

FACULDADE DE SETE LAGOAS – FACSET

Claiton Ferreira Felizardo Junior

**CIMENTOS BIOCERÂMICOS:
REVISÃO BIBLIOMÉTRICA E DE LITERATURA**

Sete Lagoas

2020

Claiton Ferreira Felizardo Junior

**CIMENTOS BIOCERÂMICOS:
REVISÃO BIBLIOMÉTRICA E DE LITERATURA**

Monografia apresentada ao Programa de pós-graduação em Odontologia da Faculdade Sete Lagoas – FACSET, como requisito parcial à obtenção do título de especialista em Endodontia.

Orientador: Prof. Dr. Guilherme Ferreira da Silva

Sete Lagoas

2020

Claiton Ferreira Felizardo Junior.
Cimentos Biocerâmicos: Revisão Bibliométrica e da
Literatura / Claiton Ferreira Felizardo Junior – 2021.
x f.: il.; 30 cm.

Orientador: Guilherme Ferreira da Silva
Monografia Faculdade Sete Lagoas.
Sete Lagoas, 2021. Inclui bibliografia.

1. Endodontia. 2. Cimentos dentários. I. Título.

Monografia intitulada: “**Cimentos Biocerâmicos: Revisão Bibliométrica e da Literatura**” de autoria do aluno **Claiton Ferreira Felizardo Junior**.

Aprovada em: ____/ ____/ 2021 pela banca constituída dos seguintes professores:

Prof. Dr.

Profa. Dra.

Prof. Dr.

Dedico este trabalho à minha família.

AGRADECIMENTOS

Agradeço ao meu orientador Prof. Dr. Guilherme Ferreira da Silva, pela sabedoria com que me guiou nesta trajetória.

Aos meus colegas de sala.

A Secretaria do Curso, pela cooperação.

Aos meus pais Claiton e Sueli e tia Venus Mara pelo amor, compreensão, incentivo e constante apoio em todos os momentos.

Aos meus irmãos, Klissia, Kleber, Katia, Karin e Christopher pelo amor e carinho.

Em especial, à minha esposa Carleni e aos meus filhos, Beatriz e Rodolfo, pelo amor e a valiosa presença e paciência de todos os dias, que foram de fundamental importância para que este trabalho pudesse ser concluído.

Enfim, a todos os que por algum motivo contribuíram para a realização desta pesquisa.

NÃO HÁ FATOS ETERNOS, COMO NÃO HÁ VERDADES ABSOLUTAS." (NIETZSCHE)

SUMÁRIO

- 1 INTRODUÇÃO**
- 2 METODOLOGIA**
- 3 REVISÃO BIBLIOMÉTRICA**
- 4 REVISÃO DE LITERATURA**
 - 4.1 Classificação dos Cimentos Endodônticos
 - 4.2 Biocerâmicos
 - 4.2.1 Mecanismo de ação dos biocerâmicos
- 5 PROPRIEDADES DOS MATERIAIS BIOCERÂMICOS E DISCUSSÃO**
- 6 CONCLUSÃO**
- 7 REFERÊNCIAS**

LISTA DE FIGURAS

- FIGURA 1** Produção científica anual
- FIGURA 2** Principais pesquisadores ao longo dos anos
- FIGURA 3** Produções sobre endodontia ao redor do mundo
- FIGURA 4** Afiliações dos principais pesquisadores em endodontia no mundo

RESUMO

O objetivo deste estudo é mostrar através de uma revisão de literatura o uso dos cimentos biocerâmicos em tratamentos endodônticos, levando em consideração suas propriedades biológicas e físico-químicas. Para atingir este objetivo, foi realizada tanto uma análise bibliométrica como uma revisão de literatura. Inicialmente, para identificar as evidências existentes relacionadas à cimentos biocerâmicos foi feita uma busca na base de dados *PubMed*, entre 2008 e 2020. Ao total, 142 trabalhos foram encontrados e através destes trabalhos foram mapeados os principais autores, tipos e locais de publicações. Na sequência, uma revisão de literatura foi conduzida e os resultados indicam que os cimentos biocerâmicos apresentam pH alcalino, atividade antimicrobiana, excelente escoamento, fluidez, adesão e biocompatibilidade. Possuem capacidade de formar hidroxiapatita durante o processo de presa, o que gera influência na adesão entre a dentina e o material obturador. Por outro lado, a radiopacidade é significativamente menor, devido à presença de um único radiopacificador, além de apresentarem difícil remoção dos canais radiculares recorrendo a técnicas convencionais de retratamento.

PALAVRAS-CHAVE: Endodontia; Cimentos dentários; Obturação do canal radicular; Odontologia; Materiais biocompatíveis.

ABSTRACT

The aim of this study is to show through a literature review the use of bioceramic cements in endodontic treatments, taking into account their biological and physical-chemical properties. To achieve this objective, both a bibliometric analysis and a literature review were carried out. Initially, to identify the existing evidence related to bioceramic cements, a search was made in the PubMed database, between 2008 and 2020. In total, 142 works were found and through these works the main authors, types and places of publications were mapped. Subsequently, a literature review was conducted and the results indicate that bioceramic cements have alkaline pH, antimicrobial activity, excellent flow, fluidity, adhesion and biocompatibility. They have the capacity to form hydroxyapatite during the setting process, which influences the adhesion between the dentin and the filling material. On the other hand, radiopacity is significantly lower, due to the presence of a single radiopacifier, in addition to presenting difficult root canal removal using conventional retreatment techniques.

KEYWORDS: Endodontics; Dental cements; Root canal filling; Dentistry. Biocompatible materials.

1. INTRODUÇÃO

A etapa final do tratamento endodôntico consiste na obturação dos canais radiculares, onde se pretende um preenchimento tridimensional e compacto, oferecendo condições de regeneração aos tecidos perirradiculares¹.

O objetivo da obturação é criar um selamento completo ao longo do canal radicular, desde a abertura coronal até à terminação apical. A maior causa de fracassos endodônticos a longo prazo está associada a falhas na obturação, sendo de extrema importância a realização de controles para avaliar a resposta ao tratamento².

A escolha do cimento obturador é uma etapa crítica durante a fase de obturação dos canais radiculares, sendo o conhecimento de suas características biológicas, físico-química e antimicrobiana de fundamental importância³.

Segundo Grossman (1958)⁴, o cimento endodôntico ideal deve ser homogêneo quando manipulado, a fim de promover boa adesividade às paredes do canal radicular; promover selamento hermético; ser radiopaco; não sofrer contração após a presa; não manchar a estrutura dentária; promover controle microbiano; tomar presa lentamente; ser insolúvel aos fluidos bucais; ser solúvel aos solventes comuns caso seja necessária a remoção da obturação do canal radicular e ser bem tolerado pelos tecidos.

Ao longo dos anos a Endodontia tem evoluído, e cada vez mais se aprimorando quanto aos materiais e suas propriedades, no que diz respeito à obturação de canais radiculares. Recentemente foram introduzidos os materiais biocerâmicos como material de obturação do canal radicular, usado na retrobturação e como cimento reparador^{5, 6}.

Os biocerâmicos são o resultado da combinação entre o silicato de cálcio, o fosfato de cálcio monobásico, hidróxido de cálcio, óxido de zircônio e óxido de tântalo como um radiopacificador^{5, 7}. Estes materiais apresentam pH alcalino, atividade antibacteriana, radiopacidade e biocompatibilidade⁸.

De acordo com o tipo de biocerâmica utilizada e a sua interação com o tecido vivo circundante, eles podem ser considerados "bioinertes" ou "bioativos", sendo que os últimos são assim denominados por incentivarem o crescimento do tecido hospedeiro⁸.

Tendo em vista que os biocerâmicos é uma nova alternativa lançada no mercado, que apresenta características excelentes, torna-se de grande importância que o profissional conheça os materiais empregados no tratamento endodôntico, principalmente conhecer suas propriedades para que a partir daí utilize-os de forma adequada, empregando-os conforme a sua necessidade.

Sendo assim, o objetivo deste estudo é mostrar através de uma revisão bibliométrica e de literatura o uso dos cimentos biocerâmicos em tratamentos endodônticos, levando em consideração suas propriedades biológicas e físico-químicas.

O restante do trabalho está organizado da seguinte forma. Na Seção 2 o procedimento metodológico é brevemente descrito. Na Seção 3 são detalhados os procedimentos adotados para a identificação, seleção e extração dos dados de interesse para a realização da revisão bibliométrica sobre uso dos cimentos biocerâmicos em tratamentos endodônticos. Na Seção 4 é apresentada uma revisão de literatura abordando um histórico dos cimentos endodônticos e suas classificações, destacando os cimentos biocerâmicos. Na Seção 5 as propriedades biológicas e físico-químicas dos cimentos biocerâmicos são comparadas entre si. Finalmente, na Seção 6 são descritas as conclusões.

2. METODOLOGIA

Trata-se de um estudo do tipo descritivo que será realizado através de uma análise bibliométrica e uma revisão de literatura sobre o uso dos cimentos biocerâmicos em tratamentos endodônticos.

Para a elaboração da revisão bibliométrica foi conduzida uma busca sistemática exploratória na base de dados *PubMed*, utilizando a seguinte *string* de busca: “*bioceramic materials in endodontics*”. Para coleta, filtragem, sumarização e análise dos dados foi utilizado o *Biblioshiny* (<https://bibliometrix.org/Biblioshiny.html>), um aplicativo que fornece uma interface da web para o *Bibliometrix*. O pacote *Bibliometrix* (<https://www.bibliometrix.org/>) é uma ferramenta R que fornece um conjunto de ferramentas para pesquisa quantitativa em bibliometria, ou seja, permite análises quantitativas sobre publicações e suas contagens de citações. A pesquisa

resultou em um total de 142 títulos, sendo que todos foram considerados para a análise bibliométrica.

Para a revisão de literatura foi adotado como critério de seleção do material, todos os artigos originais de estudos comparativos, revisões sistemáticas, relatos de caso e estudos avaliativos.

3. REVISÃO BIBLIOMÉTRICA

Visando identificar o estado da arte atual do uso dos cimentos biocerâmicos em tratamentos endodônticos, uma Questão de Pesquisa (QP) foi considerada, descrita a seguir:

QP1 – Quem são os pesquisadores que investigam cimentos biocerâmicos em tratamentos endodônticos?

Com esta pergunta, é investigado quem são os pesquisadores que publicaram sobre cimentos biocerâmicos em tratamentos endodônticos. Também são investigados quantos artigos foram publicados, a evolução das contribuições ao longo dos anos e tipos de locais (ou seja, periódicos e conferências) onde esses autores publicaram suas pesquisas.

Para oferecer uma visão geral dos esforços sobre o uso dos cimentos biocerâmicos em tratamentos endodônticos, os 142 estudos foram distribuídos ao longo dos anos, conforme mostrado na Figura 1.

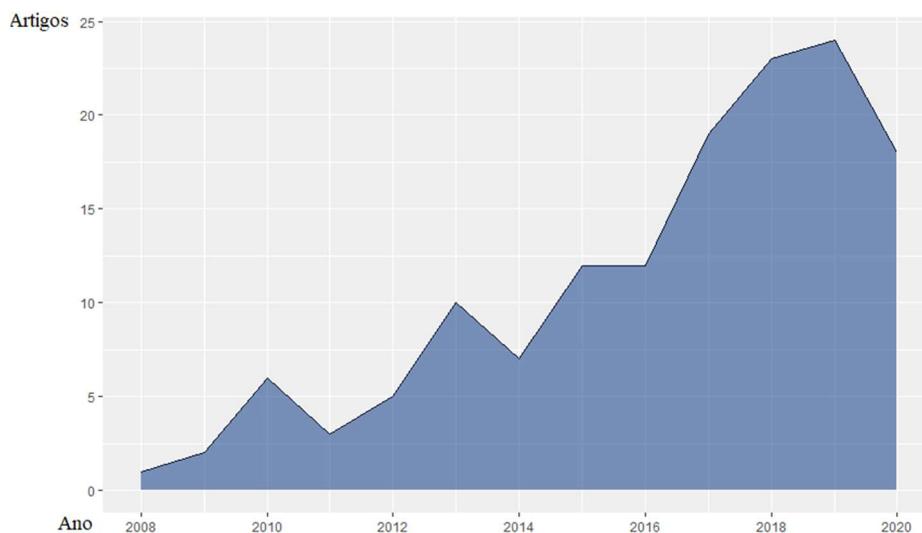


Figura 1: Produção científica anual

Como sugerido na Figura 1 o surgimento de cimentos biocerâmicos em tratamentos endodônticos é datado de 2008 (1 estudo). Observa-se um aumento no número de publicações a partir de 2013 (10 estudos), sendo, portanto, um tema de pesquisa de interesse recente. De 2018 até hoje, pelo menos 20 estudos por ano foram publicados. 2019 concentra o maior número de publicações (24 estudos) sobre o assunto.

Com relação ao tipo de publicação, dos 142 trabalhos, 3 são relatos de caso, 23 são estudos comparativos, 4 são estudos avaliativos, 111 são artigos de revistas e 1 é revisão de literatura. Observando o local de publicação é possível afirmar que o *Journal of Endodontics*, *Journal of Conservative Dentistry (JCD)* e *Clinical Oral Investigations* são as principais revistas escolhidas pelos pesquisadores para publicarem suas pesquisas sobre endodontia. Pesquisadores também têm escolhido revistas brasileiras, como a *Brazilian Oral Research* e a *Brazilian Dental Journal*, como veículos de suas publicações.

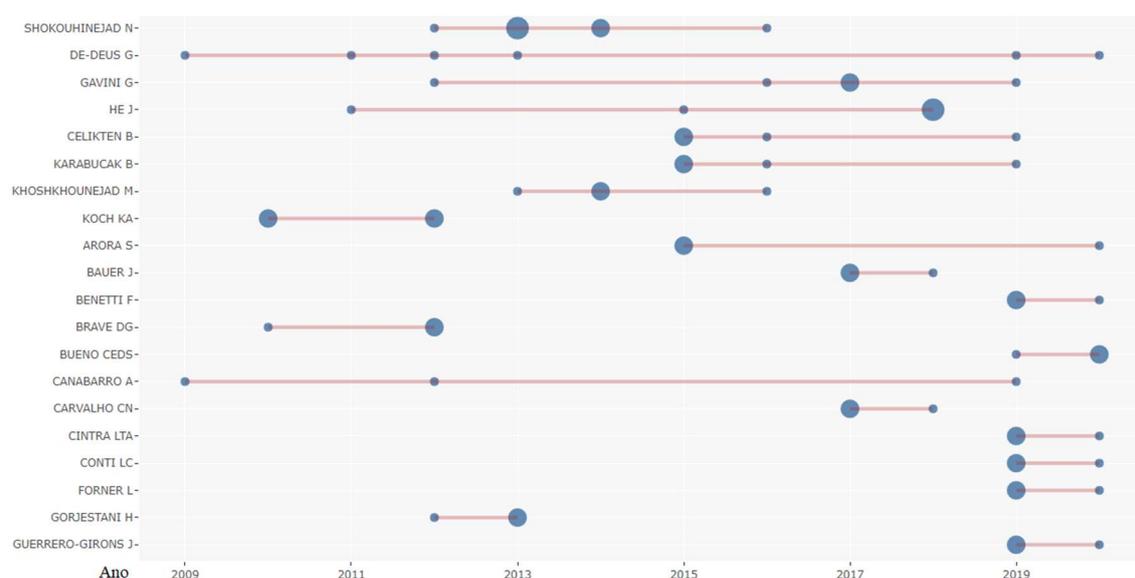


Figura 2: Principais pesquisadores ao longo dos anos

Ao analisar os pesquisadores referências em endodontia no mundo, percebe-se a presença de pesquisadores brasileiros, destacando-se o Dr. Gustavo de Deus (segundo colocado na classificação da Figura 2) e o Dr. Luciano Cintra. Dr. de Deus é professor Associado da Universidade Federal Fluminense (UFF) e publicou mais de 160 trabalhos internacionais, sendo 90 em revistas Qualis A. Considerando o Google Acadêmico, Dr. de Deus possui 7.254

citações, produzindo um fator *H* igual a 56 e *índice i10* igual a 123. Dr. Cintra é professor associado da disciplina de Endodontia da Faculdade de Odontologia de Araçatuba (FOA—Unesp). Estudos das propriedades físicas e biológicas dos materiais empregados em endodontia é um dos temas de interesse de pesquisas do Dr. Cintra.

A Figura 3 mostra a distribuição geográfica dos pesquisadores no mundo. A cor representa a presença de uma ou mais pesquisadores na temática de endodontia. A cor é proporcional ao número de pesquisadoras residentes no país, assim quanto mais pesquisadores, mais escuro o país é colorido. Embora haja uma dispersão de pesquisadores ao redor do mundo, incluindo países europeus, há uma concentração de pesquisadores no Brasil. Por exemplo, pesquisadores brasileiros de renome são o Prof. Dr. José Freitas Siqueira Júnior, principal nome da odontologia brasileira no mundo segundo a lista da *Plos Biology* (www.sbendo.com.br), e o Dr. Marco Húngaro Duarte, Professor Titular e Chefe do departamento de Dentística, Endodontia e Materiais Odontológicos da Faculdade de Odontologia de Bauru, Universidade de São Paulo.

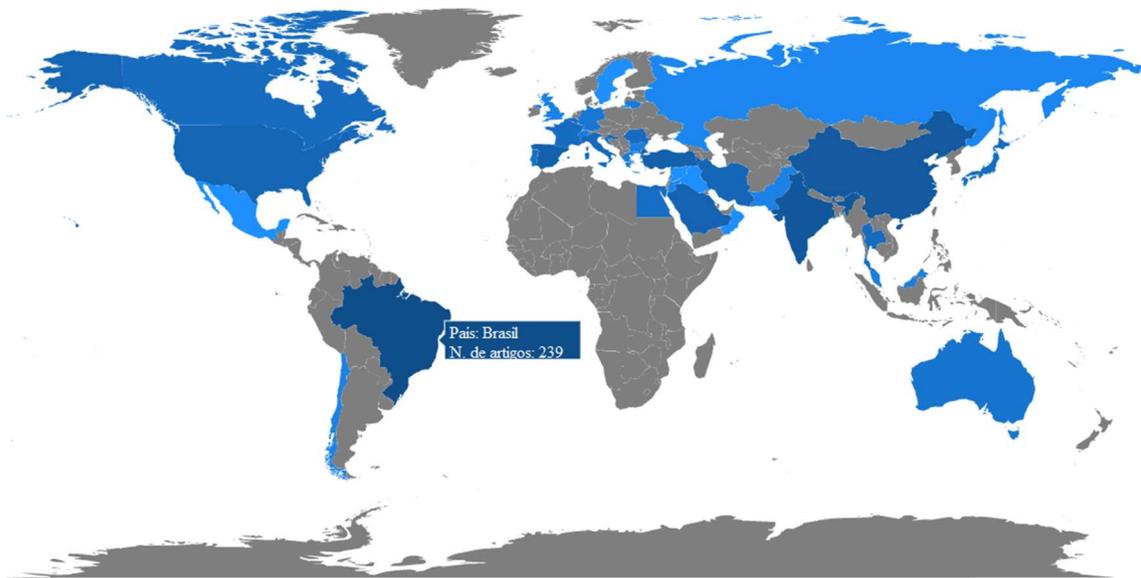


Figura 3: Produções sobre endodontia ao redor do mundo

A Figura 4 ilustra a participação das universidades, centros de pesquisa e instituições que vêm se destacando em citações sobre endodontia. Mais uma vez, universidades brasileiras, como UNESP, USP, UFRGS e UPE, estão entre

as principais universidades do mundo. Vale destacar que, entre as 20 melhores, 4 são brasileiras (20%).

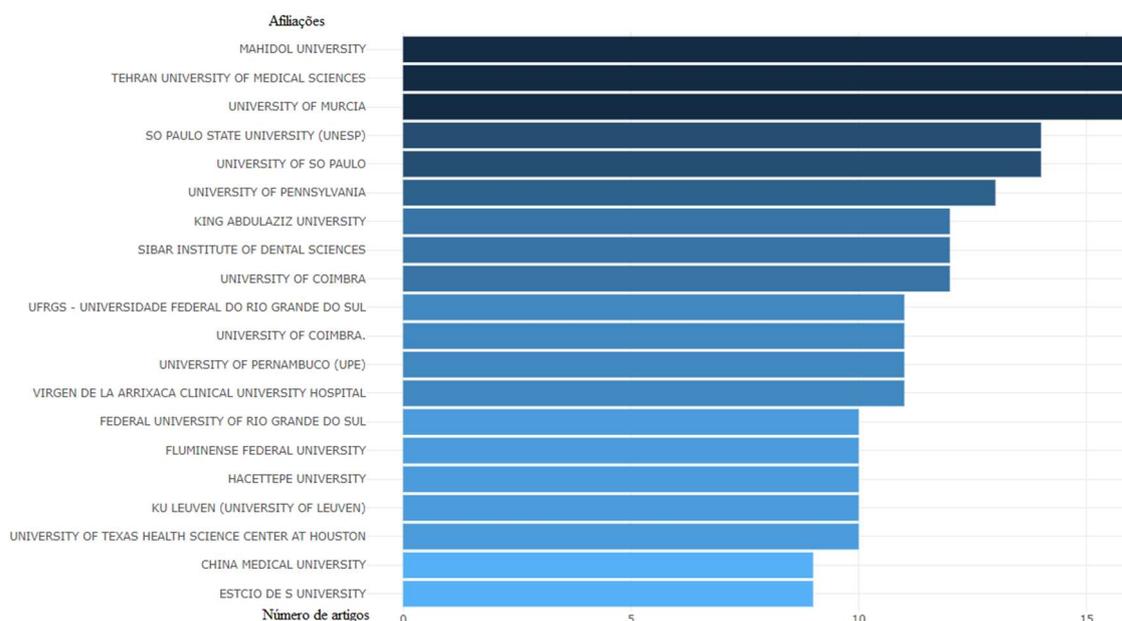


Figura 4: Afiliações dos principais pesquisadores em endodontia no mundo

Na próxima seção estão descritos os trabalhos da literatura que abordam a temática do uso de cimentos endodônticos, suas classificações, em especial os cimentos biocerâmicos, bem como suas propriedades.

4. REVISÃO DE LITERATURA

4.1 CLASSIFICAÇÃO DOS CIMENTOS ENDODÔNTICOS

Ao longo dos anos, diversos cimentos obturadores têm sido fabricados e, independentemente da sua composição química, todos devem preencher os requisitos estabelecidos pela ISO⁹ ou pela ANSI/ADA¹⁰.

Os variados cimentos endodônticos disponíveis no mercado podem ser classificados de acordo com a sua composição química: cimentos a base de óxido de zinco e eugenol (Fillcanal/Technew; Endofill/Dentsply; Intrafill/S.S.White), cimentos contendo hidróxido de cálcio (Sealapex/Kerr; Sealer 26/Dentsply; Apexit/Vivadent; CRCS/Higienic), a base de ionômero de vidro (Ketac-Endo/3M/ESPE), a base de silicato de cálcio (MTA, MTA Fillapex/Angelus; Endo-C.P.M.-Sealer/EGEO-S.R.L; ProRood Endo Sealer/Dentsply), a base de resina metacrilato, a base de resina epóxi (AH-26;

AH Plus/ Dentsply; Sealer Plus (MKLife) e biocerâmicos (Bio-C Sealer/ Angelus; EndoSequence BC Sealer/ Brasseler, Savannah, EUA, também conhecido como iRoot SP/ Innovative Bioceramix, Vancouver, Canadá).

Os mais antigos são os cimentos à base de óxido de zinco e eugenol, amplamente difundidos e usados. Estes cimentos apresentam baixa resistência a compressão e alta solubilidade e, ainda, pouca adesão a dentina¹¹.

Com os avanços na tecnologia adesiva surgiram os cimentos resinosos à base de resina epóxica, como o AH Plus®, uma versão modificada do cimento AH-26 (Dentsply, Maillefer), com o objetivo de aumentar o selamento entre as paredes do canal e o material obturador¹². O AH Plus® é formado da mistura de uma pasta base e pasta catalisadora. A pasta base é composta por bisphenol A, óxido de ferro, sílica, óxido de zircônia e tungstato de cálcio (radiopacificadores).

A pasta catalisadora é composta de Dibenzil-5-oxanonane-diamina-1,9 e amina adamantada¹³. Possui propriedades importantes como o selamento de longa duração, grande estabilidade dimensional e alta radiopacidade, mostrando uma elevada força de adesão quando comparado a outros cimentos a base de óxido de zinco e eugenol, ionômero de vidro e hidróxido de cálcio^{14,15}, além de boa propriedade biológica^{14,15,16}.

Segundo Almeida *et al.* (2017)¹⁷, este cimento tem sido utilizado como padrão-ouro devido às suas propriedades físicas. Tem demonstrado adequada estabilidade dimensional¹⁸, baixa solubilidade e desintegração¹⁹, boa radiopacidade^{20,21,22,23}, adequada espessura de película^{18,19}, baixa solubilidade²⁴ entre outras características positivas. Por outro lado, na presença de umidade, este cimento não se adere eficientemente às paredes do canal²⁵, não possui propriedades bioativas²⁶ e não possui potencial osteogênico²⁷.

Além do AH Plus® foi lançado no mercado o Sealer Plus (MKLife - Medical and Dental Products, Brasil), uma versão modificada do Sealer 26, um cimento obturador à base de resina epóxi. É composto a partir da mistura de duas pastas, a pasta base contém: Bisfenol A-co-epiclorohidrina (30 - 40%), Bisfenol F resina epóxi (30 - 40%), óxido de zircônia (13 - 17%), silicone e siloxanos (2 - 4%), óxido de ferro (0.1 - 0.5%) e hidróxido de cálcio (10 - 15%). A pasta catalisadora contém: hexametil etileno tetramina (28 - 32%), óxido de zircônio (18 - 20%), silicone e siloxanos (2 - 4%), hidróxido de cálcio (10 - 15%) e tungstato de cálcio

(30 - 40%). Segundo o fabricante, este cimento possui radiopacidade maior ou igual a 3 mmAl.

O Sealapex® é um cimento obturador que contém óxido de cálcio e quando entra em contato com o fluído dos tecidos hidrata e forma hidróxido de cálcio. É biocompatível e osteoindutor uma vez que estimula a deposição de tecido mineralizado e como tal o selamento apical após o tratamento endodôntico¹¹.

O agregado de Trióxido Mineral (MTA) foi descrito por Torabinejad et al. em 1995²⁸, como sendo um novo material para utilização em perfurações radiculares ou como material retro-obturador. Foi desenvolvido a partir do cimento de Portland utilizado em construção civil.

Tanto o MTA como o cimento de Portland apresentam uma composição similar, contudo, o MTA foi desenvolvido para ser aplicado na odontologia. Entre algumas das diferenças são: (1) o fato de o MTA após hidratação apresentar bioatividade, (2) ser constituído por partículas significativamente menores, (3) contém bismuto que lhe confere a sua radiopacidade e (4) contrariamente ao cimento de Portland não liberta ácido arsênico²⁸. Inicialmente só estava disponível na forma cinzenta devido à presença de íons de ferro e posteriormente foi desenvolvido um novo tipo de MTA de cor branca para corrigir os problemas de descoloração dentária²⁸.

O MTA é um pó composto de silicato tricálcio, óxido de bismuto, silicato dicálcio, alumínio tricálcio, alumínio-férrico tetracálcio e sulfato de cálcio desidratado que endurece por hidratação para tornar-se um gel coloidal com um ph 12,5 similar ao do Ca (OH)^{11,29}. O tempo de presa do cimento é de três a quatro horas, e sua força de compressão após a presa PE de 70 MPa, que é comparável à do IRM (Composição reforçada do Óxido de Zinco e Eugenol)²⁹.

Possui a capacidade de estimular a liberação de citocinas das células ósseas, indicando que ele promove ativamente a formação de tecido duro³⁰, tem propriedades antimicrobianas similares às do OZE (Óxido de Zinco e Eugenol reforçado por EBA) e não possui efeito citotóxico³⁰.

Foi proposto inicialmente como um medicamento potencial para os procedimentos de pulpotomia, capeamento pulpar com pulpíte reversível, aplicação e reparo da perfuração radicular³⁰. É biocompatível, permitindo a regeneração e a cementogênese apical, quando usado como material de

obturação do ápice radicular³¹. Proporciona um selamento efetivo a dentina e cimento, é estéril, radiopaco, não apresenta contração de polimerização, e promove reparo biológico e regeneração do ligamento periodontal³².

Segundo Camilleri & Pitt Ford (2006)³³, estudos recentes sobre os constituintes deste material têm esclarecido que, o MTA é um cimento à base de silicato de cálcio ao invés de uma mistura de óxidos. Os cimentos à base de silicato de cálcio mais recentes no mercado são o Endo-C.P.M.-Sealer (EGEO S.R.L., Buenos Aires, Argentina) e o ProRood Endo Sealer (Dentsply Tulsa Dental Specialties). Este por apresentar dificuldades na manipulação e pouco tempo de trabalho, teve seu uso limitado como cimento obturador de canal radicular³⁴.

Sendo assim, em 2010, foi desenvolvido o cimento obturador MTA Fillapex (Angelus, Londrina, PR, Brasil)^{35,36}. Após a mistura, esse cimento é composto de: resina salicilato, resina natural, diluente de resina, trióxido de bismuto, sílica nanoparticulada e MTA¹³. Além de bioatividade³⁵, este cimento possui algumas propriedades físico-químicas adequadas como: alta radiopacidade^{23,13}, espessura de película^{18,21,34}, baixa solubilidade²³, selamento marginal de longa duração, estimulação da formação de tecido duro no ápice dental e em locais de perfuração, baixa expansão de presa, baixa solubilidade em flúidos tissulares e excelente viscosidade para obturação de canais radiculares.

De acordo com o fabricante, a composição química do Endo-C.P.M.-Sealer é similar ao MTA, mas com a adição de carbonato de cálcio para reduzir o pH. Além disso, esse também contém cloreto de cálcio para a redução do tempo de presa e aperfeiçoamento das propriedades de manipulação e selamento³⁷.

Com o advento da nanotecnologia, tornou-se possível usar biocerâmica como cimento radicular agregando todos os benefícios das biocerâmicas³⁸. As biocerâmicas são compostos cerâmicos biocompatíveis obtidos por vários processos químicos. Exibem excelentes propriedades de biocompatibilidade devido à sua similaridade com o processo biológico de formação de hidroxiapatita e à capacidade de induzir uma resposta regenerativa no corpo

humano. Apresentam capacidade osteoindutiva intrínseca, pois absorvem substâncias osteoindutoras na presença de processo de cicatrização óssea^{8,39}.

Os cimentos biocerâmicos estão se tornando populares em endodontia como material de reparação de perfurações nas raízes e cimento obturador de canal radicular devido às suas propriedades, tais como: biocompatibilidade, pH elevado, não reabsorção, facilidade de manuseio no interior dos canais radiculares, aumento da resistência radicular, baixa citotoxicidade, além de não sofrerem contração e serem quimicamente estáveis^{40,41}.

4.2 BIOCERÂMICOS

O termo biocerâmico refere-se a um material cerâmico biocompatível, utilizado na substituição de tecidos ou no recobrimento de metais, com a finalidade de aumentar sua biocompatibilidade. Quando um material contém na sua composição biocerâmicas passa a ser chamado de bioagregado, sendo produzidos em laboratório, de fácil manipulação e estáveis dimensionalmente, têm boa capacidade de escoamento (fluidez) e selamento, possuem alto pH e conseqüente poder antimicrobiano e bioativos^{42,43}.

Brandão (2017)⁴⁴ e Cavalline (2016)⁴⁵ destacam que os materiais biocerâmicos apresentam pH alcalino, atividade antibacteriana e antimicrobiana, excelente escoamento, radiopacidade e biocompatibilidade adequados. Assim os seus pontos chave para a aplicação odontológica estão relacionados com as suas propriedades físicas, químicas e biológicas. Este tipo de material é biocompatível, não tóxico, não sofre contração volumétrica e é quimicamente estável em ambiente biológico. Outra vantagem deste material é a bioatividade, ou seja, a capacidade durante o processo de endurecimento ou presa em formar hidroxiapatita, que exerce influência na ligação entre a dentina e o material obturador⁴⁶.

Por outro lado, Brandão (2017)⁴⁴, Siqueira *et al.* (2016)⁴⁷ e Agrafioti *et al.* (2015)⁴⁸ descreveram como desvantagem a dificuldade de remoção do material em um retratamento endodôntico devido à sua dureza e o maior tempo gasto no procedimento para remover a quantidade significativa de resíduos produzidos.

Na Endodontia, os materiais biocerâmicos apresentam-se principalmente como cimento reparador⁴⁹ e como cimento Endodôntico⁵⁰ os quais podem ser divididos em:

- Derivados de silicato de cálcio⁵¹:

Cimentos Reparadores - Mineral trióxido agregado (MTA), Biodentine® (Septodont, França) e Cimento de Portland.

Seladores – Endo CPM Sealer®, MTA Fillapex®, BioRoot RCS®

- Derivados de Fosfatos de cálcio/Mistura de hidroxiapatita à base de silicatos de cálcio e fosfatos de cálcio⁵¹: iRoot BP Plus®, iRoot FS®, EndoSequence BC Sealer®, Bioaggregate®.

Dentre as propriedades reparadoras, podem ser usadas de duas formas: a resina Flow, que serve como cimento de obturação dispensável em seringa, e o putty que vem pré-misturado e tem utilidade no selamento de perfurações, cirurgias e tampões. Esta é uma grande ajuda, não apenas possibilitando a obtenção de uma mistura adequada, bem como na forma de utilização⁵².

O Biodentine® (Septodont, Lancaster, EUA) é considerado um material biocerâmico reparador de segunda geração. Possui propriedades semelhantes ao MTA e possui as mesmas aplicações. As suas vantagens em relação ao MTA são o tempo mais curto de presa e o facto de possuir maior resistência à compressão, semelhante à dentina. O Biodentine é constituído por silicato de tricálcio, carbonato de cálcio, óxido de zircónio e usa como catalizador da reacção de presa água contendo cloreto de cálcio. É recomendado como um substituto de dentina e pode ser usado tanto como um material de restauração coronal, para reparo de perfuração e como material de capeamento direto da polpa⁵³.

Os biocerâmicos foram desenvolvidos para melhorar as propriedades do MTA, tais como o líquido Biodentine que foi adicionado ao cloreto de cálcio para diminuir o tempo de presa (12 minutos), o óxido de zircônio, como radiopacificador e para reduzir a incidência de descoloração⁵⁴.

O Total Fill BC Sealer® (FKG, Suíça), é um cimento biocerâmico, em que o fosfato de cálcio monobásico é um agente que aumenta a formação de hidroxiapatita⁵⁴. É também comercializado sob o nome de Endosequence BC Sealer®⁵⁵ ou iRoot SP (Innovative Bioceramix, Vancouver, Canadá).

O EndoSequence BC Sealer (Brasseler, Savannah, EUA) é um cimento biocerâmico composto de óxido de zircônio, silicato de cálcio, fosfato de cálcio

monobásico, hidróxido de cálcio e agentes espessantes. Apresenta-se como um material pré-manipulado, injetável, radiopaco e de coloração branca. Este cimento é hidrofílico, fazendo uso da umidade no interior dos túbulos dentinários para completar a sua reação de presa. Além disso, não sofre alteração em sua configuração, é insolúvel e possui boa atividade antimicrobiana⁵⁶. É recomendado para uso com guta percha. Estão disponíveis, também, no sistema EndoSequence®, cones de guta-percha revestidos com biocerâmica. Ao usar estes cones, pode-se conseguir uma ligação química entre o cimento e o cone revestido com biocerâmica, para além da ligação química às paredes do canal⁵.

O Bioaggregate®, é um biocerâmico composto por silicato de cálcio hidratado, hidróxido de cálcio, hidroxapatita, sílica e óxido de tâlano. Caso removesse o óxido de tâlano deste cimento, este poderia ser incluído na definição de MTA devido à sua semelhança na composição⁵⁷.

O EndoSequence® Root Repair Material (ERRM) (Brasseler USA, Savannah, EUA) é um novo material biocerâmico fornecido como uma massa moldável pré-misturada, (também comercializado como iRoot® FS) ou como uma pasta numa seringa com pontas que permite assegurar uma mistura adequada e garante assim uma maior facilidade no seu manuseamento e aplicação. Estes cimentos são recomendados para reparo de perfurações, cirurgia apical, plug apical e capeamentos pulpares diretos. Este material é ideal para pulpotomias em pacientes pediátricos devido à sua fácil aplicação. Ambos os materiais são compostos principalmente de silicatos de cálcio, óxido de zircónio, óxido de tântalo e fosfato de cálcio⁵⁸.

Segundo Al-Haddad *et al.* (2015)⁵⁹ a Apatite® é um cimento biocerâmico que contém fosfato tricálcio e hidroxapatita e na sua parte líquida ácido poliacrilato.

4.2.1 MECANISMO DE AÇÃO DOS BIOCERÂMICOS

Os biocerâmicos são hidrofílicos, ou seja, possuem afinidade com a água. Sendo assim, seu mecanismo de ação é basicamente a utilização da água existente nos túbulos dentinários para que sua reação de endurecimento seja iniciada. Caso estejam presentes no interior do canal resíduos de umidade após

a desinfecção e secagem com cones de papel, estes, não irão afetar o selamento estabelecido pelo cimento biocerâmico⁵⁰.

Os silicatos de cálcio, após sofrerem hidratação, produzem gel de hidrato de silicato de cálcio e hidróxido de cálcio. O hidróxido de cálcio que foi recém formado reage com os íons de fosfato para precipitar hidroxiapatita e água⁴⁴ e conseqüentemente iniciam os reparos teciduais.

A água fornecida através da reação é um fator importante no controle da taxa de hidratação e no tempo de ajuste⁴², uma vez que são controlados pela quantidade de água na reação. Quando comparado com o tempo de reação do hidróxido de cálcio, encontram-se semelhanças que são relacionadas com o pH. Como este é altamente alcalino, atinge um valor de 12,8 durante o tempo de colocação, diminuindo progressivamente num período de uma semana⁴⁹.

A hidroxiapatita formada permite a criação de uma camada de interface originando uma ligação química entre materiais à base de silicato de cálcio e as paredes dentinárias⁶⁰.

5. PROPRIEDADES DOS MATERIAIS BIOCERÂMICOS E DISCUSSÃO

A radiopacidade é uma propriedade fundamental dos materiais obturadores, pois permite controlar clinicamente tanto a técnica quanto a qualidade das obturações dos canais radiculares. No entanto, essa propriedade deve ser equilibrada, pois um material obturador deve apresentar o mínimo necessário de radiopacidade para ser identificado e diferenciado de outras estruturas. Por outro lado, se apresentar um intenso contraste radiográfico, possivelmente uma equivocada avaliação da qualidade da obturação poderia ser induzida pelos artefatos criados na imagem radiográfica.¹

A normativa ISO 6876/2001⁶ recomenda que os materiais obturadores de canais radiculares apresentem como radiopacidade mínima o equivalente a 3 mm de espessura na escala de alumínio.

Candeiro *et al.* (2015)⁴⁰, verificaram a radiopacidade, pH e extravasamento de um cimento endodôntico biocerâmico (Endosequence BC Sealer), o qual apresentou radiopacidade significativamente menor do que o AH Plus. De acordo com os autores, essa diferença ocorreu devido a presença de

um único radiopacificador encontrado nos biocerâmicos (óxido de zircônio) corroborando com o estudo de Souza et al. (2015)⁶¹ em que o biocerâmico RetroMTA também apresentou radiopacidade inferior ao ProRoot MTA. A composição do AH Plus tem dois agentes radiopacificadores (o óxido de zircônio e tungstato de cálcio), já o ProRoot MTA (o óxido de bismuto). Quanto ao extravasamento, o Endosequence BC Sealer apresentou extravasamento de acordo com as recomendações da ISO 6876/2001. A análise de pH mostrou que Endosequence BC Sealer apresentou pH e liberação de Ca^{2+} maior do que o AH Plus. As propriedades físico-químicas analisadas demonstraram valores favoráveis para um cimento de canal radicular.

O escoamento de um cimento é definido como a mudança de consistência do material, por meio de uma força de cisalhamento, que confere capacidade de penetrar nas estreitas irregularidades da dentina o que constitui um importante fator na obturação de canais laterais, acessórios e istmos⁶². O escoamento, proposto pela ISO 6876/2001, preconiza o volume de cimento igual a $0,05 \pm 0,005$ ml e o diâmetro do disco formado pelo cimento comprimido não deve ser menor do que 20 mm. Entretanto, um cimento que apresente alto escoamento pode facilitar o extravasamento do material para a região periapical^{63,64}. Sendo assim, Candeiro *et al.* (2015)⁴⁰ verificaram através do seu estudo, que o Endosequence BC Sealer apresenta um fluxo de escoamento maior do que o AH Plus corroborando com o estudo de Haddad *et al.* (2015)⁵⁹, em que, além do Endosequence BC Sealer ter um fluxo de escoamento maior, a sua espessura também se apresenta, significativamente, maior do que o AH Plus. Além disso, a espessura do cimento se mostrou menor no terço coronal do que nos terços médio e apical, provavelmente, devido ao acúmulo do cimento nos terços inferiores, uma vez que o terço coronal tem menos gaps na interface cimento dentina.

A fluidez, por sua vez, define-se como a capacidade de escoamento do cimento obturador, ou seja, quão fluído o material é ao ponto de escoar suficientemente e preencher os espaços de difícil acesso não preenchidos pela gutta-percha como canais acessórios, foramens e espaços não preenchidos entre o cone principal e os seus acessórios⁶².

De acordo com as normas ISO 6876 em 2012, a taxa de fluidez dos cimentos obturadores não deve ser inferior a 20mm. Com base nos estudos de

Donnermeyer *et al.* (2018)⁵⁵, o cimento BioRoot RCS®, iRoot SP®, EndoSeal®, Endosequence BC® e o MTA- Fillapex® estão dentro de tais normas, apresentando uma taxa de fluidez variável entre 23.1mm, 26.96mm, 22mm, 23,1mm e 24.9mm, respectivamente.

Um dos principais requisitos dos cimentos obturadores é a adesividade, estes devem promover adesão entre a dentina e a gutta-percha bem como a adesão dos cones entre si⁶². Nair *et al.* (2011)⁶⁵ avaliaram a propriedade adesiva do cimento biocerâmico Endosequence Root Repair em relação ao MTA branco. Ambos foram equivalentes quanto à capacidade de vedação quando usado como material selador apical. Resultados similares, foram encontrados nos estudos de Leal *et al.* (2013)⁶⁶, em que o iRoot BP tinha uma habilidade similar à do MTA branco na prevenção da entrada de glicose como um material de reparação. Porém, os resultados encontrados por Shokouhinejad *et al.* (2012, 2013)^{67,68} foram negativos para o Endosequence Root Repair do tipo pasta o qual apresentou mais gaps nas seções longitudinais, o que colabora para a infiltração marginal.

Um dos objetivos da obturação do canal radicular é reforçá-la e aumentar a sua resistência à fratura. O material mais utilizado na obturação é a gutta-percha combinada com um cimento obturador, pois a gutta-percha apresenta pouca ou nenhuma capacidade para reforçar as raízes depois do tratamento. A capacidade do cimento de se unir à dentina radicular é vantajosa na manutenção da integridade da interface cimento-dentina durante os esforços mecânicos, aumentando assim a resistência à fratura⁶⁹.

Com relação a resistência à fratura radicular, Ghoneim *et al.* (2011)⁷⁰ verificaram que o cimento biocerâmico (iRoot SP), associado a cones de gutta-percha, aumentou a resistência à fratura das raízes com o tratamento endodôntico. Corroborando com esses achados, Topçuoğlu *et al.* (2013)⁷¹ propuseram que a força requerida para fratura nos dentes foi maior com o uso dos seladores Endosequence BC Sealer e AH Plus do que com o MTA. Semelhantemente, Nair *et al.* (2011)⁶⁵, usando o Endosequence BC, verificaram que a força de fratura requerida foi maior do que o controle positivo (dentes instrumentados sem preenchimento).

Quanto à solubilidade, quantidade de massa de material perdida durante um determinado período de imersão em água, de acordo com as normas ANSI/ADA, esta não deve ser superior a 3%, uma vez que um cimento obturador altamente solúvel levaria à formação de espaços não preenchidos entre a gutta-percha e a dentina radicular⁶². Com base nos estudos de Al-Haddad *et al.* (2016)⁶² o iRoot SP® e MTA-Fillapex® são altamente solúveis apresentando taxas superiores a 3%, sendo estas 20.64% e 14.89% respectivamente, não cumprindo tais normas. Por outro lado, o Endosequence BC® apresentou taxas inferiores a 3%. Colombo *et al.* (2018)⁷² verificaram que tanto o TotalFill BC Sealer® e o BioRoot® são altamente solúveis, pertencendo a maior percentagem ao TotalFill BC Sealer®. Em contra partida, o MTA-Fillapex®, EasySeal® e AH-Plus®, apresentaram solubilidade inferior a 3%.

O cimento obturador ideal, deve ter um tempo de presa que permita a sua manipulação e um tempo de trabalho adequado, contudo, um tempo de presa demasiadamente prolongado pode provocar irritação nos tecidos periapicais, uma vez que, a grande maioria dos cimentos endodônticos apresentam um certo grau de toxicidade até o seu tempo de presa estar totalmente terminado⁶². Além disso, o tempo em que o cimento leva para tomar presa é um parâmetro para determinar o intervalo de tempo permitido para a obturação dos canais radiculares. Estas características podem sofrer mediação de fatores como temperatura, relação entre pó e líquido, granulometria, meio ambiente e pH³.

O endurecimento dos materiais biocerâmicos são iniciados por meio da reação do silicato de cálcio com a água existente nos túbulos dentinários. A água fornecida para a reação com o silicato de cálcio é um fator importante no controle da taxa de hidratação e no tempo de ajuste⁴². Sendo assim, após o processo de sanificação e modelagem dos canais radiculares, uma vez secos com cone de papel, esta condição pode interferir no mecanismo de endurecimento (tempo de presa) desses materiais⁴⁷. De acordo com Brandão (2016)⁴⁴ o tempo em média de endurecimento é em torno de 4 horas, porém este tempo pode ser superior a 10 horas em canais radiculares muito secos. O Biodentine, segundo a informação fornecida pelo seu fabricante, tem uma presa rápida de 10 a 12 minutos, em contra-partida o EndoSequence Repair Root Material tem um tempo de trabalho de mais de 30 minutos e aproximadamente um tempo de presa de 4

horas. O tempo de trabalho do EndoSequence BC Sealer pode ser superior a 4 horas à temperatura ambiente. Em canais radiculares muito secos, o tempo de presa pode ser superior a 10 horas. O tempo de presa de EndoSequence BC Sealer depende da percentagem de umidade nos túbulos dentinários⁵.

A biocompatibilidade é definida como a capacidade de obter uma resposta benéfica por parte do organismo, ou seja, o material é dito biocompatível quando em contato direto com o tecido não provoca uma reação adversa como irritação, inflamação ou alergias, sendo essencial a qualquer cimento endodôntico uma vez que estará em contato com os tecidos periapicais⁶².

Raghavendra *et al.* (2017)⁵¹ afirmam que o BioAggregate® é altamente biocompatível e promove a deposição de cristais de hidroxiapatita. Quando comparado com o MTA, para além das suas características de biocompatibilidade, mostrou também ter melhores propriedades seladoras, maior resistência a fraturas e a agentes ácidos, tendo ainda superado o MTA pela sua capacidade de indução da mineralização e diferenciação de odontoblastos. Sobre o Biodentine®, observou-se que devido à sua capacidade de libertar íons de hidróxido de cálcio durante o seu tempo de presa, este leva à inibição do crescimento de microorganismos uma vez que há um aumento do pH até 12.5, tornando o meio alcalino impróprio à proliferação bacteriana, não é tóxico e não apresenta efeitos adversos à diferenciação celular, pelo contrário, aumenta a secreção de fator de crescimento por parte da polpa e tal como o Bioaggregate® induz a diferenciação odontoblástica e a mineralização. Comparativamente com o MTA, o Biodentine® apresenta melhores propriedades mecânicas.

Al-Haddad *et al.* (2016)⁶² constataram que nem todos os cimentos biocerâmicos eram totalmente biocompatíveis, como é o caso do Sankin Apatite® que devido aos seus ácidos de poliacrilato apresentam um certo grau de toxicidade, contudo novas formas melhoradas como o Sankin Apatite tipo II® e o Sankin Apatite tipo III® foram desenvolvidas para amenizar tal problema. Também o Endosequence BC®, iRoot SP® e o MTA-Fillapex® mostraram-se ser citotóxicos após a sua manipulação, contudo esta toxicidade ia diminuindo ao longo do tempo até terminado o seu tempo de presa.

Candeiro *et al.* (2012)⁷³ avaliaram a citotoxicidade e genotoxicidade do cimento biocerâmico Endosequence BC Sealer, em relação ao cimento AH Plus.

A citotoxicidade e genotoxicidade foram analisadas nos fibroblastos gengivais humanos, submetidos a cultura de células e condicionados por cimentos. Observou-se que as culturas submetidas ao Endosequence BC Sealer obtiveram maior número de células viáveis e menor formação de micronúcleos que as submetidas ao AH Plus. Em relação aos testes antimicrobianos em contato direto (teste DCT), o AH Plus eliminou completamente o *Enterococcus faecalis* em 1h, enquanto o Endosequence BC Sealer apresentou melhor efetividade antimicrobiana, após 24h do contato direto. Logo, o Endosequence BC Sealer exibiu significativamente menores zonas de inibição do que o cimento AH Plus.

A atividade antimicrobiana de um cimento aumenta a taxa de sucesso dos tratamentos endodônticos, pois elimina as bactérias residuais que poderiam ter sobrevivido ao tratamento do canal radicular ou invadiram o canal posteriormente através de microinfiltração. A principal propriedade antimicrobiana dos cimentos está na sua alcalinidade. Um pH alcalino (pH próximo de 11) promove a eliminação de bactérias, como *Enterococcus faecalis*, que podem sobreviver após a preparação mecânica e induzir ou manter a inflamação periapical¹⁸.

De acordo com vários estudos, os cimentos biocerâmicos apresentam um pH bastante alcalino^{73,18,46}. Candeiro *et al.* (2012)⁷³ referem que o Endosequence BC Sealer atinge um pH máximo de 11,21 após 10 dias da sua aplicação. Zhang *et al.* (2009)⁴⁶ referem que o iRoot SP apresentou um pH de 11,5. Zhou *et al.* (2013) referem que amostras recém preparadas de MTA Fillapex, Endosequence BC, AH Plus e Therma Seal demonstraram ter um pH alcalino, mas somente o MTA Fillapex e Endosequence BC apresentaram pH alcalino após a presa.

Quanto à capacidade antimicrobiana dos cimentos obturadores, no estudo de Shin *et al.* (2018)⁷⁴ verificaram que quando as concentrações de AH Plus® eram superiores a 6.4mg/ml houve diminuição do crescimento de *P. endodontalis*, enquanto em concentrações de 25mg/ml de Endoseal® (MTA) e Tubli-Seal® (ZOE), continuava a haver crescimento bacteriano. Quando terminado o tempo de presa, o Tubli-seal® apresentava maior atividade antimicrobiana do que o Endoseal® e o AH-Plus®. Neste mesmo estudo verificou-se que o Endosequence BC Sealer® apresentava a menor taxa de atividade antimicrobiana estando ou não terminado o seu tempo de presa. O

EndoSeal® apresentou maior atividade antimicrobiana contra *E. faecalis* e efeito inibitório aos 25mg/ml, mostrando ser mais eficaz contra esta bactéria do que o Sealapex®, Tubli-Seal®, AH Plus® e EndoSequence BC®. O AH Plus®, Tubli-Seal® e Sealapex® apenas apresentaram atividade antimicrobiana aos 50mg/ml, enquanto o EndoSequence BC® não apresentou qualquer benefício contra *E. faecalis*. Assim ficou demonstrado que a ação antimicrobiana contra *P. Gingivalis* e *P. Endodontalis* foi superior com a utilização de AH Plus®.

De acordo com os estudos de Lodi *et al.* (2008)⁷⁵ concluíram que os cimentos Endosequences Root Repairs dos tipos putty, pasta e o MTA têm eficácia antibacteriana similar contra cepas de *E. faecalis*. Todavia, Candeiro *et al.* (2012)⁷³ relataram que o Endosequence BC Sealer apresenta melhor efetividade antimicrobiana, após 24h do contato direto. Logo, o Endosequence BC Sealer, quando comparado ao MTA, possui similar efeito antibacteriano, porém exibe menores zonas de inibição do que o cimento AH Plus após 1h da inserção.

Restos de cimentos endodônticos dentro do sistema de canais fornecem uma barreira mecânica para o isolamento de tecido necrótico ou bactérias responsáveis pela persistência de inflamação periapical ou dor pós-operatória⁷⁶. Hess *et al.* (2011)⁷⁷ relataram que as técnicas e os solventes de retratamento convencionais não são eficazes em remover totalmente os biocerâmicos. Resultados semelhantes foram encontrados por Agrafioti *et al.* (2015)⁴⁸, o qual, recomendaram o uso dos biocerâmicos nos canais radiculares com anatomia simples. Porém, Kim *et al.* (2019)⁷⁸ constatou que a utilização do Endosequence BC Sealer promove menor quantidade de material de preenchimento residual nos terços coronal, médio e apical em dentes unirradiculares, multirradiculares e em canais em C, quando comparados ao uso dos cimentos EndoSeal MTA e AH Plus.

Com base nos estudos de Al- Haddad *et al.* (2016)⁶² o Endosequence BC® mostrou ser de difícil remoção dos canais radiculares recorrendo a técnicas convencionais de retratamento, tais como o uso de instrumentos rotatórios, limas manuais ou clorofórmio. Quanto ao Sankin apatite® mostrou ser de fácil remoção durante o retratamento com ou sem auxílio de solventes e o retratamento com MTA-Fillapex® comparável com o de AH-Plus® quanto ao tempo de trabalho

necessário, quantidade de material remanescente e dentina que era removida no processo. Jafari *et al.* (2017)⁷⁹ afirmam que as técnicas de retratamento convencionais não eliminam na totalidade Total Fill BC Sealer® e MTA-Fillapex®. No entanto, o menor tempo necessário para o retratamento foi observado no MTA-Fillapex®.

Devido a um aumento da procura de tratamentos cada vez mais estéticos, os biomateriais têm de ser cromaticamente estáveis e apresentar propriedades óticas semelhantes à estrutura dentária natural⁶². Deste modo o material obturador deve provocar as menores alterações possíveis na coloração dentária. Jafari *et al.* (2017)⁷⁹ indicam que a probabilidade de ocorrer descoloração dentária é diretamente proporcional à quantidade de material deixado na câmara pulpar. De acordo com seu estudo verificou-se que o MTA- Fillapex®, iRoot SP® e o AH Plus® provocavam uma acentuada descoloração dentária nos primeiros 3 meses que diminuía gradualmente até o sexto mês, mas ainda assim o MTA-Fillapex® e o AH Plus® foram incluídos no grupo de materiais que menos descoloração provocam conjuntamente com o Endosequence BC® e o Endoseal® quando comparados com um cimento à base de ZOE.

6. CONCLUSÃO

De acordo com a Revisão Bibliométrica e Literária, podemos concluir que:

- O surgimento dos cimentos biocerâmicos em tratamento endodôntico é datado de 2008 com (1 estudo), observando um aumento no número de publicações a partir de 2013 (10 estudos). De 2018 até hoje, 20 estudos por ano são publicados, sendo relatos de caso, estudos comparativos, estudos avaliativos e revisão de literatura.
- Quanto ao local de publicação, é possível afirmar que, o *Journal of Endodontics*, *Journal of Conservative Dentistry (JCD)* e *Clinical Oral Investigations* são as principais revistas escolhidas pelos pesquisadores para publicarem suas pesquisas, como também, a revista *Brazilian Oral Research* e a *Brazilian Dental Journal*.
- Ao analisar os pesquisadores referência em endodontia, destacam-se o Dr. Gustavo de Deus e o Dr. Luciano Cintra com mais de 160 trabalhos

internacionais, sendo 90 em revistas Qualis A. O estudo das propriedades físicas e biológicas dos materiais empregados em endodontia é um dos temas de interesse de tais pesquisadores.

- Embora haja uma dispersão de pesquisadores ao redor do mundo, incluindo países europeus, há uma concentração de pesquisadores renomados no Brasil como o Prof. Dr. José Freitas Siqueira Júnior, principal nome da odontologia brasileira segundo a lista da *Plos Biology* (www.sbendo.com.br), seguido pelo Dr. Marco Húngaro Duarte.
- Com base nos dados obtidos pela revisão literária, os cimentos biocerâmicos apresentam-se principalmente como cimentos reparadores e seladores, podendo ser derivados de Silicato de Cálcio e de Fosfatos de cálcio/Mistura de hidroxiapatita à base de silicatos de cálcio e fosfatos de cálcio. Dentre os cimentos reparadores à base de silicatos podemos citar o Mineral trióxido agregado (MTA), Biodentine® e o Cimento de Portland, dentre os seladores, temos o Endo CPM Sealer®, MTA Fillapex® e BioRoot RCS®. Por outro lado, os cimentos derivados de fosfatos são: o iRoot BP Plus®, iRoot FS®, EndoSequence BC Sealer® e Bioaggregate®.
- Quanto às propriedades biológicas e físicas verificou-se de acordo com os artigos avaliados, que o cimento biocerâmico Endosequence BC Sealer apresentou pH e liberação de Ca^{2+} maior que o cimento AH Plus. Por outro lado, a radiopacidade foi significativamente menor devido à presença de um único radiopacificador ao invés de dois agentes radiopacificadores presentes no AH Plus, corroborando assim com outros estudos, em que o cimento biocerâmico RetroMTA também apresentou radiopacidade inferior ao ProRoot MTA.
- No que diz respeito ao fluxo de escoamento e espessura do material, o cimento biocerâmico Endosequence BC Sealer, apresentou um fluxo de escoamento maior do que o AH Plus bem como a sua espessura.
- A taxa de fluidez dos cimentos obturadores BioRoot RCS®, iRoot SP®, EndoSeal®, Endosequence BC® e o MTA- Fillapex® apresentaram-se acima de 20mm, estando de acordo com a ISO 6876.
- A propriedade adesiva do cimento biocerâmico, Endosequence Root Repair MTA branco e iRoot BP foram equivalentes quanto à capacidade de vedação

quando usados como material selador apical. Por outro lado, verificou-se que ao utilizar o cimento Endosequence Root Repair do tipo pasta, este apresentou mais gaps nas seções longitudinais.

- Com relação a resistência à fratura radicular, verificou-se que o cimento biocerâmico (iRoot SP), associado a cones de guta-percha, aumentou a resistência à fratura das raízes, bem como o uso dos seladores Endosequence BC Sealer e AH Plus. Tal resistência não foi notada ao utilizar o cimento MTA.
- Quanto à solubilidade, o cimento iRoot SP®, TotalFill BC Sealer®, BioRoot® e o MTA-Fillapex® apresentaram taxas superiores a 3%, não estando de acordo com a ISO 6876. Por outro lado, o Endosequence BC®, o EasySeal® e o AH Plus®, apresentaram solubilidade inferior a 3%.
- O cimento Biodentine, apresentou um tempo de presa extremamente rápida (10 a 12 minutos), em contra-partida o EndoSequence Repair Root Material tem um tempo de trabalho de mais de 30 minutos e aproximadamente um tempo de presa de 4 horas. Para o cimento EndoSequence BC Sealer o tempo de presa mostrou ser dependente da percentagem de umidade nos túbulos dentinários, apresentando um tempo superior a 4 horas à temperatura ambiente e a 10 horas em canais radiculares muito secos.
- Quanto à biocompatibilidade, o cimento BioAggregate® foi altamente biocompatível e promoveu a deposição de cristais de hidroxiapatita. Tal propriedade não foi observada no cimento Sankin Apatite®. O Endosequence BC®, iRoot SP® e o MTA-Fillapex® mostraram-se ser citotóxicos após a sua manipulação, contudo esta toxicidade foi diminuindo ao longo do tempo até terminado o seu tempo de presa.
- Quanto à capacidade antimicrobiana dos cimentos obturadores, o AH Plus apresentou diminuição do crescimento de *P. endodontalis* em concentrações superiores a 6.4mg/ml. O Tubli-seal® apresentou maior atividade antimicrobiana quando terminado o tempo de presa, do que o Endoseal® e o AH-Plus®. Em contra-partida, o Endosequence BC Sealer® apresentou a menor taxa de atividade antimicrobiana estando ou não terminado o seu tempo de presa.

- O Endosequence BC® mostrou ser de difícil remoção dos canais radiculares recorrendo a técnicas convencionais de retratamento, tais como o uso de instrumentos rotatórios, limas manuais ou clorofórmio. Ao contrário do cimento Sankin apatite® o qual mostrou ser de fácil remoção bem como o cimento MTA-Fillapex®.

7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- 1- MARTIN, G. de.; AZEVEDO, R. A. Análise do preparo de canais radiculares utilizando-se a diafanização. Rev Odontol UNESP. Vitória, p.111-118, mar/abr, 2014. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/rounesp/v43n2/1807-2577-rounesp-43-0200111.pdf>> Acesso em: 9 de dezembro de 2020.
- 2- A. KAUR, N. SHAH, A. Logani, and N. Mishra, “Biotoxicity of commonly used root canal sealers: a meta-analysis,” Journal of Conservative Dentistry, vol. 18, no. 2, pp. 83–88, 2015.
- 3- FARAONI, G, FINGER, MS, MASSON, MC, VICTORINO, FR. Avaliação comparativa do escoamento e tempo de presa do cimento MTA Fillapex®. RFO UPF [online]. 2013, vol.18, n.2, pp. 180-184. ISSN 1413-4012.
- 4- GROSSMAN LI. An improved root canal cement. J Am Dent Assoc, v.56, n.3, p.381-385, mar, 1958.
- 5- KOCH K, BRAVE D. Bioceramic technology – the game changer in endodontics. Endodontic Practice. 2009;(April):13–7.
- 6- HADDAD, A.; AZIZ, C. A. Z. Bioceramic-Based Root Canal Sealers: A Review. International Journal of Biomaterials, Malásia, n.4, p.2-11, abr., 2016. Disponível:<<https://www.hindawi.com/journals/ijbm/2016/9753210/abs/>> Acesso em: 9 de dezembro de 2020.
- 7- BUENO CR, VALENTIM D, MARQUES VA, GOMES-FILHO JE, CINTRA LT, JACINTO RC, et al. Biocompatibility and biomineral. RFO, Passo Fundo, v. 22, n. 2, p. 248-254, maio/ago. 2017
- 8- NASSEH A. The rise of bioceramics. Endodontic Practice 2009; 2:17-22.
- 9- International Organization for Standardization ISO 6876. Dentistry — Root Canal Sealing Materials. London, UK: British Standards Institution, 2012.

- 10- ANSI/ADA. Specification n° 57. Endodontic Sealing Material. 2000 Chicago, USA.
- 11- SIQUEIRA, J. R., J. F.; RÔÇAS, I. N.; LOPES, H. P. Materiais Obturadores. In: Lopes, H. P.; Siqueira JR, J. F. Endodontia - Biologia e Técnica. Rio de Janeiro: Medsi, 1999. p. 427-450.
- 12- TAY, F. R.; LOUSHINE, R. J; WELLER, R. N.: KIMBROUGH, W. F.; PASHLEY, D., MAK, Y. F.; LAI, C. N. S.; RAINA, R.; WILLIAMS, M. C. Ultrastructural evaluation of the apical Seal in roots filled with a polycaprolactone-based root canal filling material. J. Endod., Baltimore, v. 31, n. 7, p. 514-519, July 2005.
- 13- LEE, J, K.; KWAK, S, W.; HA, J.; LEE, W.; KIM, H. Physicochemical properties of epoxy resin-based and bioceramic-based root canal sealers. Bioinorganic Chemistry and Applications. v.2017, p.1-8, 2017.
- 14- TAGGER, M.; TAGGER, E.; TJAN, A. H. L.; BAKLAND, L. K. Measurement of Adhesion of endodontic sealers to dentin. J. Endod., Baltimore, v. 28, n. 5, p. 351-354, May 2002.
- 15- UNGOR, M.; ONAY, E. O.; ORUCOGLU, H. Push-out Bond strengths: the Epiphany-resilon endodontic obturation system compared with different pairings of Epiphany, Resilon, AH Plus and gutta-percha. Int Endod J., Oxford, v. 39, no. 8, p. 643-647, Aug. 2006.
- 16- SCARPARO, R. K.; GRECCA, F, S.; FACHIN, E. V. F. Analysis of Tissue Reactions to Methacrylate Resin-based, Epoxy Resin-based, and Zinc Oxide-Eugenol Endodontic Sealers. J Endod., Baltimore, v. 35, no 2, p. 229-232, Feb. 2009.
- 17- ALMEIDA, L, H, S.; MORAES, R, R.; MORGENTAL, R, D.; PAPPEN, F, G. Are premixed calcium silicate-based endodontic sealers comparable to conventional materials? A systematic review of in vitro studies. Journal of Endodontics, v.43, n.4, p.527-535, 2017.
- 18- ZHOU, H.; SHEN, Y.; ZHENG, W.; LI, L.; ZHENG, Y.; HAAPASALO, M. Physical properties of 5 roots canal sealers. Journal of Endodontics, v.39, n.10, p.1281-1286, 2013.
- 19- VERSIANI, M, A.; CARVALHO-JUNIOR, J, R.; PADILHA, M, I.; LACEY, S.; PASCON, E, A.; SOUSA-NETO, M, D. A comparative study of

- physicochemical properties of AH Plus and Epiphany root canal sealants. *International Endodontic Journal*, v.39, p.464-467, 2006.
- 20- RESENDE, L, M.; RACHED-JUNIOR, F, J, A.; VERSIANI, M, A.; SOUZA-GABRIEL, A, E.; MIRANDA, C, E, S.; SILVA-SOUSA, Y, T, C.; NETO, M, D, S. A comparative study of physicochemical properties of AH Plus, Epiphany, and Epiphany SE root canal sealers. *International Endodontic Journal*, v.42, p.785-793, 2009.
- 21- MARCIANO, M, A.; DUARTE, M, A, H.; CAMILLERI, J. Calcium silicate-based sealers: Assessment of physicochemical properties, porosity and hydration. *Dental Materials*, v.32, p.e30-e40, 2016
- 22- SONG, Y.; CHOI, Y.; LIM, M.; YU, M.; HONG, C.; LEE, K.; MIN, K. In vitro evaluation of a newly produced resin-based endodontic sealer. *Restorative Dentistry & Endodontics*, p.189-195, 2016.
- 23- PRULLAGE, R.; ZA, K, U.; Edgar SCHAFFER, E.; DAMMASCHKE, T. Material properties of a tricalcium silicate-containing, a mineral trioxide aggregate-containing, and an epoxy resin-based root canal sealer. *Journal of Endodontics*, v.42, n.12, p.1784-1788, 2016.
- 24- COLLARES, F, M.; KLEIN, M.; SANTOS, P, D.; PORTELLA, F, F.; OGLIARI, F.; LEITUNE, V, C, B.; SAMUEL, S, M, W. Influence of radiopaque fillers on physicochemical properties of a model epoxy resin-based root canal sealer. *Journal of Applied Oral Science*, v.21, n.6, p.533-539, 2013.
- 25- ROGGENDORF, M, J.; EBERT, J.; PETSCHERT, A.; FRANKENBERGER, R. Influence of moisture on the apical seal of root canal fillings with five different types of sealer. *Journal of Endodontics*, v.33, n.1, p.31-33, 2007.
- 26- BORGES, R, P.; SOUSA-NETO, M, D.; VERSIANI, M, A.; RACHED-JÚNIOR, F, A.; DE-DEUS, G.; MIRANDA, C, E, S.; PÉCORRA, J, D. Changes in the surface of four calcium silicate-containing endodontic materials and an epoxy resin-based sealer after a solubility test. *International Endodontic Journal*, v.45, p.419-428, 2012.
- 27- KIM, T, G.; LEE, Y, H.; LEE, N, H.; BHATTARAI, G.; LEE, K.; YUN, B.; YI, K. The antioxidant property of pachymic acid improves bone disturbance against AH plus-induced inflammation in MC-3T3 E1 cells. *Journal of Endodontics*, v.39, n.4, p.461-466, 2013.

- 28- TORABINEJAD, M., HONG, C.U., LEE, S.J., MONSEF, M., PITT FORD, T.R. Investigation of mineral trioxide aggregate for root-end filling in dogs. *J. Endod* 1995 Dec; 21(12): 603-8
- 29- SCHWARTZ, R. S. Adhesive Dentistry and Endodontics. Part 2: Bonding in the Root Canal System - The Promise and the Problems: A Review. *J Endod.*, Baltimore, v. 32, n.12, p. 1125-1134, Dec. 2006.
- 30- TORABINEJAD, M., PITT FORD, T. R., MCKENDRY, D. J., ABEDI, H. R., MILLER, D.A., KARIYAWASAM, S. P. Histologic assessment of mineral trioxide aggregate as a root-end filling in monkeys. *J Endod* 1997 Apr; 23(4): 225-8.
- 31- OSORIO, R.M., HEFTI, A., VERTUCCI, F.J., SHAWLEY, A.L. Cytotoxicity of endodontic materials. *J Endod* 1998 Feb; 24(2): 91-6.
- 32- BOGEN, G.; KUTTLER, S. Mineral Trioxide Aggregate Obturation: A review and Case Series. *J. Endod.*, Baltimore, v. 35, n. 6, p. 777-790, June 2009.
- 33- CAMILLERI, J.; PITT FORD, T. R. Mineral trioxide aggregate: a review of the constituents and biological properties of the material. *Int Endod J.*, Oxford, v. 39, n. 10, p. 747-754, Oct. 2006.
- 34- CAMILLERI, J. Modification of MTA. Physical and mechanical properties. *Int Endod J.*, Oxford, v. 41, n. 10, p. 843-849, Oct. 2008.
- 35- SALLES, L, P.; GOMES-CORNÉLIO, A, L.; GUIMARÃES, F, C.; HERRERA, B, S.; BAO, S, N.; ROSSA-JUNIOR, C.; GUERREIRO-TANOMARU, J, M.; TANOMARU-FILHO, M. Mineral trioxide aggregate-based endodontic sealer stimulates hydroxyapatite nucleation in human osteoblast-like cell culture. *Journal of Endodontics*, v.38, n.7, p.971-976, 2012.
- 36- VIAPIANA, R.; FLUMIGNAN, D. L.; GUERREIRO-TANOMARU, J. M.; CAMILLERI, J.; TANOMARU-FILHO, M. Physicochemical and mechanical properties of zirconium oxide and niobium oxide modified Portland cement-based experimental endodontic sealers. *International Endodontic Journal*, v.47, p.437-448, 2014.
- 37- BORTOLUZZI, E, A.; GUERREIRO-TANOMARU, J, M.; TANOMARU-FILHO, M.; DUARTE, M, A, H. Radiographic effect of different radiopacifiers on a potential retrograde filling material. *Oral Surgery Oral Medicine Oral Pathology Oral Radiology Endodontology*, v.108, p. 628-632, 2009.

- 38- FAYYAD, D.M. Cytocompatibility of new bioceramic-based materials on human fibroblast cells (MRC-5). *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod* 2011; 112(6):e137-42.
- 39- CHENG, L., YE, F., YANG, R., LU, X., SHI, Y., LI, L., et al. Osteoinduction of hydroxyapatite/beta-tricalcium phosphate bioceramics in mice with a fractured fibula. *Acta Biomater* 2010; 6(4):1569-74.
- 40- CANDEIRO, G.T., MOURA-NETTO, C., D'ALMEIDA-COUTO, R.S., AZAMBUJA-JÚNIOR, N., MARQUES, M.M., CAI, S., et al. Cytotoxicity, genotoxicity and antibacterial effectiveness of a bioceramic endodontic sealer. *Int Endod J* 2015; 49(9):858-64.
- 41- ZOUFAN, K., JIANG, J., KOMABAYASHI, T., WANG, Y.H., SAFAVI, K.E., ZHU, Q. Cytotoxicity evaluation of Gutta Flow and Endo Sequence BC sealers. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod*. 2011;112(5):657-61.
- 42- KOCH, K.A.; BRAVE, D.G.; NASSEH, A.A. Bioceramic technology: closing the endo-restorative circle, Part I. *Dent Today*, v.29, n.2, p.100-105, Feb. 2010.
- 43- OLIVEIRA, P.M.S. Biocerâmicas em Endodontia: Revisão da literatura. Monografia apresentada à Universidade Fernando Pessoa, como parte dos requisitos para obtenção do grau de Mestre em medicina Dentária. Porto, 2014.
- 44- BRANDÃO, M.W. Cimentos biocerâmicos na Endodontia. 2017. 38 f. Relatório de Estágio (Mestrado em Medicina Dentária) - Instituto Universitário de Ciências da Saúde, Gandra, 2017.
- 45- CAVALLINI, T.B.M.P. O uso de materiais biocerâmicos na obturação endodôntica. 2016. 33 f. Relatório de Estágio (Mestrado em Medicina Dentária) - Instituto Universitário de Ciências da Saúde, Gandra, 2016.
- 46- ZANG, H.; SHEN, Y.; RUSE, N.D.; HAAPASALO, M. Antibacterial activity of endodontic sealers by modified direct contact test against *Enterococcus faecalis*. *Journal Endodontic*, v.35, n.7, p.1051-1055, 2009.
- 47- SIQUEIRA ZUOLO, A.; ZUOLO, M.L.; BUENO, C.E.S.; CHU, R.; CUNHA, R.S. Evaluation of the Efficacy of TRUShape and Reciproc File Systems in

- the Removal of Root Filling Material: An Ex Vivo Micro Computed Tomographic Study. *J Endod* 2016; 42:315-19.
- 48- AGRAFIOTI, A.; KOURSOUIMIS, A.D.; KONTAKIOTIS, E.G. Re-establishing apical patency after obturation with Gutta-percha and two novel calcium silicate- based sealers. *Eur J Dent* 2015; 9:457-61.
- 49- DAMAS, B.A.; WHEATER, M.A.; BRINGAS, J.S.; HOEN, M.M. Cytotoxicity comparison of mineral trioxide aggregates and EndoSequence bioceramic root repair materials. *Journal of Endodontics* 2011; 37:372-75.
- 50- KOCH, K.A.; BRAVE, D.G. (2012). Bioceramics, part I: the clinician's viewpoint. *Dent Today*. Jan;31(1):130-5
- 51- RAGHAVENDRA, S. S. et al. (2017). Bioceramics in endodontics - a review. *Journal of Istanbul University Faculty of Dentistry*. Istanbul University Faculty of Dentistry, 51(3 Suppl 1), pp. S128–S137.
- 52- SHINBORI, N.; GRAMA, A.M.; PATEL, Y.; WOODMANSEYK, H.E. J. Clinical Outcome of Endodontic That Uses EndoSequence BC Root Repair Material as the Root-end Filling Material. *J Endod* 2015; 41:607-12.
- 53- CAMILLERI, J.; SORRENTINO, F.; DAMIDOT, D. Investigation of the hydration and bioactivity of radiopacified tricalcium silicate cement, Biodentine and MTA Angelus. *Dent Mater*. 2013;29(5):580–93.
- 54- LERTMALAPONG, P.; JANTARAT, J.; SRISATJALUK, R.L.; KOMOLTRI, C. Bacterial leakage and marginal adaptation of various bioceramics as apicalis plug in open apex model. *Journal of Investigative and Clinical Dentistry* 2019;10 (1):123-71.
- 55- DONNERMEYER, D.; DORNSEIFER, P.; SCHÄFER, E.; DAMMASCHKE, T. The push-out bond strength of calcium silicate-based endodontic sealers. *Head Face Med*. 2018; 14:13.
- 56- PAWAR, S.S., PUJAR, M.A., MAKANDAR, S.D. Evaluation of the apical sealing ability of bioceramic sealer, AH plus & epiphany: An in vitro study. *J Conserv Dent*. 2014;17(6):579-82.
- 57- ARIKATLA, S. K. et al. (2018). Interfacial adaptation and penetration depth of bioceramic endodontic sealers. *Journal of conservative dentistry: JCD*. Wolters Kluwer -- Medknow Publications, 21(4), pp. 373–377.

- 58- ALANEZI, A.Z.; JIANG, J.; SAFAVI, K.E.; SPANGBERG, L.S.W.; ZHU, Q. Cytotoxicity evaluation of endosequence root repair material. *Oral Surgery, Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endodontology*. 2010;109(3):e122–5.
- 59- AL-HADDAD, A., ABU KASIM, N. H. and CHE AB AZIZ, Z. A. (2015). Interfacial adaptation and thickness of bioceramic-based root canal sealers. *Dental Materials Journal*. The Japanese Society for Dental Materials and Devices, 34(4), pp. 516–521.
- 60- SHOKOUHINEJAD, N.; GORJESTANI, H.; NASSEH, A.A.; HOSEINI, A.; MOHAMMADI, M.; SHAMSHIRI, A.R. Push-out bond strength of gutta-percha with a new bioceramic sealer in the presence or absence of smear layer. *Aust Endod J*. 2011;39(3):102–6.
- 61- SOUZA, L.C. et al. Analysis of radiopacity, pH and cytotoxicity of a new bioceramic material. *J. Appl. Oral Sci* 2015; 23 (4):383-389.
- 62- AL-HADDAD, A.; CHE, A.B.; AZIZ, Z. A. (2016). Bioceramic-Based Root Canal Sealers: A Review. *International journal of biomaterials*. Hindawi Limited, 2016, p. 9753210.
- 63- KOUBI, G.; COLON, P.; FRANQUIN, J.C.; HARTMANN, A.; RICHARD, G.; FAURE, M.O, et al. Clinical evaluation of the performance and safety of a new dentine substitute, Biodentine, in the restoration of posterior teeth - a prospective study. *Clin Oral Investig*. 2013;17(1):243–9.
- 64- DEBELIAN, G.; TROPE, M. The use of premixed bioceramic materials in endodontics. *G Ital Endod*. 2016;30(2):70–80.
- 65- NAIR, U.; GHATTAS, S.; SABER, M.; NATERA, M.; WALKER, C.; PILEGGI RA. comparative evaluation of the sealing ability of 2 root-end filling materials: an in vitro leakage study using *Enterococcus faecalis*. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod* 2011; 112:74-77.
- 66- LEAL, F.; DE-DEUS, G.; BRANDAO, C.; LUNA, A.; SOUZA, E.; FIDEL, S. Similar Sealability Between Bioceramic Putty Ready-To-Use Repair Cement and White MTA. *Brazilian Dental Journal* 2013; 24(4):362-366.
- 67- SHOKOUHINEJAD, N.; NEKOOFAR, M.H.; RAZMI, H.; SAJADI, S.; DAVIES, T.E.; SAGHIRI, M.A., et al. Bioactivity of EndoSequence Root Repair Material and Bioaggregate. *Int Endod J*.2012;45(12):1127–34.
- 68- SHOKOUHINEJAD, N.; HOSEINI, A.; GORJESTANI, H.; SHAMSHIRI, A.R. The Effect of Different Irrigation Protocols for Smear Layer Removal on Bond

- Strength of a New Bioceramic Sealer. Iranian Endodontic Journal 2013; 8(1):10-13.
- 69- CELIKTEN, B.; UZUNTAS, C.F.; GULSAHI, K. Resistance to fracture of dental roots obturated with different materials. Biomed Res Int. 2015;2015.
- 70- GHONEIM, A.G.; LUTFY, R.A.; SABET, N.E, et al. (2011). Resistance to fracture of roots obturated with novel canal-filling systems. J Endod. 37:1590-1592.
- 71- TOPÇUOĞLU, H.S.; TUNCAY, Ö.; KARATAŞ, E.; ARSLAN, H.; YETER, K. In vitro fracture resistance of roots obturated with epoxy resin--based, mineral trioxide aggregate-based, and bioceramic root canal sealers. J Endod 2013; 39(12):1630-3.
- 72- COLOMBO, M. et al. (2018). Biological and physico-chemical properties of new root canal sealers. Journal of clinical and experimental dentistry. Medicina Oral S.L, 10(2), pp. e120–e126.
- 73- CANDEIRO, G.T.; CORREIA, F.C.; DUARTE, M.A.; RIBEIRO-SIQUEIRA, D.C.; GAVINI, G. Evaluation of radiopacity, pH, release of calcium ions and flow of a bioceramic root canal sealer. International Endodontic Journal 2012; 38(6): 842-45.
- 74- SHIN, J.-H.; LEE, D.-Y.; LEE, S.-H. (2018). Comparison of antimicrobial activity of traditional and new developed root sealers against pathogens related root canal. Journal of dental sciences. Association for Dental Sciences of the Republic of China, 13(1), pp. 54–59.
- 75- LODI, L.M.; POLETO, S.; SOARES, R.G.; IRALA, L.E.D.; SALLES, A.A.; LIMONGI, O. Cirurgia paraendodôntica: relato de caso clínico Paraendodontic surgery: case report. Revista sul-brasileira de Odontologia. 2008; RSBO. 5(3).
- 76- SCHIRRMESTER, J.F.; WRBAS, K.T.; MEYER, K.M.; ALTENBURGER, M.J.; HELLWIG, E. Efficacy of Different Rotary Instruments for Gutta-Percha Removal in Root Canal Retreatment. J Endod. 2006;32(5):469–72.
- 77- HESS, D.; SOLOMON, E.; SPEARS, R. Retreatability of a Bioceramic Root Canal Sealing Material. J Endod 2011; 37:1547-49.
- 78- KIM, K.; KIM, D.V.; KIM, S.; YANG, S. A micro-computed tomographic study of remaining filling materials of two bioceramic sealers and epoxy resin sealer after retreatment. Restorative Dentistry & Endodontics 2019; 44(2): e 18.

79- JAFARI, F. JAFARI, S. (2017). Composition and physicochemical properties of calcium silicate based sealers: A review article. *Journal of clinical and experimental dentistry. Medicina Oral S.L*, 9(10), pp. e1249–e1255.