Following Retreatment in Oval Canal Anatomy. **Photomed Laser Surg.** v. 34, n. 1, p. 3–10, 2016.

KARA TUNCER, A., TUNCER, S., GOKYAY, S.S. Correlation between sealer penetration into dentinal tubules and bond strength of two new calcium silicate-based and an epoxy resin-based, endodontic sealer. **Journal of Endodontics.** v. 28, n. 1, p. 702-10, 2012.

KARABUCAK, B., KIM, A., CHEN, V., IQBAL, M.K. The comparison of gutta-percha and Resilon penetration into lateral canals with different thermoplastic delivery systems. **J Endod.** v. 34, n. 1, p. 847-9, 2008.

KARADAG, L.S., TINAZ, A.C., MIHCIOGLU, T. Influence of passive ultrasonic activation on the penetration depth of different sealers. **J Contemp Dent Pract.** v. 5, n. 1, p. 115-25, 2004.

KATEBZADEH, N., SIGURDSSON, A., TROPE, M. Radiographic evaluation of periapical healing after obturation of infected root canals: an in vivo study. **Int. Endod. J.** v. 33, n. 1, p. 60–65, 2000.

KAUR, A. et al. Biotoxicity of commonly used root canal sealers: A meta – analysis. **J Conserv Dent.** v. 18, n. 2, p. 83-88, 2015.

KHALIL, I., NAAMAN, A., CAMILLERI, J. Properties of Tricalcium Silicate Sealers. **J Endod.** v. 42, n. 10, p. 1529–35, 2016.

KHASHABA, R., CHUTKAN, N., BORKE, J. Comparative study of biocompatibility of newly developed calcium phosphate-based root canal sealers on fibroblasts derived from primary human gingiva and a mouse L929 cell line. **Int Endod J.** v. 42, n. 8, p. 711-718, 2009.

KIM, J.A., HWANG, Y.C., ROSA, V., YU, M.K., LEE, K.W., MIN, K.S. Root Canal Filling Quality of a Premixed Calcium Silicate Endodontic Sealer Applied Using Gutta-percha Cone-mediated Ultrasonic Activation. **J Endod.** v. 44, n. 1, p. 133-138, 2018.

KIM, Y., KIM, B.S., KIM, Y.M., LEE, D., KIM, S.Y. The Penetration Ability of Calcium Silicate Root Canal Sealers into Dentinal Tubules Compared to Conventional Resin-Based Sealer: A Confocal Laser Scanning Microscopy Study. **Materials (Basel).** v.12, n.3, 2019.

KLEE, J.E., GRÜTZNER, R., HÖRHOLD, H. Uncrosslinked epoxide-amine addition polymers, 44. Linear arylamine/2,2-bis[4-(2,3-epoxypropoxy)phenyl]-propane addition polymers — synthesis and properties. **Macromol Chem Phys.** v. 197, n. 7, p. 2305-23, 1996.

KOCH, K., BRAVE, D. Bioceramic technology – the game changer in endodontics. **Endodontic Practice.** v. 1, n. 1, p. 13–7, 2009.

KOHLI, M.R., YAMAGUCHI, M., SETZER, F.C., KARABUCAK, B. Spectrophotometric Analysis of Coronal Tooth Discoloration Induced by Various Bioceramic Cements and Other Endodontic Materials. **J Endod.** v. 41, n. 11, p. 1862-6, 2015.

KOK, D., DUARTE, M.A.H., ROSA, R.A., WAGNER, M.V., PEREIRA, J.R., SÓ, M.V.R. Evaluation of epoxy resin sealer after three root canal filling techniques by confocal laser scanning microscopy. **Microscopy Research and Technique.** v. 75, n. 9, p. 1277-80, 2012.

KOKKAS, A. B., BOUTSIOUKIS, A., VASSILIADIS, L.P., STAVRIANOS, C.K. The influence of the smear layer on dentinal tubule penetration depth by three different root canal sealers: an in vitro study. **Journal of Endodontics.** v. 30, n. 2, p. 100-02, 2004.

KUÇI, A., ALAÇAM, T., YAVAS, O., ERGUL-ULGER, Z., KAYAOCGLU, G. Sealer penetration into dentinal tubules in the presence or absence of smear layer: a confocal laser scanning microscopic study. **Journal of Endodontics**. v. 40, n. 10, p. 1627-31, 2014.

LEA, C.S., APICELLA, M.J., MINES, P., YANCICH, P.P., PARKER, M.H. Comparison of the obturation density of cold lateral compaction versus warm vertical compaction using the continuous wave of condensation technique. **J Endod**. v. 31, n. 1, p. 37-9, 2005.

LEDUC, L., FISHELBERG, G. Endodontic obturation: a review. **Gen Dent**. v. 51, n. 3, p. 232-3, 2003.

LEE, J.K. et al. Physicochemical Properties of Epoxy Resin-Based and Bioceramic-Based Root Canal Sealers. **Bioinorg Chem Appl**. v. 2017, n. 1, p. 1-8, 2017.

LEVITAN, M.E., HIMEL, V.T., LUCKEY, J.B. The effect of insertion rates on fill length and adaption of a thermoplasticized gutta-percha technique. **J Endod**. v. 29, n. 8, p. 505-508, 2003.

LEYHAUSEN, G., JURGEN, H., REIFFERSCHIED, G., WALDMANN, P., GEURTSSEN, W. Genotoxicity and cytotoxicity of the epoxy resin-based root canal sealer AH Plus. **Journal of Endodontics**. v. 25, n. 2, p. 109-113, 1999.

LOUSHINE, B.A., BRYAN, T.E., LOONEY, S.W., GILLEN, B.M., LOUSHINE, R.J., WELLER, R.N., et al. Setting properties and cytotoxicity evaluation of a premixed bioceramic root canal sealer. **J Endod**. v. 37, n. 5, p. 673–7, 2011.

LOVATO, K.F., SEDGLEY, C.M. Antibacterial activity of endosequence root repair material and proroot MTA against clinical isolates of *Enterococcus faecalis*. **J Endod**. v. 37, n. 1, p. 1542-6, 2011.

LUCCY, C.T., WELLER, R.N., KULILD, J.C. Na evaluation of the apical seal produced by lateral and warm lateral condensation techniques. **Journal of Endodontics**. v. 16, n. 4, p. 170-172, 1990.

MACHADO, M.E.L., et al. **Aspectos de Interesse da Endodontia Contemporânea**. São Paulo: Napoleão LTDA, 2016. 175-165 p.

MADANI, Z.S., SEFIDGAR, S.A., RASHED MOHASEL, A., ZABIHI, E., MESGARANI, A., BIJANI, A., et al. Comparative evaluation of antimicrobial activity of two root canal sealers: MTA Fillapex and AH 26. **Minerva Stomatol.** v. 63, n. 7–8, p. 267–72, 2014.

MARCIANO, M.A., ORDINOLA-ZAPATA, R., CUNHA, T.V., DUARTE, M.A., CAVENAGO, B.C., GARCIA, R.B., BRAMANTE, C.M., BERNARDINELI, N., MORAES, I.L. Analysis of four gutta-percha techniques used to fill mesial root canals of mandibular molars. **Int Endod J.** v. 44, n. 4, p. 321-9, 2011.

MARQUES, K.T., RUON, V., VOLPATO, L., MARENGO, G., HARAGUSHIKU, G.A., BARATTO- -FILHO, F., ET al. Selamento apical proporcionado por diferentes cimentos endodônticos. **Stomatos.** v. 17, n. 32, p. 24-32, 2011.

MASSI, S., TANOMARU-FILHO, M., SILVA, G.F., DUARTE, M.A., GRIZZO, L.T., BUZALAF, M.A., et al. pH, calcium Ion release, and setting time of an experimental mineral trioxide aggregate–based root canal sealer. **J Endod.** v. 37, n. 6, p. 844-846, 2011.

MARTINS, S.C., MELLO, J., MARTINS, C.C., MAURÍCIO, A., GINJEIRA, A. Comparison of endodontic obturation by lateral condensation techniques, hybrid Tagger and Thermafil: a pilot study with Micro-CT. **Rev Port de Est, Med Dent e Cir Max** 2011;52:59-69.

MCMICHEN, F.R.S., PEARSON, G., RAHBARAN, S., et al. A comparative study of selected physical properties of five root-canal sealers. **Int Endod J.** v. 36, n. 1, p. 629-35, 2003.

MCMICHAEL, G.E., PRIMUS, C.M., OPPERMAN, L.A. Dentinal Tubule Penetration of Tricalcium Silicate Sealers. **J Endod.** v. 42, n. 1, p. 632-6, 2016.

MOHAMMADI, Z. Evaluation of residual antibacterial activity of three concentrations of new root canal irrigation solution. **The New York State Dental Journal.** v. 74, n. 1, p. 31-33, 2008.

MACEDO, R.G., VERHAAGEN, B., FERNANDEZ RIVAS, D., GARDENIERS, J.G.E., VAN DER SLUIS, L.W.M., WESSELINK, P.R., VERSLUIS, M. Sonochemical and high-speed optical characterization of cavitation generated by an ultrasonically oscillating dental file in root canal models. **Ultrasonics Sonochemistry**. v. 21, n. 1, p. 324-35, 2014

MADHURI, G.V., VARRI, S., BOLLA, N., MANDAVA, P., AKKALA, L.S., SHAIK, J. Comparison of bond strength of different endodontic sealers to root dentin: an in vitro push-out test. **J Conserv Dent**. v. 19, n. 5, p. 461-4. 2016.

MARTIN, H. Ultrasonic disinfection of the root canal. **Oral Surg**. v. 42, n. 1, p. 92-96, 1976.

MENDES, A.T., SILVA, P.B., SÓ, B.B., HASHIZUME, L.N., VIVAN, R.R., ROSA, R.A., DUARTE, M.A.H., SÓ, M.V.R. Evaluation of Physicochemical Properties of New Calcium Silicate-Based Sealer. **Brazilian Dental Journal**. v. 29, n. 6, p. 536-540, 2018

MICHELOTTO, A.L.C., et al. In vitro analysis of thermocompaction time and gutta-percha type on quality of main canal and lateral canals filling. **Brazilian Oral Research**. v. 24, n. 3, p. 290-295, 2010.

MOON, Y.M., KIM, H.C., BAE, K.S., BAEK, S.H., SHON, W.J., & LEE, W. Effect of laser-activated irrigation of 1320-nanometer Nd:YAG laser on sealer penetration in curved root canals. **Journal of Endodontics**. v. 38, n. 4, p. 531–535, 2012.

NAGAS, E., UYANIK, M.O., EYMIRLI, A., CEHRELI, Z.C., VALLITTU, P.K., LASSILA, L.V., et al. Dentin moisture conditions affect the adhesion of root canal sealers. **J Endod**. v. 38, n. 2, p. 240-4, 2012

NEELAKANTAN, P., SUBBARAO, C., SUBBARAO, C.V., DE-DEUS, G., ZEHNDER, M. The impact of root dentin conditioning on sealing ability and push-out strength of an epoxy resin root canal sealer. **International Endodontic Journal**. v. 44, n. 6, p. 491-8, 2011.

NEELAKANTAN, P., SHARMA, S., SHEMESH, H., WESSELINK, P.R. Influence of irrigation sequence on the adhesion of root canal sealers to dentin: A fourier transform infrared spectroscopy and push-out bond strength analysis. **J. Endod.** v. 41, n. 1, p. 1108–1111, 2015.

NIKHIL, V., SINGH, R. Confocal laser scanning microscopic investigation of ultrasonic, sonic, and rotary sealer placement techniques. **J Conser Dent.** v. 16, n. 4, p. 294-9, 2013.

NIKHILL, V., BANSAL, P., SAWANI, S. Effect of technique of sealer agitation on percentage and depth of MTA Fillapex sealer penetration: a comparative in-vitro study. **J Conserv Dent.** v. 18, n. 2, p. 119-23, 2015

OHLWEILER, O.A. **Química analítica quantitativa.** Rio de Janeiro: Livros Técnicos e Científicos, 1974. 1040 p., v. 2.

OKSAN, T., AKTENER, B.O., SEM, B.H, TEZEL, H. The penetration of root canal sealers into dentinal tubules. A scanning electron microscopic study. **International Endodontic Journal.** v. 26, n. 5, p. 301-305, 1993.

OLTRA, E., et al. Retreatability of two endodontic sealers, EndoSequence BC Sealer and AH Plus: a micro-computed tomographic comparison. **Restor Dent Endod.** v. 42, n. 1, p. 19-26, 2017.

ORDINOLA-ZAPATA, R., BRAMANTE, C.M., GRAEFF, M.S., DEL CARPIO PEROCHENA, A., VIVAN, R.R., CAMARGO, E. J., GARCIA, R.B., BERNARDINELI, N., GUTMANN, J.L., DE MORAES, I.G. Depth and percentage of penetration of endodontic sealers into dentinal tubules after root canal obturation using a lateral compaction technique: a confocal laser scanning study. **Oral Surgery Oral Medicine Oral Pathology Oral Radiology and Endodontics.** v. 108, n. 3, p. 450-457, 2009.

ØRSTAVIK, D., ERIKSEN, H.M., BEYER-OLSEN, E.M. Adhesive properties and leakage of root canal sealers in vitro. **Int. Endod. J.** v. 16, n. 1, p. 59–63, 1983.

ORSTAVIK, D. Materials used for root canal obturation: technical, biological and clinical testing. **Endodontic Topics**. v. 12, n. 1, p. 25-38, 2005.

OZKOCAK, I., SONAT, B. Evaluation of Effects on the Adhesion of Various Root Canal Sealers after Er:YAG Laser and Irrigants Are Used on the Dentin Surface. **J Endod**. v. 41, n. 8, p. 1331-6, 2015.

PABLO, O.V., ESTEVEZ, R., SÁNCHEZ, M.P., HEILBORN, C., COHENÇA, N. Root anatomy and canal configuration of the permanente mandibular first molar: A systematic review. **Journal of Endodontics**. v. 36, n. 12, p. 1919-1931, 2010.

PANE, E.S., PALAMARA, J.E., MESSER, H.H., "Critical evaluation of the push-out test for root canal filling materials". **Journal of Endodontics**. v. 39, n. 1, p. 669-73, 2013.

PARIOKH, M., TORABINEJAD, M. Mineral trioxide aggregate: a comprehensive literature review – Part II: leakage and biocompatibility investigations. **J Endod**. v. 36, n. 1, p. 190- 202, 2010.

PATEL, D.V., SHERRIFF, M., FORD, T.R., WATSON, T.F., MANNOCCI, C. The penetration of Real Seal primer and Tubliseal into root canal dentinal tubules: a confocal microscopy. **International Endodontic Journal**. v. 40, n. 1, p. 67-71, 2007.

PAWAR, S.S., PUJAR, M.A., MAKANDAR, S.D. Evaluation of the apical sealing ability of bioceramic sealer, AH plus & epiphany: An in vitro study. **J Conserv Dent**. v. 17, n. 6, p. 579-82, 2014.

PERASSI, F.T., FILHO, I.B., BERBERT, F.L., CARLOS, I.Z. DE TOLEDO LEONARDO, R. Secretion of tumor necrosis fator-alpha by mouse peritoneal macrophages in the presence of dental sealers, sealapex and endomethasone. **J Endod**. v. 30, n. 7, p. 534-7, 2004.

PETERS, C.I., SONNTAG, D., PETERS, O.A. Homogeneity of root canal fillings performed by undergraduate students with warm vertical and cold lateral techniques. **Oral Surgery Oral Medicine Oral Pathology Oral Radiology Endodontics**. v. 110, n. 3, p. 41-49, 2010.

PETERS, O.A., SCHONENBERGER, K., LAIB, A. Effects of four Ni–Ti preparation techniques on root canal geometry assessed by micro computed tomography, **Int. Endod. J.** v. 34, n. 1, p. 221–30, 2001.

PIOSH, T., STOTZ, S., STAEHLE, H.J., DUSCHNER, H. Applications of confocal laser scanning microscopy to dental bonding. **Advances in Dental Research.** v. 11, n. 4, p. 453-461, 1997.

PLOTINO, G., PAMEIJER, C.H., GRANDE, N.M., SOMMA, F. Ultrasonics in endodontics: a review of the literature. **J Endod.** v. 33, n. 2, p. 81-95, 2007.

POMMEL, L., JACQUOT, B., CAMPS, J. Lack of correlation among three methods for evaluation of apical leakage. **J Endod.** v. 27, n. 5, p. 347-50, 2001.

PRATI, C., GANDOLFI, M.G. Calcium silicate bioactive cements: Biological perspectives and clinical applications. **Dent Mater Off Publ Acad Dent Mater.** v. 31, n. 4, p. 351–70, 2015.

RACHED-JUNIOR, F.J.A., SOUZA, A.M., MACEDO, L.M.D., RAUCCI-NETO, W., BARATTO-FILHO, F., SILVA, B.M., SILVA-SOUSA, Y.T.C. Effect of root canal filling techniques on the bond strength of epoxy resin-based sealers. **Braz. Oral Res.** v.30, n.1, 2016.

RAZMI, H., BOLHARI, B., KARAMZADEH DASHTI, N., FAZLYAB, M. The Effect of Canal Dryness on Bond Strength of Bioceramic and Epoxy-resin Sealers after Irrigation with Sodium Hypochlorite or Chlorhexidine. **Iran Endod J.** v. 11, n. 2, p. 129-133, 2016.

RESENDE, L.M., RACHED-JUNIOR, F.J., VERSIANI, M.A., SOUZA-GABRIEL, A.E., MIRANDA, C.E.S., SILVA-SOUSA, Y.T.C., SOUSA NETO, M.D. A comparative study of physicochemical properties of AH Plus, Epiphany, and Epiphany SE root canal sealers. **Internacional Endodontic Journal.** v. 42, n. 9, p. 785-793, 2009.

RESZKA, P. et al. A Comparative Chemical Study of Calcium Silicate-Containing and Epoxy Resin-Based Root Canal Sealers. **Biomed Res Int.** v. 1, n. 1, p. 1-8, 2016.

RICHMAN, M.J. The use of ultrasonic in root canal therapy and root resection. **J. Dent. Med.** v. 12, n. 1, p. 8-12, 1957.

RÔÇAS, I.N., SIQUEIRA, J.F. In vivo antimicrobial effects of endodontic treatment procedures as assessed by molecular microbiologic techniques. **J Endod.** v. 37, n. 1, p. 304-310, 2011.

ROBERTS, H.W., TOTH, J.M., BERZINS, D.W., et al. Mineral trioxide aggregate material use in endodontic treatment: a review of the literature. **Dent Mat.** v. 24, n. 1, p. 149–64, 2008.

ROSA, R.A., BARRETO, M.S., MORAES, R.A., BROCH, J., BIER, C.A., SÓ, M.V., KAIZER, O.B., VALANDRO, L.F. Influence of endodontic sealer composition and time of fiber post cementation on sealer adhesiveness to bovine root dentin. *Braz Dent J.* v. 24, n. 3, p. 241-6, 2013.

RUIZ-LINARES, M., BAILÓN-SÁNCHEZ, M.E., BACA, P., VALDERRAMA, M., FERRER-LUQUE, C.M. Physical properties of AH Plus with chlorhexidine and cetrimide. **Journal of Endodontics.** v. 39, n. 12, p. 1611-1614, 2013.

RUSSELL, A., FRIEDLANDER, L., & CHANDLER, N. Sealer penetration and adaptation in root canals with the butterfly effect. **Australian Endodontic Journal.** v. 44, n. 1, p. 225–234, 2017.

SAGSEN, B., USTEUN, Y., DEMIRBUGA, S., PALA, K. Push-out bond strength of two new calcium silicate-based endodontic sealers to root canal dentine. **Int Endod J.** v. 44, n. 1, p. 1088–91, 2011.

SANTOS, J., TJÄDERHANE, L., FERRAZ, C., ZAIA, A., ALVES, M., DE GOES, M., et al. Long- term sealing ability of resin-based root canal fillings. **Int Endod J.** v. 43, n. 6, p. 455-460, 2010.

SCELZA, M.Z., LINHARES, A.B., DA SILVA, L.E., et al.. A multiparametric assay to compare the cytotoxicity of endodontic sealers with primary human osteoblasts. **Int Endod J.** v. 45, n. 1, p. 12-8, 2012.

SCHÄFER, E., SCHRENKER, C., ZUPANC, J., BÜRKLEIN, S. Percentage of Gutta-percha Filled Areas in Canals Obturated with Cross-linked Gutta-percha

Core-carrier Systems, Single-Cone and Lateral Compaction Technique. **J Endod.** v. 42, n. 2, p. 294–8, 2016.

SCHAFER, E., ZANDBIGLARI, T. Solubility of root-canal sealers in water and artificial saliva. **Int Endod J.** v. 36, n. 10, p. 660-9, 2003.

SCHILDER, H. Filling root canal in three dimensions. **Dent Clin Nort Amer.** v. 11, n. 5, p. 723-44, 1967.

SCHILDER, H. Filling root canals in three dimensions, **J. Endod.** v. 32, n. 1, p. 281–290, 2006.

SCHILDER, H., GOODMAN, A., ALDRICH, W. The thermomechanical properties of gutta-percha. Part II: determination of phase transition temperatures for gutta-percha. **Oral Surg Oral Med Oral Pathol.** v. 38, n. 1, p. 109-14, 1974.

SCHROËDER, A. Mitteilungen über die abschlussdichtigkeit von wurzelfüllmaterialien und erster hinweis auf ein neuartiges wurzelfüllmittel. **Schweizerische Monatsschrift für Zahnheilkunde.** v. 64, p. 921-31, 1954.

SHAKYA, V.K. An Invitro Evaluation of Antimicrobial Efficacy and Flow Characteristics for AH Plus, MTA Fillapex, CRCS and Gutta Flow 2 Root Canal Sealer. **J Clin Diagn Res.** v. 10, n. 8, p.104-108, 2016.

SHEMESH, H., BIER C.A., WU, M.K., TANOMARU-FILHO, M., WESSELINK, P.R. The effects of canal preparation and filling on the incidence of dentinal defects, **Int. Endod. J.** v. 42, n. 1, p. 208–213, 2009.

SHEMESH, H., WESSELINK, P.R., WU, M.K. Incidence of dentinal defects after root canal filling procedures. **Int. Endod. J.** v. 43, n. 1, p. 995–1000, 2010.

SHEPPARD, C.R.J., SHOTTON, D.M. **Confocal Laser Scanning Microscopy.** BIOS Scientific Publishers Ltd., Oxford, UK, 1997.

SHOKOUHINEJAD, N., GORJESTANI, H., NASSEH, A.A., HOSEINI, A., MOHAMMADI, M., SHAMSHIRI, A.R. Push-out bond strength of gutta-percha

with a new bioceramic sealer in the presence or absence of smear layer. **Aust Endod J.** v. 39, n. 3, p. 102–6, 2011.

SILVA ALMEIDA, L.H., MORAES, R.R., MORGENTAL, R.D., PAPPEN, F.G. Are Premixed Calcium Silicate-based Endodontic Sealers Comparable to Conventional Materials? A Systematic Review of In Vitro Studies. **J Endod.** v. 43, n. 4, p. 527–35, 2017.

SILVA, E.J.N.L., ROSA, T.P., HERRERA, D.R., JACINTO, R.C., GOMES, B.P.F.A., ZAIA, A.A. Evaluation of cytotoxicity and physicochemical properties of calcium silicate-based endodontic sealer MTA fillapex. **Journal of Endodontics.** v. 39, n. 2, p. 274-277, 2013.

SILVA, E.J., ZAIA, A.A., PETERS, O.A. Cytocompatibility of calcium silicate-based sealers in a three-dimensional cell culture model. **Clin Oral Invest.** v. 21, n. 5, p. 1531-36, 2016.

SINGH, G., GUPTA, I., ELSHAMY, F.M., BOREAK, N., HOMEIDA, H.E. In vitro comparison of antibacterial properties of bioceramic-based sealer, resin-based sealer and zinc oxide eugenol based sealer and two mineral trioxide aggregates. **Eur J Dent.** v. 10, n. 3, p. 366-9, 2016.

SIQUEIRA JR, F.J., FRAGA, R.C., GARCIA, P.F. Evaluation of sealing ability, pH and flow rate of three calcium hydroxide-based sealers. **Endod Dent Traumatol.** v. 11, n. 1, p. 225-8, 1995.

SIQUEIRA, J.F., ROCAS, I.N. Clinical implications and microbiology of bacterial persistence after treatment procedures. **J Endod.** v. 34, n. 11, p. 1291-301, 2008.

SIQUEIRA JÚNIOR, J.F., FAVIERI, A., GAHYVA, S.M.M. Antimicrobial activity and flow rate of newer and established root canal sealers. **J Endod.** v. 26, n. 1, p. 274-7, 2000.

SJÖGREN, U., HÄGGLUND, B., SUNDQVIST, G., WING, K. Factors affecting the long-term results of endodontics treatment. **J Endod.** v. 16, n. 10, p. 498-504, 1990.

SJOGREN, U., FIGDOR, D., PERSSON, S., SUNDQVIST, G. Influence of infection at the time of root filling on the outcome of endodontic treatment of teeth with apical periodontitis, **Int. Endod. J.** v. 30, n. 1, p. 297–306, 1997.

SOLANO, F., HARTWELL, G., APPELSTEIN, C. Comparison of apical leakage between immediate versus delayed post space preparation using AH Plus sealer. **Journal of Endodontics.** v. 31, n. 10, p. 752-754, 2005.

SONNTAG, D., et al., Experimental amine-epoxide sealer: a physicochemical study in comparison with AH Plus and EasySeal. **Int Endod J.** v. 48, n. 8, p. 747-756, 2014.

SONU, K. R., GIRISH, T. N., PONNAPPA, K. C., KISHAN, K. V., & THAMEEM, P. K. Comparative evaluation of dentinal penetration of three different endodontic sealers with and without smear layer removal – Scanning electron microscopic study. **Saudi Endodontic Journal.** v. 6, n. 1, p. 16–20, 2016.

SOUZA, V., NERY, M.J., RODRIGUES, R.R., DEZAN-JUNIOR, E., SCANACAVACCA, P., MUNHOZ, A.C. Avaliação do selamento marginal apical obtido com alguns cimentos endodônticos. **Arq Ciênc Saúde Unipar.** v. 5, n. 3, p. 1-2, 2001.

SOUZA, S.F., BOMBANA, A.C., FRANCCI, C., GONÇALVES, F., CASTELLAN, C., BRAGA, R.R. Polymerization stress, flow and dentine bond strength of two resin-based root canal sealers. **International Endodontic Journal,** v. 42, n. 10, p. 867-873, 2009.

SPANGBERG, L., ENGSTROM, B., LANGELAND, K. vBiologic effects of dental materials: 3 Toxicity and antimicrobial effect of endodontic antiseptics in vitro. **Oral Surgery, Oral Medicine and Oral Pathology.** v. 36, n. 1, p. 856-71, 1973.

SRIVASTAVA, S., et al. Evaluation of pH and calcium ion diffusion from MTA Fillapex and Sealapex through simulated external root resorption -An In Vitro Study. **Endodontology.** v. 26, n. 2, p. 305-308, 2014.

STELZER, R., SCHALLER, H.G., GERNHARDT, C.R. Push-out bond strength of RealSeal SE and AH Plus after using diferente irrigation solutions. **Journal of Endodontics**. v. 40, n. 10, p. 1654-1657, 2014.

SUNDQVIST, G., FIGDOR, D., PERSSON, S., SJÖGREN, U. Microbiologic analysis of teeth with failed endodontic treatment and the outcome of conservative re-treatment. **Oral Surg Oral Med Oral Pathol Radiol Endod**. v. 85, n. 1, p. 86-93, 1998.

TAGGER, M., GOLD, A. Flow of various brands of gutta-percha cones under in vitro thermomechanical compaction. **J Endod**. v. 14, n. 3, p. 115-20, 1988.

TANG, M.P., STOCK, C.J. The effect of hand, sonic and ultrasonic instrumentation on the shape of curved root canals. **Int Endod J**. v. 22, n. 2, p. 55-63, 1989.

TANOMARU-FILHO, M., BOSSO, R., VIAPIANA, R., GUERREIRO-TANOMARU, J.M. Radiopacity and flow of different endodontic sealers. **Acta Odontol Latinoam AOL**. v. 26, n. 2, p. 121–5, 2013.

TANOMARU FILHO, M., JORGE, E.G., TANOMARU, J.M.G. Avaliação da capacidade seladora apical de materiais retrobturadores empregando corante rodamina B. **JBE, J. Bras. Endod**. v. 6, n. 24, p. 89-93, 2006.

TAVARES, C.O., et al. Tissue Reactions to a New Mineral Trioxide Aggregate–containing Endodontic Sealer. **J Endod, Baltimore**. v. 39, n. 5, p. 653-657, 2013.

TOPÇUOĞLU, H.S., TUNCAY, Ö., KARATAS, E., ARSLAN, H., YETER, K. In vitro fracture resistance of roots obturated with epoxy resin-based, mineral trioxide aggregate-based, and bioceramic root canal sealers. **J Endod**. v. 39, n. 12, p. 1630-3, 2013.

TORABINEJAD, M., HONG, C.U., McDONALD, F., PITT FORD, T.R. Physical and chemical properties of a new root-end filling material. **J Endod**. v. 21, n. 7, p. 349-53, 1995.

TORABINEJAD, M., HIGA, R.K., MCKENDRY, D.J., PITT FORD, T.R. Dye leakage of four root end filling materials effects of blood contamination. **J Endod.** v. 20, n. 1, p. 159-63, 1994.

TÜRKER, S.A., UZUNOĞLU, E., PURALI, N. Evaluation of dentinal tubule penetration depth and push-out bond strength of AH 26, BioRoot RCS, and MTA Plus root canal sealers in presence or absence of smear layer. **J Dent Res Dent Clin Dent Prospects.** v. 12, n. 4, p. 294-298, 2018.

UNGOR, M., ONAY, E.O., ORUCOGLU, H. Push-out bond strengths: The epiphany-resilon endodontic obturation system compared with different pairings of epiphany, resilon, ah plus and gutta-percha. **Int. Endod. J.** v. 39, n. 1, p. 643–647, 2006.

UTNEJA, S., NAWAL, R.R., TALWAR, S., VERMA, M. Current perspectives of bio-ceramic technology in endodontics: calcium enriched mixture cement - review of its composition, properties and applications. **Restor Dent Endod.** v. 40, n. 1, p. 1–13, 2015.

UZUNOGLU, E.Y.Z., SUNGUR, D.D., ALTUNDASAR, E. Retreatability of Root Canals Obturated Using Gutta-Percha with Bioceramic, MTA and Resin-Based Sealers. **Iran Endod J Teerão.** v. 10, n. 2, p. 93-98, 2015.

VALENTIM, R.M., SILVA, L.M.M., SILVA, C.C., CARVALHO, N.K., VIEIRA, V.T.L., SILVA, E.J.N.L. Literature review of physicochemical and biological properties of a calcium silicate base. **Rev bras odontol.** v. 73, n. 1, p. 237-41, 2016.

VAN DER SLUIS, L.W.M., VERSLUIS, M., WU, M.K., WESSELINK, P.R. Passive ultrasonic irrigation of the root canal: a review of the literature. **Int Endod J.** v. 40, n. 6, p. 415–26, 2007.

VERSIANI, M.A., et al. A comparative study of physicochemical properties of AH Plus and Epiphany root canal sealants. **Int Endod J.** v. 39, n. 6, p. 464-71, 2006.

VERTUAN, G.C., DUARTE, M.A.H., MORAES, I.G., PIAZZA, B., VASCONCELOS, B.C., ALCALDE, M.P., VIVAN, R.R. Evaluation of physicochemical properties of a new root canal sealer. **Journal of Endod.** v. 44, n. 1, p. 501–5, 2017.

VIAPIANA, R., et al. Physicochemical and mechanical properties of zirconium oxide and niobium oxide modified Portland cement-based experimental endodontic sealers. **Int Endod J.** v. 47, n. 5, p. 437- 448, 2014.

VIAPIANA, R., MOINZADEH, A.T., CAMILLERI, L., WESSELINK, P.R., TANOMARU FILHO, M., CAMILLERI, J. Porosity and sealing ability of root fillings with gutta-percha and BioRoot RCS or AH Plus sealers. Evaluation by three ex vivo methods. **Int Endod J.** v. 49, n. 8, p. 774–82, 2016.

VILAS-BOAS, D.A., GRAZZIOTIN-SOARES, R., ARDENGHI, D.M., BAUER, J., DE SOUZA, P.O., DE MIRANDA CANDEIRO, G.T., MAIA-FILHO, E.M., CARVALHO, C.N. Effect of different endodontic sealers and time of cementation on push-out bond strength of fiber posts. **Clin Oral Investig.** v. 22, n. 3, p. 1403-09, 2018.

VITTI, R.P., PRATI, C., SILVA, E.J.N.L., SINHORETI, M.A.C., ZANCHI, C.H., SOUZA E SILVA, M.G., et al. Physical properties of MTA Fillapex Sealer. **J Endod.** v. 39, n. 7, p. 915-8, 2013.

VIVAN, R.R., et al. Avaliação da radioterapia de diferentes cimentos obturadores endodônticos, acrescidos de hidróxido de cálcio. **SALUSVITA.** v. 32, n. 1, p. 25-36, 2013.

WANG, Z., SHEN, Y., HAAPASALO, M. Dentin extends the antibacterial effect of endodontic sealers against *Enterococcus faecalis* biofilms. **J Endod.** v. 40, n. 4, p. 505-8, 2014.

WEIS, M.V., PARASHOS, P., MESSES, H.H. Effect of obturation technique on sealer cement thickness and dentinal tubule penetration. **International Endodontic Journal.** v. 37, n. 10, p. 653-63, 2004.

WELLER, R.N., KIMBROUGH, W.F., ANDERSON, R.W. A comparison of thermoplastic techniques: adaptation to the canal walls. **J Endod.** v. 23, n. 12, p. 703-6, 1997.

WEST, L.A., LABOUNTY, G.L., KELLER, D.L. Obturation quality utilizing ultrasonic cleaning and sealer placement followed by lateral condensation with gutta-percha. **J Endod.** v. 15, n. 11, p. 507-11. 1989

WHITE, R.R., GOLDMAN, M., LIN, P.S. The Influence of the smeared layer upon dentinal tubule penetration by plastic filling materials. **Journal of Endodontics**, v. 10, n. 12, p. 58-62, 1984.

WHITWORTH, J. **Methods of filling root canals: principles and practices.** Endod. Topics, 2005. v. 12. 2–24 p.

WIEMANN, A.H., WILCOX, L.R. In vitro evaluation of four methods of sealer placement. **J Endod.** v. 17, n. 9, p. 444-7, 1991.

WIESSE, P.E.B., SILVA-SOUSA, Y.T., PEREIRA, R.D., ESTRELA, C., DOMINGUES, L.M., PÉCORÁ, J.D., SOUSA-NETO, M.D. Effect of ultrasonic and sonic activation of root canal sealers on the push-out bond strength and interfacial adaptation to root canal dentine. **International Endodontic Journal.** v. 51, n. 1, p. 102–11, 2018.

WISEMAN, A., COX, T.C., PARANJPE, A., FLAKE, N.M., COHENCA, N., JOHNSON, J.D. Efficacy of sonic and ultrasonic activation for removal of calcium hydroxide from mesial canals of mandibular molars: a microtomographic study. **J Endod.** v. 37, n. 2, p. 235–8, 2011.

WU, M.K., WESSELINK, P.R. Efficacy of three techniques in cleaning the apical portion of curved root canals. **Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod.** v. 79, n. 4, p. 492-6, 1995.

XUEREB, M., VELLA, P., DAMIDOT, D., SAMMUT, C.V., CAMILLERI, J. In situ assessment of the setting of tricalcium silicate-based sealers using a dentin pressure model. **J Endod.** v. 41, n. 1, p. 111-24, 2015.

ZAPATA, R.O., BRAMANTE, C.M., DE MORAES, I.G., BERNARDINELI, N., GASPAROTO, T.H., GRAEFF, M.S., CAMPANELLI, A.P., GARCIA, R.B. Confocal laser scanning microscopy is appropriate to detect viability of *Enterococcus faecalis* in infected dentin. **J Endod.** v. 34, n. 10, p.1198-201, 2008.

ZEHNDER, M. Root canal irrigants. **Journal of Endodontics.** v.32, n.1, p.389-398, 2006.

ZHANG, H., et al. Antibacterial Activity of Endodontic Sealers by Modified Direct Contact Test Against *Enterococcus faecalis*. **J Endod.** v. 35, n. 7, p.1051-1055, 2009.

ZHANG, W., LI, Z., PENG, B. Assessment of a new root canal sealer's apical sealing ability. **Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod.** v. 107, n. 6, p. 79-82, 2009.

ZHANG, W., LI, Z., PENG, B. Effects of iRoot SP on mineralization-related genes expression in MG63 cells. **J Endod.** v. 36, n. 12, p.1978-82, 2010.

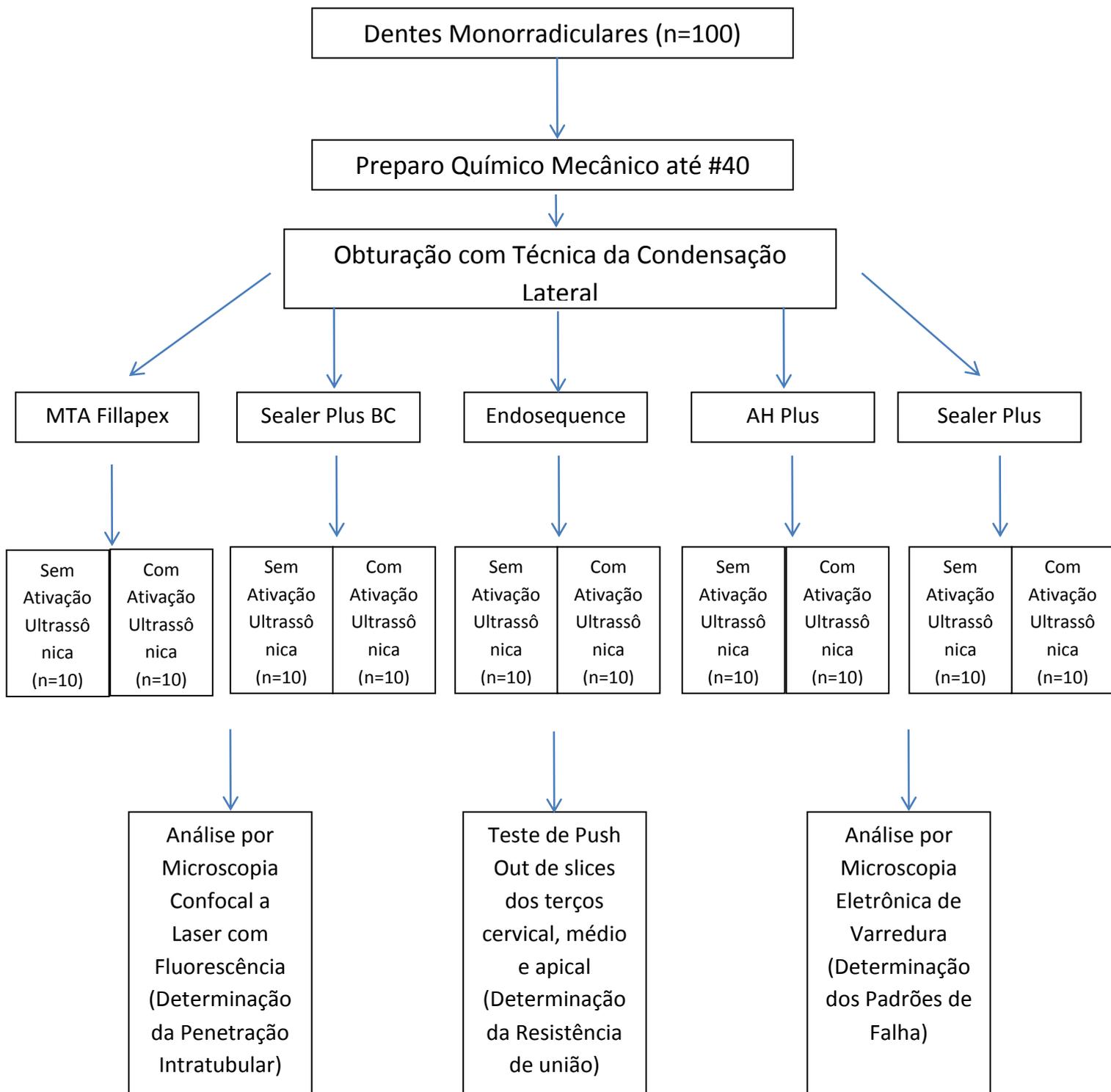
ZHOU, H.M., SHEN, Y., ZHENG, W., LI, L., ZHENG, Y.F., HAAPASALO, M. Physical properties of 5 root canal sealers. **J Endod.** v. 39, n. 10, p. 1281-6, 2013.

ZOU, L., SHEIN, Y., LI, W., HAAPASALO, M. Penetration of Sodium Hypochlorite into Dentin. **J. Endod.** v. 36, n. 6, p. 793-96, 2010.

ZOUFAN, K., JIANG, J., KOMABAYASHI, T., WANG, Y.H., SAFAVI, K.E., ZHU, Q. Cytotoxicity evaluation of Gutta Flow and Endo Sequence BC sealers. **Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod.** v. 112, n.5, p. 657-61, 2011.

8. APÊNDICE

8.1 Fluxograma

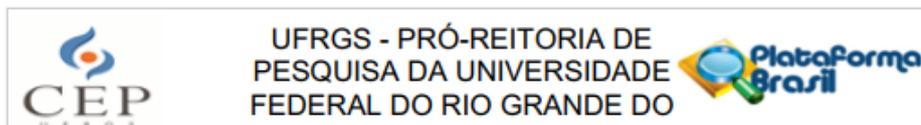


9. ANEXOS

9.1 Aprovação do Comitê de Pesquisa

Sistema Pesquisa - Pesquisador: Ricardo Abreu Da Rosa					
Dados Gerais:					
Projeto Nº:	34288	Título:	EFEITO DA ATIVAÇÃO ULTRASSÔNICA DE CIMENTOS BIOCERÂMICOS NA RESISTÊNCIA ADESIVA E ADAPTAÇÃO INTERFACIAL AO CANAL RADICULAR		
Área de conhecimento:	Endodontia	Início:	01/03/2018	Previsão de conclusão:	30/08/2019
Situação:	Projeto Concluído	Término:	30/08/2019		
Origem:	Faculdade de Odontologia Departamento de Odontologia Conservadora	Projeto da linha de pesquisa:	Biomateriais e técnicas terapêuticas em Odontologia		
Local de Realização:	não informado				
Não apresenta relação com Patrimônio Genético ou Conhecimento Tradicional Associado.					
Objetivo:	<div style="border: 1px solid black; padding: 5px;">Avaliar o efeito da ativação ultrassônica dos cimentos biocerâmicos no que tange à resistência adesiva e adaptação interfacial.</div>				
Palavras Chave:					
CIMENTOS BIOCERÂMICOS, RESISTÊNCIA ADESIVA					
Equipe UFRGS:					
Nome: Ricardo Abreu da Rosa Coordenador - Início: 01/03/2018 Término: 30/08/2019					
Nome: LILIAN TIETZ Outra: Aluno de Mestrado - Início: 01/03/2018 Término: 30/08/2019					
Nome: MARCUS VINICIUS REIS SO Pesquisador - Início: 01/03/2018 Término: 30/08/2019					
Avaliações:					
Comissão de Pesquisa de Odontologia - Aprovado em 23/04/2018 Clique aqui para visualizar o parecer					

9.2 Aprovação do Comitê de Ética em Pesquisa



PARECER CONSUBSTANCIADO DO CEP

DADOS DO PROJETO DE PESQUISA

Título da Pesquisa: Efeito da ativação ultrassônica de cimentos biocerâmicos na resistência adesiva e adaptação interfacial ao canal radicular

Pesquisador: Ricardo Abreu da Rosa

Área Temática:

Versão: 3

CAAE: 03294618.2.0000.5347

Instituição Proponente: Universidade Federal do Rio Grande do Sul

Patrocinador Principal: Financiamento Próprio

DADOS DO PARECER

Número do Parecer: 3.176.239

Apresentação do Projeto:

O projeto intitulado "Efeito da ativação ultrassônica de cimentos biocerâmicos na resistência adesiva e adaptação interfacial ao canal radicular" é de autoria do prof. Ricardo Abreu da Rosa, da FO-UFRGS, e conta com a participação do prof. Marcus Vinícius Reis Só, também da FO-UFRGS, do aluno do PPGOdontologia, nível mestrado, Igor Abreu de Bem, e da aluna de iniciação científica Taiane Correa Furtado, do curso de Odontologia. Todos os pesquisadores estão cadastrados no formulário da PB.

O projeto intitulado "Efeito da ativação ultrassônica de cimentos biocerâmicos na resistência adesiva e adaptação interfacial ao canal radicular" é de autoria do prof. Ricardo Abreu da Rosa, da FO-UFRGS, e conta com a participação do prof. Marcus Vinícius Reis Só, também da FO-UFRGS, do aluno do PPGOdontologia, nível mestrado, Igor Abreu de Bem, e da aluna de iniciação científica Taiane Correa Furtado, do curso de Odontologia. Todos os pesquisadores estão cadastrados no formulário da PB.

O estudo tem por objetivo avaliar o efeito do uso do ultrassom para a ativação de cimentos endodônticos biocerâmicos na resistência adesiva e adaptação à dentina radicular em dentes humanos. Neste sentido, os pesquisadores buscarão a doação de 104 dentes monorradiculares, de acordo com cálculo amostral apresentado a partir de um estudo piloto (número mínimo de dez espécimes por grupo para realização do teste de resistência adesiva; e 13 dentes por grupo para análise em microscopia eletrônica confocal a laser). Dessa forma, os 104 dentes serão distribuídos em 8 grupos, com 13 dentes cada, como segue:

- 1) MTA – obturação com MTA Fillapex;
- 2) MTAF/US – MTA Fillapex + ultrassom;
- 3) Bio – obturação com Sealer Plus BC;
- 4) Bio/US – Sealer Plus BC + ultrassom;

Endereço: Av. Paulo Gama, 110 - Sala 317 do Prédio Anexo 1 da Reitoria - Campus Centro
Bairro: Farroupilha CEP: 90.040-060
UF: RS Município: PORTO ALEGRE
Telefone: (51)3308-3738 Fax: (51)3308-4085 E-mail: etica@propesq.ufrgs.br



Continuação do Parecer: 3.176.239

- 5) AHP – obturação com AH Plus;
- 6) AHP/US – AH Plus + ultrassom;
- 7) ES – obturação com Endosequence BC
- 8) ES/US – Endosequence BC + ultrassom.

Previamente a alocação nos grupos, todos os dentes receberão preparo dos canais radiculares pela mesma técnica. A adequada obturação dos canais, em cada grupo, será confirmada por meio de radiografias. Adicionalmente, 3 dentes de cada grupo, receberão junto a manipulação do cimento a rodamina B 0,1%, para posterior análise em microscopia confocal a laser.

Para a análise de resistência adesiva, os dentes serão seccionados transversalmente em seis fatias de 1mm por cada raiz, sendo duas de cada terço radicular, e levadas a máquina de ensaios universal (EMIC), para teste de push-out. Na sequência, os espécimes serão analisados em microscópio óptico (aumento de 40x) para determinação do padrão de falha. Imagens representativas de cada grupo serão analisadas em microscopia eletrônica de varredura.

Para a análise da adaptação interfacial, as fatias obtidas a partir dos dentes obturados com cimento e rodamina B serão levadas a microscopia confocal a laser, e avaliadas em software Image Tool 3.0, afim de determinar áreas de desadaptação (presença de bolhas ou espaços vazios).

De acordo com os autores, o projeto será desenvolvido nos seguintes locais:

- Laboratório de Endodontia da FO-UFRGS;
- Centro de Microscopia Eletrônica da UFRGS;
- Laboratório de Materiais Dentários da FO-UFRGS.

Objetivo da Pesquisa:

Objetivo geral:

Avaliar o efeito da ativação ultrassônica dos cimentos biocerâmicos no que tange à resistência adesiva e adaptação interfacial.

Objetivos específicos:

- Comparar os valores de resistência adesiva dos cimentos biocerâmicos àqueles obtidos com cimento AH Plus à dentina radicular após ativação ultrassônica.
- Analisar os padrões de falha apresentados após realização do teste de resistência adesiva (push-out), classificando-os como: adesiva para a dentina, adesiva para o cimento, mista, coesiva para a dentina ou coesiva para o cimento.
- Avaliar a adaptação dos cimentos biocerâmicos às paredes do canal radicular em todo o perímetro do canal radicular com e sem a ativação ultrassônica.

Endereço: Av. Paulo Gama, 110 - Sala 317 do Prédio Anexo 1 da Reitoria - Campus Centro
Bairro: Farroupilha CEP: 90.040-060
UF: RS Município: PORTO ALEGRE
Telefone: (51)3308-3738 Fax: (51)3308-4085 E-mail: etica@propesq.ufrgs.br



Continuação do Parecer: 3.176.239

- Mensurar a área de dentina impregnada pelo cimentos biocerâmicos (penetração intratubular) com e sem a ativação ultrassônica.

Avaliação dos Riscos e Benefícios:

Riscos:

Solicitou-se aos pesquisadores a adequação do texto sobre os riscos (que não era listados como da participação no estudo, somente da exodontia) em todos os documentos relacionados ao projeto (formulário PB, TCLE e Projeto), bem como a apresentação das medidas a serem adotadas para minimizar tais riscos.

Resposta: Neste sentido, os riscos agora são descritos como: "O risco desta pesquisa ao participante (doador do dente) é a perda de sigilo e confidencialidade dos seus dados pessoais. Porém isso será evitado através da leitura do Termo de Consentimento Livre e Esclarecido, que garante que qualquer publicação dos resultados dessa pesquisa ocorrerá de forma anônima, o qual será assinado pelo pesquisador responsável e pelo participante caso concorde em participar do estudo. Além disso, este termo ficará retido, sob responsabilidade do pesquisador responsável, por um período de cinco anos. O risco da extração dentária dos dentes doados à pesquisa não está associado a esta pesquisa, visto que os dentes foram indicados para extração por outros motivos e não pela própria pesquisa que será desenvolvida."

PENDÊNCIA ATENDIDA.

Benefícios:

Solicitou-se que os benefícios diretos fossem citados em todos os documentos relacionados ao estudo (formulário PB, TCLE e Projeto), em substituição a informação anterior de ausência de benefícios.

Resposta: "Essa pesquisa não trará benefícios diretos ao participante (doador do dente). O benefício desta pesquisa se dará de forma indireta, pois esta pesquisa irá gerar maiores conhecimentos acerca do desempenho e influência de diferentes maneiras de se realizar os tratamentos de canal."

PENDÊNCIA ATENDIDA.

Comentários e Considerações sobre a Pesquisa:

A pesquisa apresenta relevância científica, conforme apresentado na introdução do estudo, e tem metodologia que atende aos objetivos propostos para o estudo.

No entanto, algumas dúvidas sobre os aspectos éticos relacionados a participação de indivíduos que doarão seus dentes extraídos, em acordo com as resoluções CNS/MS nos. 466/2012 e

Endereço: Av. Paulo Gama, 110 - Sala 317 do Prédio Anexo 1 da Reitoria - Campus Centro
Bairro: Farroupilha CEP: 90.040-060
UF: RS Município: PORTO ALEGRE
Telefone: (51)3308-3738 Fax: (51)3308-4085 E-mail: etica@propesq.ufrgs.br



Continuação do Parecer: 3.176.239

510/2016, necessitam de esclarecimentos:

1) Perguntou-se aos autores qual seria a origem dos participantes que doarão seus dentes extraídos? E outros detalhes, como:

- a) quem serão os voluntários (critérios de elegibilidade);
- b) quando e como serão abordados e convidados a participar;
- c) quem aplicará o TCLE;
- d) qual local de origem.

Resposta: Os detalhes da amostra foram incluídos no projeto, como segue:

"Os participantes deste estudo serão recrutados na Disciplina de Cirurgia e Traumatologia Bucocomaxilofacial I da Faculdade de Odontologia da Universidade Federal do Rio Grande do Sul através de convite verbal após terem passado por procedimento de extração de dente monorradicular por motivos independentes a esta pesquisa. Os pacientes que aceitarem doar dentes para esta pesquisa podem ser homens e mulheres de 18 a 60 anos. Estes pacientes serão informados quanto aos propósitos da mesma e assinarão um Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE) (ANEXO 1) e um Termo de Doação de Dente Humano (ANEXO 2)."

PENDÊNCIAS ATENDIDAS.

2) Na primeira versão do estudo, pediu-se esclarecimentos sobre o número de dentes humanos a serem utilizados no estudo: Em relação ao cálculo amostra, é informado que para a análise em microscopia confocal a laser serão necessários 13 dentes. Porém, na descrição da metodologia sobre esta etapa, informa-se que apenas 3 dentes serão submetidos a tal análise. Neste sentido, se os dentes utilizados na análise de resistência a fratura não se adequam a análise da interface, o número amostral deve ser 10 + 13, por grupo.

Resposta: em carta, os autores informaram que "Com relação ao número amostral houve um erro na descrição do projeto. Serão necessários 10 dentes para análise de resistência adesiva, entretanto 13 dentes serão necessários para a análise em microscopia eletrônica confocal a laser. Os mesmos dentes analisados em microscopia confocal a laser serão utilizados para análise de resistência adesiva. Portanto, serão utilizados 13 dentes para análise da adaptação interfacial e 10 dentes para o teste de resistência adesiva." Em acordo, o número amostral permanece em 104 dentes humanos.

PENDÊNCIA ATENDIDA.

Endereço: Av. Paulo Gama, 110 - Sala 317 do Prédio Anexo 1 da Reitoria - Campus Centro
Bairro: Farroupilha CEP: 90.040-060
UF: RS Município: PORTO ALEGRE
Telefone: (51)3308-3738 Fax: (51)3308-4085 E-mail: etica@propesq.ufrgs.br



Continuação do Parecer: 3.176.239

3) Cadastrar todos os pesquisadores como integrantes do projeto no formulário da PB.

Resposta: Na atual versão, todos os pesquisadores envolvidos encontram-se incluídos na equipe da pesquisa no formulário da PB. PENDÊNCIA ATENDIDA.

Considerações sobre os Termos de apresentação obrigatória:

TCLE: foi solicitada atenção dos pesquisadores quanto:

- a padronização da descrição dos riscos e benefícios no TCLE, tal como pendência apontada em sessão anterior,

- apresentação de meios de contato com os pesquisadores e com o CEP-UFRGS.

No entanto, as seguintes pendências permanecem:

- Remover a sentença "(...)que atende as exigências legais, o(a) Sr(a) (...)";

- Alterar a palavra " (...) órgão doado (...)", para apenas "(...) dente doado (...)";

- Informar que o TCLE é assinado em duas vias, uma delas ficando de posse do participante;

- redigir o termo em forma de convite

Resposta: os autores fizeram todas as adequações solicitadas, e atualizaram o referido termo no projeto de pesquisa. PENDÊNCIAS ATENDIDAS.

Termo de doação de dentes: uma vez que será apresentado TCLE, no qual constará a informação sobre a doação do dente extraído, não se faz necessário apresentar também este termo.

Resposta: em nova versão, os autores apresentaram o referido termo, o qual está adequado.

Cartas de anuências: foram solicitadas as cartas de anuência de todos locais nos quais o estudo será desenvolvido (p.ex.: disciplina de cirurgia da FO-UFRGS; e Centro de Microscopia da UFRGS). Carta de anuência assinada pelo responsável pelo Laboratório de Materiais Dentários da FO-UFRGS já havia sido apresentada na primeira versão.

Resposta: os pesquisadores apresentaram as cartas solicitadas (disciplina de cirurgia e centro de microscopia), no entanto, o documento do Laboratório de Materiais Dentários foi removido da Plataforma Brasil. Orienta-se a re-inclusão da referida carta.

Resposta: Todas as cartas de anuência foram anexadas à PB. PENDÊNCIA ATENDIDA.

Cronograma: na primeira versão, foi solicitados aos pesquisadores que esclarecessem a etapa do estudo, referente a "Obtenção dos dentes e Secção transversal dos dentes próximo à junção amelo-cementária. Preparo químico-mecânico com sistema rotatório ProTaper." como tendo acontecido no período de 11/09/2018 à 11/10/2018.

Endereço: Av. Paulo Gama, 110 - Sala 317 do Prédio Anexo 1 da Reitoria - Campus Centro
Bairro: Farroupilha CEP: 90.040-060
UF: RS Município: PORTO ALEGRE
Telefone: (51)3308-3738 Fax: (51)3308-4085 E-mail: etica@propesq.ufrgs.br



Continuação do Parecer: 3.176.239

Resposta: em carta, os autores informaram que "o cronograma foi ajustado corretamente no formulário da Plataforma Brasil". Neste, agora consta o referido período de obtenção dos dentes como tendo início em 20/03/2019.

PENDÊNCIA ATENDIDA.

Orçamento: o custo total envolvido com o desenvolvimento do projeto é apresentado como R\$ 2075,00. E informa-se que "O projeto será submetido a agências de fomento na busca de recursos necessários para a realização da pesquisa. Caso não sejam obtidos recursos para tal, todo o material e valores referentes à microscopia eletrônica confocal a laser serão custeados com recursos próprios do pesquisador responsável.". Texto adequado.

Conclusões ou Pendências e Lista de Inadequações:

Todas as pendências foram atendidas adequadamente, e o estudo encontra-se em acordo com as resoluções CNS/MS no. 466/2012 e 510/2016. Pela aprovação.

Considerações Finais a critério do CEP:

APROVADO.

Este parecer foi elaborado baseado nos documentos abaixo relacionados:

Tipo Documento	Arquivo	Postagem	Autor	Situação
Informações Básicas do Projeto	PB_INFORMAÇÕES_BÁSICAS_DO_PROJETO_1178515.pdf	14/02/2019 10:50:53		Aceito
Declaração de Instituição e Infraestrutura	LAMAD.pdf	14/02/2019 10:49:29	Ricardo Abreu da Rosa	Aceito
TCLE / Termos de Assentimento / Justificativa de Ausência	TCLE.docx	14/02/2019 10:47:29	Ricardo Abreu da Rosa	Aceito
Projeto Detalhado / Brochura Investigador	projeto_de_pesquisa.docx	14/02/2019 10:47:13	Ricardo Abreu da Rosa	Aceito
Declaração de Manuseio Material Biológico / Biorepositório / Biobanco	Doacao_dentes_humanos.docx	14/01/2019 16:05:20	Ricardo Abreu da Rosa	Aceito
Declaração de Instituição e	Anuencia_endodontia.jpg	14/01/2019 16:02:00	Ricardo Abreu da Rosa	Aceito

Endereço: Av. Paulo Gama, 110 - Sala 317 do Prédio Anexo 1 da Reitoria - Campus Centro
Bairro: Farroupilha CEP: 90.040-060
UF: RS Município: PORTO ALEGRE
Telefone: (51)3308-3738 Fax: (51)3308-4085 E-mail: etica@propesq.ufrgs.br



Continuação do Parecer: 3.176.239

Infraestrutura	Anuencia_endodontia.jpg	14/01/2019 16:02:00	Ricardo Abreu da Rosa	Aceito
Declaração de Instituição e Infraestrutura	Anuencia_CME.pdf	14/01/2019 16:00:10	Ricardo Abreu da Rosa	Aceito
Declaração de Instituição e Infraestrutura	Anuencia_cirurgia.pdf	14/01/2019 15:59:44	Ricardo Abreu da Rosa	Aceito
Recurso Anexado pelo Pesquisador	Carta_resposta.docx	14/01/2019 15:38:21	Ricardo Abreu da Rosa	Aceito
Cronograma	Cronograma.docx	14/01/2019 13:48:47	Ricardo Abreu da Rosa	Aceito
Folha de Rosto	FolhaDeRostoBio.pdf	22/11/2018 12:20:35	Ricardo Abreu da Rosa	Aceito
Orçamento	Orcamento.docx	11/07/2018 15:26:08	Ricardo Abreu da Rosa	Aceito

Situação do Parecer:

Aprovado

Necessita Apreciação da CONEP:

Não

PORTO ALEGRE, 28 de Fevereiro de 2019

Assinado por:

MARIA DA GRAÇA CORSO DA MOTTA
(Coordenador(a))