

RESSALVA

Atendendo solicitação do(a) autor(a), o texto completo desta dissertação será disponibilizado somente a partir de 19/03/2022



**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.

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. Parioikh 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.