



UNESP - Universidade Estadual Paulista
“Júlio de Mesquita Filho”
Faculdade de Odontologia de Araraquara



Igma de Araújo Souza

**Avaliação de escoamento e penetrabilidade em dentina de cimento
experimental à base de silicato de cálcio**

Araraquara

2020



UNESP - Universidade Estadual Paulista
“Júlio de Mesquita Filho”
Faculdade de Odontologia de Araraquara



Igma de Araújo Souza

**Avaliação de escoamento e penetrabilidade em dentina de cimento
experimental à base de silicato de cálcio**

Dissertação apresentada à Universidade Estadual Paulista (UNESP), Faculdade de Odontologia de Araraquara, para obtenção do Título de Mestre em Odontologia, na Área de Endodontia.

Orientadora: Prof.^a Dr.^a Juliane Maria Guerreiro Tanomaru

Araraquara

2020

Souza, Igma de Araújo

Avaliação de escoamento e penetrabilidade em dentina de cimento experimental à base de silicato de cálcio / Igma de Araújo Souza.-- Araraquara: [s.n.], 2020
44 f.; 30 cm.

Dissertação (Mestrado em Odontologia) – Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Odontologia
Orientadora: Profa. Dra. Juliane Maria Guerreiro Tanomaru

1. Endodontia 2. Microscopia confocal 3. Obturação do canal radicular I. Título

Igma de Araújo Souza

**Avaliação de escoamento e penetrabilidade em dentina de cimento
experimental à base de silicato de cálcio**

Comissão julgadora

Tese para obtenção do título de Mestre em Odontologia

Presidente e Orientador: Prof. Dra. Juliane Maria Guerreiro Tanomaru

2º Examinador: Prof. Dr. Fábio Luiz Camargo Vilella Berbert

3º Examinador: Prof. Dr. Gustavo Sivieri de Araújo

Araraquara, 18 de março de 2020.

DADOS CURRICULARES

Igma de Araújo Souza

NASCIMENTO:

13 de Outubro de 1992 na cidade de Ouricuri no estado de Pernambuco.

FILIAÇÃO:

João Bosco de Souza

Maria Janice de Araújo Souza

2011/2015 - Graduada em Odontologia pela Faculdade de Ciências Biomédicas de Cacoal.

2015 - Monitoria na Disciplina de Endodontia (180h).

2014 - Curso de Aperfeiçoamento em Estética Dental. (Carga horária: 120h).

Faculdade de Ciências Biomédicas de Cacoal, FACIMED, Brasil.

2015 - Curso de Aperfeiçoamento em Endodontia. (Carga horária: 108h).

Faculdade de Ciências Biomédicas de Cacoal, FACIMED, Brasil.

2017 - Curso de Harmonização Orofacial. (Carga horária: 40h).

Faculdade de Ciências Biomédicas de Cacoal, FACIMED, Brasil.

2018/2020 - Mestranda no Programa de Pós-Graduação em Odontologia com área de concentração em Endodontia pela Faculdade de Odontologia de Araraquara da Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho (FOAr-UNESP). Como o bolsista CAPES. Orientada pela Profa. Dra. Juliane Maria Guerreiro Tanomaru.

Aos *meus pais* **João Bosco de Souza e Maria Janice de Araújo Souza**, pelo apoio incondicional e compreensão. À minha mãe e heroína que foi meu amparo nas horas difíceis, de desânimo e cansaço. Ao meu pai e mestre de vida que apesar de todas as dificuldades me fortaleceu, apoiou e incentivou. Foram fundamentais para que eu pudesse chegar até aqui e concluir mais uma etapa na minha formação profissional.

Ao *meu namorado*, **Vinicius Borghi** que sempre esteve ao meu lado me incentivando e apoiando, pelo companheirismo, amor, cuidado e por ser meu porto seguro longe de casa.

AGRADECIMENTOS

À *Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” (UNESP)*, na pessoa de seu Magnífico Reitor Prof. Dr. Sandro Roberto Valentini e Vice-Reitor Prof. Dr. Sérgio Roberto Nobre.

À *Faculdade de Odontologia de Araraquara – UNESP*, na pessoa da sua Diretora Profa. Dra. Elaine Maria Sgavioli Massucato e Vice-diretor Prof. Dr. Edson Alves Campos.

Ao *Programa de Pós-Graduação em Odontologia – Área de Endodontia*, coordenado pelo Prof. Dr. Joni Augusto Cirelli.

À minha orientadora, *Profa. Dra. Juliane Maria Guerreiro Tanomaru* pela oportunidade, foi uma grande honra para mim, pela mulher incrível e determinada que és. Sou grata pela dedicação, inspiração, incentivo, apoio e todo aprendizado que me proporcionou ao longo da minha formação.

Ao *Prof. Dr. Mário Tanomaru Filho*, pela oportunidade e conhecimento durante o desenvolvimento desta tese e a cada passo e tomada de decisões.

À *Dra. Gisselle Moraima Chávez Andrade* pela amizade, paciência, carinho e disposição que sempre recebi. Por muitas vezes deixar de lado seus horários de descanso ou ocupações para me ajudar e orientar. Não existem palavras suficientes para expressar minha eterna gratidão por tudo que fez por mim, de todo meu coração, minha admiração pela mulher guerreira e determinada que és. Foi como uma mãe, puxando a orelha quando necessário e me acolhendo nos momentos de fraqueza e desânimo. Será a eterna Fada Sensata da pós-graduação. Agradeço em absoluto por todo aprendizado e por sempre me incentivar, apoiar, inspirar.

À *Profa. Dra. Gisele Faria*, pela amizade, carinho, sorrisos compartilhados, também pelos ensinamentos, apoio e inspiração.

Ao *Prof. Dr. Fábio Luiz Camargo Berbert*, pela amizade, sorrisos compartilhados, apoio e incentivo.

À doutoranda ***Fernanda Ferrari Esteves Torres*** pela amizade, auxílio durante a pesquisa, apoio, incentivo e disposição.

À mestranda ***Maria Luiza Gioster Ramos*** pela amizade, carinho, apoio, incentivo, conhecimento compartilhado e disposição que sempre recebi. Por não me deixar desistir, me ajudando a enfrentar os obstáculos com conselhos de sabedoria e por fazer parte da minha história. Sou grata por tudo, também pelo auxílio durante a pesquisa.

Aos meus tios ***Élcio Zicardi e Jalmira Zicardi*** pelo carinho, apoio, incentivo e todo amor. Não mediram esforços para me ajudar. Minha eterna gratidão.

Aos ***funcionários da Seção de Pós-Graduação*** Alexandre e Cristiano, pela ajuda, paciência, simpatia e todo auxílio prestado.

Aos ***colegas da Pós-Graduação***, Evelin, Cristiane, Mariana, Livia e Rafaela pela amizade e companheirismo.

Aos ***funcionários da Biblioteca***, pelo auxílio na formatação e documentação deste trabalho.

O presente trabalho foi realizado com o apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES) – Código de financiamento 001.

A ***todos*** que, direta ou indiretamente contribuíram para a realização deste trabalho, os mais sinceros agradecimentos.

Souza IA. Avaliação de escoamento e penetrabilidade em dentina de cimento experimental à base de silicato de cálcio [dissertação de mestrado]. Araraquara: Faculdade de Odontologia da UNESP; 2020.

RESUMO

Cimento experimental à base de silicato de cálcio foi desenvolvido demonstrando potencial bioativo e ação antimicrobiana. O presente estudo visa avaliar escoamento e penetrabilidade dentinária de cimento experimental à base de SC (CE) em comparação aos cimentos TotalFill BC Sealer (TFBC), NeoMTA Plus (NMTAP) e AH Plus (AHP). O escoamento foi avaliado segundo norma ISO 6876/2012 (em mm) e análise adicional em área (em mm²). Canais radiculares de 40 dentes humanos unirradiculados extraídos (n = 10) foram preparados até instrumento de Níquel-Titânio ProDesign Logic 40.05 e obturados com os cimentos: CE, TFBC, NMTAP e AHP. A técnica de condensação lateral ativa foi realizada com os cimentos manipulados com acréscimo de fluoresceína a 0,1% para análise da penetração em dentina por microscópio confocal de varredura a laser (MCVL). As micrografias foram mensuradas quanto à área de penetrabilidade (em μm²) e extensão linear (em μm). Os dados foram analisados por meio dos testes estatísticos de ANOVA e Tukey com 5% de significância. Os resultados do teste de escoamento mostraram que houve diferenças significantes entre todos os cimentos (p < 0,05). TFBC mostrou maior valor, seguido por AHP; e NMTAP o menor valor. O CE mostrou maiores valores de escoamento quando comparado com o NMTAP (p < 0,05). No que se refere à área de penetrabilidade dentinária, os cimentos CE, TFBC e NMTAP foram similares nos terços cervical, médio e apical (p > 0,05). No terço cervical, CE e TFBC apresentaram maior penetrabilidade que o AHP (p < 0,05). Não houve diferenças nos terços médio e apical em todos os cimentos avaliados (p > 0,05). Em extensão linear, todos os cimentos foram similares nos terços cervical e apical (p > 0,05). CE, TFBC e AHP foram similares nos 3 terços avaliados (p > 0,05). Houve diferenças significantes entre NMTAP e AHP no terço médio (p < 0,05). Na comparação entre terços, CE mostrou maior penetrabilidade em área no terço cervical (p < 0,05). Em extensão linear, não houve diferença entre os terços para o cimento NMTAP (p > 0,05). O cimento experimental apresenta escoamento e penetrabilidade em dentina similar aos cimentos à base de silicato de cálcio (TotalFill BC e NeoMTA Plus) e ao cimento AH Plus.

Palavras-chave: Endodontia. Microscopia confocal. Obtenção do canal radicular.

Souza IA. Evaluation of flow and dentinal penetration of an experimental calcium silicate-based endodontic sealer [dissertação de mestrado]. Araraquara: Faculdade de Odontologia da UNESP; 2020.

ABSTRACT

An experimental calcium silicate-based endodontic sealer was developed showing bioactive potential and antimicrobial action. The present study aims to evaluate flow and dentinal penetration of an experimental calcium silicate-based sealer (ES) compared to TotalFill BC Sealer (TFBC), NeoMTA Plus (NMTAP) and AH Plus (AHP) sealers. The flow was evaluated according to ISO 6876/2012 (in mm) and additional analysis in area (in mm²). Root canals of 40 extracted single-rooted human teeth (n = 10) were prepared up to a ProDesign Logic 40.05 Nickel-Titanium instrument and filled with the sealers: ES, TFBC, NMTAP and AHP. The cold lateral condensation technique was performed with the sealers manipulated with the addition of 0.1% fluorescein for analysis of dentinal penetration by a laser scanning confocal microscope (CLSM). The micrographs were measured in terms of penetrability area (in μm²) and linear extension (in μm). The data were analyzed using the ANOVA and Tukey statistical tests with 5% of level of significance. The results of the flow test showed that there were significant differences between all sealers (p < 0.05). TFBC showed the highest value, followed by AHP; and NMTAP the lowest value. The ES showed higher flow values when compared with the NMTAP (p < 0.05). Regarding the dentinal penetration area, ES, TFBC and NMTAP sealers were similar in the cervical, middle and apical thirds (p > 0.05). In the cervical third, ES and TFBC showed greater penetrability than AHP (p < 0.05). There were no differences in the middle and apical thirds in all evaluated sealers (p > 0.05). In linear extension, all cements were similar in the cervical and apical thirds (p > 0.05). ES, TFBC and AHP were similar in the 3 thirds evaluated (p > 0.05). There were significant differences between NMTAP and AHP in the middle third (p < 0.05). In the comparison between thirds, ES showed greater penetrability in the area in the cervical third (p < 0.05). In linear extension, there was no difference between the thirds for NMTAP sealer (p > 0.05). The experimental sealer (ES) shows flow and dentinal penetration similar to calcium silicate-based sealers (TotalFill BC and NeoMTA Plus) and to AH Plus.

Keywords: Endodontics. Confocal microscopy. Root canal filling.

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	11
2 PROPOSIÇÃO	15
2.1 Objetivo Geral	15
2.2 Objetivos Específicos	15
3 PUBLICAÇÃO	16
4 DISCUSSÃO	31
5 CONCLUSÃO	33
REFERÊNCIAS	34
APÊNDICE A – METODOLOGIA DETALHADA	38
ANEXO A - COMITÊ DE ÉTICA DE PESQUISA EM SERES HUMANOS (CEP)	43

1 INTRODUÇÃO

O tratamento endodôntico visa o controle da infecção e prevenção da reinfecção do sistema de canais radiculares (SCR)^{1,2}. O preparo biomecânico contribui para a limpeza e desinfecção, contribuindo para a obturação dos canais radiculares e obtenção do processo de reparo dos tecidos periapicais³.

A qualidade da obturação dos canais radiculares está diretamente relacionada à capacidade de preenchimento e selamento do SCR. Assim, o preenchimento tridimensional do SCR⁴ proporciona selamento⁵ e favorece a reparação periapical¹. Dentre as propriedades de materiais obturadores, destaca-se o da capacidade de escoamento e penetrabilidade nos túbulos dentinários, impedindo a proliferação bacteriana⁶ e a microinfiltração cervical e apical⁷.

As bactérias que infectam canais radiculares podem sobreviver mesmo depois do preparo biomecânico⁸. Túbulos dentinários podem permitir a infecção persistente após o tratamento endodôntico⁹. Cimentos endodônticos auxiliam no controle da infecção por selar micro-organismos residuais, podendo apresentar atividade antimicrobiana¹⁰ em função da capacidade de penetração nos túbulos favorece o selamento antibacteriano¹¹.

Cimentos à base de silicato de cálcio (SC) são desenvolvidos em função da biocompatibilidade e capacidade de adaptação à dentina¹². Estes cimentos apresentam pH alcalino, e biocompatibilidade¹³. Embora cimentos à base de SC possam apresentar diferentes formulações, a principal característica desses materiais é o potencial bioativo¹⁴. Silicatos di- e tricálcicos são usados para o desenvolvimento de novos cimentos endodônticos, devido a suas excelentes propriedades, tais como potencial bioativo, capacidade de induzir a formação de hidroxiapatita, biocompatibilidade e bioatividade^{11,15-18}. Agentes radiopacificadores, tais como o óxido de zircônio e tungstato de cálcio, são componentes importantes dos cimentos obturadores, permitindo avaliar a qualidade da obturação^{13,19-21}. Ainda, os cimentos à base de SC apresentam alta capacidade de penetração tubular e valores superiores de escoamento, importantes propriedades para uso na etapa de obturação dos canais radiculares²¹⁻²⁴.

Desta forma, considerando-se os componentes de cimentos de silicato de cálcio, o Cimento experimental (CE) foi desenvolvido na Faculdade de Odontologia de Araraquara, sendo composto por silicato tricálcico, silicato dicálcico, fosfato de cálcio monobásico, hidróxido de cálcio, óxido de zircônio e tungstato de cálcio associado ao polietilenoglicol 400, como veículo. O polietilenoglicol tem sido usado como veículo na composição de medicações intracanal à base de hidróxido de cálcio²⁵ e quando associado aos cimentos à base de SC,

melhora suas propriedades físico-químicas²⁶. Os outros componentes estão presentes na composição de cimentos endodônticos de silicatos de cálcio descritos na literatura apresentando adequadas propriedades físico-químicas e biológicas. Silicatos dicálcico e tricálcico mostram potencial bioativo, atividade de mineralização e citocompatibilidade^{11,15-18}. O óxido de zircônio e tungstato de cálcio são radiopacificadores que mostram boas propriedades físicas e biológicas. Esse material foi desenvolvido pela disciplina de Endodontia da faculdade de Odontologia de Araraquara, sendo demonstradas as propriedades de citocompatibilidade, potencial bioativo (atividade de fosfatase alcalina e formação de nódulos mineralizados) e ação antimicrobiana sobre *E. faecalis* e *C. albicans*, confirmando o potencial de uso no tratamento endodôntico¹⁵.

TotalFill BC Sealer – TFBC (FKG Dentaire SA, La Chaux-de-Fonds, Switzerland), ou denominado também de EndoSequence BC (Brasseler USA, Savannah, GA), é um cimento endodôntico pré-misturado que apresenta em sua composição óxido de zircônio, silicato de cálcio, fosfato de cálcio monobásico, hidróxido de cálcio, agente de preenchimento, agentes espessantes, e apresenta satisfatória adaptação às paredes do canal radicular^{12,27}, adequadas propriedades físico-químicas^{20,24,28}, penetrabilidade dentinária^{11,22}, citocompatibilidade, capacidade de induzir mineralização, potencial bioativo e atividade antimicrobiana^{15,29-31}.

O cimento Neo MTA Plus – NMTAP (Avalon Biomed Inc, Bradenton, FL, USA) tem composição semelhante ao TFBC, diferindo apenas na forma de apresentação. O primeiro se apresenta como pó e gel à base de água e sua formulação é semelhante a do MTA^{23,32}, enquanto o segundo é composto por uma fase pré-manipulada³³. Segundo o fabricante, o pó do NMTAP contém silicato tricálcio, silicato dicálcio, aluminato tricálcio, sulfato de cálcio, gesso e óxido de tântalo como radiopacificador, e o gel contém agentes espessantes e polímeros solúveis em água. NMTAP mostra capacidade de promover reparo ósseo³⁴ e adaptação marginal³⁵, ainda, apresenta adequadas propriedades físico-químicas de tempo de presa, radiopacidade, liberação de íons hidroxila e cálcio, capacidade de formação de fosfato de cálcio³⁶ e penetrabilidade tubular^{23,37}.

Estes novos materiais à base de SC, apresentam melhores características de manipulação, estabilidade de cor e propriedades físico-químicas comparáveis ao MTA. Ainda, apresentam capacidade de liberar íons cálcio e fosfato essenciais para a deposição de hidroxiapatita³⁵, confirmando seu potencial bioativo³⁶.

Microscopia confocal é usada para analisar a capacidade de penetração no interior dos túbulos dentinários de cimentos biocerâmicos. TFBC e um novo cimento de silicato tricálcico (novel tricalcium silicate sealer - NTS) apresentaram uma melhor penetração quando

comparados ao AH Plus (cimento à base de resina epoxi). A capacidade de penetração tubular é influenciada diretamente pelas propriedades físico-químicas do cimento endodôntico¹¹. Aydin et al.²² (2019) avaliaram o TFBC sob a influência de diferentes soluções irrigadoras, Qmix, quitosana e EDTA, e verificaram a penetrabilidade nos túbulos dentinários, utilizando microscopia confocal como método de análise, pois permite visualização da profundidade e de adaptação do cimento endodôntico³⁸.

AH Plus – AHP (Dentsply DeTrey, Konstanz, Alemanha) é um cimento à base de resina epóxica, hidrofóbico que tem sido utilizado como padrão-ouro para comparações com outros cimentos devido as suas propriedades físico-químicas e adaptabilidade às paredes do canal radicular³⁹⁻⁴². AHP apresenta propriedades físico-químicas adequadas como cimento endodôntico⁴³, apresentando valores de radiopacidade e escoamento de acordo com as recomendações das normas ADA, ISO e ANSI⁴⁴. Piai et al.⁴⁵ (2018), avaliaram a penetração do cimento Sealer Plus (Mk Life, Porto Alegre, RS, Brasil) comparando ao AHP, ambos a base de resina epóxi, obturações utilizando a técnica de condensação lateral, por meio de microscopia confocal.

Silva et al.⁴⁶ (2015) verificaram que a adaptação de cimentos de diferentes bases químicas, AHP, Pulp Canal Sealer EWT, Sealapex, à parede do canal radicular tiveram comportamento similar. Quanto à capacidade de penetração nos túbulos dentinários, Pulp Canal Sealer foi inferior ao AHP. Resultados semelhantes foram relatados por Amoroso-Silva et al.⁴⁷ (2014) ao comparar a qualidade da obturação e as propriedades físicas do MTA Fillapex (MTAF) ao AHP em obturações realizadas pela técnica do cone único. Por meio de microscopia confocal de varredura a laser, os autores verificaram solubilidade elevada e quantidade considerável de lacunas na interface cimento/dentina para o MTAF em relação ao AHP. A utilização de cimentos endodônticos associados à técnica do cone único depende diretamente das propriedades de escoamento e estabilidade dimensional⁴⁸, e a maior capacidade dos cimentos em penetrar no interior dos túbulos dentinários é relatada com a técnica da condensação lateral³⁹.

McMichael et al.²³ (2016) compararam os cimentos EndoSequence BC, QuickSet 2, NMTAP e MTAF quanto à penetrabilidade nos túbulos dentinários usando as técnicas do cone único e de ondas contínuas. Os autores verificaram que a associação dos cimentos testados às duas técnicas empregadas promoveu excelente penetração nos túbulos dentinários. Além disso, o cimento BC Sealer tem mostrado potencial bioativo, embora menor resistência de união que AHP⁴⁹.

Diante do exposto, torna-se importante avaliar escoamento e penetrabilidade no interior dos túbulos dentinários do cimento experimental (CE) e de outros cimentos à base de SC que se encontram disponíveis comercialmente, assim como em relação ao cimento AHP.

2 PROPOSIÇÃO

2.1 Objetivo Geral

Este estudo teve como objetivo avaliar o escoamento e a penetrabilidade em dentina de cimento experimental, em comparação com outros cimentos endodônticos à base de silicato de cálcio (TotalFill BC e NeoMTA Plus) e ao cimento AH Plus.

2.2 Objetivos Específicos

- Avaliar o escoamento dos cimentos segundo norma ISO 6876-2012, usando dois métodos para análises (linear-mm e em área-mm²).
- Avaliar a penetrabilidade em dentina dos cimentos por meio da análise em área (µm²) e em profundidade de penetração (µm), usando microscopia confocal de varredura a laser (MCVL).

3 PUBLICAÇÃO*

Escoamento convencional e penetrabilidade dentinária com análise em microscopia confocal de varredura a laser de cimento experimental à base de silicato de cálcio

Resumo

Objetivos Cimento experimental à base de silicato de cálcio (SC) foi desenvolvido demonstrando potencial bioativo e ação antimicrobiana. Este estudo avaliou escoamento e penetrabilidade dentinária do cimento experimental em comparação aos cimentos de SC e AH Plus.

Material e métodos O escoamento foi avaliado segundo norma ISO 6876/2012 e análise adicional em área. Canais radiculares de 40 dentes humanos unirradiculados foram preparados até instrumento de Níquel-Titânio ProDesign Logic 40.05 e obturados (n=10) com: cimento experimental (CE), TotalFill BC (TFBC), NeoMTA Plus (NMTAP) e AH Plus (AHP). Técnica de condensação lateral foi realizada. Os cimentos foram manipulados com acréscimo de fluoresceína a 0,1% para análise em microscópio confocal de varredura a laser. As micrografias foram mensuradas quanto à área de penetrabilidade (μm^2) e extensão linear (μm) e os dados foram analisados por testes estatísticos de ANOVA e Tukey ($\alpha = 0,05$).

Resultados CE mostrou maior escoamento que NMTAP ($p < 0,05$). Em área de penetrabilidade, não houve diferenças nos terços médio e apical em todos os cimentos ($p > 0,05$). Em extensão linear, houve diferenças entre NMTAP e AHP no terço médio. Entre terços, CE mostrou maior área de penetrabilidade dentinária no terço cervical ($p < 0,05$).

Conclusões O cimento experimental apresenta adequado escoamento e penetrabilidade em dentina similar aos cimentos TFBC, NMTAP e AH Plus.

Relevancia clínica Escoamento e penetrabilidade dentinária dos cimentos obturadores contribuem para obturação dos canais radiculares. O cimento experimental à base de silicato de cálcio demonstra capacidade de penetração dentinária e potencial de uso no tratamento endodôntico.

Palavras-chaves: Cimentos obturadores, microscopia confocal, penetrabilidade dentinária, silicato de cálcio.

* Artigo escrito segundo normas do periódico *Clinical Oral Investigations*, para o qual pretende se submeter.

Introdução

A obturação endodôntica visa o preenchimento tridimensional do canal radicular [1], promovendo selamento [2] e favorecendo o reparo periapical [3]. A qualidade da obturação dos canais radiculares está relacionada com o preenchimento das irregularidades anatômicas, istmos e ramificações. Escoamento e penetrabilidade do cimento endodôntico nos túbulos dentinários permitem melhor obturação, impedindo a proliferação bacteriana [4] e a microinfiltração cervical e apical [5].

Cimentos à base de silicato de cálcio (SC) são desenvolvidos em função da biocompatibilidade e capacidade de ligação química com a dentina [6]. Estes cimentos apresentam pH alcalino e citocompatibilidade [3, 7]. Embora os cimentos à base de SC possam apresentar diferenças na composição, as principais características estão relacionadas à presença de silicatos de cálcio e o potencial bioativo [3].

Cimento experimental foi desenvolvido composto por silicato tricálcico, silicato dicálcico, fosfato de cálcio monobásico, hidróxido de cálcio, óxido de zircônio e tungstato de cálcio associado ao polietilenoglicol 400, como veículo [2]. Este material demonstrou citocompatibilidade, potencial bioativo, capacidade de formar nódulos mineralizados e ação antimicrobiana sobre *E. faecalis* e *C. albicans*, apresentando potencial biológico para uso como cimento obturador de canais radiculares [2]. Silicatos di- e tricálcicos são usados na formulação de novos cimentos endodônticos, devido ao potencial bioativo, biocompatibilidade e bioatividade [2, 8]. Hidróxido de cálcio e fosfato de cálcio monobásico adicionados aos cimentos participam da produção de hidroxiapatita e do processo de reparo tecidual [9]. Ainda, os agentes radiopacificadores óxido de zircônio e tungstato de cálcio utilizados no cimento experimental proporcionam radiopacidade [7, 9, 10] em concordância com as normas internacionais [11].

Diferentes veículos são usados para proporcionar consistência apropriada e favorecer a manipulação de cimentos à base de SC. O polietilenoglicol usado em medicações intracanal à base de hidróxido de cálcio [12] foi empregado para o cimento experimental. Quando associado aos cimentos à base de SC, melhora suas propriedades físico-químicas [13].

Cimentos à base de SC apresentam capacidade de penetração dentinária e escoamento para obturação dos canais radiculares [9, 14, 15]. TotalFill BC Sealer – TFBC (FKG Dentaire SA, La Chaux-de-Fonds, Switzerland) é um cimento endodôntico pré-misturado que apresenta em sua composição óxido de zircônio, silicato de cálcio, fosfato de cálcio monobásico, hidróxido de cálcio, agente de preenchimento, agentes espessantes, e apresenta

adaptação às paredes do canal radicular [6, 16], escoamento [7, 10, 15] e penetrabilidade em dentina [8, 9], citocompatibilidade, potencial bioativo e atividade antimicrobiana [2].

O cimento NeoMTA Plus – NMTAP (Avalon Biomed Inc, Bradenton, FL, USA) é composto por pó e gel à base de água [14, 17]. Segundo o fabricante, o pó do NMTAP contém silicato tricálcico, silicato dicálcico, aluminato tricálcio, sulfato de cálcio, gesso e óxido de tântalo como radiopacificador, e o gel contém agentes espessantes e polímeros solúveis em água. O material estimula reparo ósseo [12], apresenta adaptação marginal [18] e adequadas propriedades de tempo de presa, radiopacidade, liberação de íons hidroxila e cálcio, capacidade de formação de fosfato de cálcio [19] e penetrabilidade tubular [14]. Materiais à base de SC apresentam capacidade de liberar íons cálcio e fosfato [18, 19], demonstrando potencial bioativo [19].

AH Plus – AHP (Dentsply DeTrey, Konstanz, Alemanha) é um cimento à base de resina epóxi, utilizado como padrão-ouro para comparações com outros cimentos devido às suas propriedades físico-químicas e adaptação às paredes do canal radicular [20, 21]. AHP apresenta propriedades físico-químicas adequadas como cimento endodôntico [22], e valores de radiopacidade e escoamento de acordo com as recomendações das normas ADA, ISO e ANSI [23].

O objetivo do presente estudo foi avaliar escoamento e penetrabilidade dentinária de cimento experimental à base de silicato de cálcio, em comparação aos cimentos TotalFill BC e NeoMTA Plus e ao cimento à base de resina epóxi AH Plus. A hipótese nula foi de que não há diferença para escoamento e penetrabilidade em dentina entre os cimentos avaliados.

Materiais e métodos

Os cimentos endodônticos avaliados, sua composição, fabricante e proporções usadas estão descritos na Tabela 1.

Tabela 1 Cimentos endodônticos, composições e proporções utilizadas

Cimentos	Composição	Fabricantes	Proporção
Cimento Experimental (CE)	<i>Pó</i> : Silicato tricálcico ^o , silicato dicálcico ^o , fosfato de cálcio monobásico ^e , hidróxido de cálcio ^π , óxido de zircônio*, tungstato de cálcio*. <i>Líquido</i> : polietilenoglicol 400*.	FOAr-UNESP, Araraquara, SP, Brasil	1g : 0,3g (pó/líquido)
TotalFill BC (TFBC)	Óxido de zircônio, silicatos de cálcio, cálcio, fosfato monobásico, hidróxido de cálcio, agentes de preenchimento e espessamento	FKG Dentaire SA, La Chaux-de-Fonds, Switzerland	Pronto para uso
NeoMTA Plus (NMTAP)	<i>Pó</i> : silicato di- e tricálcico, sulfato de cálcio, sílica, tântalo. <i>Gel aquoso</i> : não descrito pelo fabricante.	Avalon Biomed Inc TM Bradenton, FL, USA	1 colher:2 gotas (pó/gel)
AH Plus (AHP)	<i>Pasta A</i> : resina epoxi bisfenol-A e epoxi bisfenol-F, tungstato de cálcio (TC), óxido de zircônio (Ozr), sílica, óxido de ferro. <i>Pasta B</i> : dibenzil-diamina, aminoadamantano, TC, OZr, sílica, silicone.	Dentsply DeTrey GmbH, Konstanz, Alemanha	1g : 1g (pasta/pasta)

^oMineral Research Processing, Meyzieu, France; ^eSynth, Diadema, SP, Brasil; ^πMerck, Darmstadt., Germany; *Sigma-Aldrich, St. Louis, MO, USA.

TFBC- LOT 15002SP; NMTAP – LOT 2015040101; AHP – LOT 1709000824

Escoamento convencional

Escoamento foi avaliado de acordo com norma ISO 6876/2012 [11]. Após a manipulação dos materiais (Tabela 1), foram colocados 0,05 mL de cimento no centro de uma placa de vidro (n = 10). Após 3 minutos do início da manipulação, outra placa de vidro (20 g) e peso de 100 g foram posicionados, totalizando 120 g, sendo mantidos por 10 minutos. Em seguida foi realizada a mensuração do maior e menor diâmetro de cada cimento usando paquímetro digital (Mitutoyo, Tokyo, Japan), sendo utilizados os espécimes com diferença de diâmetro menor que 1 mm. Para o segundo método, os cimentos foram fotografados ao lado de uma régua milimetrada. Após a obtenção das imagens a área do cimento foi calculada em mm² no programa UTHSCSA *Image Tool for Windows Versão 3.00*, como já descrito [24].

Penetrabilidade dentinária: microscopia confocal de varredura a laser

Foram selecionados 40 incisivos humanos unirradiculares extraídos, provenientes do Banco de dentes e aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa em seres humanos-CEP da Faculdade de Odontologia de Araraquara-UNESP, com #CAAE 06974819.7.0000.5416 (Anexo A). Os dentes com diâmetro apical equivalente a lima K#15 ou #20 (Dentsply-Maillefer, Ballaigues, Suíça) foram armazenados em água destilada até o uso. A abertura coronária foi realizada de forma padronizada usando alta rotação sob refrigeração, broca esférica diamantada #1012 (KG Sorensen, Cotia, SP) e broca troncocônica de ponta inativa #3080 (KG Sorensen).

O comprimento real de trabalho (CRT) foi estabelecido 1 mm aquém do comprimento real de dente. O preparo foi realizado com instrumento rotatório ProDesign Logic (Easy Dental Equipment, Belo Horizonte, Brasil) 25.01 a 350 rpm/ 1,0 de torque, 25.06 a 950 rpm/ 4,0 de torque e 40.05 a 950 rpm/ 4,0 de torque. A cada instrumento, os canais foram irrigados com 6 mL de solução de hipoclorito de sódio a 2,5% por meio de seringa e agulha Navitip 30ga (Ultradent Products, South Jordan, UT, USA) a 2 mm aquém do CRT. A limpeza final foi realizada com solução de EDTA a 17%, agitada e com lima K#40 durante 3 minutos. A substância quelante foi removida por irrigação com a solução detergente (Tergipol – Biodinâmica, Iporã, PR, Brasil) e secagem foi realizada com cones de papel absorvente (Tanari Industria Ltda., São Paulo, SP, Brasil).

Os canais radiculares (n = 10) foram obturados de acordo com o cimento obturador (Tabela 1). A técnica de obturação realizada foi de condensação lateral ativa. Cone de gutapercha 40/.03 (Easy Dental Equipment, Belo Horizonte, Brasil) foi selecionado baseado na adaptação apical. O cimento foi manipulado de acordo com as recomendações do fabricante, em placa de vidro e acrescidos de fluoresceína a 0,1% em massa/massa (Sigma-Aldrich, St. Louis, MO, USA). O cimento foi introduzido no canal radicular com o auxílio de espiral de lentulo #2 (Dentsply/Maillefer, Konstanz, Alemanha), seguido pelo cone principal 40/.03 envolto pelo cimento. A condensação lateral foi realizada com auxílio de espaçadores digitais B e C (Dentsply/Maillefer, Konstanz, Alemanha) para inserção dos cones acessórios XF e FF (Dentsply/Maillefer), respectivamente, também envoltos pelo cimento. Em média, foram utilizados 4 cones acessórios XF e 3 cones FF. Após 48 horas, secções de 0,8 mm foram obtidas em máquina de corte de precisão Isomet 1000 (Buehler, Lake Bluff, Illinois, USA), com velocidade de 300 rpm, sob refrigeração. Foram selecionados 2 cortes de cada terço para análise em MCVL - Zeiss LSM 800 (Carl Zeiss Microscopy GmbH, Jena, Germany) com aumento de 10X, comprimento de onda luminosa de excitação de 488 nm e faixa de detecção de 488-540 nm. Posteriormente, foram fotografados e mensurados quanto à área de penetração (μm^2) e extensão linear (μm) utilizando o programa ZEN lite 3.0 (Carl Zeiss). Para calcular a área de penetrabilidade cada imagem foi contornada utilizando a ferramenta “*Contour*” e medida as áreas ao longo da massa dentinária com penetração do cimento e não em túbulos dentinários isolados, de acordo com a intensidade de fluorescência visível na imagem (Fig. 1). A extensão foi mensurada obtendo a média de 40 valores lineares nos mesmos 2 cortes de cada terço, 10 valores por cada face (mesial, distal, bucal e lingual), utilizando a ferramenta “*Line*”, da parede do canal radicular até o ponto máximo de penetração do cimento, marcado na interrupção visível na imagem (Fig. 2).

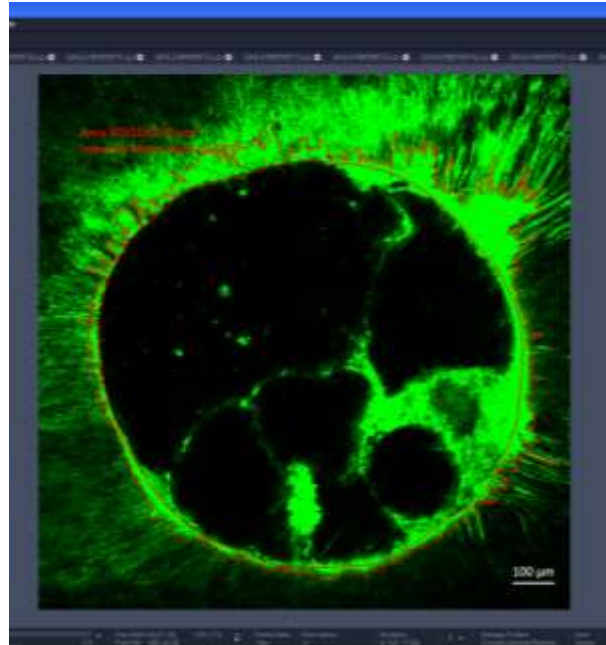


Fig. 1 Programa ZEN 3.0 - Área de penetrabilidade dos cimentos (em μm^2): o perímetro do canal radicular foi contornado e mensuradas as áreas da massa dentinária em que a penetração do cimento foi observada por meio da intensidade de fluorescência. Aumento de 10X; Bar = 100 μm .

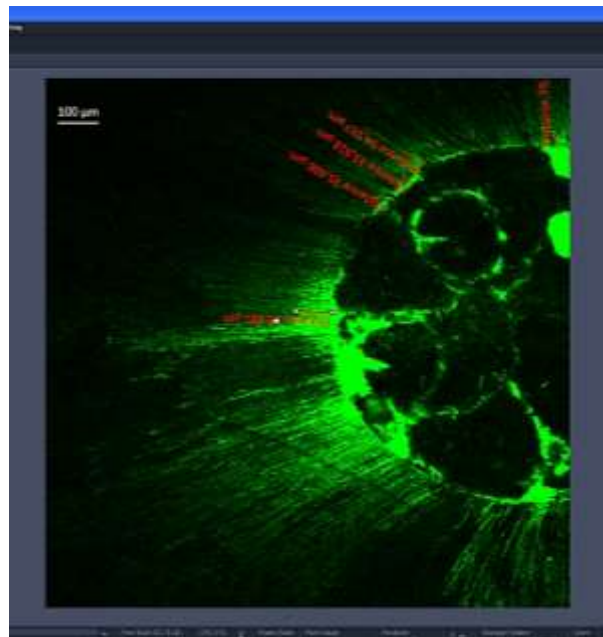


Fig. 2 Programa ZEN 3.0 - Extensão linear de penetrabilidade dos cimentos (em μm): mensurações realizadas a partir da parede do canal radicular ao ponto de máxima penetração do cimento marcada pela intensidade de fluorescência visível nos túbulos dentinários. Aumento de 10X; Bar = 100 μm .

Análise estatística

Os dados obtidos foram analisados usando análise de variância - ANOVA, seguida pelo teste de comparações múltiplas de Tukey, com nível de significância de 5%.

Resultados

No teste de escoamento (linear e em área), os resultados mostraram que houve diferenças significantes entre todos os cimentos ($p < 0,05$). O cimento TFBC mostrou maior valor, seguido do AHP, e NMTAP que mostrou o menor valor. O CE mostrou maiores valores de escoamento quando comparado com o NMTAP (Tabela 2).

Tabela 2 - Escoamento linear e escoamento em área (média e desvio padrão)

Análise	CE	TFBC	NMTAP	AHP
Escoamento (mm)	17,55 (0,31) ^c	24,93(1,31) ^a	14,05 (1,26) ^d	21,81 (1,03) ^b
Escoamento (mm ²)	253,7 (15,39) ^c	535,4 (52,75) ^a	183,4 (36,46) ^d	429,2 (86,55) ^b

Diferentes letras na mesma linha indicam diferenças significantes entre os grupos ($p < 0,05$).

A avaliação de penetrabilidade por meio da mensuração de área nos terços (cervical, médio e apical) demonstrou que CE, TFBC e NMTAP foram similares nos 3 terços avaliados ($p > 0,05$). No terço cervical, CE e TFBC apresentaram maior penetrabilidade que o AHP ($p < 0,05$), enquanto o NMTAP não mostrou diferença quando comparado ao AHP ($p > 0,05$). Nos terços médio e apical, todos os cimentos apresentaram valores similares ($p > 0,05$). Na comparação entre terços, CE mostrou os maiores valores de penetrabilidade no terço cervical ($p < 0,05$) e não houve diferenças entre os terços para o cimento AHP (Tabela 3).

Tabela 3 - Área de penetrabilidade em dentina expressa em μm^2 (média e desvio padrão)

Terços	CE	TFBC	NMTAP	AHP
Cervical	553,2 (208) ^{Aa}	554,1 (200,5) ^{Aa}	447,1 (213,7) ^{Aab}	377,3 (124,3) ^{Ab}
Médio	411,7 (170,2) ^{Ba}	459,9 (181,1) ^{ABa}	393,6 (153,1) ^{ABa}	362,2 (174,5) ^{Aa}
Apical	366,6 (92,55) ^{Ba}	352,4 (55,08) ^{Ba}	314 (129,5) ^{Ba}	344,8 (76,47) ^{Aa}

Letras minúsculas diferentes na mesma linha indicam diferença significativa entre os grupos ($p < 0,05$). Letras maiúsculas diferentes na mesma coluna indicam diferença significativa entre os terços ($p < 0,05$).

Na avaliação de penetrabilidade em extensão linear (Tabela 4), todos os cimentos foram similares nos terços cervical e apical ($p > 0,05$). CE, TFBC e AHP foram similares nos 3 terços avaliados ($p > 0,05$) e houve diferenças significantes entre NMTAP e AHP no terço médio ($p < 0,05$). Entre os terços, não houve diferença no cimento NMTAP ($p > 0,05$).

Tabela 4 - Extensão linear de penetrabilidade em dentina expressa em μm (média e desvio padrão)

Terços	CE	TFBC	NMTAP	AHP
Cervical	136,9 (33,31) ^{ABa}	145,6 (27,82) ^{Aa}	132,1 (53,62) ^{Aa}	155,5 (40,73) ^{Aa}
Médio	143,9 (36,79) ^{Aab}	135,8 (34,56) ^{ABac}	121 (34,21) ^{Abc}	163(55,37) ^{Aa}
Apical	120 (19,78) ^{Ba}	119,4 (34,16) ^{Ba}	107,5 (33,03) ^{Aa}	122,8 (38,95) ^{Ba}

Letras minúsculas diferentes na mesma linha indicam diferença significativa entre os grupos ($p < 0,05$). Letras maiúsculas diferentes na mesma coluna indicam diferença significativa entre os terços ($p < 0,05$).

A Fig. 3 mostra micrografias representativas após reconstituição das imagens, de cada grupo e seus respectivos terços (cervical, médio e apical).

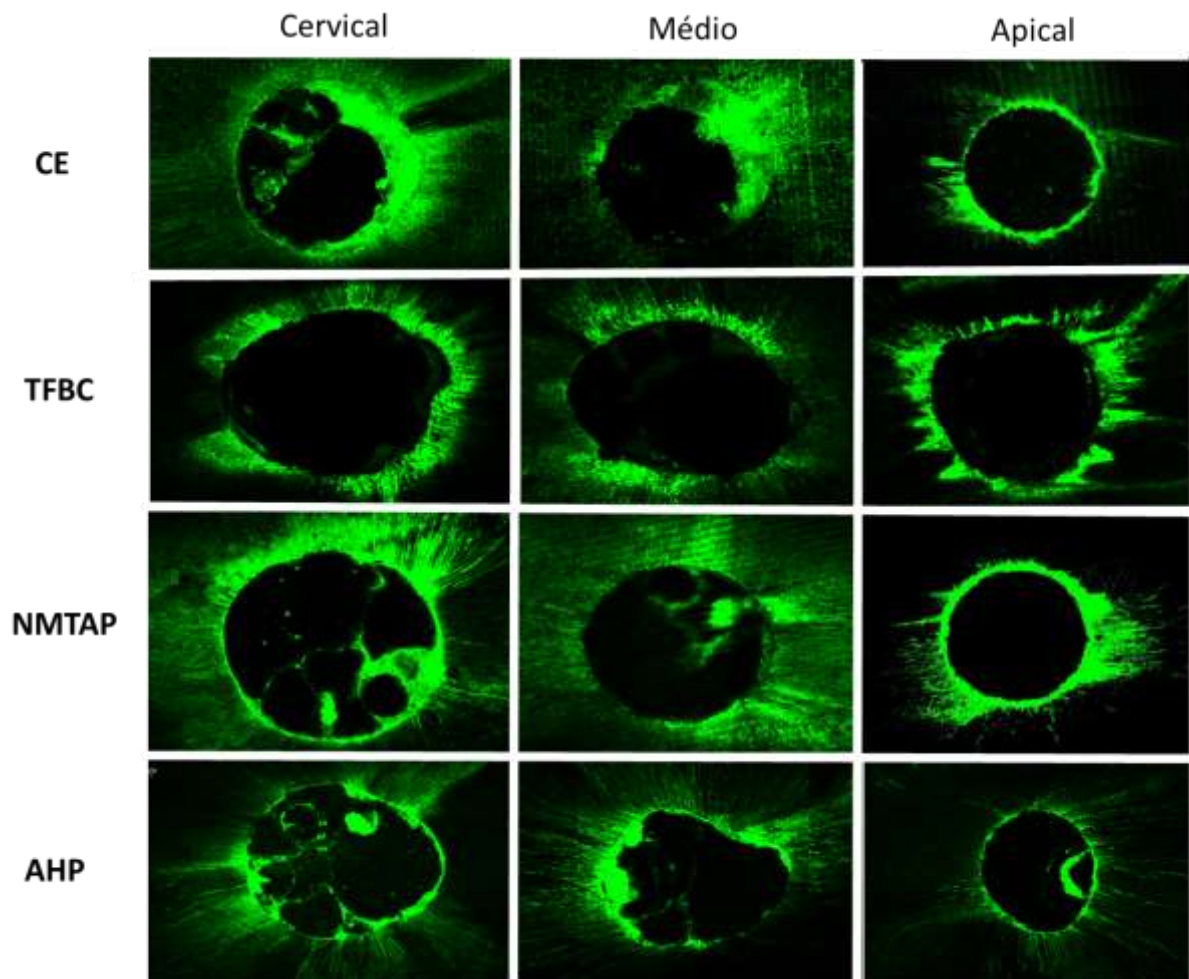


Fig. 3 - Análise em MCVL - micrografias representativas de cada terço radicular: cimento experimental (CE), TotalFill BC (TFBC), NeoMTA Plus (NMTAP) e AH Plus (AHP).

Discussão

Com base nos resultados do presente estudo, a hipótese nula foi parcialmente rejeitada, pois houve diferença entre os cimentos no que se refere ao escoamento, porém foram similares na penetrabilidade em dentina. A avaliação do escoamento de acordo com a norma ISO 6876/2012 [11] mostrou diferenças para os cimentos avaliados. Com a exceção do NMTAP com menores valores (14,05 mm), os materiais demonstraram escoamento maior que 17 mm de diâmetro conforme recomendado pela ISO 6876/2012 [7, 9, 11]. Nos dois métodos utilizados para a análise do escoamento, TFBC mostrou maior escoamento que CE, NMTAP e AHP, concordando com estudos prévios [7, 10, 15]. O método de análise em área foi realizado segundo Tanomaru-Filho et al. [24].

Métodos de mensuração da penetrabilidade em extensão linear são realizados [8, 9, 14, 20, 21] para avaliação da profundidade máxima de penetração do cimento nos terços cervical, médio e apical. A extensão linear de penetração dos cimentos foi mensurada (em μm), a partir da parede do canal radicular até o ponto com máxima marcação visível no túbulo dentinário [2, 9], empregando a ferramenta “*Line*” que apresenta a distância em micrômetros. A média de valores obtidos para cada secção e material foi realizada de forma similar ao estudo de Silva et al. [37].

As análises de área e da extensão de penetração foram realizadas por meio do programa ZEN lite 3.0 (Carl Zeiss). A área foi mensurada em μm^2 desde a parede do canal até toda região com maior intensidade de fluorescência e de forma similar à estudos prévios [8, 9, 20].

Considerando o teste ISO e resultados observados para o TFBC [7, 10, 15], o escoamento observado para o cimento experimental é considerado adequado e pode estar relacionado às partículas de menor tamanho dos silicatos tricálcico e dicálcico (Mineral Research Processing, Meyzieu, França) [25-27]. Ainda, o veículo polietilenoglicol pode contribuir com escoamento de materiais à base de SC [13]. Polietilenoglicol é usado como agente de dispersão na composição dos novos cimentos obturadores, tais como o Bio-C Sealer (Angelus, Londrina, PR) e Sealer Plus BC (MkLife, Porto Alegre, RS) [28, 29]. Outros veículos semelhantes como o propilenoglicol tem sido utilizado para manipular o MTA, além da água destilada. O cimento à base de SC com propilenoglicol apresentou maior pH, molhabilidade e liberação de íons cálcio [2].

O escoamento de cimentos endodônticos pode favorecer a capacidade de preenchimento. No entanto, a análise linear de escoamento segundo a norma ISO pode não

corresponder à capacidade de preenchimento de espaços laterais, conforme estudo empregando microtomografia computadorizada [30]. Neste método, o preenchimento calculado em mm^3 , demonstra que o escoamento linear pode não refletir a capacidade de preenchimento lateral por materiais [30].

A área de penetrabilidade dentinária foi semelhante entre os cimentos no terço médio e apical, enquanto no terço cervical foi observado uma maior penetrabilidade em área do CE e TFBC que o AHP. Quanto à extensão linear não houve diferença nos terços cervical e apical, e no terço médio, o NMTAP apresentou menor penetrabilidade. Os resultados de extensão linear podem ser relacionados ao menor escoamento do NMTAP, abaixo do preconizado pela norma ISO [11].

Os materiais apresentaram resultados similares no terço apical nas duas mensurações de penetrabilidade avaliadas. O que está de acordo com outros estudos que avaliaram diferentes cimentos e técnicas de obturação e observou que a técnica de condensação lateral proporcionou maior capacidade de penetrabilidade dos cimentos nos túbulos dentinários principalmente nos terços apical e médio [20, 31].

A avaliação de penetrabilidade de AHP, BC Sealer e um novo cimento à base de silicato tricálcico (NTS) em MCVL, demonstra extensão linear máxima maior no terço médio do canal radicular (5 mm aquém do ápice) em comparação ao terço apical (1 mm aquém) usando a técnica de obturação de cone único [8]. Os resultados do presente estudo são concordantes com McMichael et al. [19] que mediram a capacidade de penetração nos túbulos dentinários dos cimentos BC Sealer e NMTAP, utilizando duas técnicas de obturação e análise em MCVL. Independentemente da técnica de obturação, os cimentos mostraram porcentagem de penetrabilidade similar e acima de 80% a 1 mm e 5 mm do ápice radicular (terços apical e médio, respectivamente).

A técnica de obturação usada foi a condensação lateral ativa, que favorece a penetração do cimento em túbulos dentinários [31]. A penetrabilidade dos cimentos pode ocorrer independentemente da técnica de obturação [14, 32]. Entretanto, Akcay et al. [20] relataram que a maior capacidade de penetrabilidade dos cimentos nos túbulos dentinários foi utilizando a técnica de condensação lateral. O cone principal #40 com taper .03 foi utilizado no presente estudo para permitir o uso da técnica de condensação lateral, e inserção do espaçador lateral.

Microscopia confocal tem sido utilizada para avaliação de penetrabilidade de cimentos obturadores em túbulos dentinários [8, 9, 14, 20, 21, 33]. No presente estudo, todos os cimentos mostraram valores similares de área de penetrabilidade, concordando com estudos

que analisaram cimentos à base de SC (iRoot SP, BC Sealer e NTS) comparados ao AHP [8, 20, 34]. Ackay et al. [20] avaliaram os cimentos: iRoot SP (fosfato de cálcio, hidróxido de cálcio e óxido de zircônio); MTA Fillapex; e GuttaFlow Bioseal à base de silicone e vidro bioativo, em comparação com AHP e observaram que iRoot SP mostrou a maior área de penetrabilidade, seguido do AHP. O CE obteve valores de penetrabilidade em área similar aos cimentos à base de SC (TFBC e NMTAP) e maior que AHP, e em extensão linear foi similar aos cimentos TFBC e AHP nos 3 terços avaliados.

Os resultados obtidos concordam com estudos prévios que realizaram avaliação entre os terços e observaram maior penetrabilidade no terço médio comparado ao terço apical [8, 14, 20, 21, 31]. Akcay et al. [20] confirmaram que a profundidade de penetração de um cimento nos túbulos dentinários pode ser influenciado pelas suas características físico-químicas e da sua composição.

A capacidade de penetração tubular do cimento pode ser relacionada com a prevenção da reinfecção [35], como sugerido por Aydin et al. [9] ao comparar o efeito de diferentes soluções irrigadoras na penetrabilidade do cimento TFBC usando a técnica de cone único. Além disso, pode ter relação com adequado selamento e adesão mecânica às paredes do canal radicular devido às ligações covalentes [2].

A avaliação de penetração de cimentos por meio da fluoresceína (verde) tem sido realizada [8, 33, 36, 37], uma vez que apresenta afinidade para diferentes tipos de cimentos, incluindo os cimentos obturadores à base de SC. Uzunoglu-Ozyurek et al. [33] utilizaram fluoresceína na manipulação dos cimentos AH 26 (à base de resina epóxi) e BioRoot RCS (à base de silicato tricálcico) para avaliar o efeito do hidróxido de cálcio - Ca(OH)_2 na penetrabilidade dentinária.

Conclusões

Conclui-se que o cimento experimental (CE) apresenta adequado escoamento e similar penetrabilidade em dentina quando comparado a outros cimentos à base de SC (TotalFill BC e NeoMTA Plus) e ao cimento AH Plus.

Referências

1. Venturi M (2006). Evaluation of canal filling after using two warm vertical gutta-percha compaction techniques in vivo: a preliminary study. *Int Endod J* 39:538-546. 10.1111/j.1365-2591.2006.01106.x
2. Aktemur Turker S, Uzunoglu E, Purali N (2018). 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* 12:294-298. 10.15171/joddd.2018.046
3. Lopez-Garcia S, Myong-Hyun B, Lozano A, Garcia-Bernal D, Forner L, Llena C, Guerrero-Girones J, Murcia L, Rodriguez-Lozano FJ (2019). Cytocompatibility, bioactivity potential, and ion release of three premixed calcium silicate-based sealers. *Clin Oral Investig* 10.1007/s00784-019-03036-2
4. Wang Z, Shen Y, Haapasalo M (2012). Effectiveness of endodontic disinfecting solutions against young and old *Enterococcus faecalis* biofilms in dentin canals. *J Endod* 38:1376-1379. 10.1016/j.joen.2012.06.035
5. Wu M, van der Sluis LW, Wesselink PR (2002). A preliminary study of the percentage of gutta-percha-filled area in the apical canal filled with vertically compacted warm gutta-percha. *Int Endod J* 35:527-535. 522 [pii]
6. Malhotra S, Hedge MN, Shetty C (2014). Bioceramic Technology in Endodontics. *British Journal of Medicine & Medical Research* 4:2446-2454.
7. Candeiro GT, Correia FC, Duarte MA, Ribeiro-Siqueira DC, Gavini G (2012). Evaluation of radiopacity, pH, release of calcium ions, and flow of a bioceramic root canal sealer. *J Endod* 38:842-845. 10.1016/j.joen.2012.02.029
8. El Hachem R, Khalil I, Le Brun G, Pellen F, Le Jeune B, Daou M, El Osta N, Naaman A, Abboud M (2019). Dentinal tubule penetration of AH Plus, BC Sealer and a novel tricalcium silicate sealer: a confocal laser scanning microscopy study. *Clin Oral Investig* 23:1871-1876. 10.1007/s00784-018-2632-6
9. Aydin ZU, Ozyurek T, Keskin B, Baran T (2019). Effect of chitosan nanoparticle, QMix, and EDTA on TotalFill BC sealers' dentinal tubule penetration: a confocal laser scanning microscopy study. *Odontology* 107:64-71. 10.1007/s10266-018-0359-0
10. Tanomaru-Filho M, Torres FFE, Chavez-Andrade GM, de Almeida M, Navarro LG, Steier L, Guerreiro-Tanomaru JM (2017). Physicochemical Properties and Volumetric Change of

- Silicone/Bioactive Glass and Calcium Silicate-based Endodontic Sealers. *J Endod* 43:2097-2101. 10.1016/j.joen.2017.07.005
11. International Organization for Standardization Dentistry (ISO). ISO 6876:2012. Root canal sealing materials. British Standards Institution. London, UK, 2012.
 12. Quintana RM, Jardine AP, Grechi TR, Graziotin-Soares R, Ardenghi DM, Scarparo RK, Grecca FS, Kopper PMP (2019). Bone tissue reaction, setting time, solubility, and pH of root repair materials. *Clin Oral Investig* 23:1359-1366. 10.1007/s00784-018-2564-1
 13. Zhou Y, Hou D, Jiang J, Wei She W, Yu J (2017). Reactive molecular simulation on the calcium silicatehydrates/polyethylene glycol composites. *Chem Phys Lett* 687:184-187. <https://doi.org/10.1016/j.cplett.2017.09.020>
 14. McMichael GE, Primus CM, Opperman LA (2016). Dentinal Tubule Penetration of Tricalcium Silicate Sealers. *J Endod* 42:632-636. 10.1016/j.joen.2015.12.012
 15. Zordan-Bronzel CL, Esteves Torres FF, Tanomaru-Filho M, Chavez-Andrade GM, Bosso-Martelo R, Guerreiro-Tanomaru JM (2019). Evaluation of Physicochemical Properties of a New Calcium Silicate-based Sealer, Bio-C Sealer. *J Endod* 45:1248-1252. 10.1016/j.joen.2019.07.006
 16. Hess D, Solomon E, Spears R, He J (2011). Retreatability of a bioceramic root canal sealing material. *J Endod* 37:1547-1549. 10.1016/j.joen.2011.08.016
 17. Camilleri J (2015). Staining Potential of Neo MTA Plus, MTA Plus, and Biodentine Used for Pulpotomy Procedures. *J Endod* 41:1139-1145. 10.1016/j.joen.2015.02.032
 18. Tran D, He J, Glickman GN, Woodmansey KF (2016). Comparative Analysis of Calcium Silicate-based Root Filling Materials Using an Open Apex Model. *J Endod* 42:654-658. 10.1016/j.joen.2016.01.015
 19. Siboni F, Taddei P, Prati C, Gandolfi MG (2017). Properties of NeoMTA Plus and MTA Plus cements for endodontics. *Int Endod J* 50 Suppl 2:e83-e94. 10.1111/iej.12787
 20. Akcay M, Arslan H, Durmus N, Mese M, Capar ID (2016). Dentinal tubule penetration of AH Plus, iRoot SP, MTA fillapex, and guttaflow bioseal root canal sealers after different final irrigation procedures: A confocal microscopic study. *Lasers Surg Med* 48:70-76. 10.1002/lsm.22446
 21. Piai GG, Duarte MAH, Nascimento ALD, Rosa RAD, So MVR, Vivan RR (2018). Penetrability of a new endodontic sealer: A confocal laser scanning microscopy evaluation. *Microsc Res Tech* 81:1246-1249. 10.1002/jemt.23129

22. Silva EJ, Rosa TP, Herrera DR, Jacinto RC, Gomes BP, Zaia AA (2013). Evaluation of cytotoxicity and physicochemical properties of calcium silicate-based endodontic sealer MTA Fillapex. *J Endod* 39:274-277. 10.1016/j.joen.2012.06.030
23. Tanomaru-Filho M, Bosso R, Viapiana R, Guerreiro-Tanomaru JM (2013). Radiopacity and flow of different endodontic sealers. *Acta Odontol Latinoam* 26:121-125.
24. Tanomaru-Filho M, Bier CA, Tanomaru JM, Barros DB (2007). Evaluation of the thermoplasticity of different gutta-percha cones and the TC system. *J Appl Oral Sci* 15:131-134. S1678-77572007000200011 [pii]
25. Camilleri J, Grech L, Galea K, Keir D, Fenech M, Formosa L, Damidot D, Mallia B (2014). Porosity and root dentine to material interface assessment of calcium silicate-based root-end filling materials. *Clin Oral Investig* 18:1437-1446. 10.1007/s00784-013-1124-y
26. Camilleri J, Sorrentino F, Damidot D (2013). Investigation of the hydration and bioactivity of radiopacified tricalcium silicate cement, Biodentine and MTA Angelus. *Dent Mater* 29:580-593. 10.1016/j.dental.2013.03.007
27. Li X, Yoshihara K, De Munck J, Cokic S, Pongprueksa P, Putzeys E, Pedano M, Chen Z, Van Landuyt K, Van Meerbeek B (2017). Modified tricalcium silicate cement formulations with added zirconium oxide. *Clin Oral Investig* 21:895-905. 10.1007/s00784-016-1843-y
28. Angelus Indústria de Produtos Odontológicos S/A. Bula on-line Bio-C Sealer. Disponível em: http://www.angelus.ind.br/medias/1804170324_Bio-C-Sealer.pdf.
29. Torres FFE, Zordan-Bronzel CL, Guerreiro-Tanomaru JM, Chavez-Andrade GM, Pinto JC, Tanomaru-Filho M (2019). Effect of immersion in distilled water or phosphate-buffered saline on the solubility, volumetric change and presence of voids within new calcium silicate-based root canal sealers. *Int Endod J* 10.1111/iej.13225
30. Tanomaru-Filho M, Torres FFE, Bosso-Martelo R, Chavez-Andrade GM, Bonetti-Filho I, Guerreiro-Tanomaru JM (2017). A Novel Model for Evaluating the Flow of Endodontic Materials Using Micro-computed Tomography. *J Endod* 43:796-800. 10.1016/j.joen.2016.12.002
31. Kuci A, Alacam T, Yavas O, Ergul-Ulger Z, Kayaoglu G (2014). Sealer penetration into dentinal tubules in the presence or absence of smear layer: a confocal laser scanning microscopic study. *J Endod* 40:1627-1631. 10.1016/j.joen.2014.03.019
32. Jeong JW, DeGraft-Johnson A, Dorn SO, Di Fiore PM (2017). Dentinal Tubule Penetration of a Calcium Silicate-based Root Canal Sealer with Different Obturation Methods. *J Endod* 43:633-637. 10.1016/j.joen.2016.11.023

33. Uzunoglu-Ozyurek E, Erdogan O, Aktemur Turker S (2018). Effect of Calcium Hydroxide Dressing on the Dentinal Tubule Penetration of 2 Different Root Canal Sealers: A Confocal Laser Scanning Microscopic Study. *J Endod* 44:1018-1023. 10.1016/j.joen.2018.02.016
34. Silva RV, Silveira FF, Horta MC, Duarte MA, Cavenago BC, Morais IG, Nunes E (2015). Filling Effectiveness and Dentinal Penetration of Endodontic Sealers: A Stereo and Confocal Laser Scanning Microscopy Study. *Braz Dent J* 26:541-546. 10.1590/0103-6440201300138
35. Heling I, Chandler NP (1996). The antimicrobial effect within dentinal tubules of four root canal sealers. *J Endod* 22:257-259. S0099-2399(06)80144-5 [pii] 10.1016/s0099-2399(06)80144-5
36. Canali LCF, Duque JA, Vivian RR, Bramante CM, So MVR, Duarte MAH (2019). Comparison of efficiency of the retreatment procedure between Wave One Gold and Wave One systems by Micro-CT and confocal microscopy: an in vitro study. *Clin Oral Investig* 23:337-343. 10.1007/s00784-018-2441-y
37. Gu Y, Perinpanayagam H, Kum DJ, Yoo YJ, Jeong JS, Lim SM, Chang SW, Baek SH, Zhu Q, Kum KY (2017). Effect of Different Agitation Techniques on the Penetration of Irrigant and Sealer into Dentinal Tubules. *Photomed Laser Surg* 35:71-77. 10.1089/pho.2016.4125

4 DISCUSSÃO

A qualidade da obturação está relacionada à capacidade de preenchimento e selamento do sistema de canais radiculares. Assim, escoamento e penetrabilidade dos cimentos endodônticos no interior dos túbulos dentinários podem favorecer o selamento hermético e sucesso do tratamento endodôntico.

Cimento experimental à base de silicatos de cálcio foi desenvolvido na Disciplina de Endodontia desta faculdade visando associar adequadas propriedades físico-químicas e biológicas¹⁵. Outras propriedades foram estudadas, tais como alteração volumétrica, solubilidade, radiopacidade e tempo de presa, mostrando resultados adequados (em publicação). Ainda, estudos que avaliem o escoamento e capacidade de penetração dentinária são importantes para sua indicação clínica.

Cimentos obturadores são avaliados em microscopia confocal para quantificar sua penetrabilidade nos túbulos dentinários. No presente estudo, todos os cimentos mostraram valores similares de área de penetrabilidade, o que está de acordo com estudos que analisaram cimentos a base de SC comparados ao AH Plus^{11,39,46}, considerado padrão-ouro pelas suas excelentes propriedades. Existem diversos métodos para avaliação da área e profundidade de penetração do cimento nos túbulos dentinários. A microscopia confocal de varredura a laser (MCVL) permite visualizar secções sob a superfície da dentina e é uma ferramenta interessante para essa avaliação de penetrabilidade e para determinar a quantidade de cimento²². O programa ZEN 3.0 foi utilizado por permitir a mensuração linear e em área em μm e μm^2 , respectivamente.

A penetrabilidade pode ser relacionada ao tamanho reduzido de suas partículas e pelo número e/ou diâmetro dos túbulos dentinários que diminuem no terço apical de canais radiculares. Além disso, algumas áreas do terço apical estão livres de túbulos dentinários e o cimento pode contornar a parede do canal radicular apical, obstruindo os túbulos. Outra explicação pode ser a melhor remoção de *smear layer* nos terços médio e cervical.

O escoamento de cimentos endodônticos pode favorecer a capacidade de preenchimento. No entanto, a análise linear de escoamento segundo a norma ISO pode não corresponder à capacidade de preenchimento de espaços laterais, conforme avaliação do volume de preenchimento por meio de microtomografia computadorizada. Neste estudo o escoamento linear mostrou não refletir a capacidade de preenchimento obtido pelos materiais⁵⁰. Assim, embora o escoamento tenha se mostrado diferente para os cimentos, a área de penetrabilidade dentinária foi semelhante na avaliação por área de penetração em confocal.

Estudos prévios tem relatado adequadas propriedades físico-químicas do cimento TFBC quando comparado a outros cimentos à base de SC e ao AHP, mostrando adequados tempo de presa, radiopacidade, escoamento, estabilidade volumétrica e liberação de íons cálcio e hidroxila^{13,20,24,51}.

Nossos resultados mostraram que o cimento experimental à base de silicatos de cálcio apresenta adequado escoamento, de acordo com norma ISO 6876 e similar penetrabilidade em dentina, quando comparados aos outros cimentos à base de SC (TFBC e NMTAP) e ao cimento AH Plus.

5 CONCLUSÃO

O cimento experimental (CE) apresenta adequadas propriedades de escoamento e similar penetrabilidade em dentina quando comparado aos cimentos à base de silicato de cálcio, TotalFill BC e NeoMTA Plus, e ao cimento à base de resina epoxi, AH Plus.

REFERÊNCIAS*

1. Ari H, Belli S, Gunes B. Sealing ability of hybrid Root SEAL (MetaSEAL) in conjunction with different obturation techniques. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod.* 2010; 109(6): e113-6.
2. Lana MA, Ribeiro-Sobrinho AP, Stehling R, Garcia GD, Silva BK, Hamdan JS, et al. Microorganisms isolated from root canals presenting necrotic pulp and their drug susceptibility in vitro. *Oral Microbiol Immunol.* 2001; 16(2): 100-5.
3. Siqueira JF, Jr., Rocas IN. Clinical implications and microbiology of bacterial persistence after treatment procedures. *J Endod.* 2008; 34(11): 1291-301 e3.
4. Venturi M. Evaluation of canal filling after using two warm vertical gutta-percha compaction techniques in vivo: a preliminary study. *Int Endod J.* 2006; 39(7): 538-46.
5. Aktemur Turker S, Uzunoglu 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.* 2018; 12(4): 294-8.
6. Wang Z, Shen Y, Haapasalo M. Effectiveness of endodontic disinfecting solutions against young and old *Enterococcus faecalis* biofilms in dentin canals. *J Endod.* 2012; 38(10): 1376-9.
7. Wu M, van der Sluis LW, Wesselink PR. A preliminary study of the percentage of gutta-percha-filled area in the apical canal filled with vertically compacted warm gutta-percha. *Int Endod J.* 2002; 35(6): 527-35.
8. Bystrom A, Sundqvist G. Bacteriologic evaluation of the effect of 0.5 percent sodium hypochlorite in endodontic therapy. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol.* 1983; 55(3): 307-12.
9. Oguntebi BR. Dentine tubule infection and endodontic therapy implications. *Int Endod J.* 1994; 27(4): 218-22.
10. Siqueira JF, Jr., Favieri A, Gahyva SM, Moraes SR, Lima KC, Lopes HP. Antimicrobial activity and flow rate of newer and established root canal sealers. *J Endod.* 2000; 26(5): 274-7.
11. El Hachem R, Khalil I, Le Brun G, Pellen F, Le Jeune B, Daou M, et al. Dentinal tubule penetration of AH Plus, BC Sealer and a novel tricalcium silicate sealer: a confocal laser scanning microscopy study. *Clin Oral Investig.* 2019; 23(4): 1871-6.
12. Malhotra S, Hedge MN, Shetty C. Bioceramic technology in endodontics. *Br J Med Med Res.* 2014; 4(12): 2446-54.
13. Candeiro GT, Correia FC, 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(6): 842-5.

* De acordo com o Guia de Trabalhos Acadêmicos da FOAr, adaptado das Normas Vancouver. Disponível no site da Biblioteca: <http://www.foar.unesp.br/Home/Biblioteca/guia-de-normalizacao-atualizado.pdf>

14. Parirokh M, Torabinejad M, Dummer PMH. Mineral trioxide aggregate and other bioactive endodontic cements: an updated overview - part I: vital pulp therapy. *Int Endod J.* 2018; 51(2): 177-205.
15. Zordan-Bronzel CL, Tanomaru-Filho M, Rodrigues EM, Chavez-Andrade GM, Faria G, Guerreiro-Tanomaru JM. Cytocompatibility, bioactive potential and antimicrobial activity of an experimental calcium silicate-based endodontic sealer. *Int Endod J.* 2019; 52(7): 979-86.
16. Chen CC, Ho CC, David Chen CH, Ding SJ. Physicochemical properties of calcium silicate cements for endodontic treatment. *J Endod.* 2009; 35(9): 1288-91.
17. Wu BC, Wei CK, Hsueh NS, Ding SJ. Comparative cell attachment, cytotoxicity and antibacterial activity of radiopaque dicalcium silicate cement and white-coloured mineral trioxide aggregate. *Int Endod J.* 2015; 48(3): 268-76.
18. Zhao W, Chang J, Zhai W. Self-setting properties and in vitro bioactivity of $\text{Ca}_3\text{SiO}_5/\text{CaSO}_4 \cdot 1/2\text{H}_2\text{O}$ composite cement. *J Biomed Mater Res A.* 2008; 85(2): 336-44.
19. 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(5): 673-7.
20. Tanomaru-Filho M, Torres FFE, Chavez-Andrade GM, de Almeida M, Navarro LG, Steier L, et al. Physicochemical properties and volumetric change of silicone/bioactive glass and calcium silicate-based endodontic sealers. *J Endod.* 2017; 43(12): 2097-101.
21. Jafari F, Jafari S. Composition and physicochemical properties of calcium silicate based sealers: A review article. *J Clin Exp Dent.* 2017; 9(10): e1249-e55.
22. Aydin ZU, Ozyurek T, Keskin B, Baran T. Effect of chitosan nanoparticle, QMix, and EDTA on TotalFill BC sealers' dentinal tubule penetration: a confocal laser scanning microscopy study. *Odontology.* 2019; 107(1): 64-71.
23. McMichael GE, Primus CM, Opperman LA. Dentinal Tubule Penetration of tricalcium silicate sealers. *J Endod.* 2016; 42(4): 632-6.
24. Zordan-Bronzel CL, Esteves Torres FF, Tanomaru-Filho M, Chavez-Andrade GM, Bosso-Martelo R, Guerreiro-Tanomaru JM. Evaluation of physicochemical properties of a new calcium silicate-based sealer, Bio-C sealer. *J Endod.* 2019; 45(10): 1248-52.
25. Valverde ME, Baca P, Ceballos L, Fuentes MV, Ruiz-Linares M, Ferrer-Luque CM. Antibacterial efficacy of several intracanal medicaments for endodontic therapy. *Dent Mater J.* 2017; 36(3): 319-24.
26. Zhou Y, Hou D, Jiang J, Wei She W, Yu J. Reactive molecular simulation on the calcium silicate hydrates/polyethylene glycol composites. *Chem Phys Lett.* 2017; 687(184-7).
27. Hess D, Solomon E, Spears R, He J. Retreatability of a bioceramic root canal sealing material. *J Endod.* 2011; 37(11): 1547-9.

28. Lee JK, Kwak SW, Ha JH, Lee W, Kim HC. Physicochemical Properties of Epoxy Resin-Based and Bioceramic-Based Root Canal Sealers. *Bioinorg Chem Appl*. 2017; 2017(2582849).
29. Lopez-Garcia S, Myong-Hyun B, Lozano A, Garcia-Bernal D, Forner L, Llena C, et al. Cytocompatibility, bioactivity potential, and ion release of three premixed calcium silicate-based sealers. *Clin Oral Investig*. 2019;
30. Bukhari S, Karabucak B. The antimicrobial effect of bioceramic sealer on an 8-week matured enterococcus faecalis biofilm attached to root canal dentinal surface. *J Endod*. 2019; 45(8): 1047-52.
31. Seo DG, Lee D, Kim YM, Song D, Kim SY. Biocompatibility and mineralization activity of three calcium silicate-based root canal sealers compared to conventional resin-based sealer in human dental pulp stem cells. *Materials (Basel)*. 2019; 12(15): 2482.
32. Camilleri J. Staining Potential of Neo MTA Plus, MTA Plus, and biodentine used for pulpotomy procedures. *J Endod*. 2015; 41(7): 1139-45.
33. Yang Q, Lu D. Premix biological hydraulic cement paste composition and using the same. United States Patent Application 2008029909. 2008 Dec. 4.
34. Quintana RM, Jardine AP, Grechi TR, Grazziotin-Soares R, Ardenghi DM, Scarparo RK, et al. Bone tissue reaction, setting time, solubility, and pH of root repair materials. *Clin Oral Investig*. 2019; 23(3): 1359-66.
35. Tran D, He J, Glickman GN, Woodmansey KF. Comparative analysis of calcium silicate-based root filling materials using an open apex model. *J Endod*. 2016; 42(4): 654-8.
36. Siboni F, Taddei P, Prati C, Gandolfi MG. Properties of NeoMTA Plus and MTA Plus cements for endodontics. *Int Endod J*. 2017; 50 Suppl 2(e83-e94).
37. Aksel H, Arslan E, Purali N, Uyanik O, Nagas E. Effect of ultrasonic activation on dentinal tubule penetration of calcium silicate-based cements. *Microsc Res Tech*. 2019; 82(5): 624-9.
38. Ordinola-Zapata R, Bramante CM, Graeff MS, del Carpio Perochena A, Vivian RR, Camargo EJ, et al. Depth and percentage of penetration of endodontic sealers into dentinal tubules after root canal obturation using a lateral compaction technique: a confocal laser scanning microscopy study. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod*. 2009; 108(3): 450-7.
39. Akcay M, Arslan H, Durmus N, Mese M, Capar ID. Dentinal tubule penetration of AH Plus, iRoot SP, MTA fillapex, and guttaflow bioseal root canal sealers after different final irrigation procedures: a confocal microscopic study. *Lasers Surg Med*. 2016; 48(1): 70-6.
40. Borges AH, Orcati Dorileo MC, Dalla Villa R, Borba AM, Semenoff TA, Guedes OA, et al. Physicochemical properties and surfaces morphologies evaluation of MTA FillApex and AH plus. *ScientificWorldJournal*. 2014; 2014(589732).
41. Marciano MA, Guimaraes BM, Ordinola-Zapata R, Bramante CM, Cavenago BC, Garcia RB, et al. Physical properties and interfacial adaptation of three epoxy resin-based sealers. *J Endod*. 2011; 37(10): 1417-21.

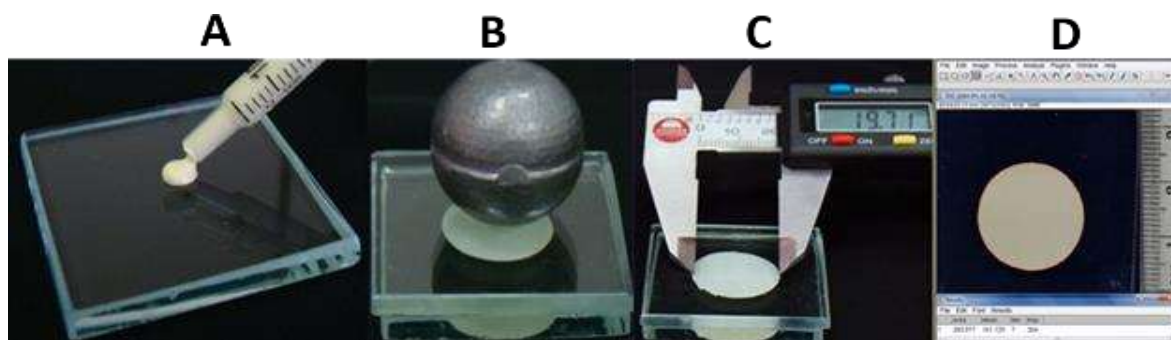
42. Marin-Bauza GA, Rached-Junior FJ, Souza-Gabriel AE, Sousa-Neto MD, Miranda CE, Silva-Sousa YT. Physicochemical properties of methacrylate resin-based root canal sealers. *J Endod.* 2010; 36(9): 1531-6.
43. Silva EJ, Rosa TP, Herrera DR, Jacinto RC, Gomes BP, Zaia AA. Evaluation of cytotoxicity and physicochemical properties of calcium silicate-based endodontic sealer MTA Fillapex. *J Endod.* 2013; 39(2): 274-7.
44. Tanomaru-Filho M, Bosso R, Viapiana R, Guerreiro-Tanomaru JM. Radiopacity and flow of different endodontic sealers. *Acta Odontol Latinoam.* 2013; 26(2): 121-5.
45. Piai GG, Duarte MAH, Nascimento ALD, Rosa RAD, So MVR, Vivian RR. Penetrability of a new endodontic sealer: a confocal laser scanning microscopy evaluation. *Microsc Res Tech.* 2018; 81(11): 1246-9.
46. Silva RV, Silveira FF, Horta MC, Duarte MA, Cavenago BC, Morais IG, et al. Filling Effectiveness and dentinal penetration of endodontic sealers: a stereo and confocal laser scanning microscopy study. *Braz Dent J.* 2015; 26(5): 541-6.
47. Amoroso-Silva PA, Guimaraes BM, Marciano MA, Duarte MA, Cavenago BC, Ordinola-Zapata R, et al. Microscopic analysis of the quality of obturation and physical properties of MTA Fillapex. *Microsc Res Tech.* 2014; 77(12): 1031-6.
48. DeLong C, He J, Woodmansey KF. The effect of obturation technique on the push-out bond strength of calcium silicate sealers. *J Endod.* 2015; 41(3): 385-8.
49. Carvalho CN, Grazziotin-Soares R, de Miranda Candeiro GT, Gallego Martinez L, de Souza JP, Santos Oliveira P, et al. Micro push-out bond strength and bioactivity analysis of a bioceramic root canal sealer. *Iran Endod J.* 2017; 12(3): 343-8.
50. Tanomaru-Filho M, Torres FFE, Bosso-Martelo R, Chavez-Andrade GM, Bonetti-Filho I, Guerreiro-Tanomaru JM. A novel model for evaluating the flow of endodontic materials using micro-computed tomography. *J Endod.* 2017; 43(5): 796-800.
51. Torres FFE, Zordan-Bronzel CL, Guerreiro-Tanomaru JM, Chavez-Andrade GM, Pinto JC, Tanomaru-Filho M. Effect of immersion in distilled water or phosphate-buffered saline on the solubility, volumetric change and presence of voids within new calcium silicate-based root canal sealers. *Int Endod J.* 2020; 53(3): 385-91.

APÊNDICE A – METODOLOGIA DETALHADA

A1: Escoamento convencional

O teste de escoamento foi realizado de acordo com a norma ISO-6876 (2012). Após a manipulação dos cimentos endodônticos, segundo indicações do fabricante e testes pilotos (Tabela 1), foram colocados 0,05 mL de cimento no centro de uma placa de vidro com auxílio de uma seringa de insulina (Figura A1.A). Após 3 minutos do início da manipulação, outra placa de vidro (20 g) foi colocada sobre a placa com o cimento e então um peso de 100 g foi depositado sobre a placa superior (Figura A1.B), totalizando 120 g que permaneceram pelo período de 10 minutos.

Figura A1- Teste de Escoamento



(A) 0,05 mL do cimento em placa de vidro; (B) Outra placa de vidro e dispositivo metálico posicionados sobre o cimento, totalizando 120 g; (C) Mensuração do diâmetro médio de cada espécime utilizando um paquímetro digital; (D) Fotografias digitalizadas, importadas para o programa *Image Tool 3.00* e analisadas em quanto a área de escoamento (mm²).

Fonte: Prof^ª. Dr^ª Raqueli Viapiana e Prof^ª. Dr^ª Roberta Bosso Martelo.

A análise dos dados foi realizada utilizando dois métodos. No primeiro método, foi realizada a mensuração do maior e menor diâmetro de cada cimento por grupo experimental (n = 6) usando paquímetro digital (Mitutoyo, Tokyo, Japan), sendo utilizados os espécimes com diferença menor que 1 mm entre seu maior e menor diâmetro (Figura A1.C). Para o segundo método, os cimentos foram fotografados de forma padronizada (em automático e distancia foco/espécime de 30 cm) ao lado de uma régua milimetrada. Após a obtenção das imagens a área do cimento foi calculada em mm² no programa *UTHSCSA Image Tool for Windows Versão 3.00* (Figura A1.D). Os dados obtidos foram analisados estatisticamente por meio dos testes ANOVA e Tukey ($\alpha = 0,05$).

A2: Penetrabilidade dentinária: estudo ex vivo

Seleção dos dentes

Foram selecionados 40 incisivos humanos unirradiculares extraídos provenientes do Banco de dentes e aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa em seres humanos - CEP desta Faculdade, com protocolo #CAAE 06974819.7.0000.5416 (Anexo A). Os dentes com diâmetro apical máximo equivalente a lima K#15 ou #20 foram limpos externamente por meio de curetas periodontais e armazenados em água destilada até o momento da realização do experimento. As coroas foram mantidas (Figura A2).

Figura A2- Seleção dos espécimes



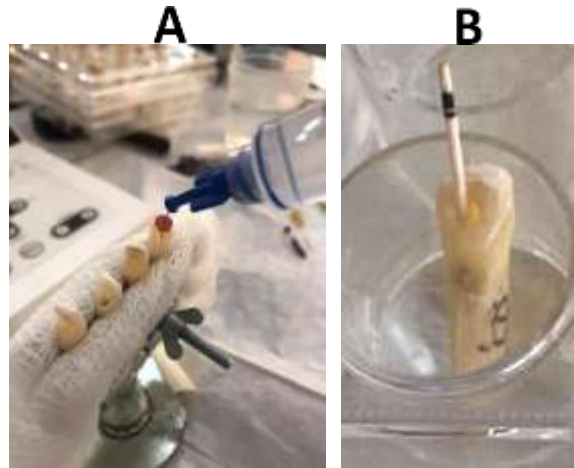
Fonte: Arquivo pessoal do autor.

Preparo dos canais radiculares

O preparo dos canais radiculares foi realizado inicialmente com LK#15 e #20 (Dentsply-Maillefer, Ballaigues, Suíça) até comprimento real de trabalho (CRT). O CRT foi previamente estabelecido em 1 mm aquém do comprimento real do dente. O preparo apical foi realizado com instrumento rotatório ProDesign Logic (Easy Dental Equipment, Belo Horizonte, Brasil) 25.01 a 350 rpm/ 1,0 de torque, 25.06 a 950 rpm/ 4,0 de torque e 40.05 a 950 rpm/ 4,0 de torque. A cada troca de instrumento, os canais radiculares foram irrigados com hipoclorito de sódio (NaOCl) a 2,5% por meio de seringa (Ultradent Products, South Jordan, UT, USA) e agulha de irrigação Navitip 30ga (Ultradent Products, South Jordan, UT, USA) inseridas a 2 mm aquém do CRT (Figura A3.A), aspirados com cânula endodôntica (Indusbello, Londrina, Paraná) e preenchidos com 1 mL da mesma substância. A limpeza final foi realizada com solução de EDTA a 17% (Biodinâmica, Ibiporã, PR, Brasil), agitada e com lima K#40 durante 3 minutos. A substância quelante foi removida do interior do canal radicular por irrigação com a solução detergente (Tergipol – Biodinâmica, Ibiporã, PR, Brasil) e aspiração, em

seguida os canais radiculares foram secos com cones de papel absorvente #40 (Tanari Industria Ltda., São Paulo, SP, Brasil) (Figura A3.B).

Figura A3- Preparo dos canais radiculares



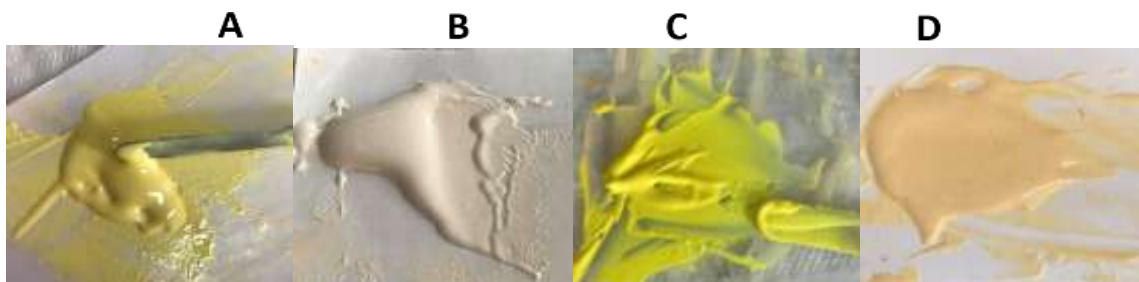
(A) Irrigação com NaOCl a 2,5%, por meio de seringa e agulha de irrigação inserida a 2 mm aquém do CRT; (B) Secagem dos canais radiculares com cones de papel absorvente #40.

Fonte: Arquivo pessoal do autor.

Obturação dos canais radiculares

Os espécimes foram divididos aleatoriamente em 4 grupos de acordo com o cimento obturador (n = 10). A técnica utilizada foi a técnica de condensação lateral ativa. Inicialmente, foi feita a escolha do cone principal baseado na adaptação apical. O cimento foi manipulado com espátula nº 24, de acordo com as recomendações do fabricante e testes pilotos realizados previamente (Tabela 1), acrescidos de fluoresceína a 0,1% (em massa/massa) (Figura A4) para posterior visualização e obtenção das imagens no microscópio confocal de varredura a laser (MCVL).

Figura A4- Manipulação dos cimentos

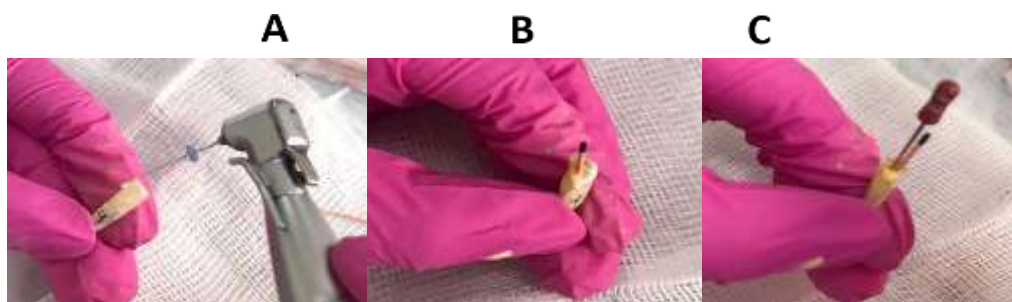


Cimetros endodônticos acrescidos de fluoresceína a 0,1% (A) Cimento Experimental; (B) TotalFill BC; (C) NeoMTA Plus; (D) AH Plus.

Fonte: Arquivo pessoal do autor.

O cimento foi introduzido no canal radicular com o auxílio de espiral de lentulo #2 (Dentsply-Maillefer, Konstanz, Alemanha) (Figura A5.A) e do cone principal 40/.03 (Easy Dental Equipment, Belo Horizonte, Brasil), exercendo-se movimentos de pincelamento contra as paredes dentinárias. Em seguida, o cone envolto pelo cimento foi introduzido no canal radicular (Figura A5.B) e a técnica de condensação lateral foi realizada com auxílio de espaçadores digitais B e C (Dentsply-Maillefer, Konstanz, Alemanha) (Figura A5.C) com a finalidade de se obter espaço para adaptação de cones acessórios, em média, foram utilizados 4 cones XF e 3 cones FF (Dentsply-Maillefer, Konstanz, Alemanha) também envoltos pelo cimento. Esse procedimento foi repetido até o completo preenchimento do canal radicular. Depois, o corte da obturação foi realizado com um condensador aquecido, seguido por condensação vertical com condensador frio.

Figura A5- Obturação dos canais radiculares



(A) Cimento introduzido no canal radicular com o auxílio de espiral lentulo #2; (B) Cone envolto pelo cimento e introduzido no canal radicular; (C) Condensação lateral realizada com auxílio de espaçador digital.

Fonte: Arquivo pessoal do autor.

Processamento dos espécimes

Os espécimes foram colocados em cera utilidade envoltos com cano pvc, para preenchimento com resina acrílica (Maxi Rubber, São Paulo, Brasil) (Figura A6.A). Após tempo de presa da resina acrílica (24 horas), os espécimes foram fixados em placas de madeira com auxílio de cola quente para facilitar o processo de secção (Figura A6.B), em máquina de corte de precisão Isomet 1000 (Buehler, Lake Bluff, Illinois, USA), com velocidade de 300 rpm, sob refrigeração (Figura A6.C). Foram obtidos slices com espessura de 0,8 mm e selecionados 2 slices de cada terço radicular por dente para análise em MCVL - Zeiss LSM 800 (Carl Zeiss Microscopy GmbH, Jena, Germany) com aumento de 10X, comprimento de onda luminosa de excitação de 488 nm e faixa de detecção de 488-540 nm (Figura A6.D).

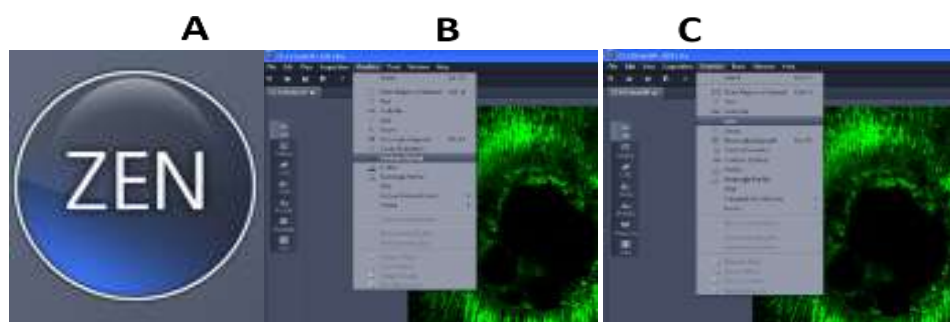
Figura A6- Processamento dos espécimes

(A) Espécimes colocados em cera utilidade com cano pvc, para preenchimento com resina acrílica; (B) Espécimes fixados em placas de madeira com auxílio de cola quente; (C) Secções (slices) com espessura de 0,8 mm em máquina de corte de precisão Isomet 1000, com velocidade de 300 rpm, sob refrigeração; (D) Microscópio confocal de varredura a laser - Zeiss LSM 800 com aumento de 10X, comprimento de onda luminosa de excitação de 488 nm e faixa de detecção de 488-540 nm.

Fonte: Arquivo pessoal do autor.

Análise das amostras

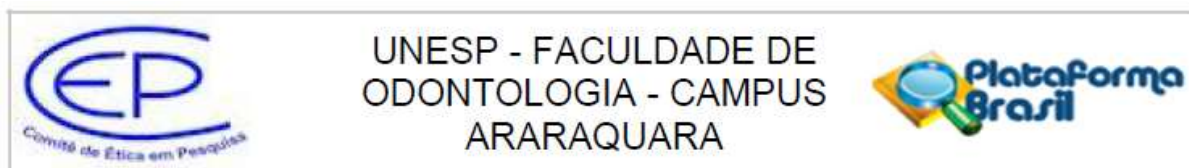
Para calcular a porcentagem de penetração dos cimentos endodônticos avaliados no interior dos túbulos dentinários ao redor da parede do canal radicular, foram obtidas as imagens (extensão CZI) e mensurados quanto à área de penetração (μm^2) e extensão linear (μm) utilizando o programa ZEN lite 3.0 (Carl Zeiss) (Figura A7.A). Para calcular a área de penetrabilidade cada imagem foi contornada utilizando a ferramenta “*Contour*” e medida as áreas ao longo da massa dentinária com penetração do cimento e não em túbulos dentinários isolados, de acordo com a intensidade de fluorescência visível na imagem (Figura A7.B). A extensão foi mensurada obtendo a média de 40 valores lineares nos mesmos 2 cortes de cada terço, 10 valores por cada face (mesial, distal, bucal e lingual), utilizando a ferramenta “*Line*”(Figura A7.C), da parede do canal radicular até o ponto máximo de penetração do cimento, marcado na interrupção visível na imagem.

Figura A6- Análises das amostras

(A) Programa ZEN lite 3.0 (Carl Zeiss); (B) Área de penetrabilidade contornada utilizando a ferramenta “*Contour*”; (C) Extensão linear utilizando a ferramenta “*Line*”.

ANEXO A- COMITÊ DE ÉTICA DE PESQUISA EM SERES HUMANOS (CEP)

CAAE: 06974819.7.0000.5416



PARECER CONSUBSTANCIADO DO CEP

DADOS DO PROJETO DE PESQUISA

Título da Pesquisa: Avaliação de penetrabilidade em dentina de cimentos à base de silicato de cálcio

Pesquisador: Juliane Maria Guerreiro Tanomaru

Área Temática:

Versão: 2

CAAE: 06974819.7.0000.5416

Instituição Proponente: Faculdade de Odontologia de Araraquara - UNESP

Patrocinador Principal: Capes Coordenação Aperf Pessoal Nível Superior
FUNDAÇÃO DE AMPARO A PESQUISA DO ESTADO DE SÃO PAULO

DADOS DO PARECER

Número do Parecer: 3.272.281

Objetivo da Pesquisa:

Objetivo Primário:

Avaliar a penetrabilidade em dentina de diferentes cimentos endodônticos à base de silicato de cálcio (SC), em comparação ao cimento AH Plus.

Benefícios:

Os resultados da avaliação de penetrabilidade na dentina de cimentos à base de silicato de cálcio, permitirá o treinamento e a utilização da microscopia confocal como método de análise.

Comentários e Considerações sobre a Pesquisa:

A pesquisa utilizará dentes cedidos pelo "Banco de Dentes" da FOAR-UNESP apresenta objetivos exequíveis dentro do orçamento proposto.

Considerações sobre os Termos de apresentação obrigatória:

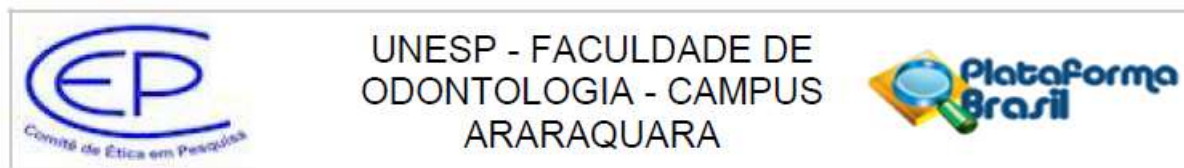
Os termos obrigatórios foram apresentados.

Conclusões ou Pendências e Lista de Inadequações:

Todas as solicitações foram devidamente atendidas.

Considerações Finais a critério do CEP:

Atendidas pendências de reunião, considero APROVADO o protocolo.



Continuação do Parecer: 3.272.281

Aprovado

Necessita Apreciação da CONEP:

Não

ARARAQUARA, 18 de Abril de 2019

Assinado por:
Andréa Gonçalves
(Coordenador(a))

**Não autorizo a publicação deste trabalho pelo prazo de 2 anos após a data de
defesa**

(Direitos de publicação reservado ao autor)

Araraquara, 18 de Março de 2020.

Igma de Araújo Souza