

UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO
CENTRO DE CIÊNCIAS DA SAÚDE
MESTRADO EM ODONTOLOGIA

RICARDO DA SILVA DIAS

**ANÁLISE DO SELAMENTO APICAL DOS CIMENTOS BIOCERÂMICOS MTA
FILLAPEX, BIO-C SEALER E BIOROOT RCS ATRAVÉS DE TOMOGRAFIA DE
COERÊNCIA ÓPTICA**

Recife

2021

RICARDO DA SILVA DIAS

**ANÁLISE DO SELAMENTO APICAL DOS CIMENTOS BIOCERÂMICOS MTA
FILLAPEX, BIO-C SEALER E BIOROOT RCS ATRAVÉS DE TOMOGRAFIA DE
COERÊNCIA ÓPTICA**

Dissertação apresentada ao colegiado do programa de pós-graduação em Odontologia do Centro de Ciências da Saúde da Universidade Federal de Pernambuco como requisito parcial para a obtenção do grau de Mestre em Odontologia.

Área de concentração: Clínica Integrada

Orientadora: Prof. Dr^a Andréa Cruz Câmara

Coorientador: Prof. Dr. Anderson Stevens Leônidas Gomes

Recife

2021

Catálogo na Fonte
Bibliotecária: Mônica Uchôa, CRB4-1010

- D541a Dias, Ricardo da Silva.
 Análise do selamento apical dos cimentos biocerâmicos MTA FillApex, Bio-C Sealer e BioRoot RCS através de tomografia de coerência óptica / Ricardo da Silva Dias. – 2021.
 56 f.: il.; 30 cm.
- Orientadora: Andréa Cruz Câmara.
 Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Pernambuco, CCS. Pós-graduação em Odontologia. Recife, 2021.
 Inclui referências, apêndices e anexos.
1. Endodontia. 2. Obturação do canal radicular. 3. Tomografia de coerência óptica. 4. Silicato tricálcico. I. Câmara, Andréa Cruz (Orientadora). II. Título.

617.6 CDD (20.ed.)

UFPE (CCS2021-155)

RICARDO DA SILVA DIAS

**ANÁLISE DO SELAMENTO APICAL DOS CIMENTOS BIOCERÂMICOS MTA
FILLAPEX, BIO-C SEALER E BIOROOT RCS ATRAVÉS DE TOMOGRAFIA DE
COERÊNCIA ÓPTICA**

Dissertação apresentada ao colegiado do programa de pós-graduação em Odontologia do Centro de Ciências da Saúde da Universidade Federal de Pernambuco como requisito parcial para a obtenção do grau de Mestre em Odontologia.

Área de concentração: Clínica Integrada

Aprovado em: 15/07/2021

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. Carlos Menezes Aguiar

Departamento de Prótese e Cirurgia Buco-Facial

Prof.^a Dr.^a Elvia Christina Barros de Almeida

Departamento de Prótese e Cirurgia Buco-Facial

Prof. Dr. André Cavalcante da Silva Barbosa

UFPE - Departamento de Clínica e Odontologia Preventiva

Dedico à minha família.

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus pela minha vida e por essa grande oportunidade dessa conquista que trará excelentes frutos.

A toda minha família, especialmente aos meus pais, **Regina Pires da Silva Dias** e **José Ricardo de Souza Dias** e aos meus queridos irmãos **Renata** e **Rodrigo** que mesmo à distância acompanharam todo o processo da formação e deram apoio suficiente para essa conquista.

À minha esposa, companheira de vida, **Renata Groetaers de Almeida** que sempre me incentivou e acreditou que eu seria capaz de conquistar esse objetivo tão importante para minha formação pessoal e profissional, dando todo o suporte diário e sendo de ajuda imprescindível.

À minha orientadora Prof.^a Dr^a **Andrea Cruz Câmara** que me acolheu com tanta flexibilidade e dignidade, auxiliando-me na busca do caminho a seguir e com seus ensinamentos enriqueceu todo esse período de formação.

Ao meu coorientador Prof. Dr. **Anderson Stevens Leônidas Gomes** que sempre esteve à disposição, muitas vezes fora do horário de trabalho, contribuindo com informações necessárias para que esse trabalho pudesse ser realizado com excelência.

Aos mestres componentes do corpo docente do **Programa de Pós-Graduação em Odontologia da UFPE**, bem como a todos os mestres que fizeram parte de toda a minha formação profissional.

Aos meus amigos e àqueles que se tornaram durante o curso, por dividirmos as angústias e incertezas, com as celebrações que aliviaram as dificuldades e pela constante troca de informações com único intuito de crescermos juntos.

A todos, minha eterna gratidão!

RESUMO

O objetivo da presente pesquisa foi avaliar o selamento apical dos cimentos biocerâmicos MTA FillApex, Bio-C Sealer e BioRoot RCS utilizados na obturação do sistema de canais radiculares através da Tomografia de Coerência Óptica (OCT). Foram selecionados 60 incisivos inferiores unirradiculares humanos que, após inspeção visual e avaliação radiográfica, foram divididos aleatoriamente, por conveniência, em 3 grupos de acordo com o cimento obturador. O preparo biomecânico foi realizado com sistema ProTaper Next até o instrumento X2 (25/06) e cada grupo obturado com seu respectivo cimento, através da técnica de cone único e compactação vertical. As imagens foram obtidas através da OCT e avaliadas cegamente por 3 examinadores experientes. Para a concordância intra e inter-examinadores foi realizado o teste de Kappa. Para avaliar a associação entre as variáveis foram utilizados os testes Qui-quadrado e Exato de Fisher com margem de erro de 5%. O MTA FillApex foi o material que apresentou menor taxa de selamento apical (75%) classificada como suficiente com diferença significativa ($p < 0,05$) apenas na comparação com o Bio-C Sealer (100%) e sem diferença para o Bioroot RCS (85%). A comparação simultânea entre os três cimentos não apresentou diferença significativa ($p > 0,05$). Os cimentos biocerâmicos apresentaram selamento apical suficiente. O Bio-C Sealer demonstrou melhor desempenho quando comparado apenas ao MTA FillApex. A OCT é um método que se mostrou eficaz para análise do selamento marginal apical.

Palavras-chaves: endodontia; obturação do canal radicular ; tomografia de coerência óptica; silicato tricálcico.

ABSTRACT

The aim of this study was to evaluate the apical sealing of bioceramic sealers MTA FillApex, Bio-C Sealer and BioRoot RCS used in the filling of the root canal system through Optical Coherence Tomography (OCT). Sixty human single-rooted incisors were selected and, after visual inspection and radiographic evaluation, they were randomly divided for convenience into 3 groups according to the sealer. The biomechanical preparation was carried out with the ProTaper Next system up to the X2 instrument (25/06) and each group was filled with its respective sealer and through the technique of single cone and vertical compaction. Images were taken through OCT and blindly evaluated by 3 experienced examiners. For intra- and inter-examiner agreement, the Kappa test was performed. To assess the association between the variables, the chi-square and Fisher's exact tests were used, with a margin of error of 5%. MTA FillApex was the material that presented the lowest rate (75%) of apical sealing classified as sufficient with a significant difference ($p < 0.05$) only in comparison with Bio-C Sealer (100%) and no difference for Bioroot RCS (85%). The simultaneous comparison between the three sealers did not show any significant difference ($p > 0.05$). The present study evidenced that the bioceramic sealers presented sufficient apical sealing, with Bio-C Sealer demonstrating the best performance when compared only to MTA FillApex. OCT is an effective method for analyzing the apical marginal seal.

Keywords: endodontics; root canal obturation; tomography, optical coherence; tricalcium silicate.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

- Figura 1 - Preparo das amostras para o preparo químico-mecânico. (A) Introdução passiva de lima K#15 até limite anatômico; e (B) Odontometria..... 18
- Figura 2 - Preparo químico-mecânico. (A) Guia de penetração realizada até a lima K#15; (B) Irrigação com solução de hipoclorito de sódio 1% realizada a cada troca de limas; (C) Preparo biomecânico com Protaper Next X1 (17.04); (D) Preparo biomecânico com lima de memória Protaper Next X2 (25.06)..... 19
- Figura 3 - Obturação com cimento biocerâmico MTA FillApex. (A) Composição do cimento com uma pasta base e uma pasta catalisadora; (B) Cimento incluído em placa de vidro na proporção indicada; (C) Preparo do cimento, obtendo uma massa homogênea; e (D) Inserção de guta- percha no canal radicular até comprimento de trabalho..... 20
- Figura 4 - Obturação com cimento biocerâmico Bio-C Sealer. (A) Representação do cimento, já preparado dentro da seringa aplicadora, pronto para utilização (B) Cimento incluído em diretamente no terço apical do canal radicular com seringa aplicadora; (C) Ampliação, caracterizando a inserção do cimento; e (D) Inserção da guta- percha no canal radicular até comprimento de trabalho..... 21
- Figura 5 - Obturação com cimento biocerâmico BioRoot RCS. (A) Representação comercial do cimento biocerâmico. (B) Cimento incluído em placa de vidro na proporção indicada; (C) Espatulação e obtenção de massa homogênea; (D) Inclusão com cone de papel absorvente; (E) Inserção da guta-percha no canal radicular até comprimento de trabalho..... 22
- Figura 6 - Escaneamento por Tomografia de Coerência Óptica com aparelho Lumedica QQ Labscope 2.0/X. (A) Escaneamento e processamento da imagem em tempo real; (B) Processamento da imagem no software Lumedica QQ Labscope; (C) Posicionamento no aparelho de OCT para escaneamento e processamento de imagem..... 23
- Figura 7 - Imagens geradas através de OCT. (A) imagem indicando selamento marginal apical não suficiente: 1- Dentina radicular; 2- Espaço vazio a ser considerado como selamento insuficiente; e 3- Interface cimento – sistema de canal radicular; (B) Imagem indicando selamento marginal apical suficiente: 1 - Dentina radicular; 2- Preenchimento total do sistema de canal radicular,

indicando selamento suficiente; e 3- Interface cimento – sistema de canal
radicular..... 24

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	11
2	REVISÃO DA LITERATURA	12
2.1	MTA FILLAPEX	12
2.2	BIO-C SEALER	13
2.3	BIOROOT RCS.....	14
2.4	TOMOGRAFIA DE COERÊNCIA ÓPTICA	14
3.	OBJETIVOS	16
3.1	OBJETIVO GERAL	16
3.2	OBJETIVOS ESPECÍFICOS	16
4.	METODOLOGIA	17
4.1	ASPECTOS ÉTICOS	17
4.2	CRITÉRIOS DE INCLUSÃO E EXCLUSÃO	17
4.3	CARACTERIZAÇÃO DO ESTUDO	17
4.4	PREPARO DAS AMOSTRAS E GRUPOS EXPERIMENTAIS	17
4.5	PREPARO E OBTURAÇÃO DOS CANAIS RADICULARES	18
4.6	ESCANEAMENTO TOMOGRÁFICO DE COERÊNCIA ÓPTICA	22
4.7	COLETA DE DADOS	24
4.8	ANÁLISE ESTATÍSTICA	24
5	RESULTADOS	26
6	DISCUSSÃO	28
7	CONCLUSÃO	31
	REFERÊNCIAS	32
	APÊNDICE A - QUESTIONÁRIO	38
	APÊNDICE B – ARTIGO PARA PUBLICAÇÃO NO JOURNAL OF ENDODONDICS	39
	ANEXO A - PARECER COMITÊ DE ÉTICA	50
	ANEXO B - NORMAS PUBLICAÇÃO JOURNAL OF ENDODONTICS	54

1 INTRODUÇÃO

As principais finalidades do tratamento endodôntico são eliminar os micro-organismos presentes nos sistemas de canais radiculares através do preparo químico-mecânico e prevenir a reinfecção bacteriana através da obturação com guta-percha e cimentos apropriados (URBAN et al. 2018; BUKHARI et al. 2018; COLOMBO et al. 2018).

O objetivo da obturação é promover o selamento tridimensional do sistema de canais radiculares para impedir a passagem de micro-organismos (URBAN et al. 2018; BUKHARI et al. 2018; COLOMBO et al. 2018; TANOMARU-FILHO et al. 2020; YANPISET et al. 2018). Os materiais utilizados nessa etapa devem apresentar características importantes de selamento e solubilidade para evitar a sua dissolução em fluidos orais e nos tecidos periapicais (URBAN et al. 2018).

A partir de 2012 os cimentos biocerâmicos, à base de silicato de cálcio, foram introduzidos na endodontia. Apresentam biocompatibilidade e redução de citotoxicidade, além de possuir propriedades antimicrobianas e propriedades idealmente desejadas para um bom selamento (URBAN et al. 2018; COLOMBO et al. 2018). No entanto, não está claro se esses materiais realmente produzem selamento tridimensional importante para impedir a reinfecção bacteriana (LI et al. 2014).

Portanto, o objetivo dessa pesquisa foi avaliar o selamento apical dos cimentos biocerâmicos utilizados na obturação do sistema de canais radiculares através da Tomografia de Coerência Óptica (OCT). A hipótese nula é que não haverá selamento apical satisfatório.

2 REVISÃO DA LITERATURA

Existem diferentes tipos de cimentos endodônticos que possuem propriedades idealmente desejadas para um bom selamento (BUKHARI et al. 2018; COLOMBO et al. 2018). Os relatos sobre os cimentos biocerâmicos, à base de silicato de cálcio, iniciaram a partir da introdução do MTA FillApex na pesquisa clínica (ASSMANN et al. 2012) e, por esse motivo, muitos estudos foram dedicados a analisar as propriedades deste tipo de selante (YANPISET et al. 2018; SILVA et al. 2021).

As evidências relatam que os cimentos biocerâmicos apresentam biocompatibilidade e bioatividade atribuídas principalmente à presença de fosfato de cálcio e silicato de cálcio em sua composição (SILVA et al. 2021; MOINZADEH et al. 2016; GIACOMINO et al. 2019). Além disso, são capazes de interagir com a região adjacente ao tecido dentário por alcalinização e liberação de íons (SILVA et al. 2021; MOINZADEH et al. 2016; CANDEIRO et al. 2012). A atividade antibacteriana e a alta fluidez também já foram relatadas, provando que estes cimentos são capazes de preencher áreas irregulares do canal radicular (SILVA et al. 2021; MOINZADEH et al. 2016; FERNANDEZ et al. 2016).

Portanto, sua utilização encontra amparo em relatos favoráveis e comprovações de que as suas propriedades e composição são benéficas, uma vez que há a combinação entre silicato de cálcio, fosfato de cálcio e partículas de alumina, zircônia e vidro bioativo (SHINBORI et al. 2015). O material tem a capacidade de reagir com a dentina através da absorção química de cálcio e silício na presença de uma solução tampão de fosfato (HAN et al. 2011; YANG et al. 2021). Essa interação acontece com os efeitos cáusticos alcalinos dos seus subprodutos que são gerados, havendo a introdução de minerais na dentina intertubular após a desnaturação das fibras colágenas (ATMEH et al. 2012; SIQUEIRA et al. 2017).

Diversas pesquisas demonstram boa capacidade seladora e tolerância tecidual dos cimentos biocerâmicos quando aplicados em experimentos *in vitro* (CANDEIRO et al. 2012, ANTUNES et al. 2016; CHEN et al. 2016; DAMAS et al. 2011; DE DEUS et al. 2009; LEAL et al. 2011).

2.1 MTA FILLAPEX

O MTA FillApex foi um dos primeiros cimentos biocerâmicos de canal radicular (YANPISET et al. 2018) relatado na literatura a partir do ano de 2012 e apresenta resistência ao deslocamento aceitável, semelhante à observada nas amostras obturadas com o cimento

resinoso AH Plus (ASSMANN et al. 2012). Apesar de ser classificado como biocerâmico é importante enfatizar que a porcentagem de silicato de cálcio neste selante é relativamente baixa, correspondendo à apenas 13,2% (SILVA et al. 2021).

Sua base de silicato tricálcico é composta de MTA, resina de salicilato, resina natural, óxido de bismuto e sílica (GOMES-FILHO et al. 2012). O cimento apresenta alta radiopacidade, tempo de trabalho suficiente e boa fluidez que permite um preenchimento eficiente dos canais acessórios. Além disso, baixa solubilidade e facilidade de remoção quando necessário (ALTAN et al. 2019; ANGELUS, 2021).

A presença da resina de salicilato provoca um aumento do tempo da reação química e, conseqüentemente, prejudica o tempo de presa. Essa característica pode ser considerada um desafio para o selamento apical adequado, favorecendo a microinfiltração (SILVA et al. 2016).

O risco de microinfiltração é reduzido significativamente pela presença de óxido de cálcio que, ao reagir com os fluidos teciduais, forma hidróxido de cálcio. A dissociação deste composto libera íons cálcio que interagem com o dióxido de carbono nos tecidos formando carbonato de cálcio em forma de cristais de calcita (ASAWAWORARIT et al. 2016). Esse fenômeno é capaz de reduzir o aparecimento de espaços e aumenta a retenção do cimento (IACONO et al. 2010; LIM et al. 2020).

2.2 BIO-C SEALER

Os primeiros relatos de experimentos utilizando Bio-C Sealer surgiram em 2019 com Zordan-Bronzel et al. (2019). Foi identificado que ele apresenta um curto tempo de presa, capacidade de alcalinização, radiopacidade adequada e baixa alteração volumétrica. No entanto, este cimento apresentou maior solubilidade do que as taxas exigidas pela norma ISO 6876 (ZORDAN-BRONZEL et al. 2019), podendo interferir na sua capacidade de selamento. De acordo com o fabricante, sua viscosidade é garantida pela presença de um álcool de cadeia longa, o polietilenoglicol, aumentando a biocompatibilidade do material. A presa do cimento acontece em um tempo de cerca de 4 horas e depende de umidade local dos tecidos apicais e dos canalículos dentinários. (ANGELUS, 2021).

No caso de extravasamento apical acidental, parte do material é absorvida na forma de íons cálcio e hidroxila. Diferente do MTA FillApex, que possui componentes biocerâmicos

resinosos, a parte não absorvida do Bio-C Sealer apresenta alta estabilidade química que garante um menor impacto aos tecidos (ZORDAN-BRONZEL et al. 2019).

2.3 BIOROOT RCS

O relato de Camps et al. (2015) deu início às pesquisas com este material. Em conclusão os autores afirmaram que os resultados pré-clínicos do cimento apresentavam bioatividade maior que os cimentos à base de óxido de zinco-eugenol nas células humanas (CAMPS et al. 2015).

Segundo o fabricante, o pó é composto de silicato tricálcico e o líquido de solução aquosa de cloreto de cálcio que funciona como acelerador. O cimento incorpora uma técnica de obturação a frio, apresenta facilidade de utilização, garante um selamento duradouro e evita extravasamentos. O material tem alto valor de pH (> 11), interrompendo o crescimento bacteriano e diminuindo os riscos de reinfecção. O fato de não ser um cimento resinoso é positivo nos casos de sobreobturações, provocando menos impacto às células humanas (SEPTODONT, 2021).

De acordo com Jeanneau et al. (2019), o cimento pode modular a resposta inflamatória e tem a capacidade de regenerar o ligamento periodontal *in vitro*, demonstrando efeito anti-inflamatório e potencial de regeneração tecidual (JEANNEAU et al. 2019).

2.4 TOMOGRAFIA DE COERÊNCIA ÓPTICA (OCT)

A OCT é uma técnica investigativa não invasiva usada para obter imagens tridimensionais de alta resolução de estruturas biológicas (SAQIB et al. 2021; ERDELYI et al. 2020; FUJIMOTO, 2003). A principal vantagem em comparação com radiografias e tomografia computadorizada de feixe cônico (TCFC) é o seu padrão de alta resolução quantitativa devido ao maior comprimento de onda e penetração mais profunda na amostra (MOTA et al. 2015). De acordo com Ding et al. (2019), uma lesão preenchida com ar será mais bem reproduzida quando comparada com uma preenchida com tecido duro. Apesar da profundidade da imagem em tecido duro ser rasa, o sistema de OCT mostrou maior sensibilidade e especificidade do que radiografias *bitewings* na detecção de cáries de esmalte e dentina. Com relação à diferenciação de osso cortical, osso trabecular e esmalte, seu desempenho é comparável à capacidade da TCFC. Além disso, a imagem pode ser repetida quantas vezes forem necessárias porque não requer o uso de radiação não ionizante (DING et al. 2019).

De acordo com Pereira et al. (2021) o método de avaliação fornece informações sobre a remoção do biofilme do canal lateral artificial e estruturas do istmo, permitindo que cada amostra seja usada como seu próprio controle (PEREIRA et al. 2021). Busanello et al. (2018), por meio de gravação de vídeo, registrou em tempo real o comportamento do biofilme em contato com irrigantes endodônticos.

Embora a OCT possa avaliar várias características da cavidade oral, existem desafios futuros para a utilização clínica de suas tecnologias. Os sistemas, em sua maioria, são volumosos tornando a acessibilidade à cavidade bucal limitada (WON et al. 2020). Tal limitação não exclui a utilização em diversas áreas da odontologia como avaliação de microcracks (DING et al. 2019; DE OLIVEIRA et al. 2017), visualização dos limites de lesões, avaliação de estruturas periodontais, localização de canais mesiovestibulares de molares superiores (MOTA et al. 2015), câncer oral, entre outros (SAQIB et al. 2021; ERDELYI et al. 2020; DING et al. 2019; DE OLIVEIRA et al. 2017; SU et al. 2016). Nas áreas médicas a técnica é utilizada em pesquisas envolvendo angiologia, alterações cardíacas, oftalmológicas e cerebrais (PAVILLARD E SEWALL, 2020; WANG et al. 2021; LAVINSKY e LAVINSKY, 2016; HSIEH et al. 2013).

3 OBJETIVOS

3.1 OBJETIVO GERAL

Avaliar o selamento apical dos cimentos biocerâmicos utilizados na obturação do sistema de canais radiculares através da Tomografia de Coerência Óptica.

3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Avaliar o selamento tridimensional do cimento biocerâmico Bio-C Sealer, através de imagens de OCT;
- Avaliar o selamento proporcionado pelo cimento BioRoot RCS, através de imagens de OCT;
- Avaliar a capacidade de selamento do cimento MTA FillApex, através de imagens de OCT;
- Analisar comparativamente o selamento apical dos três cimentos endodônticos.

4 METODOLOGIA

4.1 ASPECTOS ÉTICOS

A realização desta pesquisa obedeceu aos preceitos éticos do Conselho Nacional de Saúde, foi submetida e aprovada pelo Comitê de Ética em Pesquisa (CEP) da Universidade Federal de Pernambuco (UFPE) sob o parecer de nº 3.824.474 (anexo A).

4.2 CRITÉRIOS DE INCLUSÃO E EXCLUSÃO

A amostra foi composta de incisivos inferiores humanos permanentes com rizogênese completa, obtidos do Banco de Dentes Humanos da UFPE (BDH-UFPE), escolhidos aleatoriamente, sem tratamento endodôntico prévio, fraturas quaisquer e com único canal radicular. O método avaliativo para inclusão foi através de inspeção visual e complementação radiográfica com incidência vestibulo-lingual e com incidência mesiorradial para confirmação.

Dentes com aberrações anatômicas, fraturas radiculares, cárie radicular, reabsorções, calcificações ou quaisquer outras variações anatômicas, foram excluídos do universo amostral.

4.3 CARACTERIZAÇÃO DO ESTUDO

O presente estudo é caracterizado como laboratorial, experimental, *in vitro*. Foram utilizados 60 incisivos inferiores permanentes unirradiculares humanos doados pelo BDH-UFPE. A pesquisa foi realizada no laboratório do Curso de Pós-Graduação em Odontologia do Departamento de Prótese e Cirurgia Buco-Facial do Centro de Ciências da Saúde da UFPE. Após o término dos experimentos, os dentes foram devolvidos ao BDH-UFPE.

4.4 PREPARO DAS AMOSTRAS E GRUPOS EXPERIMENTAIS

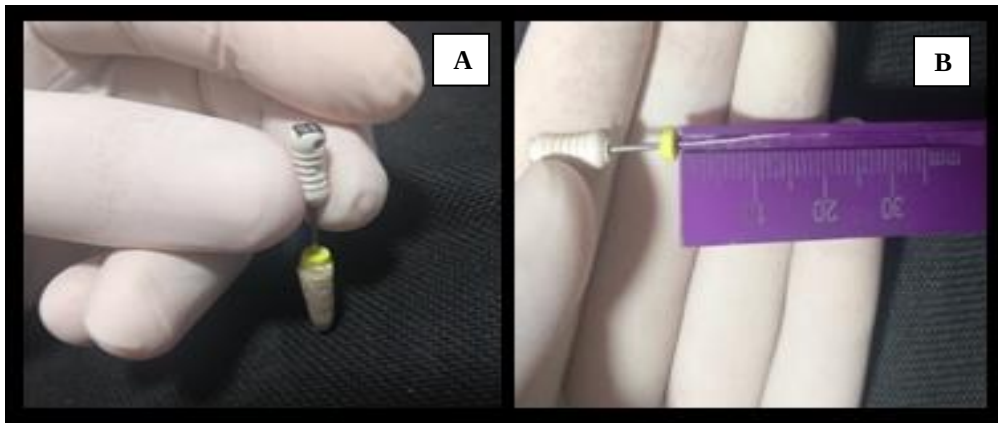
Cada espécime foi enumerado para identificação em tubos de polipropileno tipo Eppendorf, volume 1,5 ml e mantidos hidratados em água destilada para as etapas seguintes da pesquisa.

Os espécimes foram separados aleatoriamente e divididos conveniência, em três grupos contendo 20 amostras cada: grupo um (G1) - cimento MTA FillApex; grupo dois (G2) - cimento Bio-C Sealer; e grupo três (G3) - cimento Bioroot RCS.

4.5 PREPARO E OBTURAÇÃO DOS CANAIS RADICULARES

Todas as etapas foram realizadas por único operador para garantia do padrão de execução. As coroas dos espécimes foram seccionadas com broca diamantada 3083 (FKG, La Chaux-de-Fonds, Suíça) (Figura 1A). As medidas de comprimento de trabalho foram realizadas através da introdução passiva de limas manuais K#15 até o limite anatômico, o qual foi utilizado como comprimento total (Figura 1A) e seguiu-se para a odontometria através de régua milimetrada (Figura 1B).

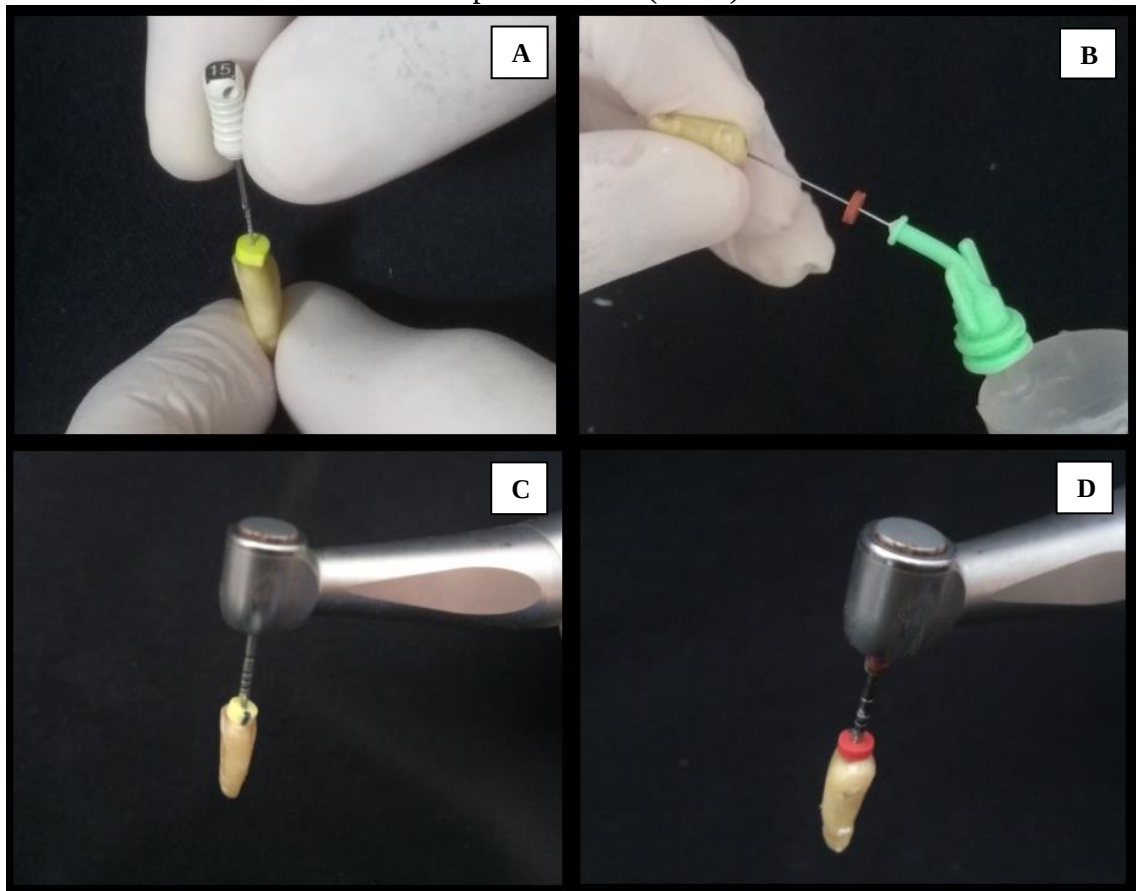
Figura 1 - Preparo das amostras para o preparo químico-mecânico. (A) Introdução passiva de lima K#15 até limite anatômico; e (B) Odontometria.



Fonte: O autor (2021)

O sistema de canais radiculares foi instrumentado mecanicamente com o sistema de lima rotatória ProTaper Next (Dentsply Maillefer, Ballaigues, Suíça) à velocidade de 300 RPM com leve pressão apical, torque a 2 Ncm e de acordo com as instruções do fabricante (MAILLEFER, 2021). Foi estabelecida uma via de permeabilidade e penetração com a lima manual K#15 (Figura 2A) para permitir a introdução de solução química de hipoclorito de sódio a 1% (Phormula Ativa, Recife, Brasil), utilizando o volume total de 15 ml através de seringa plástica descartável (Figura 2B) e agulha NaveTip (Ultradent, Utah, USA). O preparo biomecânico foi realizado até a lima PROTAPER NEXT® X2 (25/06) (Figura 2D).

Figura 2 - Preparo químico-mecânico. (A) Guia de penetração realizada até a lima K#15; (B) Irrigação com solução de hipoclorito de sódio 1% realizada a cada troca de limas; (C) Preparo biomecânico com Protaper Next X1 (17.04); (D) Preparo biomecânico com lima de memória Protaper Next X2 (25.06)

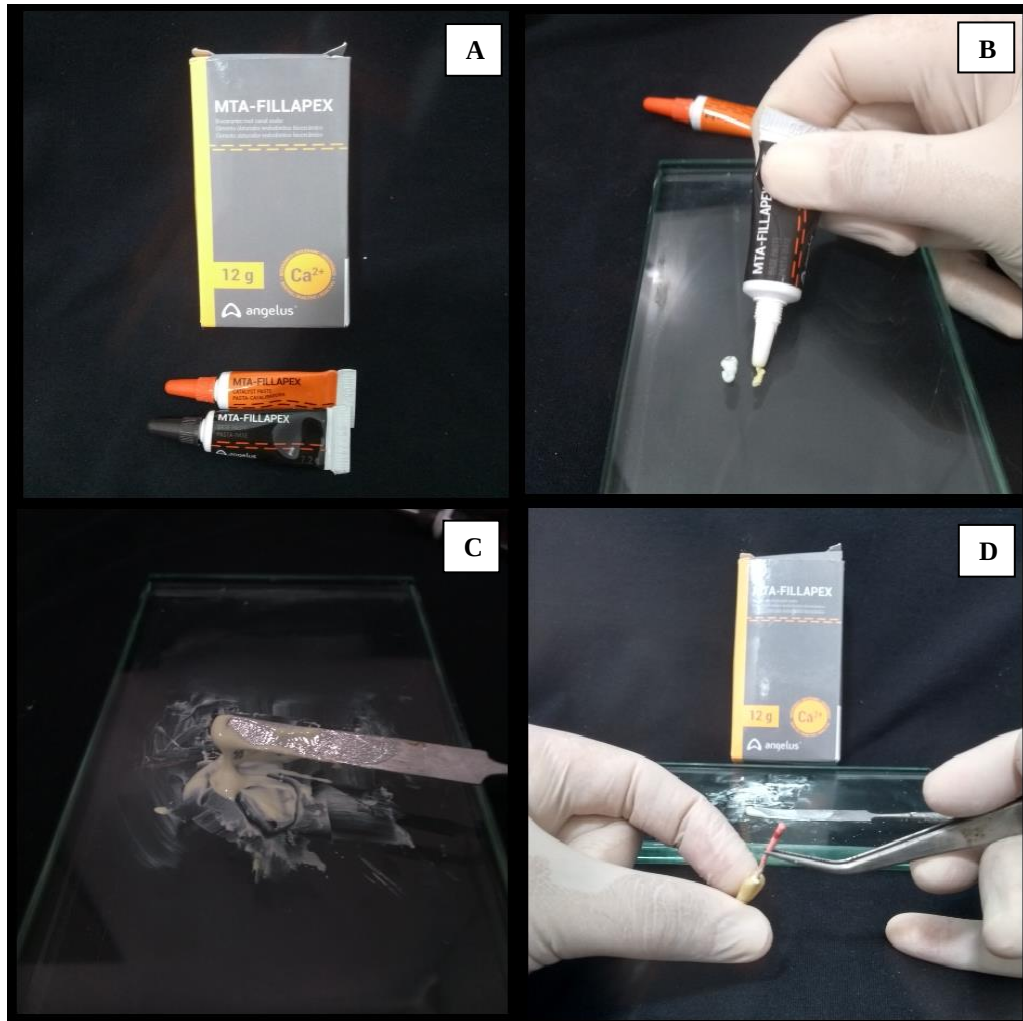


Fonte: O autor (2021)

Foi realizada a remoção de smear layer com solução aquosa de EDTA 17% (Biodinâmica, Rio de Janeiro, Brasil) através de seringa descartável, agulha NaveTip e agitação com lima manual K#15 por dois minutos, seguida de irrigação com soro fisiológico 1% e secagem do sistema de canais radiculares com ponta de papel absorvente ProTaper (Dentsply Maillefer, Ballaigues, Suíça). Em seguida foi realizada a obturação através de cone único ProTaper Conform Fit (Dentsply Maillefer, Ballaigues, Suíça) correspondente a lima de memória ProTaper Next X2 e compactação vertical.

O cimento utilizado em G1 (Figura 3A) foi incluído em uma placa de vidro na proporção de 1:1, indicada pelo fabricante, espaturado por 30 segundos, até obter uma massa homogênea e viscosa (Figura 3B e 3C). Imediatamente foi aplicada uma fina camada do cimento no cone principal que foi inserido preenchendo todo o canal instrumentado (Figura 3D) (ANGELUS, 2021).

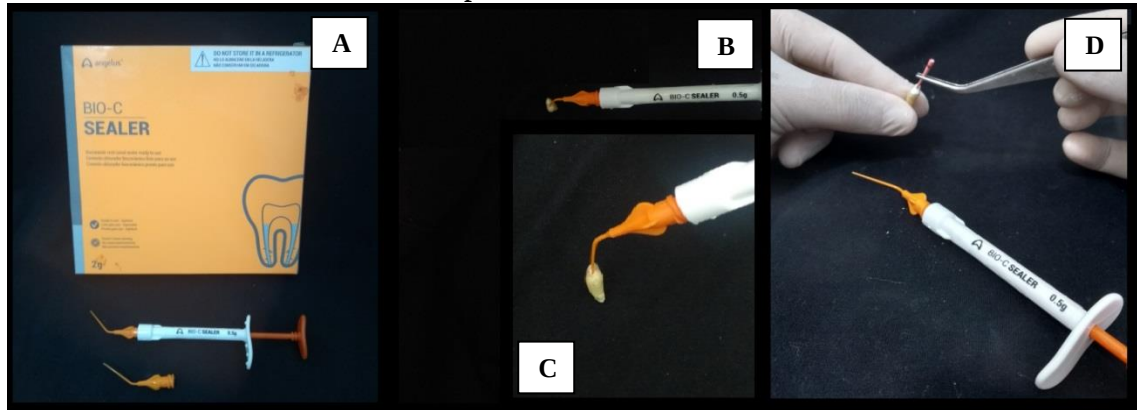
Figura 3 - Obturação com cimento biocerâmico MTA FillApex. (A) Composição do cimento com uma pasta base e uma pasta catalisadora; (B) Cimento incluído em placa de vidro na proporção indicada; (C) Preparo do cimento, obtendo uma massa homogênea; e (D) Inserção de guta- percha no canal radicular até comprimento de trabalho.



Fonte: O autor (2021)

Para o G2 (figura 4A), o cimento foi aplicado no terço apical diretamente com a seringa aplicadora de acordo com recomendação do fabricante (figura 4B e 4C). Em seguida, introduzido o cone principal para preencher total até o comprimento final de trabalho (figura 4D) (ANGELUS, 2021).

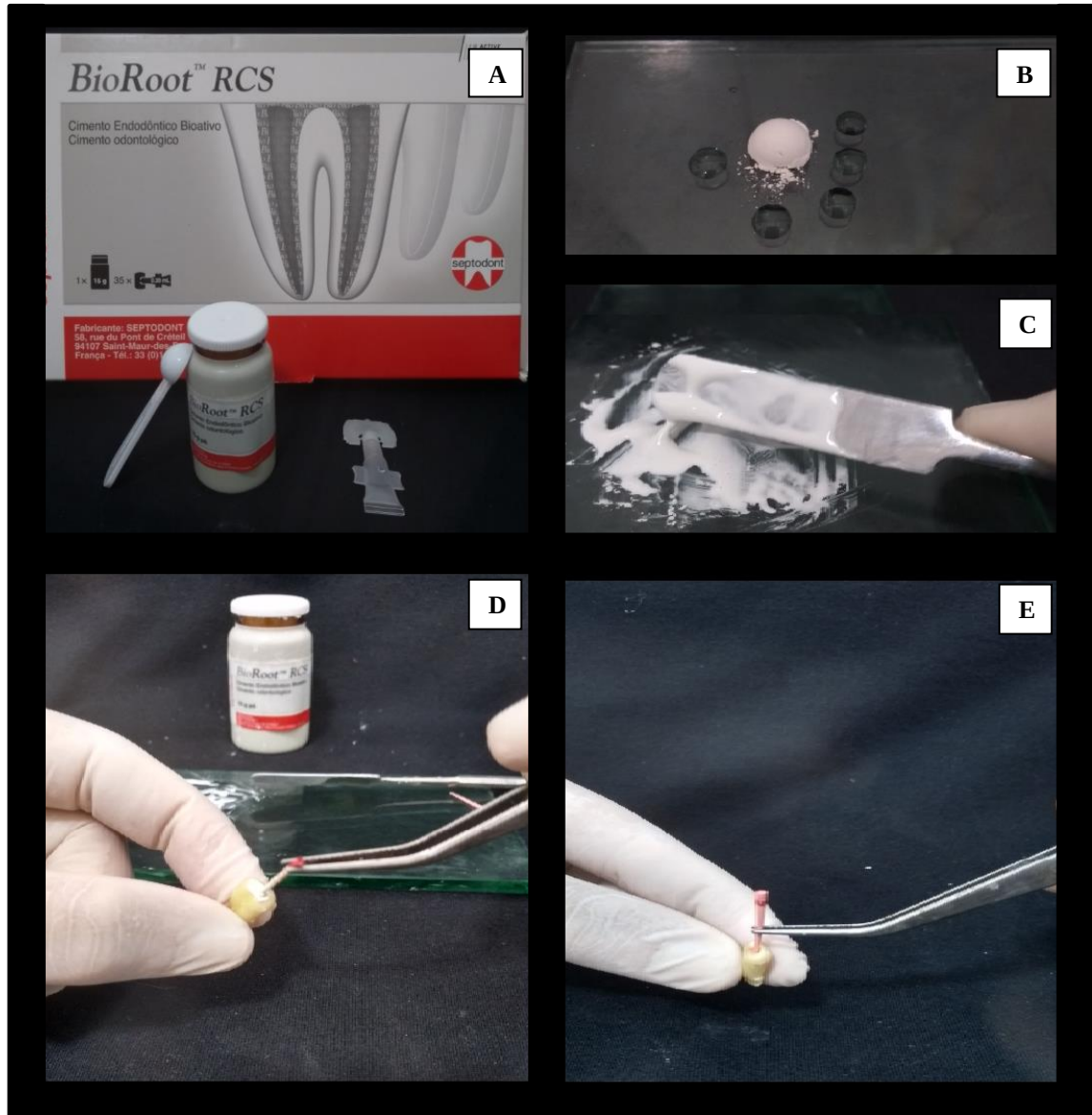
Figura 4 - Obturação com cimento biocerâmico Bio-C Sealer. (A) Representação do cimento, já preparado dentro da seringa aplicadora, pronto para utilização (B) Cimento incluído em diretamente no terço apical do canal radicular com seringa aplicadora; (C) Ampliação, caracterizando a inserção do cimento; e (D) Inserção da guta- percha no canal radicular até comprimento de trabalho.



Fonte: O autor (2021)

Para o G3 (Figura 5A), o cimento foi preparado em uma placa de vidro na proporção indicada pelo fabricante - uma colher coletora de pó para 5 gotas de líquido - até obter uma massa homogênea (Figuras 5B e 5C). Com um cone de papel, o cimento foi coletado e pincelado nas paredes (Figura 5D). Em seguida, foi inserido o cone principal com fina camada de cimento e posicionado cuidadosamente preenchendo todo o canal instrumentado (Figura 5E) (SEPTODONT, 2021).

Figura 5 - Obturação com cimento biocerâmico BioRoot RCS. (A) Representação comercial do cimento biocerâmico. (B) Cimento incluído em placa de vidro na proporção indicada; (C) Espatulação e obtenção de massa homogênea; (D) Inclusão com cone de papel absorvente; (E) Inserção da guta-percha no canal radicular até comprimento de trabalho.



Fonte: O autor (2021)

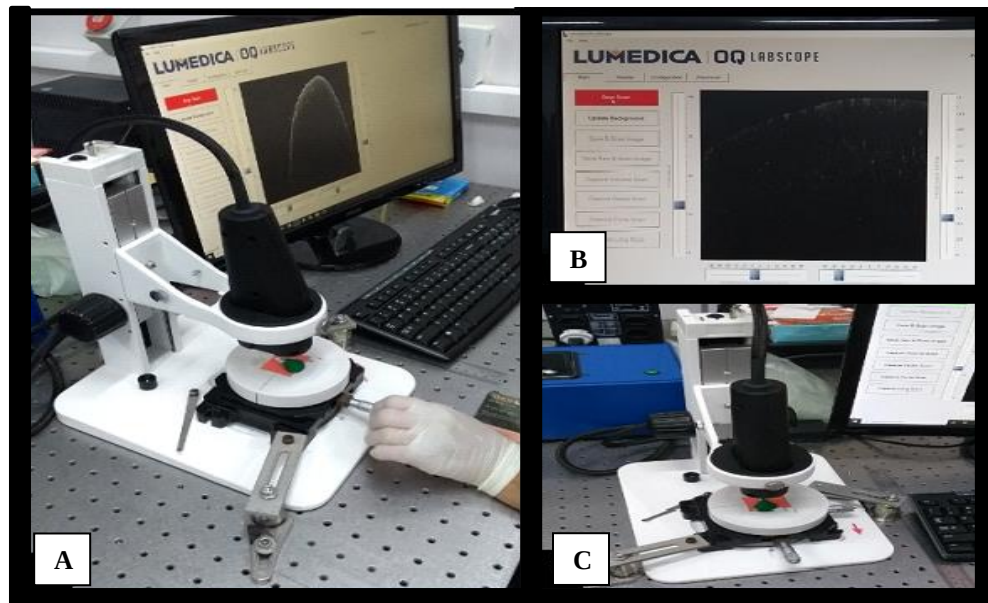
Após a cimentação de todos os grupos, os cones de guta-percha foram cortados com uma colher de dentina no limite coronal e foi realizada a compactação vertical através de calcador de Paiva, prosseguindo com a armazenagem durante 30 dias em estufa biológica à 37°C ($\pm 1^\circ\text{C}$), acondicionados a seco, separando cada grupo.

4.6 ESCANEAMENTO TOMOGRÁFICO DE COERÊNCIA ÓPTICA

Após trinta dias, os espécimes foram escaneados através do sistema de domínio espectral OCT (SD-OCT) da Lumedica QQ Labscope 2.0/X (Lumedica, Carolina do Norte,

EUA) no Departamento de Física UFPE para avaliação do selamento marginal dos cimentos obturadores (Figura 6).

Figura 6 - Escaneamento por Tomografia de Coerência Óptica com aparelho Lumedica QQ Labscope 2.0/X. (A) Escaneamento e processamento da imagem em tempo real; (B) Processamento da imagem no software Lumedica QQ Labscope; (C) Posicionamento no aparelho de OCT para escaneamento e processamento de imagem.



Fonte: O autor (2021)

O SD-OCT usa um diodo superluminescente operando 840 nm de comprimento de onda central, resolução de profundidade do tecido de 7/5 μm , uma resolução transversal de 15 μm e faixa de varredura linear e volumétrica de 5 mm x 5 mm. O sistema, de acordo com o fabricante, fornece imagens de 80.000 linhas por segundo - ou seja, mais de 100 quadros por segundo - tornando-o ideal para capturar imagens de amostra ao vivo com estabilidade e de forma não invasivas (LUMEDICA, 2021).

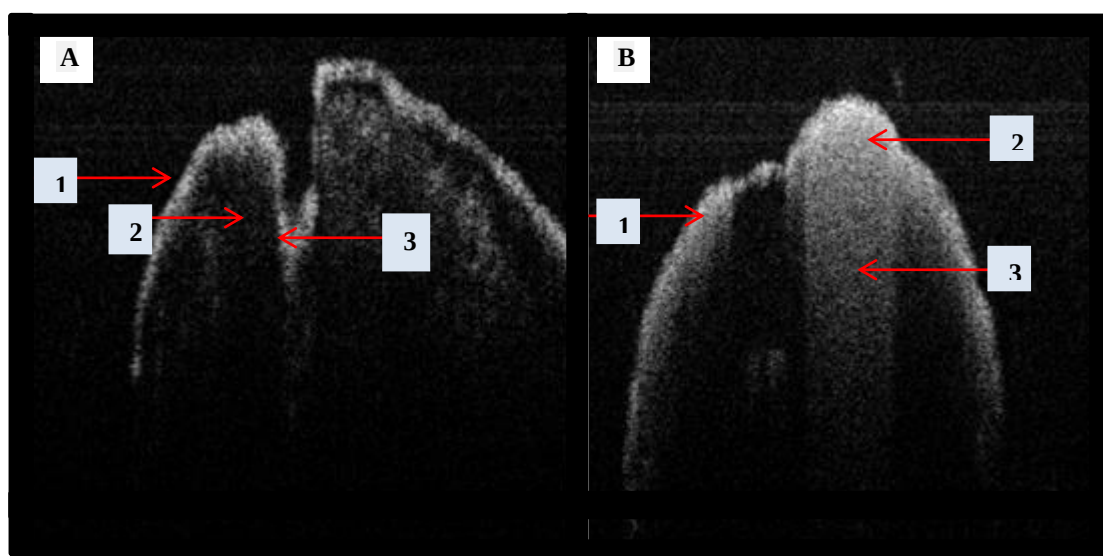
Os espécimes foram posicionados em cera odontológica e as porções apicais, incluindo o limite anatômico com o total de 2 mm, foram escaneadas gerando imagens de forma instantânea no software Lumedica®. As digitalizações foram salvas no formato JPEG para posterior avaliação cega.

4.7 COLETA DE DADOS

A metodologia de avaliação foi adaptada de De Oliveira et al. (2017) em que o selamento marginal foi avaliado à cegas por 3 examinadores especialistas em endodontia que responderam um questionário (Apêndice 1) (DE OLIVEIRA et al. 2017) indicando selamento apical suficiente ou não. As imagens que apresentaram espaços vazios por ausência de cimento biocerâmico foram avaliadas como selamento insuficiente, uma vez que a presença desses espaços indica a possibilidade de microinfiltração (MAROULAKOS et al. 2018).

Após calibragem a partir de imagens que não foram incluídas na amostra do estudo (Figura 7), cada examinador de forma independente respondeu ao questionário classificando as imagens como selamento suficiente ou não suficiente. Não foi permitida a modificação de contraste, brilho ou demais parâmetros pelos avaliadores. As imagens foram reavaliadas após um intervalo de 15 dias.

Figura 7 - Imagens geradas através de OCT. (A) imagem indicando selamento marginal apical não suficiente: 1- Dentina radicular; 2- Espaço vazio a ser considerado como selamento insuficiente; e 3- Interface cimento – sistema de canal radicular; (B) Imagem indicando selamento marginal apical suficiente: 1 - Dentina radicular; 2- Preenchimento total do sistema de canal radicular, indicando selamento suficiente; e 3- Interface cimento – sistema de canal radicular.



Fonte: O autor (2021)

4.8 ANÁLISE ESTATÍSTICA

Os dados foram registrados em Microsoft Excel® 2019 (v. 16.0) pelo pesquisador principal responsável pela guarda dos dados da pesquisa, exportados para o programa IMB SPSS versão 23 © (SPSS Inc., IBM Company Headquarters, Chicago, IL) e analisados

descritivamente por meio de frequências absolutas e percentuais para as variáveis categóricas e das medidas: média, desvio padrão e mediana da variável avaliação.

Com o objetivo de verificar o grau de concordância entre os pares de examinadores foram obtidos os escores de coincidência de Kappa, incluindo a obtenção de um intervalo de confiança para o Kappa populacional.

Para avaliar associação entre duas variáveis categóricas foi realizado o teste Qui-quadrado de Pearson. O Teste exato de Fisher foi utilizado quando a condição para utilização do teste Qui-quadrado não foi verificada. A margem de erro utilizada na decisão dos testes estatísticos foi de 5%.

5 RESULTADOS

O valor do Kappa entre os três pares de examinadores e o intra-avaliadores foi 1,00, o que significa concordância perfeita.

A Tabela 1 e o gráfico 1 apresentam os resultados do selamento tridimensional das avaliações de cada grupo de cimento biocerâmicos avaliado. O MTA FillApex foi o material que apresentou menor taxa (75% da amostra) classificada como selamento suficiente, com diferença significativa ($p < 0,05$) para o Bio-C Sealer (100%) e sem diferença para o Bioroot RCS (85%) (tabela 1 e gráfico 1).

A comparação entre os cimentos Bio-C Sealer e Bioroot RCS não apresentou diferença significativa, assim como a comparação simultânea entre os três cimentos ($p > 0,05$) (tabela 1).

Tabela 1 – Avaliação do selamento tridimensional dos cimentos biocerâmicos

Material	Selamento		TOTAL n (%)	Valor de p
	Suficiente n (%)	Não suficiente n (%)		
Bio-C Sealer	20 (100,0)	-	20 (100,0)	$p^{(1)} = 0,081$ $p^{(2)} = 0,047^*$
MTA – FillApex	15 (75,0)	5 (25,0)	20 (100,0)	$p^{(3)} = 0,231$ $p^{(4)} = 0,695$
BioRoot RCS	17 (85,0)	3 (15,0)	20 (100,0)	
Grupo Total	52 (86,7)	8 (13,3)	60 (100,0)	

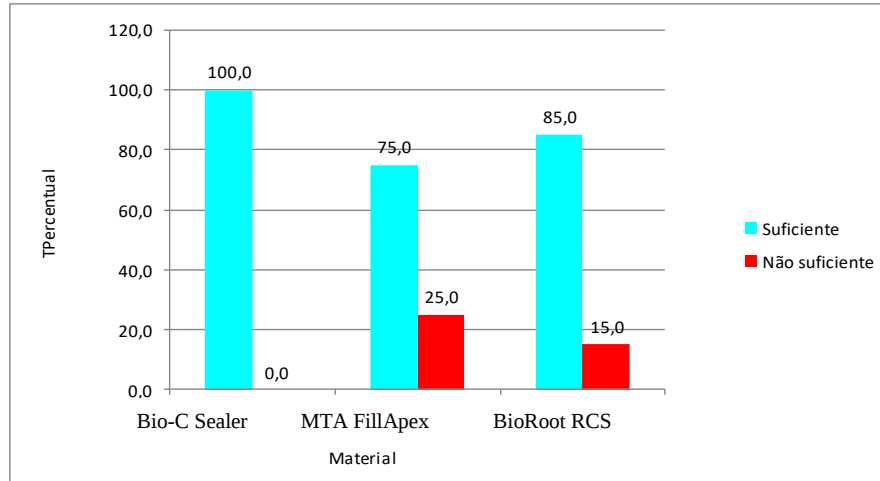
(1) Pelo teste Exato de Fisher entre os três materiais utilizados

(2) Pelo teste Exato de Fisher entre os materiais Bio-C Sealer e MTA FillApex

(3) Pelo teste Exato de Fisher entre os materiais Bio-C Sealer e BioRoot RCS

(4) Pelo teste Exato de Fisher entre os Materiais MTA-FillApex e BioRoot RCS.

Fonte: O autor (2021)

Gráfico 1- Resultados do selamento tridimensional do cimentos biocerâmicos

Fonte: O autor (2021)

6 DISCUSSÃO

Os cimentos endodônticos biocerâmicos vêm se tornando cada vez usuais dentro da prática endodôntica por apresentarem potencial antibacteriano e boa capacidade de selamento (BUKHARI et al. 2018; COLOMBO et al. 2018). O objetivo deste estudo foi avaliar o selamento marginal apical dos cimentos biocerâmicos através da OCT. A relevância da pesquisa se deve ao fato de até o presente momento, nas bases de dados pesquisadas, não ter sido encontrada comparações entre os três cimentos utilizados em nesta pesquisa.

Os resultados do presente estudo apontaram que as amostras de MTA FillApex e Bioroot RCS não apresentaram diferença estatística significativa, dados que divergem com Urban et al. (2018)¹ que concluíram que o Bioroot RCS é mais vantajoso quando comparado com o MTA FillApex, uma vez que se mostra mais estável no curto e longo prazo.

A presença de pigmentos e óxido de bismuto no MTA FillApex pode causar interferências com outras propriedades do material, interferindo na reação química e afetando as propriedades físicas do material (SILVA et al. 2021 ;PRADO et al. 2018; VITTI et al. 2013). O material apresenta fluidez excessiva, possibilidade de descolamento das paredes dentinárias (PRADO et al. 2018) e alta taxa de solubilidade que é responsável pela liberação de componentes tóxicos que podem interferir na capacidade de selamento e facilitar a microinfiltração (SILVA et al. 2021). Nesta pesquisa este cimento biocerâmico demonstrou o menor desempenho favorável ao selamento apical.

Kebudi Benezra et al. (2018) relatam que a presença de espaços entre a interface do cimento e a dentina radicular pode aumentar a fixação e proliferação celular, sendo altamente prejudicial ao tratamento endodôntico. Além disso, o BioRoot RCS exibiu algumas alterações na interface do cimento, má adaptação e espaços presentes na dentina (KEBUDI BENEZRA et al. 2018; FERNANDES et al. 2021) indicando mau selamento deste cimento. Dados que podem corroborar os resultados deste material na presente pesquisa.

Zordan-Bronzel et al. (2019) relataram que a fluidez é uma propriedade importante para o preenchimento do canal radicular, uma vez que permite a introdução nas irregularidades do sistema de canais e melhor possibilidade de selamento. Os cimentos avaliados apresentaram taxa de fluidez em conformidade com a ISO 6876. No entanto, o Bio-C Sealer apresentou maior possibilidade de prejuízos a sua capacidade de selamento por ter a maior taxa de fluidez, causando perda do material e, conseqüentemente, reinfecção através da microinfiltração. Dados que contrapõem os resultados da presente pesquisa, uma vez que este material apresentou as melhores taxas de selamento apical.

Durante a obturação com o Bio-C Sealer, uma questão importante é a extrusão do cimento para os tecidos perirradiculares ou para as estruturas anatômicas circundantes, fato que pode estar associado ao método de aplicação (COLOMBO et al. 2018). Tanomaru-Filho et al. (2020) mostraram que a capacidade de preenchimento do método SIS - Sistema de Injeção Seladora que possui agulhas com 2 aberturas laterais, localizadas entre 1 e 4 mm da ponta e sem uma abertura apical - foi satisfatória nos canais radiculares principais e laterais, além de pouca extrusão apical do cimento para este sistema. Nesta pesquisa, a metodologia de aplicação foi realizada de acordo com a recomendação do fabricante, usando a seringa aplicadora do produto. Houve extrusão do material em parte da amostra, porém este fato não prejudicou os resultados já que a pesquisa foi laboratorial, *in vitro* e o comprimento total de trabalho se estendeu até o limite anatômico.

Há de se ressaltar que, dentre os cimentos avaliados, o Bio-C Sealer é o único comercializado pronto para a utilização, diminuindo os riscos de falhas de proporção e no preparo. Além disso, possui uma seringa aplicadora que introduz o cimento diretamente no sistema de canais radiculares na porção apical, ao passo que os outros dois cimentos têm metodologias diferentes de preparo, aplicação e inserção. Outro fator que pode auxiliar o Bio-C Sealer é a maior fluidez, aumentando o escoamento e podendo facilitar o selamento. Na presente pesquisa o Bio-C Sealer apresentou o melhor resultado dentre os cimentos avaliados.

A capacidade de selamento apical dos cimentos endodônticos à base de silicato de cálcio pode ser reduzida após a remoção da *smear layer* através do uso de soluções quelantes (ESTRELA et al. 2011). Tucker, Uzunoglu e Purali (2018) relatam que o cimento BioRoot RCS apresentou menor profundidade de penetração quando a *smear layer* foi removida (TUKER, UZUNOGLU E PURALI, 2018). Porém, a utilização da solução ainda apresenta resultados não conclusivos quanto à manutenção da etapa metodológica para a cimentação com biocerâmicos, uma vez que Muendra et al. (2021) concluíram que os cimentos EndoSequence BC e BioRoot RCS têm boa penetrabilidade mesmo fazendo o uso de solução EDTA 17% em sua metodologia (MUENDRA et al. 2021). Fato que justificou a utilização da solução na metodologia do presente estudo.

A metodologia empregada de preparo biomecânico e obturação seguiu criteriosamente as recomendações dos fabricantes sendo realizada por único operador, evitando qualquer interferência nos resultados por falha de aplicação dos produtos. Segundo Moinzadeh et al. (2015) e Bel et al. (2021), a escolha da técnica obturadora para os cimentos biocerâmicos pode interferir na qualidade da obturação. Um volume maior de cimento e a seleção de cone único é um método preferível e mais benéfico, ao passo que a técnica de compactação lateral

pode deslocar ainda mais o cimento e aumentar a porcentagem de espaços vazios e formação de bolhas internamente, prejudicando o contato entre os materiais obturadores e a parede radicular. A obturação na presente pesquisa foi realizada com a inserção de cone único e compactação vertical.

A avaliação através do SD-OCT foi ideal para capturar imagens de amostras ao vivo, com estabilidade e de forma não invasiva; com alta resolução (LUMEDICA, 2021, PEREIRA et al. 2021) e podendo ser repetida quantas vezes necessárias porque não requer radiação não ionizante (DING et al. 2019). Embora a OCT possa avaliar várias características da cavidade oral o desafio para a avaliação *in vivo* é consistente devido ao tamanho dos sistemas (DE OLIVEIRA et al. 2017). O presente estudo analisou os espécimes em laboratório e o método foi altamente eficaz para avaliar a qualidade de selamento apical marginal, produzindo imagem em tempo real que pôde ser repetida até obtenção de uma imagem possível de ser avaliada, sem comprometimento com a pesquisa.

Dentro das limitações do trabalho, sugerimos novas pesquisas envolvendo os cimentos biocerâmicos avaliados no presente estudo.

7 CONCLUSÃO

Os cimentos biocerâmicos apresentaram selamento apical suficiente. O Bio-C Sealer demonstrou melhor desempenho quando comparado apenas ao MTA FillApex. A OCT é um método que se mostrou eficaz para análise do selamento apical.

REFERÊNCIAS

- 1- Urban, K., Neuhaus, J., Donnermeyer, D., Schäfer, E., & Dammaschke, T. **Solubility and pH Value of 3 Different Root Canal Sealers: A Long-term Investigation.** J Endod. 2018; 44, ed 11; 1736-1740.
- 2- 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. 2018; 45; ed 8; 1047-1052
- 3- Colombo, M., Poggio, C., Dagna, A. et al. **Biological and physico-chemical properties of new root canal sealers.** J Clin Exp Dent. 2018; 10: e120- e126
- 4- Tanomaru-Filho M, Torres FFE, Pinto JC, Santos-Junior AO, Tavares KIMC, Guerreiro-Tanomaru JM. **Micro-computed tomographic evaluation of a new system for root canal filling using calcium silicate-based root canal sealers.** Restor Dent Endod. 2020; 45 (3): e34.
- 5- Yanpiset K, Banomyong D, Chotvorarak K, Srisatjaluk RL. **Bacterial leakage and micro-computed tomography evaluation in round-shaped canals obturated with bioceramic cone and sealer using matched single cone technique.** Restor Dent Endod. 2018; 43: e30.
- 6- Li, G., Niu, L., Zhang, W., Olsen, M., De-Deus, G., Eid, A. A. Tay, F. R. **Ability of new obturation materials to improve the seal of the root canal system: A review.** Acta Biomaterialia. 2014; 10(3), 1050–1063.
- 7- Silva E.J.N.L., Cardoso M.L., Rodrigues J.P.R., De-Deus G., Fidalgo T.K.S., **Solubility of bioceramic – and epoxy resin-based root canal sealers: A systematic review and meta-analysis.** Aust Endod J. 2021; doi.org/10.1111/aej.12487
- 8- Moinzadeh AT, Aznar Portoles C, Schembri Wismayer P, Camilleri J. **Bioactivity potential of EndoSequence BC RRM putty.** J Endod. 2016; 42: 615–21.
- 9- Giacomino CM, Wealleans JA, Kuhn N, Diogenes A. **A comparative biocompatibility and osteogenic potential of two bioceramic sealers.** J Endod. 2019; 45: 51–6.
- 10- Candeiro GT, Correia FC, Duarte MA et al. **Evaluation of radiopacity, pH, release of calcium ions, and flow of a bioceramic root canal sealer.** J Endod. 2012; 38: 842–5.
- 11- Fernandez R, Restrepo JS, Aristizabal DC, Alvarez LG. **Evaluation of the filling ability of artificial lateral canals using calcium silicate-based and epoxy resin-based endodontic sealers and two gutta-percha filling techniques.** J Endod. 2016; 49: 365–73.
- 12- Shinbori, N.; Grama, A.M.; Patel, Y.; Woodmansey, K.; HE, J. **Clinical Outcome of Endodontic Microsurgery That Uses EndoSequence BC Root Repair Material as the Root-end Filling Material.** J Endod. 2015; 41,5.

- 13- Han L, Okiji T. **Uptake of calcium and silicon released from calcium silicate-based endodontic materials into root canal dentine.** J Endod. 2011; 44: 1081-1087.
- 14- Yang R, Han Y, Liu Z, Xu Z, Liu H, Wei X. **Comparison of the efficacy of laser-activated and ultrasonic-activated techniques for the removal of tricalcium silicate-based sealers and gutta-percha in root canal retreatment: a microtomography and scanning electron microscopy study.** BMC Oral Health. 2021; 22;21(1):275.
- 15- Atmeh AR, Chong EZ, Richard G, Festy F, Watson TF. **Dentin-cement interfacial interaction: calcium silicates and polyalkenoates.** J Dent Res; 2012; 91:454-459
- 16- Siqueira, PC, **Caracterização de elementos químicos de cimentos biocerâmicos.** Tese de Doutorado em Odontologia – Faculdade de Odontologia – Universidade Federal de Goiás. 2017.
- 17- Antunes, H.S; Gominho, L.F; Andrade-Junior, C.V; Dessauneneto, N; Alves, F.R; Rôças, I.N; Siqueira Jr, J.F. **Sealing ability of two root-end filling materials in a bacterial nutrient leakage model.** J Endod. 2016; v.49, p.960-965, 2016.
- 18- Chen, I.; Salhab, I.; Setzer, F.C.; Kim, S.; Nah, H.D. **A New Calcium Silicate-based Bioceramic Material Promotes Human Osteo- and Odontogenic Stem Cell Proliferation and Survival via the Extracellular Signal-regulated Kinase Signaling Pathway.** J Endod. 2016; v.42, n.3, p.480-486.
- 19- Damas, B.A.; Wheeler, M.A.; Bringas, J.S.; Hoen, M.M. **Cytotoxicity comparison of mineral trioxide aggregates and EndoSequence bioceramic root repair materials.** J Endod. 2011; v.37, p.372–5.
- 20- De Deus, G.; Canabarro, A.; Alves, G.; Linhares, A.; Senne, M.I.; Granjeiro, J.M. **Optimal Cytocompatibility of a Bioceramic Nanoparticulate Cement in Primary Human Mesenchymal Cells.** J Endod.2009; v.35, n.10, p.1387-1390.
- 21- Leal F., De Deus, G.; Brandão, C.; Luna, A.S.; Fidel, S.R.; Souza, E.M. **Comparison of the root-end seal provided by bioceramic repair cements and White MTA.** J Endod. 2011; v.44, p.662–668.
- 22- Disponível em: < <http://www.angelus.ind.br/Bio-C-Sealer-371.html>> , acessado em: 05 de janeiro de 2021.
- 23- Zordan-Bronzel, C. L., Esteves Torres, F. F., Tanomaru-Filho, M., Chávez-Andrade, G. M., Bosso-Martelo, R., & Guerreiro-Tanomaru, J. M.. **Evaluation of Physicochemical Properties of a New Calcium Silicate-based Sealer, Bio-C Sealer.** J Endod. 2019; 45 (10):1248-1252.
- 24- Camps J, Jeanneau C, El Ayachi I, Laurent P, About I. **Bioactivity of a Calcium Silicate-based Endodontic Cement (BioRoot RCS): Interactions with Human Periodontal Ligament Cells In Vitro.** J Endod. 2015; 41(9):1469-73.

- 25- Cass Campbell, Septodont Introduces BioRoot™ RCS, Lancaster, Disponível em: <<https://www.septodontusa.com/news-events/company-highlights/septodont-introduces-bioroot-rcs>>, acessado em: 05 de janeiro de 2021.
- 26- Jeanneau, C., Giraud, T., Laurent, P., & About, I. **BioRoot RCS Extracts Modulate the Early Mechanisms of Periodontal Inflammation and Regeneration.** J Endod. 2019; vol. 45 , 8, 1016-1023.
- 27- Assmann E, Scarparo RK, Böttcher DE, Grecca FS. **Dentin bond strength of two mineral trioxide aggregate-based and one epoxy resin-based sealers.** J Endod. 2012 Feb;38(2):219-21).
- 28- Gomes-Filho JE, Moreira JV, Watanabe S, et al. **Sealability of MTA and calcium hydroxide-containing sealers.** J Appl Oral Sci. 2012; 20:347–351.
- 29- Silva EJ, Carvalho NK, Prado MC, Zanon M, Senna PM, Souza EM, De-Deus G. **Push-out bond strength of injectable pozzolan-based root canal sealer.** J Endod. 2016; 42, 1656-9.
- 30- Altan, H., Goztas, Z., Inci, G., Tosun, G. **Comparative evaluation of apical sealing ability of different root canal sealers.** European Oral Research, 2019; 52(3), 117–121.
- 31- Asawaworarit, W., Yachor, P., Kijssamanmith, K., & Vongsavan, N. **Comparison of the Apical Sealing Ability of Calcium Silicate-Based Sealer and Resin-Based Sealer Using the Fluid-Filtration Technique.** Medical Principles and Practice. 2016; 25(6), 561–565.
- 32- Iacono F, Gandolfi MG, Huffman B, et al. Push-out strength of modified Portland cements and resins. Am J Dent. 2010; 23:43-46.
- 33- Lim M, Jung C, Shin DH, Cho YB, Song M. **Calcium silicate-based root canal sealers: a literature review.** Restor Dent Endod. 2020; Jun 9; 45(3):e35.
- 34- Saqib Ali, Saqlain Bin Syed Gilani,,Juzer Shabbir, Khalid S. Almulhim, Amr Bugsha. **Optical coherence tomography’s current clinical medical and dental applications: a review.** F1000research. 2021; 10:310.
- 35- Erdelyi RA, Duma VF, Sinescu C, et al. **Dental Diagnosis and Treatment Assessments: Between X-rays Radiography and Optical Coherence Tomography.** Materials. Basel. 2020; 3(21): 4825.
- 36- Fujimoto JG. **Optical coherence tomography for ultrahigh resolution in vivo imaging.** Nat Biotechnol 2003; 21:1361-7.
- 37- Mota CC, Fernandes LO, Cimdões R, et al. **Non-invasive periodontal probing through Fourier-domain optical coherence tomography.** J Periodontol 2015; 86:1087–94.
- 38- Ding, J., Liu, W., Sadr, A., He, Y., Ebihara, A., & Li, Y. Detection of Simulated Periradicular Lesions in Porcine Bone by Optical Coherence Tomography. J Endod. 2019; 45 (8): 1024-1029

- 39- Pereira TC, Boutsoukis C, Dijkstra RJB, Petridis X, Versluis M, de Andrade FB, van de Meer WJ, Sharma PK, van der Sluis LWM, So MVR. **Biofilm removal from a simulated isthmus and lateral canal during syringe irrigation at various flow rates: a combined experimental and Computational Fluid Dynamics approach.** J Endod. 2021; 54(3):427-438.
- 40- Busanello FH, Petridis X, So MVR, Dijkstra RJB, Sharma PK, van der Sluis LWM **Chemical biofilm removal capacity of endodontic irrigants as a function of biofilm structure: optical coherence tomography, confocal microscopy and viscoelasticity determination as integrated assessment tools.** J Endod. 2018; 52, 461–74.
- 41- Won J, Huang PC, Spillman DR, Chaney EJ, Adam R, Klukowska M, Barkalifa R, Boppart SA. **Handheld optical coherence tomography for clinical assessment of dental plaque and gingiva.** J Biomed Opt. 2020; 25(11):116011.
- 42- De Oliveira B.P., Câmara A. C., Duarte D. A., Gomes A. S. L., Heck R. J., Antonino A. C. D, Aguiar CM. **Detection of Apical Root Cracks Using Spectral Domain and Swept-source Optical Coherence Tomography.** J Endod. 2017; 43(7):1148-1151.
- 43- Su MI, Chen CY, Yeh HI, Wang KT. **Concise Review of Optical Coherence Tomography in Clinical Practice.** Acta Cardiol Sin. 2016; 32(4):381-6. doi: 10.6515/acs20151026
- 44- Pavillard E, Sewall L. **A post-market, multi-vessel evaluation of the imaging of peripheral arteries for diagnostic purposes comparing optical Coherence tomography and intravascular ultrasound imaging (SCAN).** BMC Med Imaging. 2020; 20(1):18.
- 45- Wang MD, Truong C, Mammo Z, Hussnain SA, Chen RWS. **Swept Source Optical Coherence Tomography Compared to Ultrasound and Biomicroscopy for Diagnosis of Posterior Vitreous Detachment.** Clin Ophthalmol. 2021; 5: 507-512.
- 46- Lavinsky F, Lavinsky D. **Novel perspectives on swept-source optical coherence tomography.** Int J Retina Vitreous. 2016; 2:25.
- 47- Hsieh YS, Ho YC, Lee SY, et al. **Dental optical coherence tomography.** Sensors Basel. 2013; 13:8928–49.
- 48- Maillefer Instruments Holding Sarl Chemin du Verger 3 CH 1338 Ballaigues Switzerland Instruções de utilização para os instrumentos PROTAPER NEXT® Limas endodônticas – Ref. A 0800 encontrado no <http://www.dentsplymaillefer.com/wp-content/uploads/2016/10/Dentsply_Maillefer_PROTAPER-NEXT_0514_DFU_PT.pdf>, acessado em: 05 de janeiro de 2021.
- 49- Perfil técnico científico - MTA-Fillapex – MTA Angelus, encontrado no <http://www.angelus.ind.br/medias/1808100930_Perfil-Tecnico-Cientifico-MTA-Fillapex.pdf> acessado em: 05 de janeiro de 2021.

- 50- Cimento obturador bioceramico pronto para uso – INDICAÇÃO - Bio-C Sealer, encontrado no <<http://www.angelus.ind.br/Bio-C-Sealer-371.html>> acessado em: 05 de janeiro de 2021.
- 51- Folheto BioRoot (PT)_0.pdf – Septodont, encontrado no <https://www.septodont.com.br/sites/br/files/2019-07/Folheto%20BioRoot%20%28PT%29_0.pdf> acessado em: 05 de janeiro de 2021.
- 52- Lumedica tecnologia OCT encontrado em < <https://www.lumedicasystems.com/>> acessado em: 24 de maio de 2021.
- 53- Maroulakos, G., He, J., & Nagy, WW. **A The Post-endodontic Adhesive Interface: Theoretical Perspectives and Potential Flaws.** J Endod. 2018; 44 (3), 363-371. doi: 10.1016 / j.joen.2017.11.007
- 54- Kebudi Benezra, M., Schembri Wismayer, P., & Camilleri, **Interfacial characteristics and cytocompatibility of hydraulic sealer cements.** J Endod. 2018; 44 (6), 1007–1017.
- 55- Fernandes Zancan R, Hadis M, Burgess D, et al. A matched irrigation and obturation strategy for root canal therapy. Sci Rep. 2021;11(1):4666.
- 56- Prado MC, Carvalho NK, Vitti RP et al. **Bond strength of experimental root canal sealers based on MTA and butyl ethylene glycol disalicylate.** Braz Dent J 2018; 29: 195–201.
- 57- Vitti RP, Prati C, Sinhoreti MA et al. **Chemical-physical properties of experimental root canal sealers based on butyl ethylene glycol disalicylate and MTA.** Dent Mater J 2013; 29: 1287–94.
- 58- Estrela C, Estrada-Bernabe PF, de Almeida-Decurcio D, Almeida-Silva J, Rodrigues-Araujo-Estrela C, Poli-Figueiredo JA. **Microbial leakage of MTA, Portland cement. Sealapex and zinc oxide-eugenol as root-end filling materials.** Medicina Oral Patologia Oral y Cirugia Bucal 2011;16.
- 59- Toker SA, 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): 294–298.
- 60- Muedra P, Forner L, Lozano A, Sanz JL, Rodríguez-Lozano FJ, Guerrero-Gironés J, Riccitiello F, Spagnuolo G, Llena C. **Could the Calcium Silicate-Based Sealer Presentation Form Influence Dentinal Sealing? An In Vitro Confocal Laser Study on Tubular Penetration. Materials.** Basel. 2021;14(3):659
- 61- Bel Haj Salah K, Jaâfoura S, Tlili M, Ben Ameer M, Sahtout S. **Outcome of Root Canal Treatment of Necrotic Teeth with Apical Periodontitis Filled with a Bioceramic-Based Sealer.** J Endod. 2021; 18:8816628.

- 62- Pereira TC, Dijkstra RJB, Petridis X, et al. **Chemical and mechanical influence of root canal irrigation on biofilm removal from lateral morphological features of simulated root canals, dentine discs and dentinal tubules.** J Endod. 2021;54(1):112-129.
- 63- Huang D, Swanson EA, Lin CP, Schuman JS, Stinson WG, Chang W, Hee MR, Flotte T, Gregory K, Puliafito CA, et al. **Optical coherence tomography.** Science. 1991; 254(5035):1178-81.
- 64- Pereira TC, Boutsoukis C, Dijkstra RJB, Petridis X, Versluis M, de Andrade FB, van de Meer WJ, Sharma PK, van der Sluis LWM, So MVR. **Biofilm removal from a simulated isthmus and lateral canal during syringe irrigation at various flow rates: a combined experimental and Computational Fluid Dynamics approach.** J Endod. 2021; 54(3):427-438.
- 65- Busanello FH, Petridis X, So MVR, Dijkstra RJB, Sharma PK, van der Sluis LWM **Chemical biofilm removal capacity of endodontic irrigants as a function of biofilm structure: optical coherence tomography, confocal microscopy and viscoelasticity determination as integrated assessment tools.** J Endod. 2018; 52, 461–74.
- 66- Swimberghe RCD, Coenye T, De Moor RJG, Meire MA **Biofilm model systems for root canal disinfection: a literature review.** J Endod. 2019; 52, 604–28.

APÊNDICE A - QUESTIONÁRIO

Avaliação de imagens referente à pesquisa: Análise por tomografia de coerência óptica do selamento marginal apical dos cimentos bio-c sealer, bioroot e mta-fillapex.

Caro avaliador, de acordo com a calibração feita por imagens que não serão incluídas nesta avaliação, incluir S para as imagens classificadas como “Selamento Suficiente” ou N para as aquisições classificadas como “Selamento Não Suficiente” ao lado de cada número que representa o espécime da imagem. As imagens estão aleatorizadas.

As imagens geradas por OCT foram aleatorizadas para avaliação cega a fim de examinar a qualidade do selamento marginal dos três grupos de cimento.

Não são permitidas alterações, como a modificação de contraste, brilho ou demais parâmetros quaisquer.

Avaliação das imagens:

1-	31-
2-	32-
3-	33-
4-	34-
5-	35-
6-	36-
7-	37-
8-	38-
9-	39-
10-	40-
11-	41-
12-	42-
13-	43-
14-	44-
15-	45-
16-	46-
17-	47-
18-	48-
19-	49-
20-	50-
21-	51-
22-	52-
23-	53-
24-	54-
25-	55-
26-	56-
27-	57-
28-	58-
29-	59-
30-	60-

Avaliador: _____

APÊNDICE B – ARTIGO PARA PUBLICAÇÃO NO JOURNAL OF ENDODONDICS

ANÁLISE IN VITRO DO SELAMENTO APICAL DOS CIMENTOS BIO-C SEALER, BIOROOT E MTA-FILLAPEX ATRAVÉS DE TOMOGRAFIA DE COERÊNCIA ÓPTICA

RESUMO

Objetivo: Avaliar o selamento apical dos cimentos biocerâmicos utilizados na obturação do sistema de canais radiculares através da Tomografia de Coerência Óptica.

Metodologia: 60 incisivos unirradiculares inferiores humanos foram divididos por conveniência em 3 grupos com 20 amostras. O preparo do sistema de canais radiculares foi realizado pelo sistema ProTaper Next e a obturação com os cimentos biocerâmicos de cada grupo amostral: MTA FillApex, Bio-C Sealer e BioRoot RCS . Após 30 dias, os espécimes foram escaneados pelo sistema de domínio espectral OCT e as imagens, avaliadas cegamente. Para avaliar a associação de variáveis foi realizado o teste Qui-quadrado de Pearson e o teste exato de Fisher.

Resultados: A comparação entre os três cimentos não demonstrou diferença estatística significativa. Comprovou-se que o MTA FillApex apresentou menor taxa de selamento apical (75% da amostra) com $p < 0,05$ comparado ao Bio-C Sealer (100%) e $p > 0,05$ comparado ao BioRoot RCS (85%). A comparação simultânea entre os três materiais não comprovou diferença significativa.

Conclusões: Os cimentos biocerâmicos apresentaram selamento apical. O Bio-C Sealer demonstrou melhor desempenho quando comparado apenas ao MTA FillApex. A OCT é um método que se mostrou eficaz para análise do selamento marginal apical.

Palavras-chaves: endodontia, silicato tricálcico, tomografia de coerência óptica.

ABSTRACT

Objective: To evaluate the apical sealing of bioceramic sealers to fill the root canal system using Optical Coherence Tomography.

Methodology: 60 human mandibular incisors were randomly divided for convenience into 3 groups with 20 samples. The preparation of the root canal system was performed to the ProTaper Next system and the filling with bioceramic seales from each sample group: MTA FillApex, Bio-C Sealer and BioRoot RCS. After 30 days, the specimens were scanned by the

OCT spectral domain system and the images were blindly evaluated. To assess the association of variables, Pearson's Chi-square test and Fisher's exact test were performed.

Results: The comparison between the three sealers did not demonstrate a significant difference. From the statistical tests it was proven that the MTA FillApex had a lower apical sealing rate (75% of the sample) with $p < 0.05$ compared to Bio-C Sealer (100%) and $p > 0.05$ compared to BiooRoot RCS (85%). Simultaneous comparison between the three materials did not show a significant difference.

Conclusion: The present study evidenced that all bioceramic sealers presented sufficient apical sealing. Bio-C Sealer demonstrating better results when compared to MTA FillApex. OCT is an effective method for analyzing the apical marginal seal.

Keywords: endodontics, tricalcium silicate, optical coherence tomography.

INTRODUÇÃO

As principais finalidades do tratamento endodôntico são eliminar os micro-organismos presentes nos sistemas de canais radiculares com o preparo químico-mecânico, prevenir a reinfecção e selar o sistema de canal radicular tridimensionalmente¹⁻⁵.

Os cimentos biocerâmicos, à base de silicato de cálcio, apresentam propriedades ideais para um bom selador radicular, como propriedades antimicrobianas, biocompatibilidade e redução de citotoxicidade² principalmente relacionadas à presença de fosfato de cálcio e silicato de cálcio em suas composições^{5, 6, 7}. Além disso, são capazes de interagir com a região adjacente ao tecido dentário por alcalinização e liberação de íons^{5, 6, 8}. No entanto, não está claro se eles realmente produzem selamento tridimensional importante para impedir a reinfecção bacteriana⁴.

Portanto, o objetivo dessa pesquisa foi avaliar o selamento apical dos cimentos biocerâmicos utilizados na obturação do sistema de canais radiculares através da Tomografia de Coerência Óptica (OCT). A hipótese nula é que não haverá selamento marginal satisfatório.

METODOLOGIA

A pesquisa foi aprovada pelo Comitê de Ética em Pesquisa da Universidade Federal de Pernambuco. O presente estudo é caracterizado como laboratorial experimental, *in vitro*, no qual foram selecionados 60 incisivos inferiores unirradiculares humanos avaliados por

inspeção visual e radiográfica com incidência ortorradial e mesiorradial, para adequação dos critérios de inclusão - rizogênese completa, extraídos, sem tratamento endodôntico prévio, quaisquer fraturas e com único canal radicular - e critérios de exclusão - dentes com aberrações anatômicas, fraturas radiculares, cárie radicular, reabsorções, calcificações ou quaisquer outras variações anatômicas. Os espécimes foram aleatoriamente divididos, por conveniência, em 3 grupos contendo 20 espécimes cada. Os grupos foram enumerados e divididos de acordo com o cimento biocerâmico testado - grupo 1: MTA FillApex (Angelus, Londrina – Brasil) (G1); grupo 2: Bio-C Sealer (Angelus, Londrina – Brasil) (G2); grupo 3: BioRoot RCS (Septodont, Saint-Maur-des-Fossés, França) (G3).

Após secção das coroas, os sistemas de canais radiculares foram preparados com sistema ProTaper Next (Dentsply Maillefer, Ballaigues, Suíça) até a lima X2 (25/06) sob irrigação de solução de hipoclorito de sódio a 1% (Phormula Ativa, Recife, Brasil), utilização de solução aquosa EDTA 17% (Biodinâmica, Rio de Janeiro, Brasil), agitada com lima manual K#15 por 2 minutos, seguida de irrigação com soro fisiológico a 1% e secagem com cone de papel absorvente. Os sistemas de canais radiculares foram obturados pela técnica de com cone único ProTaper Conform Fit (Dentsply Maillefer, Ballaigues, Suíça) e compactação vertical. Todas as etapas foram realizadas por único operador a fim de garantir padronização de execução.

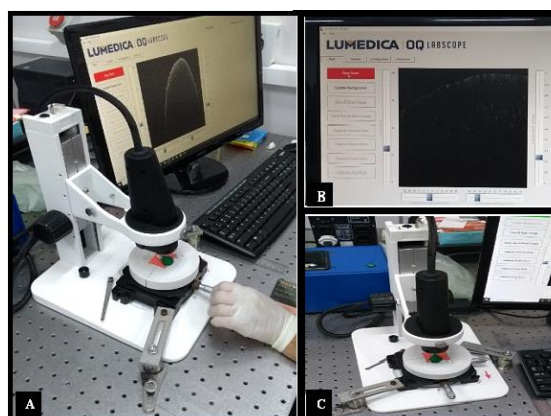
A preparação e aplicação dos cimentos seguiram o que é preconizado por cada fabricante. Para o G1, foi aplicada uma fina camada no cone principal que foi inserido até o comprimento de trabalho do sistema de canais radiculares (Figura 1A) ⁹. Para G2, o cimento foi aplicado no terço apical do canal radicular diretamente com a seringa aplicadora, seguido da introdução do cone principal até o comprimento de trabalho (Figura 1B) ¹⁰. Para o G3, com um cone de papel absorvente o cimento foi coletado e pincelado nas paredes. Em seguida o cone principal, com fina camada de cimento, foi inserido cuidadosamente até o comprimento de trabalho (Figura 1C) ¹¹.

Figura 1: Obturação com os cimentos biocerâmicos: (A) MTA FillApex; (B) Bio-C Sealer. (B); (C) BioRoot RCS; (D) Compactação vertical com calcador de Paiva.



Após 30 dias armazenados em estufa biológica a 37°C ($\pm 1^{\circ}\text{C}$), a seco e com divisão dos espécimes de cada grupo, as amostras foram escaneadas pelo sistema de domínio espectral OCT (SD-OCT) da Lumedica QQ Labscope 2.0/X (Lumedica, Carolina do Norte, EUA) no Departamento de Física da Universidade Federal de Pernambuco, para avaliação do selamento marginal dos cimentos obturadores (Figura 2). O sistema fornece imagens de 80.000 linhas por segundo - ou seja, mais de 100 quadros por segundo, tornando-o ideal para capturar imagens de amostra ao vivo com estabilidade e de forma não invasivas ¹².

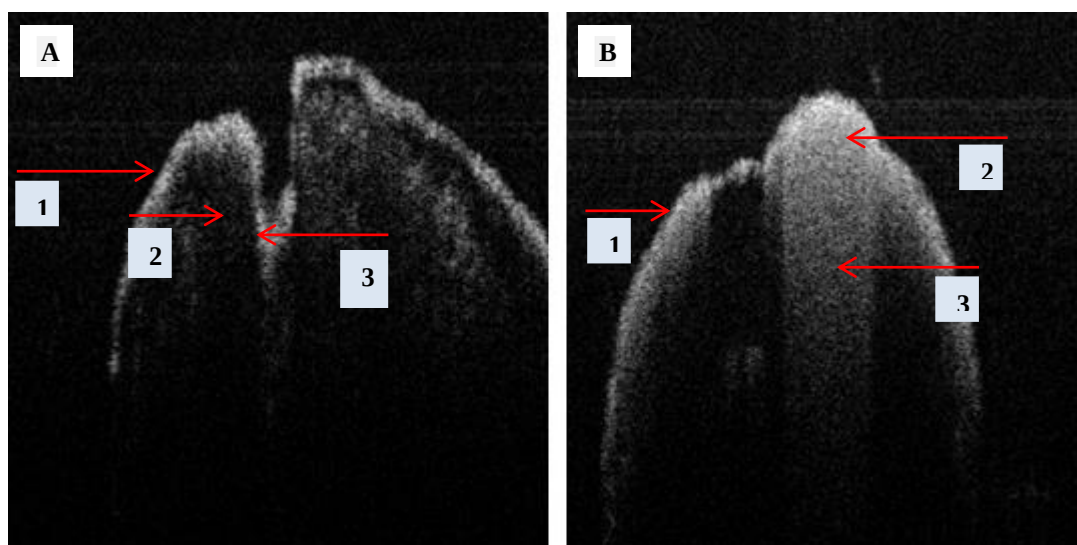
Figura 2: Escaneamento por Tomografia de Coerência Óptica com aparelho Lumedica QQ Labscope 2.0/X. (A) Escaneamento e processamento da imagem em tempo real; (B) Processamento da imagem no software Lumedica QQ Labscope; (C) Posicionamento no aparelho de OCT para escaneamento e processamento de imagem.



A metodologia de avaliação das imagens foi adaptada de De Oliveita et al. (2017), na qual o selamento marginal foi avaliado à cegas por 3 examinadores especialistas em endodontia que responderam um questionário após a avaliação ¹³ indicando selamento apical suficiente ou não. As imagens que apresentaram espaços vazios por ausência de cimento biocerâmico foram avaliadas como selamento insuficiente, uma vez que a presença desses espaços indica a possibilidade de microinfiltração ¹⁴.

Os avaliadores foram calibrados a partir de imagens que não foram incluídas na amostra do estudo (Figura 3). Não foi permitida a modificação de contraste, brilho ou demais parâmetros pelo avaliador. As imagens foram reavaliadas após um intervalo de 15 dias.

Figura 3 - Imagens geradas através de OCT. (A) imagem indicando selamento marginal apical não suficiente: 1- Dentina radicular; 2- Espaço vazio a ser considerado como selamento insuficiente; e 3- Interface cimento-parede do canal radicular; (B) Imagem indicando selamento marginal apical suficiente: 1 - Dentina radicular; 2- Preenchimento total do sistema de canal radicular, indicando selamento suficiente; e 3- Interface cimento-parede do canal radicular.



Os dados coletados através dos questionários foram registrados em Microsoft Excel® 2019 (v. 16.0) e exportados para o programa IMB SPSS versão 23 © (SPSS Inc., IBM Company Headquarters, Chicago, IL). Com o objetivo de verificar o grau de concordância entre os pares de examinadores foram obtidos os escores de coincidência de Kappa incluindo a obtenção de um intervalo de confiança para o Kappa populacional. Para avaliar associação entre duas variáveis categóricas, foi realizado o teste Qui-quadrado de Pearson. O Teste exato de Fisher foi utilizado quando a condição para utilização do teste Qui-quadrado não foi verificada. A margem de erro utilizada na decisão dos testes estatísticos foi de 5%.

RESULTADOS

O valor do Kappa entre os três pares de examinadores e o intra-avaliadores foi 1,00, o que significa concordância perfeita.

O MTA FillApex foi o material que apresentou menor taxa (75% da amostra) classificada como selamento suficiente com $p < 0,05$ comparado ao Bio-C Sealer (100%) e $p > 0,05$ comparado ao Bioroot RCS (85%) (tabela 1).

A comparação entre os cimentos Bio-C Sealer e Bioroot RCS não apresentou diferença significativa, assim como a comparação simultânea entre os três cimentos (tabela 1).

Material	Selamento		TOTAL n (%)	Valor de p
	Suficiente n (%)	Não suficiente n (%)		
Bio-C Sealer	20 (100,0)	-	20 (100,0)	$p^{(1)} = 0,081$ $p^{(2)} = 0,047^*$
MTA – FillApex	15 (75,0)	5 (25,0)	20 (100,0)	$p^{(3)} = 0,231$ $p^{(4)} = 0,695$
BioRoot RCS	17 (85,0)	3 (15,0)	20 (100,0)	
Grupo Total	52 (86,7)	8 (13,3)	60 (100,0)	

Tabela 1 - Avaliação do selamento tridimensional do cimento segundo o material utilizado

(1) Pelo teste Exato de Fisher entre os três materiais utilizados

(2) Pelo teste Exato de Fisher entre os materiais Bio-C Sealer e MTA FillApex

(3) Pelo teste Exato de Fisher entre os materiais Bio-C Sealer e BioRoot RCS

(4) Pelo teste Exato de Fisher entre os Materiais MTA-FillApex e BioRoot RCS.

DISCUSSÃO

Os cimentos endodônticos biocerâmicos vêm se tornando cada vez usuais dentro da prática endodôntica com grande potencial antibacteriano e capacidade seladora¹⁻³. O objetivo deste estudo foi avaliar o selamento marginal apical dos cimentos biocerâmicos através da OCT. A relevância da pesquisa se deve ao fato de até o presente momento, nas bases de dados pesquisadas, não ter sido encontrada comparações entre os três cimentos utilizados em nesta pesquisa.

Os resultados do presente estudo apontaram que as amostras de MTA FillApex e Bioroot RCS não apresentam diferença significativa, dados que divergiram com Urban et al.

(2018)¹ que concluíram que o Bioroot RCS é mais vantajoso quando comparado com o MTA FillApex, uma vez que este se mostrou mais estável no curto e longo prazo.

A presença de pigmentos e óxido de bismuto no MTA FillApex pode causar interferências na reação química e afetar suas propriedades físicas^{7, 15}. O material apresenta fluidez excessiva, possibilidade de descolamento das paredes dentinárias¹⁵ e alta taxa de solubilidade que é responsável pela liberação de componentes tóxicos, causando dificuldades na capacidade de selamento e facilitando a microinfiltração⁷. O MTA FillApex demonstrou a menor taxa de selamento apical dos cimentos biocerâmicos analisados, resultados que são corroborados pelos autores supracitados.

Kebudi Benezra et al. (2018)¹⁶ relatam que a presença de espaços entre a interface do cimento e a dentina radicular pode aumentar a fixação e proliferação celular, sendo altamente prejudicial ao tratamento endodôntico. Além disso, o BioRoot RCS exibiu algumas alterações na interface do cimento, má adaptação e espaços presentes na dentina^{16, 17} indicando o mau selamento deste material. Dados que estão de acordo com os resultados do presente estudo.

Zordan-Bronzel et al. (2019) relataram que a fluidez é uma propriedade importante para o preenchimento do sistema de canais radiculares, uma vez que permite a penetração nas irregularidades e melhor possibilidade de selamento. Os cimentos avaliados apresentaram taxa de fluidez em conformidade com a ISO 6876. No entanto o Bio-C Sealer apresentou maior possibilidade de prejuízos a sua capacidade de selamento por ter a maior taxa de fluidez, causando a perda do material e, conseqüentemente, reinfecção através da microinfiltração¹⁸. Dados que contrapõem os resultados da presente pesquisa, uma vez que este material apresentou as melhores taxas de selamento apical.

Durante a obturação do Bio-C Sealer, uma questão importante é a extrusão do cimento para os tecidos perirradiculares ou para as estruturas anatômicas circundantes, fato que pode estar associado ao método de aplicação¹⁹. Tanomaru-Filho et al. (2020) mostraram que a capacidade de preenchimento do método SIS - Sistema de Injeção Seladora que possui agulhas com 2 aberturas laterais, localizadas entre 1 e 4 mm da ponta, sem uma abertura apical - foi satisfatória nos canais radiculares principais e laterais, além de pouca extrusão apical do cimento para este sistema³. Nesta pesquisa, a metodologia de aplicação foi realizada de acordo com a recomendação do fabricante. Houve extrusão do material em parte da amostra, porém este fato não prejudicou os resultados já que a pesquisa foi laboratorial, *in vitro* e o comprimento total de trabalho se estendeu até o limite anatômico.

Há de se ressaltar que dentre os cimentos avaliados o Bio-C Sealer é o único comercializado pronto para a utilização, diminuindo os riscos de falhas de proporção e no preparo. Além disso, possui uma seringa aplicadora, que introduz o cimento diretamente no sistema de canais radiculares na porção apical, ao passo que os outros dois cimentos têm metodologias diferentes de preparo, aplicação e inserção. Outro fator que pode auxiliar os resultados do Bio-C Sealer é a maior fluidez aparente, aumentando o escoamento e podendo facilitar o selamento. Nesta pesquisa o Bio-C Sealer apresentou o melhor resultado dentre os cimentos avaliados.

A capacidade de selamento apical dos cimentos endodônticos a base de silicato de cálcio, pode ser reduzida após a remoção da *smear layer* através do uso de soluções quelantes ²⁰. Tucker, Uzunoglu e Purali (2018) ²¹ relatam em seu estudo que o cimento BioRoot RCS apresentou menor profundidade de penetração quando a *smear layer* foi removida. Porém a utilização da solução ainda apresenta resultados não conclusivos quanto à manutenção da etapa metodológica para os cimentos biocerâmicos, uma vez que Muendra et al. (2021) concluíram que os cimentos EndoSequence BC e BioRoot RCS têm boa penetrabilidade mesmo fazendo o uso de solução EDTA 17% em sua metodologia ²². Fato que justificou a utilização da solução quelante na presente pesquisa.

A metodologia empregada de preparo biomecânico e obturação seguiu criteriosamente as recomendações dos fabricantes ⁹⁻¹¹, sendo realizada por único operador, evitando qualquer interferência nos resultados por falha de aplicação dos produtos. Segundo Moinzadeh et al. (2015) e Bel et al. (2021) a escolha da técnica obturadora para os cimentos biocerâmicos pode interferir na qualidade da obturação. Um volume maior de cimento e a seleção de cone único é um método preferível e mais benéfico, ao passo que a técnica de compactação lateral pode deslocar ainda mais o cimento e aumentar a porcentagem de espaços vazios e formação de bolhas internamente, prejudicando o contato entre os materiais obturadores e a parede radicular ^{6, 23}. A metodologia de obturação deste estudo foi realizada com a inserção de cone único e compactação vertical.

A avaliação através da OCT de domínio espectral foi ideal para capturar imagens de amostra ao vivo com estabilidade, de forma não invasiva ^{12, 24}, com alta resolução ^{24, 25} e podendo ser repetida quantas vezes necessárias porque não requer radiação não ionizante ^{24, 26-}

Embora a técnica de OCT possa avaliar várias características da cavidade oral, o desafio para a avaliação *in vivo* é consistente devido ao tamanho dos sistemas¹³. O presente estudo foi realizado em laboratório e o método foi altamente eficaz para avaliar a qualidade de selamento apical, produzindo imagens em tempo real que puderam ser repetidas sem comprometimento com a pesquisa.

Dentro das limitações do trabalho, sugerimos novas pesquisas envolvendo os cimentos biocerâmicos avaliados no presente estudo.

CONCLUSÕES

Os cimentos biocerâmicos apresentaram selamento apical. O Bio-C Sealer demonstrou melhor desempenho quando comparado apenas ao MTA FillApex. A OCT é um método que se mostrou eficaz para análise do selamento marginal apical.

REFERÊNCIAS

- 1- Urban, K., Neuhaus, J., Donnermeyer, D., Schäfer, E., & Dammaschke, T. Solubility and pH Value of 3 Different Root Canal Sealers: A Long-term Investigation. J Endod. 2018; 44, ed 11; 1736-1740.
- 2- 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. 2018; 45; ed 8; 1047-1052
- 3- Tanomaru-Filho M, Torres FFE, Pinto JC, Santos-Junior AO, Tavares KIMC, Guerreiro-Tanomaru JM. Micro-computed tomographic evaluation of a new system for root canal filling using calcium silicate-based root canal sealers. Restor Dent Endod. 2020; 45 (3): e34.
- 4- Li, G., Niu, L., Zhang, W., Olsen, M., De-Deus, G., Eid, A. A. Tay, F. R. Ability of new obturation materials to improve the seal of the root canal system: A review. Acta Biomaterialia. 2014; 10(3), 1050–1063.
- 5- Silva E.J.N.L., Cardoso M.L., Rodrigues J.P.R., De-Deus G., Fidalgo T.K.S., Solubility of bioceramic – and epoxy resin-based root canal sealers: A systematic review and meta-analysis. Aust Endod . 2021 Feb 1. doi: 10.1111/aej.12487. Epub ahead of print. PMID: 33523574.
- 6- Moinzadeh AT, Aznar Portoles C, Schembri Wismayer P, Camilleri J. Bioactivity potential of EndoSequence BC RRM putty. J Endod. 2016; 42: 615–21.
- 7- Giacomino CM, Wealleans JA, Kuhn N, Diogenes A. A comparative biocompatibility and osteogenic potential of two bioceramic sealers. J Endod. 2019; 45: 51–6.

- 8- Candeiro GT, Correia FC, Duarte MA et al. Evaluation of radiopacity, pH, release of calcium ions, and flow of a bioceramic root canal sealer. *J Endod.* 2012; 38: 842–5.
- 9- Perfil técnico científico - MTA-Fillapex – MTA Angelus, encontrado no <http://www.angelus.ind.br/medias/1808100930_Perfil-Tecnico-Cientifico-MTA-Fillapex.pdf> acessado em: 17 de setembro de 2019.
- 10- Cimento obturador bioceramico pronto para uso – INDICAÇÃO - Bio-C Sealer, encontrado no <<http://www.angelus.ind.br/Bio-C-Sealer-371.html>> acessado em: 17 de setembro de 2019.
- 11- Folheto BioRoot (PT)_0.pdf – Septodont, encontrado no <https://www.septodont.com.br/sites/br/files/2019-07/Folheto%20BioRoot%20%28PT%29_0.pdf> acessado em: 17 de setembro de 2019.
- 12- Lumedica tecnologia OCT encontrado em < <https://www.lumedicasystems.com/>> acessado em: 24 de maio de 2021.
- 13- De Oliveira B.P., Câmara A.C., Duarte D.A., Gomes A.S.L., Heck R.J. Antonino A.C.D, Aguiar CM. Detection of Apical Root Cracks Using Spectral Domain and Swept-source Optical Coherence Tomography. *J Endod.* 2017; 43(7):1148-1151.
- 14- Maroulakos, G., He, J., & Nagy, WW. A interface adesiva pós-endodôntica: perspectivas teóricas e possíveis falhas. *J Endod.* 2018; 44 (3), 363-371. doi: 10.1016 / j.joen.2017.11.007
- 15- Prado MC, Carvalho NK, Vitti RP et al. Bond strength of experimental root canal sealers based on MTA and butyl ethylene glycol disalicylate. *Braz Dent J.* 2018; 29: 195–201.
- 16- Kebudi Benezra, M., Schembri Wismayer, P., & Camilleri, Interfacial characteristics and cytocompatibility of hydraulic sealer cements. *J Endod.* 2018; 44 (6), 1007–1017.
- 17- Fernandes Zancan R, Hadis M, Burgess D, et al. A matched irrigation and obturation strategy for root canal therapy. *Sci Rep.* 2021;11(1):4666.
- 18- Zordan-Bronzel, C. L., Esteves Torres, F. F., Tanomaru-Filho, M., Chávez-Andrade, G. M., Bosso-Martelo, R., & Guerreiro-Tanomaru, J. M. Evaluation of Physicochemical Properties of a New Calcium Silicate-based Sealer, Bio-C Sealer. *J Endod.* 2019; 45 (10), 1248-1252.
- 19- Colombo, M., Poggio, C., Dagna, A. et al. Biological and physico-chemical properties of new root canal sealers. *J Clin Exp Dent.* 2018; 10: e120- e126
- 20- Estrela C, Estrada-Bernabe PF, de Almeida-Decurcio D, Almeida-Silva J, Rodrigues-Araujo-Estrela C, Poli-Figueiredo JA. Microbial leakage of MTA, Portland cement. Sealapex and zinc oxide-eugenol as root-end filling materials. *Medicina Oral Patologia Oral y Cirugia Bucal* 2011; 16(3):e418-24. doi: 10.4317/medoral.16.e418. PMID: 21196833.

- 21- Toker SA, 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): 294–298.
- 22- Muedra P, Forner L, Lozano A, Sanz JL, Rodríguez-Lozano FJ, Guerrero-Gironés J, Riccitiello F, Spagnuolo G, Llena C. Could the Calcium Silicate-Based Sealer Presentation Form Influence Dentinal Sealing? An In Vitro Confocal Laser Study on Tubular Penetration. *Materials Basel*. 2021; 14(3):659
- 23- Bel Haj Salah K, Jaâfoura S, Tlili M, Ben Ameer M, Sahtout S. Outcome of Root Canal Treatment of Necrotic Teeth with Apical Periodontitis Filled with a Bioceramic-Based Sealer. *Int J Dent*. 2021; 2021:8816628.
- 24- Pereira TC, Dijkstra RJB, Petridis X, et al. Chemical and mechanical influence of root canal irrigation on biofilm removal from lateral morphological features of simulated root canals, dentine discs and dentinal tubules. *Int Endod J*. 2021;54(1):112-129.
- 25- Colombo, M., Poggio, C., Dagna, A. et al. Biological and physico-chemical properties of new root canal sealers. *J Clin Exp Dent*. 2018; 10: e120- e126
- 26- Ding, J., Liu, W., Sadr, A., He, Y., Ebihara, A., & Li, Y. Detection of Simulated Periradicular Lesions in Porcine Bone by Optical Coherence Tomography. *J Endod*. 2019; 45 (8): 1024-1029
- 27- Won J, Huang PC, Spillman DR, Chaney EJ, Adam R, Klukowska M, Barkalifa R, Boppart SA. Handheld optical coherence tomography for clinical assessment of dental plaque and gingiva. *J Biomed Opt*. 2020; 25(11):116011.
- 28- Bakhsh TA, Sadr A, Shimada Y, et al. Noninvasive quantification of resin-dentin interfacial gaps using optical coherence tomography: validation against confocal microscopy. *Dent Mater*. 2011; 27:915–25

ANEXO A - PARECER DO COMITÊ DE ÉTICA EM PESQUISA Nº 3.824.474



PARECER CONSUBSTANCIADO DO CEP

DADOS DO PROJETO DE PESQUISA

Título da Pesquisa: ANÁLISE POR TOMOGRAFIA DE COERÊNCIA ÓPTICA DO SELAMENTO MARGINAL APICAL DOS CIMENTOS BIO-C SEALER, BIOROOT E MTA-FILLAPEX.

Pesquisador: Ricardo da Silva Dias

Área Temática:

Versão: 1

CAAE: 25980719.5.0000.5208

Instituição Proponente: CENTRO DE CIÊNCIAS DA SAÚDE

Patrocinador Principal: Financiamento Próprio

DADOS DO PARECER

Número do Parecer: 3.824.474

Apresentação do Projeto:

Trata-se de projeto de pesquisa do mestrando em Odontologia – área de concentração em Clínica Integrada Ricardo da Silva Dias, sob a orientação da profa. Dra Andrea Cruz Camara. O estudo será laboratorial, experimental in vitro, utilizando 80 dentes humanos doados pelo Banco de Dentes Humanos da UFPE. A pesquisa será realizada no laboratório do Curso de Pós-Graduação em Odontologia do Departamento de Prótese Buco-Facial do Centro de Ciências e Saúde da UFPE. Serão realizadas tomadas radiográficas, a fim de verificar a existência de reabsorções internas e/ou atresias dos canais dos espécimes selecionados na etapa clínica. Cada espécime será enumerada para identificação em tubos de polipropileno tipo Eppendorf, volume 1,5 ml e mantida sob-hidratação de água destilada para as etapas seguintes da pesquisa. Depois serão preparadas e após todas as etapas de instrumentação e obturação, os espécimes serão armazenados durante 30 dias em estufa biológica à 37°C pré-exame de OCT. Após 10 dias passados da obturação, as amostras serão escaneadas pelo sistema de domínio espectral OCT (SD-OCT) no Departamento de Física da Universidade Federal de Pernambuco, que gerará imagens para avaliação do selamento marginal dos cimentos obturadores. As imagens geradas por OCT serão cegamente avaliadas por três examinadores, especialistas em endodontia, para examinar a qualidade do selamento marginal dos três grupos de cimento. Tomando em consideração que o processo de microinfiltração pode ocorrer em um espaço de tamanho de cerca de 20 µm (47) serão

Endereço: Av. da Engenharia s/nº - 1º andar, sala 4, Prédio do Centro de Ciências da Saúde
 Bairro: Cidade Universitária CEP: 50.740-600
 UF: PE Município: RECIFE
 Telefone: (81)2126-8588 E-mail: cepocs@ufpe.br



Continuação do Parecer: 3.824.474

considerados como seladores deficientes os que apresentarem espaços maiores que 20 µm. Os dados serão analisados estatisticamente com margem de erro de 5% e intervalo de nível de confiança de 95%. Após o término dos experimentos, os dentes serão devolvidos ao Banco de Dentes Humanos do Departamento de Prótese Buco-Facial da Universidade Federal de Pernambuco.

Objetivo da Pesquisa:

OBJETIVOS GERAIS

Avaliar o selamento marginal apical dos cimentos biocerâmicos utilizados na obturação do canal radicular nos dois milímetros apicais, por meio de tomografia de coerência óptica.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Avaliar o selamento tridimensional do cimento biocerâmico Bio-C;
- Examinar o vedamento proporcionado do cimento BioRoot;
- Averiguar a capacidade de selar do cimento MTA FillApex;
- Comparar os três produtos através das imagens obtidas por tomografia de coerência óptica; e
- Apontar a qualidade de selamento dos cimentos biocerâmicos através de exames por OCT.

Avaliação dos Riscos e Benefícios:

Os riscos e os benefícios foram apresentados de forma adequada.

Comentários e Considerações sobre a Pesquisa:

O projeto possui relevância, pois contribuirá para uma melhor escolha do tipo de cimento a ser utilizado nos pacientes, posto que será pesquisada a capacidade seladora em várias marcas vendidas e utilizadas no Brasil. A pesquisa apresenta os critérios de inclusão e exclusão de forma adequada, bem como o cronograma e orçamento.

Considerações sobre os Termos de apresentação obrigatória:

Foram apresentados:

- 1) FOLHA DE ROSTO preenchida, assinada e carimbada nos campos de Pesquisador Responsável e Instituição Proponente;
- 2) CARTA DE ANUÊNCIA timbrada, assinada e carimbada, com referência à Resolução 466/12;
- 3) Documento de justificativa de não utilização de TCLE;
- 4) CURRÍCULO LATTES de todos os pesquisadores da referida pesquisa;

Endereço: Av. da Engenharia s/nº - 1º andar, sala 4, Prédio do Centro de Ciências da Saúde
 Bairro: Cidade Universitária CEP: 50.740-600
 UF: PE Município: RECIFE
 Telefone: (81)2126-8588 E-mail: cepocs@ufpe.br



Continuação do Parecer: 3.824.474

- 5) PROJETO DETALHADO (conforme as normas da ABNT);
- 6) TERMO DE CONFIDENCIALIDADE (assinado);
- 7) DECLARAÇÃO DO BANCO DE DENTES do Depto de Prótese e Cirurgia Buco Facial da UFPE;
- 8) DECLARAÇÃO de vínculo do pesquisador responsável.

Conclusões ou Pendências e Lista de Inadequações:

Não há pendências ou inadequações.

Considerações Finais a critério do CEP:

O Protocolo foi avaliado na reunião do CEP e está APROVADO para iniciar a coleta de dados. Informamos que a APROVAÇÃO DEFINITIVA do projeto só será dada após o envio da Notificação com o Relatório Final da pesquisa. O pesquisador deverá fazer o download do modelo de Relatório Final para enviá-lo via "Notificação", pela Plataforma Brasil. Siga as instruções do link "Para enviar Relatório Final", disponível no site do CEP/UFPE. Após apreciação desse relatório, o CEP emitirá novo Parecer Consubstanciado definitivo pelo sistema Plataforma Brasil.

Informamos, ainda, que o (a) pesquisador (a) deve desenvolver a pesquisa conforme delineada neste protocolo aprovado, exceto quando perceber risco ou dano não previsto ao voluntário participante (item V.3. da Resolução CNS/MS Nº 466/12).

Eventuais modificações nesta pesquisa devem ser solicitadas através de EMENDA ao projeto, identificando a parte do protocolo a ser modificada e suas justificativas.

Para projetos com mais de um ano de execução, é obrigatório que o pesquisador responsável pelo Protocolo de Pesquisa apresente a este Comitê de Ética, relatórios parciais das atividades desenvolvidas no período de 12 meses a contar da data de sua aprovação (item X.1.3.b., da Resolução CNS/MS Nº 466/12).

O CEP/UFPE deve ser informado de todos os efeitos adversos ou fatos relevantes que alterem o curso normal do estudo (item V.5. da Resolução CNS/MS Nº 466/12). É papel do/a pesquisador/a assegurar todas as medidas imediatas e adequadas frente a evento adverso grave ocorrido (mesmo que tenha sido em outro centro) e ainda, enviar notificação à ANVISA – Agência Nacional de Vigilância Sanitária, junto com seu posicionamento.

Este parecer foi elaborado baseado nos documentos abaixo relacionados:

Tipo Documento	Arquivo	Postagem	Autor	Situação
----------------	---------	----------	-------	----------

Endereço: Av. da Engenharia s/nº - 1º andar, sala 4, Prédio do Centro de Ciências da Saúde
 Bairro: Cidade Universitária CEP: 50.740-600
 UF: PE Município: RECIFE
 Telefone: (81)2126-8588 E-mail: cepocs@ufpe.br



Continuação do Parecer: 3.824.474

Informações Básicas do Projeto	PB_INFORMACOES_BASICAS_DO_PROJETO_1464922.pdf	21/11/2019 19:54:09		Aceito
Projeto Detalhado / Brochura Investigador	Projeto.pdf	21/11/2019 19:46:43	Ricardo da Silva Dias	Aceito
Outros	CartaAnuencia.pdf	21/11/2019 19:33:32	Ricardo da Silva Dias	Aceito
Declaração de Pesquisadores	termoConfidencialidade.pdf	21/11/2019 19:32:41	Ricardo da Silva Dias	Aceito
Declaração de Instituição e Infraestrutura	vinculoUFPE.pdf	21/11/2019 19:32:23	Ricardo da Silva Dias	Aceito
Folha de Rosto	FolhaRosto.pdf	21/11/2019 19:32:06	Ricardo da Silva Dias	Aceito
Outros	CurriculoAndersonStevensLeonidasGomes.pdf	21/11/2019 10:18:39	Ricardo da Silva Dias	Aceito
Outros	CurriculoAndreaCruzCamara.pdf	21/11/2019 10:18:23	Ricardo da Silva Dias	Aceito
Outros	CurriculosLattesRicardodaSilvaDias.pdf	21/11/2019 10:16:37	Ricardo da Silva Dias	Aceito
Declaração de Manuseio Material Biológico / Biorepositório / Biobanco	declaracao_banco_de_dentes.pdf	15/11/2019 10:55:16	Ricardo da Silva Dias	Aceito
TCLE / Termos de Assentimento / Justificativa de Ausência	justificativa_para_nao_aplicacao_TCLE.pdf	15/11/2019 10:53:59	Ricardo da Silva Dias	Aceito

Situação do Parecer:

Aprovado

Necessita Apreciação da CONEP:

Não

RECIFE, 06 de Fevereiro de 2020

Assinado por:
Gisele Cristina Sena da Silva Pinho
(Coordenador(a))

Endereço: Av. da Engenharia s/nº - 1º andar, sala 4, Prédio do Centro de Ciências da Saúde
 Bairro: Cidade Universitária CEP: 50.740-600
 UF: PE Município: RECIFE
 Telefone: (81)2126-8588 E-mail: cepocs@ufpe.br

ANEXO B – NORMAS JOURNAL OF ENDODONTICS



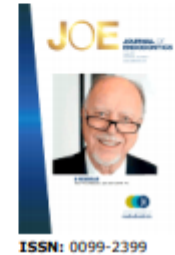
JOURNAL OF ENDODONTICS

Official journal of the [American Association of Endodontists](#)

AUTHOR INFORMATION PACK

TABLE OF CONTENTS

• Description	p.1
• Impact Factor	p.1
• Abstracting and Indexing	p.1
• Editorial Board	p.2
• Guide for Authors	p.3



DESCRIPTION

The *Journal of Endodontics*, the official journal of the [American Association of Endodontists](#), publishes scientific articles, case reports and comparison studies evaluating materials and methods of **pulp conservation** and **endodontic treatment**. Endodontists and general dentists can learn about new concepts in **root canal treatment** and the latest advances in techniques and instrumentation in the one journal that helps them keep pace with rapid changes in this field.

The *Journal of Endodontics* is ranked 13th out of 91 journals in the Dentistry, Oral Surgery & Medicine category on the 2018 Journal Citation Reports®, published by Thomson Reuters, and has an Impact Factor of 2.886 - making it one of the essential publications for dental specialists.

Benefits to authors

We also provide many author benefits, such as free PDFs, a liberal copyright policy, special discounts on Elsevier publications and much more. Please click here for more information on our [author services](#).

Please see our [Guide for Authors](#) for information on article submission. If you require any further information or help, please visit our [Support Center](#)

IMPACT FACTOR

2019: 3.118 © Clarivate Analytics Journal Citation Reports 2020

ABSTRACTING AND INDEXING

Current Contents - Clinical Medicine
 Science Citation Index
 Web of Science
 Research Alert
 Biomedical Engineering Citation Index
 BIOMED
 Index to Dental Literature
 PubMed/Medline
 ISI Alerting Services

GUIDE FOR AUTHORS

INTRODUCTION

The *Journal of Endodontics* is owned by the American Association of Endodontists. Submitted manuscripts must pertain to endodontics and may be original research (eg, clinical trials, basic science related to the biological aspects of endodontics, basic science related to endodontic techniques, case reports, or review articles related to the scientific or applied aspects of endodontics). Clinical studies using CONSORT methods (<http://www.consort-statement.org/consort-statement/>) or systematic reviews using meta-analyses are particularly encouraged. Authors of potential review articles are encouraged to first contact the Editor during their preliminary development via e-mail at JEndodontics@UTHSCSA.edu. Manuscripts submitted for publication must be submitted solely to JOE. They must not be submitted for consideration elsewhere or be published elsewhere.

Disclaimer

The statements, opinions, and advertisements in the *Journal of Endodontics* are solely those of the individual authors, contributors, editors, or advertisers, as indicated. Those statements, opinions, and advertisements do not affect any endorsement by the American Association of Endodontists or its agents, authors, contributors, editors, or advertisers, or the publisher. Unless otherwise specified, the American Association of Endodontists and the publisher disclaim any and all responsibility or liability for such material.

Submission checklist

You can use this list to carry out a final check of your submission before you send it to the journal for review. Please check the relevant section in this Guide for Authors for more details.

Ensure that the following items are present:

One author has been designated as the corresponding author with contact details:

- E-mail address
- Full postal address

All necessary files have been uploaded:

Manuscript:

- Include keywords
- All figures (include relevant captions)
- All tables (including titles, description, footnotes)
- Ensure all figure and table citations in the text match the files provided
- Indicate clearly if color should be used for any figures in print

Graphical Abstracts / Highlights files (where applicable)

Supplemental files (where applicable)

Further considerations

- Manuscript has been 'spell checked' and 'grammar checked'
- All references mentioned in the Reference List are cited in the text, and vice versa
- Permission has been obtained for use of copyrighted material from other sources (including the Internet)
- A competing interests statement is provided, even if the authors have no competing interests to declare
- Journal policies detailed in this guide have been reviewed
- Referee suggestions and contact details provided, based on journal requirements

Other Article Types and Guidelines

Manuscripts submitted to *JOE* that are not Original Articles must fall into one of the following categories. Abstract limit: 250 words. Note that word limits, listed by type, do not include figure legends or References. If you are not sure whether your manuscript falls within one of the categories listed or if you would like to request pre-approval to submit additional figures, contact the Editor at JEndodontics@uthscsa.edu.

CONSORT Randomized Clinical Trial

Must strictly adhere to the Consolidated Standards of Reporting Trials—CONSORT—minimum guidelines for publication of randomized clinical trials (<http://www.consort-statement.org>). Word limit: 3500. Headings: Abstract, Introduction, Materials and Methods, Results, Discussion, Acknowledgments. Maximum number of figures: 4. Maximum number of tables: 4.

Review Article

Either narrative articles or systemic reviews/meta-analyses. Case Report/Clinical Techniques articles, even when they include an extensive review of the literature, are categorized as Case Report/Clinical Techniques. Word limit: 3500. Headings: Abstract, Introduction, Discussion, Acknowledgments. Maximum number of figures: 4. Maximum number of tables: 4.

Clinical Research

Prospective or retrospective studies of patients or patient records, research on biopsies excluding the use of human teeth for technique studies. Word limit: 3500. Headings: Abstract, Introduction, Materials and Methods, Results, Discussion, Acknowledgments. Maximum number of figures: 4. Maximum number of tables: 4.

Basic Research—Biology

Animal or culture studies of biological research on physiology, development, stem cell differentiation, inflammation, or pathology. Primary focus is on biology. Word limit: 2500. Headings: Abstract, Introduction, Materials and Methods, Results, Discussion, Acknowledgments. Maximum number of figures: 4. Maximum number of tables: 4.

Basic Research—Technology

Focus primarily on research related to techniques and materials used, or on potential clinical use, in endodontics. Word limit: 2500. Headings: Abstract, Introduction, Material and Methods, Results, Discussion, Acknowledgments. Maximum number of figures: 3. Maximum number of tables: 3.