

Kevin Soares Ramalheira

Cimentos Biocerâmicos em Medicina Dentária - Revisão Narrativa

Universidade Fernando Pessoa

Faculdade de Ciências da Saúde

Porto, 2023



Kevin Soares Ramalheira

Cimentos Biocerâmicos em Medicina Dentária - Revisão Narrativa

Universidade Fernando Pessoa

Faculdade de Ciências da Saúde

Porto, 2023

Kevin Soares Ramalheira

Cimentos Biocerâmicos em Medicina Dentária - Revisão Narrativa

Trabalho apresentado à Universidade Fernando  
Pessoa como parte dos requisitos para obtenção do  
grau de Mestre em Medicina Dentária

---

Kevin Soares Ramalheira

## RESUMO

Nos últimos anos surgiram na prática clínica os cimentos biocerâmicos, uma classe de materiais conhecida pela sua biocompatibilidade e estabilidade, oferecendo perspectivas promissoras para a melhoria dos tratamentos endodônticos e resultados clínicos. Atualmente o MTA é o biocerâmico mais amplamente utilizado na endodontia. Esta revisão narrativa tem como objetivo avaliar as propriedades dos biocerâmicos e compará-los com os cimentos à base de resina epóxi, considerados o "*gold-standard*" atualmente. A pesquisa bibliográfica foi efetuada nos motores de pesquisa da *Pubmed*, *Science Direct* e *B-on* no período compreendido entre 10 de Abril de 2023 a 16 de Abril de 2023 com um limite temporal de 10 anos. No total contribuíram 67 artigos após a seleção pela aplicação dos critérios de inclusão e exclusão.

Em suma, os biocerâmicos apresentam-se como a nova geração de cimentos, estudos mais recentes conferem-lhe um papel de relevância e contínuo desenvolvimento.

Palavras chave : ‘*Endodontics*’ , ‘*Bioceramics*’ , ‘*RootSealer*’

## **ABSTRACT**

In the last years, bioceramic cements have emerged in clinical practice, a class of materials known for their biocompatibility and stability, offering promising prospects for improving endodontic treatments and clinical outcomes. Currently, MTA is the most widely used bioceramic in endodontics. This narrative review aims to evaluate the properties of bioceramics and compare them with epoxy resin-based cements, currently considered the "gold-standard". The bibliographic search was carried out in the Pubmed, Science Direct and B-on search engines in the period between April 10, 2023 and April 16, 2023 with a time limit of 10 years. A total of 67 articles contributed after selection by applying the inclusion and exclusion criteria.

In conclusion, bioceramics are presented as the new generation of cements, more recent studies give them an important role and in continuous development.

Key Words : ‘*Endodontics*’ , ‘*Bioceramics*’ , ‘*RootSealer*’

## **DEDICATÓRIA**

Este trabalho é dedicado ao meu pai, Tony, à minha mãe, Helena, por tudo o que abdicaram e fizeram por mim. O meu percurso devo-lhe a eles, as minhas batalhas, as minhas conquistas e o meu sucesso tornaram-se deles.

À minha namorada, Rita, por toda a ajuda, pelo apoio, por acreditar em mim e nunca me deixar desistir.

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço mais uma vez aos meus pais. Não há palavras suficientes para agradecer tudo o que fazem por mim. Uns verdadeiros pais, uns verdadeiros amigos.

À Rita, obrigado por nunca desistires de me ajudar, motivar e por estares comigo perante todos os obstáculos. Obrigado pela tua preocupação, pelo teu empenho, por percorreres comigo e indicares o caminho certo.

Aos meus amigos, João Seródio, Nuno Rodrigues, Vinício Rodrigues, João Santiago, Rui Dias, Margarida Cura, que estiveram presentes, que me ajudaram e facilitaram esta caminhada, cavadinha.

Um obrigado especial ao João Seródio, por me desencaminhar sempre que estava a estudar, (in)felizmente por me ter apresentado a Sofia.

Aos amigos da clínica, Pedro Pereira e Gonçalo Tavares, agradeço por terem animado e por fazerem parte dos melhores anos da minha vida.

Ao Diogo Moura, por ser um verdadeiro amigo desde o secundário.

Um agradecimento especial à minha orientadora, Dr. Márcia Cascão, que a partir do momento que aceitou este desafio se provou incansável.



**ÍNDICE GERAL:**

<b>I.</b>	<b>Introdução .....</b>	<b>1</b>
	1. Materiais e métodos .....	4
	1.1 Estratégia de pesquisa .....	4
	1.2 Critérios de Inclusão e Exclusão .....	4
<b>II.</b>	<b>Desenvolvimento .....</b>	<b>6</b>
	1. Tratamento Endodôntico Não Cirúrgico .....	6
	2. Propriedades ideais de um cimento .....	8
	3. Perspectiva histórica dos biocerâmicos .....	10
	4. Considerações clínicas .....	13
	5. Cimentos biocerâmicos obturadores .....	17
	6. Cimentos biocerâmicos reparadores .....	17
	7. Usos dos cimentos biocerâmicos .....	18
<b>III.</b>	<b>Discussão .....</b>	<b>20</b>
<b>IV.</b>	<b>Conclusão .....</b>	<b>26</b>
<b>V.</b>	<b>Bibliografia .....</b>	<b>28</b>

## **LISTA DE ABREVIATURAS, SIGLAS E ACRÓNIMOS**

TENC- Tratamento Endodôntico Não Cirúrgico

MTA - Agregado de Trióxido Mineral

IRM - *Intermediate Repair Materials*

EBA - Ácido Superetoxibenzoico

## **ÍNDICE DE FIGURAS**

Figura 1 - Representação esquemática resumo da metodologia de pesquisa efetuada de artigos principais pesquisados, artigos clínicos de avaliação de eficácia dos biocerâmicos, conforme critérios de inclusão para a revisão narrativa.

## I-Introdução

Na Endodontia a presença de bactérias organizadas na maioria dos casos em biofilmes complexos, está estudada e comprovada, pelo que são fulcrais no desenvolvimento e persistência da doença periapical. Desta forma, o sucesso do tratamento endodôntico não cirúrgico TENC é o condicionamento pelo selamento hermético dos canais radiculares de forma a erradicar a presença de microrganismos assim como prevenir a sua proliferação e reinfeção (Kaul *et al.*, 2021).

Uma técnica de obturação inadequada tem sido apontada pela ciência como a razão mais frequente para o insucesso do TENC. O cimento utilizado pode ser uma das causas para a falha, pela inexistência ou ligação imperfeita entre este elemento e a dentina radicular ou entre os vários materiais utilizados, a formação de um monobloco elimina este fator-erro (Kharouf *et al.*, 2022).

A gutta-percha é considerada nas últimas décadas como o material “*gold-standard*” da obturação, sendo inerte no espaço canal e evitando a entrada e saída de bactérias. No entanto, a gutta-percha não consegue estabelecer um selamento hermético adequado devido à falta de adesão à dentina intra-radicular. Essa desvantagem instigou a importância de incorporar cimentos durante a obturação, preenchendo os espaços entre a dentina intra-radicular e a gutta-percha (Giacomino *et al.*, 2019 ; Rekha *et al.*, 2022).

Atualmente, existem vários tipos de cimentos biocerâmicos disponíveis no mercado. Estes materiais apresentam diferentes propriedades e composições, tais como, a atividade antimicrobiana observada quer nos cimentos à base de óxido de zinco e eugenol quer nos à base de hidróxido de cálcio, outra característica importante é a capacidade de adesão, presente nos cimentos à base de ionómero de vidro e resina. Contudo, não existe um único cimento que englobe todas as propriedades desejadas (Dalmia *et al.*, 2018).

Entre eles, o cimento endodôntico à base de resina epóxi AH Plus (Dentsply, DeTrey, Konstanz, Alemanha) é considerado o “*gold-standard*” em virtude do conjunto de características que contribuem para o sucesso do tratamento. Inclui na sua composição bisfenol A e F, tungsténio de cálcio, óxido de zircónio e sílica, conferindo estabilidade

dimensional, capacidade de adesão à dentina e poder antimicrobiano. No entanto, é importante salientar que o grau de citotoxicidade deste material pode variar. Deste modo, apesar do AH Plus ser amplamente utilizado e apreciado pelas suas qualidades, é fundamental considerar as suas potenciais implicações citotóxicas para garantir a segurança e eficácia do tratamento endodôntico (Troiano, *et al* 2018).

A combinação entre cimento de resina epóxi e gutta-percha apresentam uma elevada taxa de aplicabilidade e por consequente constituem-se como primeira linha na escolha para a realização de tratamentos endodônticos, contudo a procura por taxas de sucesso cada vez mais elevadas levou ao surgimento de novos cimentos (Marques Ferreira *et al.*, 2022).

Cimentos biocerâmicos surgem no seguimento desta evolução e na continuidade da sua utilização na área endodôntica. A designação de “cimentos biocerâmicos” é atribuída a um grupo de materiais constituídos principalmente por silicato de cálcio (Utneja *et al.*, 2015).

O seu uso como cimento de obturação endodôntica apresenta inúmeras vantagens sendo elas a sua biocompatibilidade, osteocondutividade, boa capacidade de vedação, adesão e boa radiopacidade, além de conter fosfato de cálcio na sua constituição. A biocompatibilidade evita a rejeição pelos tecidos adjacentes e o fosfato de cálcio aumenta exponencialmente as propriedades de fixação, o que culmina numa composição química e estrutura cristalina semelhante à hidroxiapatita de cálcio. Todas essas características têm levado ao seu uso generalizado. A maior desvantagem poderá residir na dificuldade em remover o material do canal radicular em casos que o retratamento endodôntico não cirúrgico está indicado (Zhekov e Stefanova, 2021).

O primeiro material biocerâmico manuseado com sucesso na endodontia foi o cimento Agregado de Trióxido Mineral (MTA). Foi inicialmente desenvolvido como material de retro-obturação e reparação de perfurações. O MTA e o Cimento de Portland apresentam composições similares, tanto a nível de propriedades físicas como químicas. O cimento de Portland apresenta na sua composição silicato tricálcico ( $3\text{CaO}\cdot\text{SiO}_2$ ), silicato de dicálcico ( $2\text{CaO}\cdot\text{SiO}_2$ ), tricálcico aluminato ( $3\text{CaO}\cdot\text{Al}_2\text{O}_3$ ) e sulfato de calc o ( $2\text{CaSO}_4\cdot\text{H}_2\text{O}$ ). Em adição, o MTA cont m óxido de bismuto, uma substância insolúvel que lhe confere radiopacidade (Jitaru *et al.*, 2016).

Concomitantemente ao MTA surgiu também o Biodentine, os dois materiais apresentam aplicações clínicas muito semelhantes, conseguindo o segundo colmatar algumas falhas do primeiro graças à maior capacidade de resistência à compressão, semelhante à dentina. No entanto, foi observado que a Biodentine possui menor radiopacidade em comparação com outros cimentos à base de silicato tricálcico, havendo relatos conflituosos sobre se cumpre os limites de radiopacidade estabelecidos pela ISO. Da mesma forma, os resultados acerca da estabilidade de cor da Biodentine são contraditórios, possivelmente devido a variações nas metodologias utilizadas em diferentes estudos (Rajasekharan *et al* 2018).

Estudos sobre a Biodentine têm se focado na resistência à compressão, na sua microdureza, resistência à flexão, capacidade de selamento, resistência de união e libertação de íons de cálcio, sendo estes significativamente superiores quando comparados com outros cimentos à base de silicato tricálcico. No entanto, como desvantagens, em estudos a longo prazo, este material tem apresentado uma maior solubilidade, maior libertação de metais pesados e diminuição da resistência por parte da interface (Rajasekharan *et al* 2018).

O tema deste trabalho surgiu do fascínio e interesse que tive em explorar a potencialidade dos biocerâmicos no campo da endodontia. A pesquisa deste trabalho teve como objectivo concluir se nos novos cimentos utilizados, clinicamente na obturação de sistema de canais radiculares, oferecem resultados positivos a longo prazo e se faz sentido abandonar a utilização dos cimento resinosos, considerados até à actualidade como aqueles que reúnem um conjunto de características mais satisfatórias.

Com a oportunidade que tive em conduzir esta pesquisa e de desenvolver um trabalho científico sobre esta temática acredito que constitui uma forma de contribuir para a evolução e para o conhecimento desta área que se encontra em constante evolução.

## 1. MATERIAIS E MÉTODOS

### 1.1 Estratégia de pesquisa

Considerando o tema acima proposto foi realizada uma pesquisa de literatura científica nas seguintes plataformas on-line : PubMed, B-on e Science Direct.

As palavras-chave utilizadas nesta pesquisa foram: “Endodontics”; “Bioceramics”; "Root Sealer" aplicando o operador booleano “AND”. Com o somatório da pesquisa realizada foi obtido um total de 2314 artigos que após remoção dos duplicados foram submetidos a triagem criteriosamente realizada fundamentada na remoção por desenquadramento temático , e subsequentemente, a critérios de inclusão e exclusão.

A pesquisa foi limitada aos artigos publicados num intervalo de tempo compreendendo os anos 2013 a 2023 sendo limitada aos artigos publicados em língua inglesa.

### 1.2 Critérios de Inclusão e Exclusão

Os estudos incluídos na presente tese pretendem fornecer uma perspectiva histórica dos cimentos biocerâmicos, das suas aplicabilidades e pressupostas vantagens na prática clínica.

Posto isto foram considerados e incluídos artigos de revisão narrativa, revisão sistemática, meta-análise, ensaio clínico randomizado, caso clínico e estudos *in vitro*. Respetivamente aos ensaios clínicos foram aplicados os seguintes critérios de integração como pode ser visualizado na figura 1.

- Registo de resultados quantitativos e qualitativos da eficácia clínica dos biocerâmicos testados
- Presença de grupo controlo positivo e negativo
- Uso de pelo menos um bioceramico, no ensaio clínico

Foram excluídos livros e documentos e *edition letters*.

A referida pesquisa foi realizada entre o período de 10 de Abril a 16 de Abril de 2023.

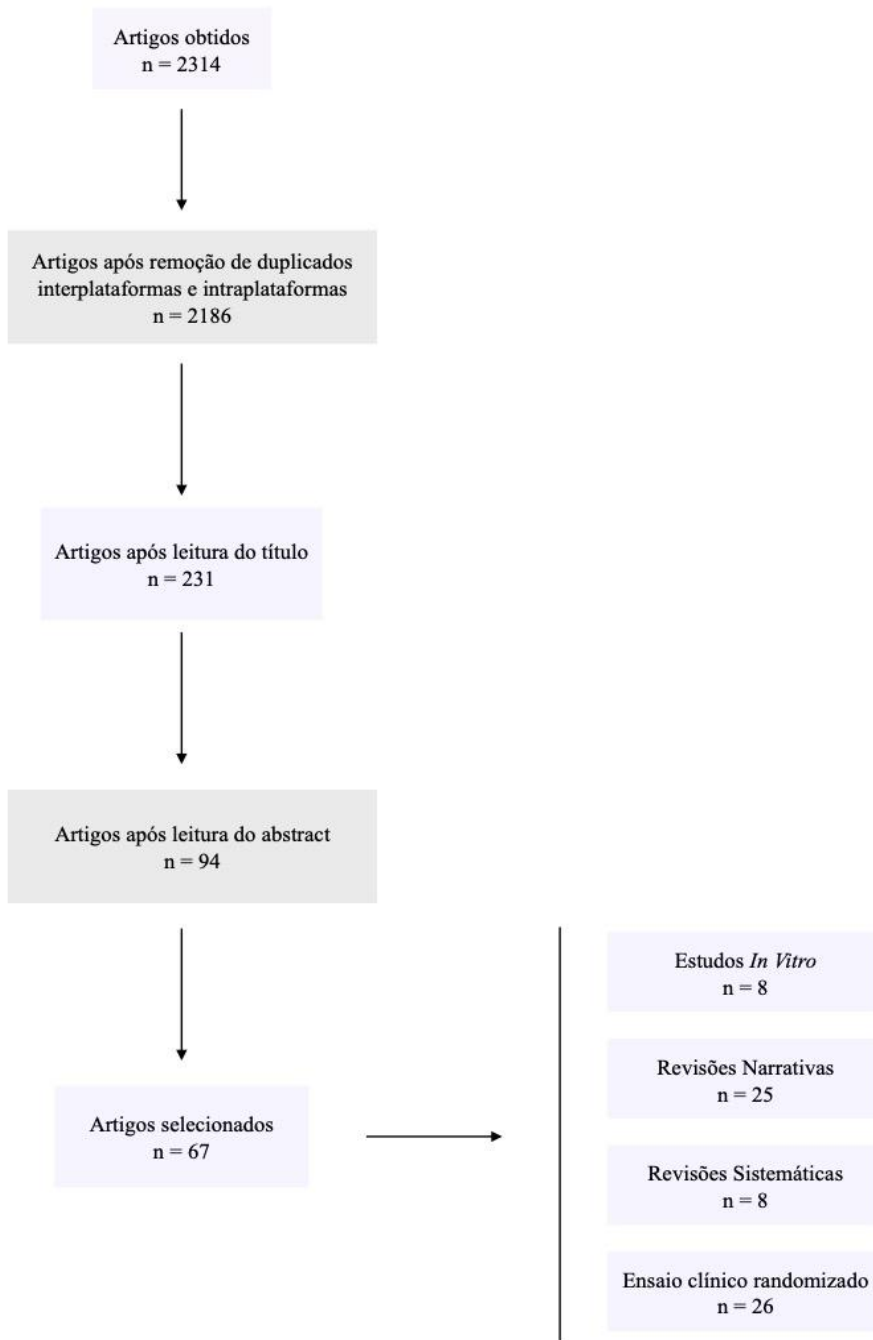


Figura 1 - Representação esquemática resumo da metodologia de pesquisa efetuada de artigos principais pesquisados, artigos clínicos de avaliação de eficácia dos biocerâmicos, conforme critérios de inclusão para a revisão narrativa.



## II. Desenvolvimento

### 1. Tratamento Endodôntico Não Cirúrgico

Os microrganismos desempenham um papel primordial na patogênese das lesões pulpares e periapicais. Quando atingem os canais radiculares, formam biofilmes, o que os torna mais resistentes a agentes antimicrobianos do que as bactérias no estado planctônico. A formação de biofilme oral tem uma natureza dinâmica com um processo linear que ocorre quando as células bacterianas planctônicas se ligam à superfície do dente. Este processo é seguido pela incorporação de uma matriz de substâncias poliméricas extracelulares e exibe uma alteração fenotípica em relação à taxa de crescimento e transcrição genética das bactérias do biofilme em comparação com suas contrapartes planctônicas. Estas várias fases de interação microbiana com a superfície requerem a produção de polímeros extracelulares que auxiliam na adesão inicial e manutenção da estrutura tridimensional do biofilme. No micro-ambiente anaeróbio de dentes com infecção, os microrganismos colonizam o sistema de canais radiculares, e ligam-se às paredes formando biofilmes endodônticos que criam mecanismos de adaptação ao habitat local. Os túbulos dentinários são uma porta de comunicação do espaço canal principal em direção à sua periferia. As bactérias que se encontram nos túbulos são as mais difíceis de alcançar e eliminar com estratégias tradicionais de desinfecção e instrumentação (Munitić *et al.*, 2019 ; Wang, Shen e Haapasalo 2021).

A preparação mecânica, apresenta-se como a responsável pela redução do número de microrganismos no canal radicular infectado. No entanto, áreas de acesso complexo, no canal radicular permanecem inacessíveis pelos instrumentos, existindo uma dificuldade acrescida na sua remoção completa, sendo a irrigação conjugada com algumas estratégias a responsável pela sua remoção (Mandava *et al.*, 2018 ; Munitić *et al.*, 2019 ; Camacho *et al.*, 2020 ; Wang, Shen e Haapasalo 2021).

O preenchimento e selamento do canal radicular constitui-se como um passo crucial pois visa impedir a progressão de bactérias nos tecidos periapicais, reter bactérias que resistiram à fase de instrumentação/irrigação intracanal e obstruir a entrada de exsudados perirradiculares. Desta forma, o sucesso do tratamento endodôntico encontra-se intimamente dependente da limpeza, instrumentação e obturação tridimensional (Kaul *et al.*, 2021 ; Marques Ferreira *et al.*, 2022).

Uma técnica de obturação inadequada estabelece-se como a razão mais frequente do insucesso pós-TENC (Kaul *et al.*, 2021). Outro motivo para a falha no TENC, é o enfraquecimento das paredes do canal radicular causado pelo exercício de força excessiva durante a instrumentação, a sobreinstrumentação canalar ou desmineralização devido à aplicação de soluções irrigantes. Como consequência do enfraquecimento causado, a probabilidade de fractura radicular torna-se mais prevalente visto que a resistência às cargas funcionais diminui exponencialmente (Badawy *et al.*, 2016).

Contrariamente ao que era afirmado no passado menos recente, o sucesso a longo prazo do tratamento endodôntico depende em maior proporção da obturação tridimensional e em menor da extensão do preenchimento, ou seja, a sub ou sobre-extensão (Agrawal *et al.*, 2020). A obturação tridimensional visa oferecer uma dimensão estável e um correto selamento apical evitando assim qualquer comunicação entre os canais radiculares e o espaço periodontal (Candeiro *et al.* 2019).

Falhas no preenchimento do sistema canalar constituem-se como um fator predisponente para o crescimento bacteriano, cerca de 58% do insucesso endodôntico deriva de falhas de obturação. As causas para uma incompleta obturação podem ser devido a uma técnica inapropriada de obturação ou como consequência de uma incompleta instrumentação (Mandava *et al.*, 2018).

A Gutta-percha é o material de núcleo mais usado, contudo não possui adesão natural à dentina intra-radicular. Deste modo, diversos materiais surgiram para combater essa lacuna, como cimento à base de óxido de zinco e eugenol, à base de hidróxido de cálcio, à base de ionômero de vidro, à base de resina epóxi, à base de silicone e, mais recentemente, à base de componentes de cálcio denominando-se biocerâmicos (Marques Ferreira *et al.*, 2022). Os cimentos que são utilizados para técnicas de obturação devem adquirir um papel de lubrificante, selando o espaço entre a gutta-percha e a parede canalar (Agrawal *et al.*, 2020). Deste modo, os cimentos endodônticos desempenham um papel de extrema importância no controlo da infeção de origem endodôntica, evitando a ocorrência de reinfecção do canal radicular (Munitić *et al.*, 2019).

## 2. Propriedades ideais de um cimento

Os materiais obturadores devem conter características biológicas, físicas e de manipulação específicas sendo que primordialmente devem ser capazes de estabelecer uma ligação entre o material de núcleo e as paredes dentinárias dos canais radiculares, preencher as zonas anatómicas canulares que se apresentam inacessíveis pelo por materiais sólidos, prevenir a invasão bacteriana e atuar como um lubrificante aquando do posicionamento do material de núcleo (AL-Haddad e Che Ab Aziz, 2016 ; Marques Ferreira *et al.*, 2022).

A técnica clássica de obturação associa um cimento obturador a uma material central sólido a Gutta-Percha, contudo este não apresenta adesão natural aos tecidos e por esse motivo surgem diversos cimentos com características diferenciadoras para o objetivo pretendido (Marques Ferreira *et al.*, 2022).

Posto isto, segundo Al- Haddad um cimento endodôntico ideal deve possuir determinadas propriedades (AL-Haddad e Che Ab Aziz, 2016).

- **Biocompatibilidade** : A biocompatibilidade é uma das propriedades mais preponderantes num cimento e define-se como sendo a capacidade que o mesmo têm de não desencadear uma reação adversa nos tecidos biológicos tais como reação de toxicidade, irritação, edema ou carcinogénese. Denota-se que a biocompatibilidade de um cimento depende da presença de fosfato de cálcio na sua constituição.
- **Tempo de presa** : Um cimento obturador ideal deve ter um tempo de presa adequado de modo a que seja passível de realizar uma manipulação correta e obter o tempo de trabalho apropriado. Encontra-se descrito na literatura que um tempo de presa lento pode provocar irritação pois encontra-se presente um certo nível de toxicidade até que a mistura esteja completamente homogênea e pronta a ser utilizada.
- **Fluidez** : Um cimento deve apresentar uma taxa de fluidez adequada não inferior a 20 mm, pois a mesma irá permitir que zonas anatómicas de difícil acesso, canais acessórios e istmos sejam completamente preenchidas pelo material obturador.

- **Retratabilidade** : Clinicamente a remoção total do cimento obturador é capital durante o retratamento endodôntico de modo a que se restabeleça a higidez dos tecidos periapicais circundantes. Conseqüentemente, um cimento ideal deve ser facilmente retratado pelos meios disponíveis para o efeito.
- **Solubilidade** : A solubilidade define-se como sendo a perda de material sólido aquando do contacto com água, num cimento endodontico é idealizado que a sua solubilidade não deva exceder os 3% por massa e por consequência que se mantenha íntegro na presença de água. Caso um cimento apresente uma alta solubilidade é verificado que existe a formação de lacunas entre o material e os canais radiculares que se constituem como portas de entrada para vazamentos oriundos da cavidade oral e dos tecidos periapicais adjacentes.
- **Descoloração Dentária** : Numa perspectiva estética, um cimento ideal não deve provocar descoloração dentária, caso este fenômeno ocorra verifica-se que é provocado essencialmente pela deficiente remoção do excesso de cimento da dentina coronária circundante à câmara pulpar.
- **Radiopacidade** : Pretende-se com um cimento ideal que o mesmo seja suficientemente radiopaco em comparação com as estruturas adjacentes, de modo a que seja possível radiograficamente visualizar e verificar a qualidade do selamento realizado. De acordo com ISO 6876/2001 um cimento obturador deve ter no mínimo uma radiopacidade de 3.00 nm de alumínio.
- **Propriedades Antimicrobianas** : As características antimicrobianas de um cimento permitem que seja efetuada uma eliminação bacteriana residual que subsistiu ao processo de desinfecção previamente efetuado. Os elementos chave antimicrobianos que existem nos cimentos são os iões cálcio e elementos alcalinos que influenciam o pH no combate bacteriano.

- **Adesão** : Todo e qualquer cimento deve ser capaz de estabelecer uma ligação entre o material de núcleo e as paredes canulares, a força dessa ligação pode ser avaliada através de testes de força de união e de extrusão visto que a adesão se encontra diretamente relacionada com a solubilidade.

### 3. Perspectiva histórica dos biocerâmicos

Nos últimos 20 anos surgiram os Biocerâmicos que revolucionaram o campo endodôntico não só a nível dos procedimentos e dos seus prognósticos como os resultados nos pacientes (Utneja *et al.*, 2015).

Os biocerâmicos são materiais cerâmicos biocompatíveis que apresentam como características diferenciadoras a mimetização do tecido local e estimulação celular de modo a que ocorra regeneração tecidular. Estes cimentos apresentam na sua composição alumina e zircônia, vidro bioativo, vitrocerâmica, silicatos de cálcio, hidroxiapatita e fosfato de cálcio (Raghavendra *et al.*, 2017).

A nível das suas propriedades e de relacionamento com os tecidos biológicos destaca-se a sua inserção em três grupos, Bioinertes, Bioativos e Biodegradáveis. Os biocerâmicos bioinertes não reagem de forma nenhuma com os tecidos (alumina e zircônia), os biocerâmicos bioativos apresentam uma durabilidade extensa e reagem em todo a sua área de contacto com o tecido sendo considerados osteoindutores e osteocondutores (hidroxiapatita e vidro bioativo), os biocerâmicos biodegradáveis podem ser dissolvidos e incorporados nos tecidos ajudando na sua substituição posteriormente (fosfato tricálcico e fosfato de cálcio) (Assadian *et al.* 2016 ; Teja e Ramesh 2020).

Considerando a composição dos biocerâmicos e os seus constituintes primários consegue-se diferenciar em 4 grupos : MTA (*based sealers*) , biocerâmicos à base de Silicato de Cálcio, biocerâmicos à base de Fosfatos e biocerâmicos à base de Fosfato de Cálcio (Teja e Ramesh, 2020).

Em 1824, o químico Joseph Aspdin patenteou o cimento Portland, um cimento resultante da calcinação de uma mistura composta por calcários originários de Portland, na Inglaterra, juntamente com materiais sílicos argilosos. O cimento Portland ganhou notoriedade por ser acessível de modo financeiro em comparação a outros materiais. No entanto, é importante salientar que a composição apresentava compostos tóxicos, como chumbo e arsênio, o que tornava o seu uso na área médico dentária contraindicado devido aos riscos associados à saúde (Raghavendra *et al.*, 2017).

O MTA foi o primeiro biocerâmico de primeira geração e foi introduzido por volta de 1990 apresenta na sua constituição cimento de Portland e óxido de bismuto que é o elemento responsável por fornecer radiopacidade ao material (Raghavendra *et al.*, 2017 ; Kharouf *et al.*, 2022).

Em meados de 1993, o Agregado de Trióxido Mineral (MTA) foi introduzido na prática clínica por Mahmoud Torabinejad, tornando-se o cimento biocerâmico reparador mais reconhecido e amplamente utilizado na Endodontia. Uma das características diferenciadoras deste cimento é a sua notável biocompatibilidade (Torabinejad, Paririkh e Dummer, 2017).

Algumas diferenças entre o cimento Portland e o MTA decorrem da natureza bioativa do MTA, sendo que apresenta partículas de tamanho reduzido e a presença de óxido de bismuto, bem como níveis mais elevados de aluminato de cálcio e sulfato de cálcio (Jitaru *et al.*, 2016).

O MTA é recomendado para diversos procedimentos dentários, como capeamento pulpar, pulpotomia, reparação de perfuração radicular, reabsorção interna e retro-obturação. Inicialmente, foi comercializado como GMTA (cinza), contendo iões de ferro na sua composição. Posteriormente, foi desenvolvido o WMTA (branco) com o objetivo seria solucionar o problema de descoloração dentária associado ao GMTA. Estudos posteriores revelaram que a descoloração dentária estava relacionada com a presença do radiopacificador óxido de bismuto (Jitaru *et al.*, 2016).

O MTA possui um poder alcalino superior aos comuns, com um pH próximo de 12,5, o que o torna altamente antimicrobiano. Além disso, exhibe excelentes propriedades de selamento marginal, tornando-se uma opção prática para uso clínico. No mesmo sentido a sua baixa

solubilidade, capacidade de aderência e ligação com a dentina também são notáveis, assim como sua resistência à compressão (Torabinejad, Paririkh e Dummer, 2017).

Os materiais de primeira geração eram constituídos por misturas simples de cimento e óxido de bismuto, no entanto, uma série de complicações surgiram com o uso desses materiais, incluindo oligoelementos, presença de alumínio no cimento Portland, estabilidade do óxido de bismuto e também alguns problemas com manipulação e colocação (Camilleri, 2017).

A fonte de silicato de cálcio determina a pureza do cimento obtido, quando o cimento Portland é usado como substrato, ocorrem grandes instabilidades na composição, tal como quantidades variáveis de oligoelementos, como arsênico e chumbo contrariamente aos biocerâmicos de silicato de cálcio produzidos em laboratório (como Bio-Root RCS), que não contém oligoelementos e são compostos de silicato de cálcio puro (Zhekov e Stefanova, 2021).

Devido a todos os inconvenientes clínicos houve a necessidade de realizar modificações nos constituintes sendo que o cimento de Portland utilizado inicialmente foi substituído por Silicato de Tricálcico de modo a diminuir a percentagem de alumínio presente previamente, o óxido de bismuto foi substituído por outros compostos radiopacos que fornecessem maior estabilidade ao cimento e as propriedades de manipulação foram também melhoradas surgindo então os materiais de segunda geração (Camilleri, 2017).

As partículas constituintes do cimento dos materiais de primeira geração variam num intervalo de 1.5–160  $\mu\text{m}$  o que se demonstrou insuficiente para obter uma boa taxa de fluidez de modo a fabricar um biocerâmico puro. Com os avanços tecnológicos ao nível da nanotecnologia foi possível diminuir o tamanho destas partículas surgindo uma nova geração de biocerâmicos, os biocerâmicos à base de Silicato de Cálcio (Kharouf *et al.*, 2022).

A biodentine integra o grupo dos biocerâmicos à base de Silicato de Cálcio e surgiu no mercado por volta de 2009 e é constituída essencialmente por MTA com a exceção de que alguns constituintes foram renovados de modo a melhorar as propriedades físicas e de manipulação (Raghavendra *et al.*, 2017).

Os cimentos biocerâmicos utilizam a água naturalmente presente nos túbulos dentinários para iniciar o processo de endurecimento, resultando numa redução do tempo de presa. Aproximadamente 20% da dentina é composta por água, desempenhando um papel fundamental no processo de solidificação do cimento sendo que os cimentos biocerâmicos possuem a propriedade de endurecer apenas em ambientes com presença de humidade, como os túbulos dentinários. Durante a hidratação, ocorre a formação de gel de silicato de cálcio e hidróxido de cálcio, resultando na precipitação de hidroxiapatita e água através da reação com iões fosfato (Malhotra *et al.*, 2014).

Após a hidratação, ocorre a formação de gel de silicato de cálcio e hidróxido de cálcio a partir do silicato de cálcio em pó. A reação do hidróxido de cálcio com iões de fosfato resulta na precipitação de hidroxiapatita e de água. A hidroxiapatita produzida, devido à característica de não apresentar qualquer tipo de toxicidade, é utilizada como material de reconstrução e reparação óssea (Malhotra *et al.*, 2014).

#### **4. Considerações clínicas**

Ao nível das aplicabilidades destaca-se que os cimentos biocerâmicos em formato putty como MTA, Biodentine, BioAggregate, BC Putty e CEM são habitualmente utilizados para obturação retrógrada, terapia pulpar vital, apexificação/tratamento endodôntico regenerativo, reparação de perfurações e outras iatrogenias. Por outro lado, biocerâmicos em formato de pasta, como BioRoot RCS e BC Sealer, são frequentemente utilizados como agentes selantes na obturação de canais radiculares (Dong e Xu, 2023).

Constituem-se como vantagens as excelentes propriedades de biocompatibilidade devido à similaridade química com a hidroxiapatita, a sua capacidade de osteoindução intrínseca, excelente vedação hermética, boa radiopacidade e propriedades antibacterianas como resultado da precipitação *in situ* após tempo de presa (Raghavendra *et al.*, 2017).

Ao nível das desvantagens, a dificuldade na remoção do cimento no Retratamento Endodôntico não cirúrgico representa a complicação predominante, acrescendo o alto custo



dos biocerâmicos e a falta de *follow-up* de modo a obtermos dados a longo prazo da eficácia do tratamento (Camilleri, 2017).

A alta solubilidade dos cimentos biocerâmicos é também uma preocupação, pois pode resultar em lacunas entre a parede dentinária e o material obturador, o que compromete a qualidade do selamento. Os selantes à base de silicato de cálcio estão associados a uma solubilidade significativamente maior do que os cimentos à base de resina epóxi (AH Plus). A adição de materiais nanofásicos à biocerâmica pode ter a capacidade de melhorar as propriedades físico-químicas, microestruturais, resistência à compressão e diminuir a solubilidade dos mesmos (Dong e Xu, 2023).

Em ensaios clínicos randomizados e estudos de caso controle, realizados para avaliar se a Biodentine pode ser uma alternativa viável ao MTA em diversas aplicações clínicas, os resultados obtidos foram positivos, admitido-a como uma opção válida a nível clínico (Rajasekharan *et al.*, 2018).

Igualmente importante, são as técnicas de obturação utilizadas na obturação do sistema de canais. Atualmente os estudos referem que, as técnicas de obturação de onda contínua e cone único superam as limitações da condensação lateral a frio garantindo que ocorra a formação de uma massa homogênea. Porém, a compatibilidade entre a técnica de obturação de onda contínua e os cimentos biocerâmicos é questionada, pois o calor produzido durante o processo de compactação pode alterar as propriedades do cimento, afetando sua capacidade de vedação (Akhtar *et al.*, 2023).

A utilização combinada de cimentos biocerâmicos com a técnica de cone único tem alcançado resultados clínicos satisfatórios. O preenchimento do sistema de canais radiculares utilizando a dupla gutta-percha/cimento biocerâmico apresenta uma duração de dor pós-operatória similar ou menor quando comparados com o preenchimento com gutta-percha/cimento tradicional (Malhotra *et al.*, 2014).

Estudos retrospectivos relatam uma taxa geral de sucesso de 90,9% usando o BC Sealer e a técnica de cone único. Outro estudo retrospectivo mostrou que a combinação do BC Sealer com a técnica de cone único alcançou uma taxa de sucesso de 88,7% para tratamentos iniciais e 63,9% para retratamentos endodônticos não cirúrgicos. Estudos prospectivos indicam que o

BioRoot RCS combinado com o método de cone único atingiu uma taxa de sucesso de 1 ano de 90% a 97,44%, sendo comparável à taxa de sucesso de 89% a 93,33% da condensação vertical a quente de gutapercha com cimentos à base de resina (Malhotra *et al.*, 2014).

De ressaltar também que a técnica de obturação por onda contínua resulta, segundo os estudos mais recentes, em menores valores de microinfiltração, enquanto os maiores valores foram registrados com a técnica de cone único usando gutta-percha revestido com cimento biocerâmico (Akhtar *et al.*, 2023).

Estudos recentes revelam que os cimentos biocerâmicos pré-misturados, como o Endosequence® BC Sealer e o iRoot® SP, são cimentos à base de silicato de cálcio prontos para uso, sendo que o seu armazenamento se faz por via de seringas herméticas. Essa apresentação em seringas confere uma vantagem significativa, pois permite que se faça a sua aplicação diretamente nos canais radiculares sem necessidade de mistura prévia manual. Esta característica facilita o modo de dispensa do cimento, eliminando a necessidade de medidas adicionais, tornando o processo mais prático (Kim *et al.*, 2017).

Num estudo realizado para avaliar a qualidade do preenchimento do cimento biocerâmico ao inseri-lo diretamente no canal radicular através de ponteiras, em comparação com o uso de aplicação ultrassônica com cone de gutta-percha como intermediário concluiu-se que a utilização de ondas ultrassônicas resultou em menos lacunas entre a parede dentinária e o cimento, indicando deste modo uma melhor adaptação do material ao canal radicular (Jeong *et al.*, 2017).

O cimento SmartPaste Bio é preparado em associação com o pó ativador hidrofílico e aplicado no cone, que é posteriormente inserido no canal radicular, realizando movimentos de bombeamento. Esta técnica tem por objetivo garantir a adequada penetração do cimento nas reentrâncias e irregularidades do canal radicular, assegurando uma adaptação e vedação eficazes (Hegde e Murkey, 2017).

Kim *et al* conduziram uma pesquisa na qual avaliaram e compararam a eficácia de dois métodos de aplicação dos cimentos biocerâmicos no canal radicular. Um grupo utilizou a inserção direta do cimento através de ponteiras, enquanto outro grupo aplicou o cimento por meio de ultrassons utilizando um cone de gutta-percha como intermediário. Os resultados

indicaram que a aplicação por meio de ultrassom resultaram numa menor formação de lacunas entre a parede dentinária e o cimento, o que sugere um preenchimento mais eficiente do espaço. A qualidade do preenchimento e a remoção dos cimentos EndoSequence Sealer BC (biocerâmico) e AH Plus (com resina em sua composição) foram avaliadas quer nos canais radiculares quer nos túbulos dentinários. Observou-se que o AH Plus apresenta uma maior penetração no terço coronal do canal. Relativamente à remoção do cimento, os dois cimentos demonstraram a presença de resíduos remanescentes no conduto (Kim *et al.*, 2015).

Num estudo realizado em 2020 cujo pressuposto foi avaliar a potencial ocorrência de defeitos dentinários após a remoção da obturação do sistema de canais radiculares com dois cimentos distintos, utilizando o sistema Reciproc ou o Reciproc Blue, constatou-se que o novo tratamento térmico de superfície "Blue" aplicado ao Reciproc Blue apresenta resultados superiores, nomeadamente uma maior flexibilidade, em comparação com as propriedades mecânicas dos instrumentos do Sistema Recíproco. Contudo, os resultados nesta investigação não revelaram diferenças significativas em relação à formação de defeitos dentinários após a utilização de ambos os instrumentos para a remoção, quer estivessem associados aos cimentos AH Plus ou EndoSequence BC, concluindo que o cimento utilizado não tem interferência direta na formação de fissuras num possível retratamento endodôntico não cirúrgico (Almeida *et al.* 2020).

Num estudo recente e com o objetivo de investigar a resistência à fratura, a força de ligação push-out e a penetração do cimento no terço coronal, médio e apical utilizando microscopia de varredura a laser e módulo de elasticidade os resultados indicaram que o cimento biocerâmico apresentou uma notável capacidade de penetração, especialmente na região apical, a porção canalar onde estão presentes mais canais laterais e onde o selamento dos túbulos dentinários têm uma maior relevância clínica Ao analisar a penetração do cimento BC Sealer utilizando a técnica de cone único, observou-se que houve uma maior penetração no terço apical sendo que essa capacidade de penetração é atribuída ao tamanho das partículas do cimento biocerâmico (Osiri *et al.*, 2018).

## **5. Cimentos biocerâmicos obturadores**

A relação apropriada do material de obturação com os tecidos periodontais ao redor é indispensável, o que significa que a mesma não deve causar reações indesejáveis, tais como toxicidade, irritação, inflamação, alergia ou carcinogenicidade. Diversas pesquisas apontam que os cimentos biocerâmicos utilizados como material de obturação apresentam excelente biocompatibilidade (Malhotra *et al.*, 2014).

Um material obturador ideal deve proporcionar uma vedação completa do ápice sendo que o mesmo se deve ligar quimicamente à parede dentinária do canal radicular. Além disso, é importante que o cimento seja antibacteriano e resistente à dissolução. Neste sentido, os cimentos biocerâmicos satisfazem plenamente estes critérios (Munitić *et al.*, 2019).

Algumas marcas de cimentos biocerâmicos obturadores estão disponíveis atualmente no mercado, podendo-se citar algumas, como: iRoot SP, iRoot BP Plus, Endosequence BC Sealer, Biodentine, Biosealer, MTA Fillapex (Malhotra *et al.*, 2014).

## **6. Cimentos biocerâmicos reparadores**

Atualmente existem, cimentos biocerâmicos utilizados como obturadores e também os materiais classificados como reparadores. Estes são utilizados em situações complexas, muitas vezes iatrogenias, em que o prognóstico geralmente é bastante desfavorável. São indicados em diversas situações clínicas, sendo as mais comuns o selamento de perfurações endodônticas infra-ósseas, tratamento de reabsorções radiculares, retrobturações em cirurgias periapicais, proteção em exposições pulpares como agentes capeadores (Torabinejad, Paririkh e Dummer, 2017).

Alguns cimentos biocerâmicos reparadores estão disponíveis atualmente no mercado como por exemplo o MTA Angelus. Encontramos também outras apresentações comerciais, como o Pro Root Dentsplay Sirona, CPM MTA EGEO e Biodentine SEPTODONT (Torabinejad, Paririkh e Dummer, 2017).

## 7. Usos dos cimentos biocerâmicos

O preenchimento apical pode ser alcançado através de duas técnicas distintas: a ortógrada e a retrógrada, ambas visando um selamento adequado da região do terço apical. Um material de selamento apical ideal deve possuir características de bioatividade, biocompatibilidade, estabilidade dimensional a longo prazo, e promoção da cicatrização dos tecidos circundantes. Vários materiais restauradores têm sido utilizados para o preenchimento, sendo os biocerâmicos, como o MTA, considerados entre os mais notáveis (Dong e Xu, 2023).

Ao nível da microcirurgia endodôntica os biocerâmicos são amplamente utilizados devido à sua elevada biocompatibilidade, excelente capacidade de selamento, inibição de microrganismos patogênicos e capacidade de promover a cicatrização dos tecidos periapicais. A taxa de sucesso dos cimentos biocerâmicos é substancialmente superior àquela da amálgama e cimentos resinosos, assemelhando-se à utilização de IRM e ácido superetoxibenzoico (Super EBA) como materiais de preenchimento apical em cirurgias apicais (Dong e Xu, 2023).

A remoção completa da dentina infectada em cavidades profundas sem comprometimento endodôntico pode, por vezes, resultar na exposição direta da polpa saudável através da exposição da câmara pulpar. Em determinadas condições, a restauração desta comunicação pode ser realizada utilizando um cimento de hidróxido de cálcio de modo a realizar capeamento pulpar direto. O sucesso do tratamento é avaliado pela persistência da vitalidade pulpar. Estudos de acompanhamento ao longo de dez anos indicam uma taxa de sucesso entre 30% a 85% (Morotomi, Washio e Kitamura 2019).

Nos últimos 10 anos, o MTA, um material bioativo que tem sido utilizado para capeamento pulpar direto. É não reabsorvível, pode endurecer em condições húmidas e estimula a formação de tecido dentinário. A taxa de sucesso relatada após a realização de capeamento pulpar direto é superior quando se utiliza MTA comparativamente ao hidróxido de cálcio. Num estudo comparativo, Mente *et al.* reportaram uma taxa de sucesso de 80,5% para o capeamento pulpar direto com MTA e 59% quando se utiliza hidróxido de cálcio, num período de 24 a 123 meses (média de 42 meses) (Mente *et al.*, 2014).

A pulpotomia é um procedimento clínico utilizado para remover o tecido pulpar inflamado, com o objetivo de preservar o tecido pulpar saudável. Durante este tratamento, a parte afetada da polpa dentária é cuidadosamente removida, e é aplicado um agente de capeamento pulpar na área tratada para estimular a formação de uma barreira protetora e favorecer a regeneração do tecido (Zafar *et al.*, 2020).

Estudos têm vindo a demonstrar que o MTA apresenta uma taxa de sucesso superior em comparação com o hidróxido de cálcio em dentes permanentes maduros submetidos à pulpotomia parcial. (Taha e Khazali 2017).

Um estudo adicional, avaliou a utilização de cimentos biocerâmicos à base de fosfato de cálcio na reparação de perfurações. Os resultados obtidos demonstraram uma taxa de sucesso significativamente elevada na reparação das perfurações, existindo adicionalmente formação de tecido cicatrizado, resultando em melhorias consideráveis na função e na saúde dos dentes avaliados (Estrela *et al.* 2018).

Além disso, os biocerâmicos também apresentaram propriedades antimicrobianas notáveis, essenciais para evitar infecções secundárias e promover uma cicatrização adequada. Estudos, confirmam que os biocerâmicos possuem a capacidade de inibir o crescimento de micro-organismos patogênicos, contribuindo, assim, para o êxito na reparação das perfurações de origem endodôntica (Saed, Ashley e Darcey 2016).

Ao nível da apexificação existem diferentes tipos de biocerâmicos utilizados tais como o MTA, a Biodentine e o BioAggregate. O MTA, por exemplo, é amplamente utilizado e tem demonstrado sucesso. Um estudo publicado em 2019, comparou o uso do MTA e da Biodentine num processo de apexificação e concluiu que ambos os materiais foram igualmente eficazes na formação de barreira apical e na promoção de reparo e cicatrização tecidual (Gomes *et al.*, 2019).

Adicionalmente, nos casos de apexificação, foram observadas propriedades promissoras dos cimentos biocerâmicos, incluindo a redução da radioluminescência apical e a ausência de sinais e sintomas clínicos que indicassem falhas no tratamento. No entanto, é essencial

conduzir estudos retrospectivos adicionais para avaliar a incidência de lesões perirradiculares após a obturação quando utilizados estes tipos de cimentos (Palma *et al.*, 2019).

Na presença de uma reabsorção radicular interna, os biocerâmicos têm sido amplamente utilizados nos últimos tempos. O seu modo de utilização consiste no seu uso como materiais obturadores durante a obturação do canal, preenchendo o espaço após a remoção do tecido. O uso de biocerâmicos como obturadores tem apresentado bastante sucesso na obtenção de selamento hermético correto, prevenindo a infiltração bacteriana (Khalil *et al.*, 2020).

Num estudo conduzido por Shokouhinejad *et al.*, publicado no Journal of Conservative Dentistry em 2013, avaliou especificamente o uso de MTA como material obturador em casos de reabsorção radicular interna sendo que os resultados relataram efetividade do MTA na regeneração do tecido pulpar e na preservação da estrutura dentária (Shokouhinejad *et al.*, 2013).

### **III. Discussão**

Ao nível das propriedades dos biocerâmicos, a solubilidade é uma característica essencial e, determina em grande parte o sucesso do tratamento pois a sua dissolução pode originar a libertação de compostos químicos que em contacto com os tecidos periapicais poderão levar a uma reação inflamatória e a reinfecção canalar (Silva *et al.*, 2021).

Em geral os cimentos à base de resina epóxi são considerados os “gold-standard” uma vez que apresentam um grau de solubilidade baixo de acordo com as normas ISO 6876:2012 e guidelines ANSI/ADA 57:2000. Por outro lado, os cimentos à base de silicato de cálcio não apresentam um padrão bem definido do seu grau de solubilidade, existindo evidência contraditória e estudos que revelam um baixo grau de solubilidade tanto como um alto grau de solubilidade (Silva *et al.*, 2021).

A retratabilidade de um cimento, segundo Solomonov *et al.* constitui-se quando apenas 0.5% do cimento retratado subsiste à sua remoção. Verifica-se que os cimentos à base de resina epóxi e os biocerâmicos apresentam um mecanismo de adesão e de selamento similares, não

havendo diferenças significativas ao nível da retratabilidade. Os cimentos à base de resina epóxi têm a capacidade de formar ligações covalentes entre os anéis epóxidos e os grupos amina presentes na dentina enquanto que os cimentos biocerâmicos formam ligações fortes com a hidroxiapatita dentinária, atualmente atribui-se a dificuldade na sua retratabilidade a estes fatores (Uzunoglu *et al.*, 2014 ; Kim *et al.*, 2015 ; Kakoura e Pantelidou, 2018 ; Romeiro *et al.*, 2019 ; Silva *et al.*, 2019 ; Zhekov e Stefanova, 2020 ; Natanasabapathy *et al.*, 2021 ; Rekha *et al.*, 2022).

Os sistemas reciprocantes foram mais eficazes do que os sistemas rotatórios na remoção de obturações realizadas com cimentos à base de silicato de cálcio, porém requerem mais tempo utilizado pelo operador. Adicionalmente, o uso da irrigação ultrassônica passiva (PUI) demonstrou melhorar significativamente a remoção dos materiais de obturação dos canais radiculares, justificando assim a recomendação dos sistemas reciprocantes e PUI para retratamento de canais radiculares, independentemente do tipo de cimento utilizado (Madarati *et al.*, 2023).

A adesão de um cimento denota-se como um potencial de correlação entre as interfaces do material e do tecido adjacente. Verifica-se que o cimento à base de resina epóxi e os cimentos biocerâmicos não apresentam diferenças significativas a respeito do grau de penetração nos túbulos dentinários (Candeiro *et al.* 2019 ; Hachem *et al.*, 2022).

Num estudo que teve como objetivo analisar a adaptação dos cimentos através da penetração em canais laterais verificou-se que os cimentos biocerâmicos apresentaram uma capacidade de selamento equiparável aos cimento à base de resina epóxi (Candeiro *et al.* 2019).

A cicatrização periapical relaciona-se com a biocompatibilidade do cimento, sendo que os cimentos biocerâmicos reportam-se como capazes de reduzir a inflamação aguda e promovem uma cicatrização mais eficiente devido ao elevado rácio de fosfato de cálcio quando comparados com outros cimentos (Badawy e Abdallah 2022 ; Khandelwal *et al.*, 2022).

Ao nível do grau de descoloração dentária, uma quantidade considerável de estudos conduzidos de modo a avaliar o potencial de descoloração confirmam que os cimentos à base de resina epóxi apresentam um alto potencial comparativamente aos biocerâmicos que



apresentam algum grau causado pelo óxido de bismuto mas não tão significativo como os anteriores (Savadkouhi e Fazlyab, 2015).

O poder antimicrobiano dos cimentos depende intrinsecamente do seu valor de pH sendo que segundo Debelian *et al* o valor de pH dos biocerâmicos ronda os 12.7 culminando um alto potencial alcalino, sendo que este valor é superior ao verificado nos cimentos à base de resina epóxi (Debelian e Trope, 2016).

Os cimentos biocerâmicos possuem portanto um pH altamente alcalino, sendo que dentre eles, destacam-se o Endosequence BC Sealer, MTA Filapex e a Biodentine, que apresentam vantagens significativas, corroborando o seu poder antibacteriano. Conforme mencionado por Debelian *et al*, o cimento biocerâmico EndoSequence BC Sealer demonstrou uma atividade antibacteriana semelhante à do MTA, mostrando-se superior quando comparado aos cimentos convencionais à base de resina e óxido de zinco e eugenol (Debelian e Trope, 2016).

No entanto, resultados obtidos através da técnica de PCR em tempo real demonstraram que os cimentos à base de hidróxido de cálcio apresentaram uma maior eficácia em comparação com os cimentos biocerâmicos contra biofilmes do tipo *P. gingivalis*. Tanto as contagens de colônias quanto a análise quantitativa por PCR também indicaram que o cimento à base de hidróxido de cálcio exibiu uma maior efetividade contra biofilmes do tipo *E. faecalis*. Adicionalmente, ensaios conduzidos revelaram que este cimento foi o mais eficaz na inibição dos biofilmes de *C. albicans*. Esses resultados sugerem que o cimento à base de hidróxido de cálcio foi a opção mais eficaz entre todos os cimentos avaliados, destacando-se pela sua capacidade de combater os biofilmes patogênicos presentes no interior do canal radicular (Santoso *et al.*, 2022).

Considerando o potencial biológico e osteogênico segundo Giacomino *et al* os biocerâmicos apresentam um grau de biocompatibilidade mais elevado e mais prolongado quando comparados com os cimentos resinosos convencionais sendo que foi verificada uma resposta mais eficiente ao nível da sobrevivência das células precursoras osteoblásticas, potencial de remineralização e de diferenciação celular nos casos avaliados com o uso de biocerâmicos (Giacomino *et al.*, 2019).

No que se refere à bioatividade, os cimentos biocerâmicos Biodentine, EndoSequence Repair e BC Sealer têm demonstrado a capacidade de promover a formação de hidroxiapatita, o que comprova a sua natureza bioativa. Quando comparados aos cimentos biocerâmicos MTA (reparador) e iRoot SP (obturador), verificou-se que estes cimentos foram capazes de induzir a diferenciação de células semelhantes aos odontoblastos, contribuindo para a formação de tecido duro e evidenciando sua bioatividade, conforme relatado por Guven *et al.* Estes resultados destacam a importância dos cimentos biocerâmicos como promissores na terapia endodôntica, devido às suas propriedades bioativas que favorecem uma interação simbiótica com os tecidos dentários (Guven *et al.*, 2013).

A capacidade demonstrada pelos cimentos biocerâmicos de regeneração tecidual e de ação antimicrobiana tem se mostrado eficiente podendo ser indicada em situações de infecções interradiculares ou persistentes, bem como para preenchimento retrógrado em procedimentos endodônticos (Zhou *et al.*, 2017).

A avaliação da radiopacidade nos diversos tipos de cimentos biocerâmicos obturadores, tais como o Endosequence BC Sealer e o MTA Fillapex, revelou resultados considerados satisfatórios. Contudo, as constatações do estudo conduzido por Bronzel *et al.*, apontaram para uma radiopacidade significativamente inferior nos cimentos biocerâmicos quando comparados ao cimento-obturador gold-standard AH Plus. Esta discrepância, neste caso, pode ser atribuída, possivelmente, à presença de óxido de zircônia na composição destes cimentos. Estes resultados demonstram a importância de se considerar a radiopacidade ao selecionar o cimento obturador mais adequado para procedimentos endodônticos, tendo em conta as suas características específicas e propriedades (Bronzel *et al.*, 2019).

Paralelamente, é importante destacar que as propriedades hidrofílicas dos cimentos biocerâmicos desempenham um papel significativo na adaptação marginal, sendo influenciadas de forma positiva pela presença de humidade nos canais radiculares. Neste contexto, o cimento biocerâmico iRoot SP demonstrou apresentar uma boa força de ligação em canais radiculares húmidos, este facto pode ser relevante em situações clínicas de prognóstico mais reservado (Gritti *et al.*, 2017).

Outra característica que tem sido amplamente estudada e relacionada ao tempo de presa do material. Segundo Mendes *et al.*, os cimentos biocerâmicos normalmente apresentam um

tempo de endurecimento em torno de 3 a 4 horas, o que pode ser considerado uma desvantagem nesta categoria de materiais (Mendes *et al.*, 2018)

Segundo Arikatla *et al.*, a profundidade de penetração do cimento AH Plus é significativamente maior quando comparada com as dos cimentos biocerâmicos MTA Plus e Bioroot RCS. O fluxo do cimento é determinado pela consistência e tamanho das partículas, que se constitui como um dos fatores mais importantes que condiciona a penetração dos cimentos nos túbulos dentinários. O cimento AH Plus apresenta um fluxo superior devido à presença de uma maior concentração de resina epóxica (Mandava *et al.*, 2018).

Quando avaliado o efeito dos remanescentes de hidróxido de cálcio intracanalares, após irrigação ultrassônica e remoção manual com limas, na resistência de união do teste push-out concluiu-se que a adesão constitui-se como a falha mais preponderante o que é associado aos níveis elevados de Hidróxido de Cálcio residual nas amostras do cimento BC Sealer que efetivamente reduziram a resistência de ligação (Wagenaar e Barnhoorn, 2018).

No entanto, segundo Jang *et al.*, é importante destacar que o cimento biocerâmico Biodentine destaca-se por oferecer um tempo de presa de apenas 15 minutos. Este aspecto é justificado pela presença de carbonato de cálcio e cloreto de cálcio na sua composição, os quais são empregues com o propósito de acelerar a hidratação e favorecer a humidade necessária para o endurecimento dos cimentos biocerâmicos. O rápido tempo de presa da Biodentine torna-o uma opção vantajosa para procedimentos clínicos que requerem tempos de endurecimento mais curtos, o que, por sua vez, possibilita maior eficiência e agilidade no tratamento (Jang *et al.*, 2014).

Segundo Fernández *et al.* os cimentos à base de resina epóxi são eficazes na sua função independentemente do tipo de técnica utilizada, em contrapartida, os cimentos biocerâmicos à base de silicato de cálcio mostram-se mais eficazes quando utilizamos uma onda contínua de condensação (Fernández *et al.*, 2015).

Segundo Alegre *et al.*, a penetração dos biocerâmicos à base de silicato de cálcio é influenciada pela técnica utilizada, sendo que no estudo conduzido verificou-se que ocorre maior penetração intratubular quando realizadas técnicas de obturação a quente comparativamente a técnicas de cone único (Alegre *et al.*, 2022).

Segundo Pontoriero *et al*, uma obturação adequada dos canais radiculares realizada com uma técnica de gutta-percha aquecida revestida por cimento biocerâmico permite uma alta taxa de sucesso em dentes tratados endodonticamente (Pontoriero *et al.*, 2023).

Nos estudos conduzidos por Chybowski *et al* foram avaliados os resultados do tratamento endodôntico, recorrendo à técnica de cone único em combinação com o cimento biocerâmico. Os resultados demonstraram que lesões com diâmetro menor que 5 mm apresentaram uma taxa de sucesso significativamente maior em relação às lesões com diâmetro maior que 5 mm. Embora aproximadamente 47,4% dos casos tenham apresentado extravasamento do cimento, não foram observados quaisquer efeitos adversos no tratamento. Em suma, a associação da técnica de cone único com o cimento biocerâmico alcançou uma taxa de sucesso de 90,9%, o que sugere uma abordagem promissora no contexto do tratamento endodôntico clínico (Chybowski *et al.* 2018).

O trabalho desenvolvido pretende, então, ser uma contribuição com o objetivo de auxiliar na prática clínica, nomeadamente aquando da escolha do cimento endodôntico mais adequado, bem como na escolha da técnica mais eficaz de modo a garantir o maior sucesso do tratamento endodôntico aquando do uso dos cimentos biocerâmicos. Acredito que os biocerâmicos representam uma revolução em grande escala no campo da medicina dentária ao nível de todas as suas áreas de atuação devido às suas propriedades diferenciadoras tais como a bioatividade e biocompatibilidade. Estes materiais além de representarem uma abordagem inovadora em diversos aspectos têm demonstrado uma abordagem mais biológica e menos invasiva nos tratamentos, alinhando-se deste modo com a crescente busca por intervenções mais conservadoras.

#### **IV. Conclusão**

Os biocerâmicos são materiais obturadores revolucionários que surgiram primeiramente nos últimos 20 anos tentando colmatar algumas lacunas criadas pelos restantes cimentos obturadores.

A título de conclusão desta revisão narrativa e segundo toda a evidência científica consultada é possível aferir que os biocerâmicos são cada vez mais imprescindíveis para o sucesso clínico. Os biocerâmicos têm propriedades extremamente vantajosas sendo a mais preeminente a sua biocompatibilidade, potencial de remineralização e de diferenciação celular consequente da sobrevivência das células precursoras osteoblásticas.

Nesta revisão foram equiparadas as vantagens do uso dos biocerâmicos relativamente aos cimentos à base de resina epóxi sendo que a dificuldade mais prevalente depreende-se pelas dificuldades ao nível do retratamento dos biocerâmicos devido à elevada penetração intratubular dos mesmos assim como o seu elevado custo. Conclui-se na mesma medida que ao nível da solubilidade dos mesmos não existe um padrão bem definido de evidência que prove que a longo prazo se possam demonstrar superiores.

Em forma de conclusão, após a realização deste trabalho pode concluir-se que: as vantagens dos cimentos biocerâmicos, assentam no seu alto poder antimicrobiano devido ao elevado pH alcalino, à sua biocompatibilidade, capacidade de cicatrização apical e uma descoloração dentária menos significativa quando avaliados comparativamente aos cimentos à base de resina epóxi.

Adicionalmente, outra vantagem dos cimentos biocerâmicos na obturação é a sua aplicação no sistema de canais radiculares por meio de uma seringa pré-mixed, eliminando a necessidade de espatulação do cimento. Esta abordagem evita problemas tais como a obtenção de uma mistura não homogênea e de escassez do cimento, assegurando um tratamento de qualidade.

Atualmente, a maioria dos estudos comparativos entre cimentos biocerâmicos e cimentos à base de resina epóxi utiliza produtos comerciais. Estudos de laboratório onde se avaliam

compostos ativos são necessários de modo a que se obtenha resultados consistentes. Mais estudos laboratoriais e clínicos controlados são necessários de modo a demonstrar as propriedades e consequências na relação cimento-estrutura.

Os biocerâmicos, ainda quando empregues como cimentos obturadores e reparadores, têm o potencial de apresentar resultados promissores na terapêutica endodôntica. Os cimentos biocerâmicos do tipo reparador têm vindo a ser utilizados por um período considerável de tempo, demonstrando benefícios consideráveis na prática clínica, especialmente em situações complexas. Todavia, decorrendo da análise dos estudos mencionados neste trabalho, apesar das vantagens significativas relacionadas aos cimentos biocerâmicos obturadores, ainda carecemos de pesquisas clínicas fundamentadas em evidência científica sólida acerca do comportamento desse material.

Clinicamente, os estudos mais recentes apontam para resultados mais favoráveis em comparação com os restantes cimentos, uma vez que têm sido ultrapassadas algumas limitações dos mesmos, tais como: a retratibilidade e a técnica de obturação.

## V. Bibliografia

- Agrawal, P., *et alii* (2020). A Scanning Electron Microscope Analysis of Sealing Potential and Marginal Adaptation of Different Root Canal Sealers to Dentin: An In Vitro study. *The Journal of Contemporary Dental Practice*. 21 (1), pp. 73–77.
- Almeida, A., *et alii* (2020). Micro-CT analysis of dentinal microcracks on root canals filled with a bioceramic sealer and retreated with reciprocating instruments. *Scientific Reports*. 10 (1), pp. 53-59.
- Akhtar, H., *et alii* (2023). Exploring the Most Effective Apical Seal for Contemporary Bioceramic and Conventional Endodontic Sealers Using Three Obturation Techniques. *Medicina*, 59 (1), p.567.
- AL-Haddad, A. e Che Ab Aziz, Z. A., (2016). Bioceramic-Based Root Canal Sealers: A Review. *International Journal of Biomaterials*. 2016, pp. 1–10.
- Alegre, A., *et alii* (2022). Intratubular penetration capacity of HiFlow bioceramic sealer used with warm obturation techniques and single cone. *Heliyon*, 8 (9), p. 388.
- Assadian, H., *et alii* (2016). A Review of Endodontic Bioceramics. *Journal of Islamic Dental Association of IRAN*, 28 (1), pp. 20–33.
- Badawy, R. e Abdallah, D., (2022). Evaluation of new bioceramic endodontic sealers: An in vitro study. *Dental and Medical Problems*. 59 (1), pp. 85–92.
- Bronzel, C., *et alii* (2019). Evaluation of Physicochemical Properties of a New Calcium Silicate–based Sealer, Bio-C Sealer. *Jornal endodontics*. 4(1), pp. 1248-1252.
- Camacho, E. *et alii* (2020). Antibacterial effect of endodontic sealers in root canals. *Revista Cubana Estomatologia*. 57 (3), pp. 29-45.
- Camilleri, J., (2017). Will Bioceramics be the Future Root Canal Filling Materials? *Current Oral Health Reports*. 4 (3), pp. 228–238.
- Candeiro, G. M., *et alii* (2019). Penetration of bioceramic and epoxy-resin endodontic cements into lateral canals. *Brazilian Oral Research*. 33 (2), p. 49.
- Chybowski, A., *et alii* (2018). Clinical Outcome of Non-Surgical Root Canal Treatment Using a Single-cone Technique with Endosequence Bioceramic Sealer: A Retrospective Analysis. *Journal of Endodontics*. 44 (6), pp. 941–945.

- Dalmia, S., *et alii* (2018). Antimicrobial Efficacy of Different Endodontic Sealers against *Enterococcus faecalis*: An *In vitro* Study. *Journal of International Society of Preventive & Community Dentistry*, 8(2), pp. 104–109.
- Debelian, G., e Trope, M. (2016). The use of premixed bioceramic materials in endodontics. *Giornale Italiano di Endodonzia*, 30 (2), pp. 70–80.
- Dong, X., e Xu, X. (2023). Bioceramics in Endodontics: Updates and Future Perspectives. *Bioengineering*, 10 (3), p. 354.
- Estrela, C., *et alii* (2018). Root perforations: a review of diagnosis, prognosis and materials. *Brazilian Oral Research*. 32 (1), p. 73.
- Fernández, R., *et alii* (2015). 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. *International Endodontic Journal*, 49 (4), pp. 365–373.
- Giacomino, C., *et alii* (2019). Comparative Biocompatibility and Osteogenic Potential of Two Bioceramic Sealers. *Journal of Endodontics*. 45 (1), pp. 51–56.
- Gomes, J., *et alii* (2019). Apexification: a systematic review. *Journal of Conservative Dentistry*. 22 (2), pp. 98-103.
- Gritti, C., *et alii* (2017). Effect of rewetting solutions on micropush-out dentin bond strength of new bioceramic endodontic material. *Brazilian Oral Research*, 31 (2), p. 113.
- GUVEN, P., *et al* (2013). In vitro comparison of induction capacity and biomineralization ability of mineral trioxide aggregate and a bioceramic root canal sealer. *American dentistry*. 46 (12), pp. 1173-1182.
- Hachem, R. *et alii* (2022). Lack of Correlation Between the Penetration of Two Types of Sealers and Interfacial Adaptation to Root Dentin. *European Endodontic Journal*. 50 (3), pp. 128-131.
- Hegde, V., e Murkey, L., (2017). Microgap Evaluation of Novel Hydrophilic and Hydrophobic Obturating System: A Scanning Electron Microscope Study. *Journal of clinical and diagnostic research*. 11 (5), pp. 75-78.
- Jang, E., *et alii* (2014). Cytotoxicity and physical properties of tricalcium silicate-based endodontic materials. *Restorative dentistry & endodontics*. 39 (2), pp. 89-94.
- Jitaru, S., *et alii* (2016). The use of bioceramics in endodontics - literature review. *Medicine and Pharmacy Reports*. 89 (4), pp. 470–473.



Jeong, W., *et alii* (2017). Dentinal Tubule Penetration of a Calcium Silicate-based Root Canal Sealer with Different Obturation Methods. *Journal of Endodontics*. 43 (4), pp. 633–637.

Khalil, A., *et alii* (2020). Strengthening effect of bioceramic cement when used to repair simulated internal resorption cavities in endodontically treated teeth. *Dentistry Medical Problems*. 57(1), 165–169.

Kakoura, F., e Pantelidou, O., (2018). Retreatment Efficacy of Endodontic Bioceramic Sealers: A Review of the Literature. *International Journal of Dental Sciences*, 20 (2), pp. 39–50.

Khandelwal, A., *et alii* (2022). Periapical Healing following Root Canal Treatment Using Different Endodontic Sealers: A Systematic Review. *BioMed Research International*, 9 (2), pp. 71-80.

Kharouf, N., *et alii* (2022). Physicochemical and Mechanical Properties of Premixed Calcium Silicate and Resin Sealers. *Journal of Functional Biomaterials*. 14 (1), p. 9.

Kim, A., *et alii* (2017). Root Canal Filling Quality of a Premixed Calcium Silicate Endodontic Sealer Applied Using Gutta- percha Cone-mediated Ultrasonic Activation. *Journal of Endodontics*, 44 (1), pp.133-138.

Kim, H., *et alii* (2015). Comparisons of the Retreatment Efficacy of Calcium Silicate and Epoxy Resin-based Sealers and Residual Sealer in Dentinal Tubules. *Journal of Endodontics*, 41 (12), 2025–2030.

Kaul, S., *et alii* (2021). Comparison of sealing ability of bioceramic sealer, AH plus, and guttaflow in conservatively prepared curved root canals obturated with single-cone technique: An In vitro study. *Journal of Pharmacy And Bioallied Sciences* 13 (5), pp. 857-860.

Madarati, A. *et alii* (2023). Efficiency of the new reciprocating and rotary systems with or without ultrasonics in removing root-canals filling with calcium silicate-based sealer (MTA). *BMC Oral Health*. 23 (1), p.74.

Malhotra, S., *et alii* (2014). Bioceramic Technology in Endodontics. *British Journal of Medicine & Medical Research*. 4 (12), pp. 2446-2454.

Mandava, J., *et alii* (2018). Interfacial adaptation and penetration depth of bioceramic endodontic sealers. *Journal of Conservative Dentistry*. 21 (4), p. 373.

Marques Ferreira, M., *et alii* (2022). Evaluation of the Sealing Ability and Bond Strength of Two Endodontic Root Canal Sealers: An In Vitro Study. *Dentistry Journal*. 10 (11), p. 201.

Mendes, T., *et alii* (2018). Evaluation of physicochemical properties of new calcium silicate-based sealer. *Brazilian dental journal*. 29 (6), pp. 536-540.

Mente, J., *et alii* (2014) Treatment outcome of mineral trioxide aggregate or calcium hydroxide direct pulp capping: long-term results. *Journal endodontics*. 40 (11), pp. 1746–1751.

Morotomi, T., Washio, A. e Kitamura, C., (2019). Current and future options for dental pulp therapy. *Japanese Dental Science Review*. 55 (1), pp. 5–11.

Munitić, S., *et alii* (2019). Antimicrobial efficacy of commercially available endodontic bioceramic root canal sealers: A systematic review. *PLOS ONE*. 14 (10), p. 223.

Natanasabapathy, V., *et alii* (2021). Retrieval of bioceramic-based sealers in comparison with epoxy resin-based sealer assessed using microcomputed tomography: A systematic review of laboratory-based studies. *Journal of Conservative Dentistry*, 24 (5), p. 421.

Osiri, S., *et alii* (2018). Root Reinforcement after Obturation with Calcium Silicate-based Sealer and Modified Gutta-percha Cone. *Journal of Endodontics*. 44 (12), pp. 1843–1848.

Palma, P. *et alii* (2019). Six-month color stability assessment of two calcium silicate-based cements used in regenerative endodontic procedures. *Journal of functional biomaterials*. 10 (1), p. 14.

Pontoriero, D., *et alii* (2023). Outcomes of Endodontic-Treated Teeth Obturated with Bioceramic Sealers in Combination with Warm Gutta-Percha Obturation Techniques: A Prospective Clinical Study. *Journal of Clinical Medicine*, 12 (1), p. 2867.

Raghavendra, S., *et alii* (2017). Bioceramics in endodontics - a review. *Journal of Istanbul University Faculty of Dentistry*, 51 (3), pp. 128-137.

Rajasekharan, S., *et alii* (2018). Biodentine™ material characteristics and clinical applications: a 3 year literature review and update. *European Archives of Paediatric Dentistry*. 32 (4), p. 98.

Rekha, R., *et alii* (2022). Comparison of the sealing ability of bioceramic sealer against epoxy resin based sealer: A systematic review & meta-analysis. *Journal of Oral Biology and Craniofacial Research*. 13 (1), pp. 28-35.

Romeiro, K., *et alii* (2019). Reciproc and Reciproc Blue in the removal of bioceramic and resin-based sealers in retreatment procedures. *Clinical Oral Investigations*, 24 (1), pp. 405–416.

Saed, M., Ashley, P. e Darcey, J., (2016). Root perforations: aetiology, management strategies and outcomes. The hole truth. *British Dental Journal*. 220 (4), pp. 171–180.

Santoso, J., *et alii* (2022). Efficacy of bioceramic and calcium hydroxide-based root canal sealers against pathogenic endodontic biofilms: An In vitro study. *Contemporary Clinical Dentistry*. 66 (5), pp.80.

Savadkouhi, S., Fazlyab M., (2015). Discoloration Potential of Endodontic Sealers: A Brief Review. *Iranian Endodontic Journal*, 11 (4), pp. 250-254.

Shokouhinejad, N., *et alii* (2013). Bioactivity of EndoSequence root repair material and bioaggregate. *International Endodontic Journal*. 46 (12) pp. 1122-1130.

Silva, L., *et alii* (2019). Dislodgment Resistance of Bioceramic and Epoxy Sealers: A Systematic Review and Meta-analysis. *Journal of Evidence Based Dental Practice*, 19 (3), pp. 221–235.

Silva, L., *et alii* (2021). Solubility of bioceramic- and epoxy resin-based root canal sealers: A systematic review and meta-analysis. *Australian Endodontic Journal*, 4 (2), pp 31-33.

Taha, N. e Khazali, A., (2017). Partial Pulpotomy in Mature Permanent Teeth with Clinical Signs Indicative of Irreversible Pulpitis: A Randomized Clinical Trial. *Journal of Endodontics*. 43 (9), pp. 1417–1421.

Teja, K., e Ramesh S., (2020). An update on bioceramic sealers. *Drug invention today*, 14 (3), pp 17-19.

Torabinejad, M., Parirokh, M., e Dummer, H., (2017). Mineral trioxide aggregate and other bioactive endodontic cements: an updated overview - part I: vital pulp therapy. *International Endodontic Journal*. 51(2), pp. 177–205.

Torabinejad, M., Parirokh, M., e Dummer, H., (2017). Mineral trioxide aggregate and other bioactive endodontic cements: an updated overview - part II: other clinical applications and complications. *International Endodontic Journal*. 51 (3) , pp. 284–317.

Troiano, G., *et alii* (2018). In vitro evaluation of the cytotoxic activity of three epoxy resin-based endodontic sealers. *Dental materials journal*. 37(3), pp. 374-378.

Utneja, S., *et alii* (2015). Current perspectives of bio-ceramic technology in endodontics: calcium enriched mixture cement - review of its composition, properties and applications. *Restorative Dentistry & Endodontics*. 40 (1), p. 1.

Uzunoglu, E., *et alii* (2014). Retreatability of Root Canals Obturated Using Gutta-Percha with Bioceramic, MTA and Resin-Based Sealers. *Iranian Endodontic Journal*, 10 (2), pp. 93-98.

Wagenaar, G., e Barnhoorn, I. (2018). Health and chemical burdens of fish species from polluted and hyper-eutrophic freshwater ecosystems in South Africa. *African Journal of Aquatic Science*. 43 (3), pp. 271–280.

Wang, Z., Shen, Y. e Haapasalo, M., (2021). Antimicrobial and Antibiofilm Properties of Bioceramic Materials in Endodontics. *Materials*. 14 (24), p. 7594.

Zafar, K., *et alii* (2020)..Success of pulpotomy in mature permanent teeth with irreversible pulpitis - a systematic review. *Journal Conservative Dentistry*. 23 (1), pp. 121–125.

Zhekov, K. e Stefanova, P., (2021). Definition and Classification of Bioceramic Endodontic Sealers. *Folia Medica*. 63 (6), pp. 901–904.

Zhou, W., *et alii* (2017). Comparison of mineral trioxide aggregate and iRoot BP plus root repair material as root-end filling materials in endodontic microsurgery: a prospective randomized controlled study. *Journal of endodontics*. 43 (1), pp. 1-6.