



**UNIVERSIDADE  
FERNANDO  
PESSOA**

# A EFICÁCIA DOS CIMENTOS BIOCERÂMICOS PARA A OBTURAÇÃO ENDODÔNTICA - REVISÃO INTEGRATIVA

[The effectiveness of bioceramic cements for endodontic filling - Integrative review]

Dissertação de Mestrado

Mestrado Integrado em Medicina Dentária

Francesca Di Candia

Orientador:

Dr. Luis Miguel França Martins

Junho 2025







# **A EFICÁCIA DOS CIMENTOS BIOCERÂMICOS PARA A OBTURAÇÃO ENDODÔNTICA - REVISÃO INTEGRATIVA**

[The effectiveness of bioceramic cements for endodontic filling - Integrative review]

Dissertação de Mestrado

Mestrado Integrado em Medicina Dentária

Francesca Di Candia

Orientador:

Dr. Luis Miguel França Martins

Junho 2025



## AGRADECIMENTOS

In questa sezione desidero dedicare un momento per riconoscere l'importanza di alcune persone che, in modi diversi, hanno fatto parte del mio percorso.

Prima di tutto, voglio ringraziare me stessa. Per non aver mollato, per aver trovato la forza nei momenti di fatica, per aver creduto nelle mie capacità anche quando sembrava difficile. Questo traguardo è il frutto della mia determinazione, della mia pazienza e del mio impegno costante. Sono orgogliosa del percorso fatto, degli ostacoli superati e della persona che sono diventata lungo il cammino.

Un grazie profondo va ai miei genitori, per il loro supporto incondizionato, per aver creduto in me sempre e per essere stati un punto fermo anche nei momenti più incerti. La loro presenza silenziosa ma fondamentale è stata una delle mie più grandi fortune.

Un pensiero speciale va anche a mia sorella e al mio ragazzo, per esserci stati con affetto, comprensione e tante piccole grandi attenzioni che hanno fatto la differenza, anche nei giorni più complicati.

Infine, grazie ai miei amici, che con una risata, un messaggio, una chiacchierata o una semplice presenza mi hanno alleggerito il peso delle giornate più pesanti. La vostra compagnia ha reso questo percorso più bello e sopportabile.

A ognuno di voi, grazie di cuore.



## RESUMO

O tratamento endodôntico pretende manter ou restaurar a função e a atividade da polpa e dos tecidos periapicais ao reduzir a presença de microrganismos, eliminar a infecção e promover a cicatrização perirradicular. As biocerâmicas à base de silicato de cálcio têm aumentado a taxa de sucesso no tratamento endodôntico devido às suas excelentes características biológicas. Desta forma, esta revisão integrativa tem como objetivo analisar os parâmetros físico-químicos e biológicos dos cimentos biocerâmicos, a fim de avaliar a sua eficácia. A questão orientadora desta revisão integrativa foi formulada de acordo com os critérios PIO: “Qual a eficácia dos cimentos biocerâmicos na obturação endodôntica?”. Para tal, foi realizada pesquisa bibliográfica nas bases de dados PubMed e ScienceDirect por artigos publicados entre 2014 e 2024 que deveriam estar de encontro com os critérios de elegibilidade selecionados. Foram então incluídos 14 estudos que abordam o estudo das propriedades físico-químicas e biológicas dos cimentos biocerâmicos. Com base nos resultados obtidos nos diversos estudos selecionados e analisados, pode concluir-se que os cimentos biocerâmicos apresentam boas propriedades de trabalho, tempo de presa mais curto e adequado, pH alcalino, capacidade de liberação de íons de cálcio, biocompatibilidade, grande capacidade de selamento e atividade antibacteriana, aproximando-se das características do cimento ideal para obturação. Desta forma, os cimentos biocerâmicos têm um futuro muito promissor na sua aplicação para a obturação endodôntica. Contudo, embora as suas propriedades sejam um bom indicador para serem um excelente material de obturação, são necessárias mais provas científicas e acompanhamento clínico.

**Palavras-chave:** "Cimentos biocerâmicos", "obturação de canais radiculares", "selador de canais radiculares", "biocompatibilidade", "propriedades", "Endodontia"



## **ABSTRACT**

Endodontic treatment aims to maintain or restore the function and activity of the pulp and periapical tissues by reducing the presence of microorganisms, eliminating infection and promoting periradicular healing. Calcium silicate-based bioceramics have increased the success rate in endodontic treatment due to their excellent biological characteristics. Therefore, this integrative review aims to analyze the physicochemical and biological parameters of bioceramic cements in order to evaluate their efficacy. The guiding question of this integrative review was formulated according to the PIO criteria: “How effective are bioceramic cements in endodontic obturation?”. To this end, a bibliographic search was carried out in the PubMed and ScienceDirect databases for articles published between 2014 and 2024 that should meet the selected eligibility criteria. Fourteen studies that address the study of the physicochemical and biological properties of bioceramic cements were then included. Based on the results obtained in the various studies selected and analyzed, it can be concluded that bioceramic cements present good working properties, shorter and adequate setting time, alkaline pH, capacity to release calcium ions, biocompatibility, high sealing capacity and antibacterial activity, approaching the characteristics of the ideal cement for obturation. Thus, bioceramic cements have a very promising future in their application for endodontic obturation. However, although their properties are a good indicator of being an excellent obturation material, more scientific evidence and clinical monitoring are needed.

**Keywords:** "Bioceramic sealers", "root canal obturation", "root canal sealer", "biocompatibility", "properties", "Endodontics"



# ÍNDICE GERAL

1. INTRODUÇÃO.....	1
2. DESENVOLVIMENTO.....	3
2.1. Materiais e métodos.....	3
2.1.1. Estratégia de pesquisa.....	3
2.1.2. Critérios de inclusão e exclusão .....	3
2.2. Revisão da Literatura.....	4
2.2.1. Materiais biocerâmicos para obturação dos canais.....	4
2.2.1.1. Propriedades biológicas.....	7
2.2.1.2 Propriedades físico-químicas.....	8
2.2.1.3 Propriedades mecânicas.....	11
2.2.2. Aplicações clínicas dos cimentos biocerâmicos e os seus benefícios em Endodontia.....	12
2.3. Resultados.....	13
2.3.1. Seleção dos estudos .....	13
2.2.2. Características dos estudos selecionados.....	15
2.3. Discussão .....	20
3. CONCLUSÃO.....	25
4. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	27



## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Representação gráfica da seleção dos estudos através do diagrama PRISMA (Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses).....	14
--	----



## ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 1. Composição dos principais cimentos para obturação dos canais à base de biocerâmicos.....	5
Tabela 2. Características e resultados dos estudos incluídos.....	16



## LISTA DE ABREVIATURAS, SIGLAS, SÍMBOLOS OU ACRÓNIMOS

<b>®</b>	Marca Registrada
<b>ANSI/ADA</b>	Instituto Americano de Padrões Nacionais/Ada Lovelace (do inglês American National Standards Institute/Ada Lovelace)
<b>APC</b>	Células Apicais de Papila Cultivadas
<b>BC</b>	Guta-Percha Contendo Biocerâmica
<b>CGP</b>	Gutapercha Convencionais
<b>CP</b>	Polímero CPoint
<b>CRI</b>	Cavidades de Reabsorção de Raiz
<b>EDTA</b>	Ácido Etilenodiamino Tetra-Acético
<b>EDX</b>	Espectroscopia de Raios X por Dispersão em Energia
<b>Er: YAG</b>	Laser Erbium-YAG
<b>EUA</b>	Estados Unidos da América
<b>FEG-SEM</b>	Análise Microscópia Eletrônica de Varrimento Ambiental
<b>FT-IR</b>	Espectroscopia de Infravermelho Transformado de Fourier
<b>GIC</b>	Cimento de Ionómero de Vidro
<b>GMTA</b>	Agregado de Trióxido Mineral Cinzento (do inglês Grey Mineral Trioxide Aggregate)
<b>GP</b>	Gutta-Percha
<b>ISO</b>	Organização Internacional de Normalização (do inglês International Organization for Standardization)
<b>Micro-CT</b>	Microtomografia Computorizada
<b>mm</b>	Milímetro
<b>MTA</b>	Agregado de Trióxido Mineral (do inglês Mineral Trioxide Aggregate)
<b>PDL</b>	Células do Ligamento Periodontal

<b>pH</b>	Potencial de Hidrogénio
<b>PIO</b>	População, Intervenção e Desfecho (do inglês Population, Intervention e Outcome)
<b>PRISMA</b>	Principais Itens para Relatar Revisões Sistemáticas e Meta-análises (do inglês Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses)
<b>SBF</b>	Líquido Corporal Simulado
<b>™</b>	Marca Comercial
<b>UFC</b>	Unidades Formadoras de Colónias
<b>WMTA</b>	Agregado de Trióxido Mineral Branco (White Mineral Trioxide Aggregate)

## 1. INTRODUÇÃO

A importância da obturação no sucesso do tratamento endodôntico é ilustrada por Schilder, que se concentra na importância dos três componentes: desinfecção, instrumentação e obturação. Para garantir a eficácia a longo prazo do tratamento, a qualidade da obturação do canal não deve ser desconsiderada (Aminoshariae et al., 2022). Como resultado, os profissionais empregam várias substâncias, incluindo guta-percha, apesar de sua falta de fixação à superfície dentinária. Para preencher a lacuna, foram desenvolvidos cimentos que se fixarão à superfície do dente e à superfície da guta-percha (Al-Haddad & Aziz, 2016).

Para acomodar a crescente procura por praticidade e eficácia, os profissionais procuram materiais com melhor relação custo-benefício de implementação, o que garantirá um selamento duradouro. Cimentos à base de silicato de cálcio que são biocompatíveis, chamados biocerâmicos, foram derivados desta investigação. Desde a sua introdução há cerca de 30 anos, eles têm sido empregues por endodontistas para uma variedade de propósitos, incluindo obturação retrógrada e obturação de perfuração (Drukteinis & Camilleri, 2021).

No entanto, as primeiras versões desses cimentos eram difíceis de utilizar, além dos elevados custos, o que limitava a sua popularidade no consultório. Somente recentemente os cimentos à base de cálcio para obturações ortogradas se tornaram comumente utilizados, principalmente na prática clínica. Apesar disso, alguns profissionais ainda não os utilizam devido às preocupações persistentes quanto às suas propriedades físicas, a sua eficácia a longo prazo e dificuldade de retratamento (Dong & Xu, 2023). Além disso, o seu custo mais alto promove a seleção de materiais tradicionais (Ree & Schwartz, 2017).

Desta forma, esta revisão integrativa tem como objetivo analisar os parâmetros físico-químicos e biológicos dos cimentos biocerâmicos, com a intenção de identificar qual é a melhor opção para a obturação dos canais radiculares no tratamento endodôntico.



## **2. DESENVOLVIMENTO**

### **2.1. Materiais e métodos**

Esta revisão integrativa foi conduzida de acordo com as guidelines PRISMA (*Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses*).

A questão orientadora desta revisão integrativa foi formulada de acordo com os critérios PIO (*Population, Intervention e Outcome*): “Qual a eficácia dos cimentos biocerâmicos na obturação endodôntica?”

**População** – Dentes que necessitam de tratamento endodôntico

**Intervenção** – Obturação com cimentos biocerâmicos

**Outcome** – parâmetros físico-químicos e biológicos dos cimentos biocerâmicos

#### **2.1.1. Estratégia de pesquisa**

A pesquisa bibliográfica foi efetuada nas bases de dados *PubMed* e *ScienceDirect* utilizando as seguintes palavras-chave "Bioceramic sealers", "root canal obturation", "root canal sealer", "biocompatibility" e "Endodontics" combinadas entre si com os operadores booleanos AND e/ou OR.

Foram pesquisados artigos publicados entre 2014-2024. Foi utilizado o *Mendeley* para remover os duplicados. O mesmo software foi utilizado para selecionar os artigos com base no título e abstract. Os artigos que preenchiam os critérios de inclusão e exclusão selecionados foram posteriormente pesquisados em texto integral para leitura e verificação da sua elegibilidade.

#### **2.1.2. Critérios de inclusão e exclusão**

Como critérios de inclusão enumeram-se os seguintes: (1) Estudos de tipologia *in vitro*, ensaio clínico randomizado, caso-controlo, estudos de coorte e estudos transversais; (2) Estudos que reportem informação sobre os cimentos biocerâmicos na obturação endodôntica; (3) Idioma português e inglês; (4) Estudos com acesso gratuito à totalidade do texto.

Os critérios de exclusão corresponderam aos seguintes: (1) Estudos em animais; (2) Estudos sem grupo de comparação; (3) Revisões de literatura e sistemáticas (salvo para contextualização), relatos de caso, conferências e cartas ao editor.

## **2.2. Revisão da Literatura**

### **2.2.1. Materiais biocerâmicos para obturação dos canais**

Materiais biocerâmicos para obturação de canal radicular, que são composicionalmente variáveis de acordo com o fabricante, são tipicamente compostos de silicatos de cálcio que contêm fases hidrofílicas de silicatos di-tri-etra-cálcicos e são livres de quaisquer componentes metálicos. Os componentes primários incluem silicato e hidróxido de cálcio, bem como substâncias radiopacificantes como óxido de zircônio, óxido de bismuto, óxido de tântalo e zirconato de bário, todos combinados com agentes espessantes e enchimentos. Em casos específicos, componentes adicionais podem ser incorporados, como fosfatos monobásicos de cálcio, resina, povidona, cloreto de cálcio e água (Al-Haddad & Aziz, 2016; Küçükkaya et al., 2023).

Ao contrário dos materiais tradicionais para obturação de canal radicular, eles não contêm eugenol, o que permite o uso de uma restauração coronária composta durante a mesma sessão do tratamento de canal radicular que selará o dente de forma rápida e hermética. Além disso, esses cimentos promovem a fixação de pinos de fibra de vidro nos canais tratados sem afetar negativamente suas propriedades adesivas (Al-Haddad & Aziz, 2016).

Atualmente, foram identificados seis tipos primários de cimentos "biocerâmicos", sendo estes os mais pesquisados (Lim et al., 2020) (cf. Tabela 1).

**Tabela 1.**

*Composição dos principais cimentos para obturação dos canais à base de biocerâmicos.*

<b>Nome Comercial</b>	<b>Laboratório</b>	<b>Composição</b>
<b>Endosequence®BC Sealer™</b>	Brasseler EUA	- Silicatos de cálcio - Silicatos di e tricálcicos - Fosfato de cálcio - Hidróxido de cálcio - Óxido de zircônio
<b>TotalFill®BC Sealer™</b>	FKG Suíça	- Silicatos de cálcio - Silicatos di e tricálcicos - Fosfato de cálcio - Hidróxido de cálcio - Óxido de zircônio - Óxido de tântalo
<b>iRoot® SP</b>	Innovative Bioceramix Canadá	- Silicatos de cálcio - Silicatos di e tricálcicos - Fosfato de cálcio - Hidróxido de cálcio
<b>MTA Fillapex®</b>	Angelus Brasil	- Derivado de MTA - Trióxido de bismuto - Resinas - Sílica - Pigmento
<b>Biodentine®</b>	Septodont França	Pó: - Silicatos tricálcicos - Óxido de zircônio - Óxido de cálcio - Carbonato de cálcio Líquido: - água, poliacrilato e cloreto de cálcio
<b>BioRoot RCS™</b>	Septodont França	Pó: - Silicatos tricálcicos - Óxido de zircônio - Polímero hidrofílico (adesão) Líquido: - água e cloreto de cálcio
<b>ProRoot® ES canal sealer</b>	Dentsply EUA	Pó: - Silicatos di e tricálcicos - Óxido de bismuto - Sulfato de cálcio, Aluminato tricálcico (baixo) Líquido: - Polímeros hidrossolúveis

(Aminoshariae et al., 2022; Küçükkaya Eren, 2023)

Em 2019, Donnermeyer et al desenvolveu uma classificação dos materiais biocerâmicos com base no seu modo de administração, Ele distinguiu-os em duas categorias:

- Os materiais de "um componente ": esses produtos têm uma forma fluida, pré misturada e injetável (Endosequence® BC sealer™, Totalfill® BC sealer™, IRoot ®SP e MTA Fillapex®).

- Os materiais de "dois componentes": esses materiais são fornecidos na forma de líquido + pó para misturar (BioRoot RCS™, ProRoot® ES canal sealer).

Os biocerâmicos do primeiro grupo requerem uma fonte externa de água para iniciar a sua reação de presa a partir dos túbulos dentinários, enquanto os materiais do segundo grupo são fornecidos com uma solução aquosa separada para misturar antes de sua aplicação no canal radicular.

As características biológicas e físicas dos materiais biocerâmicos para obturação foram avaliadas com base nos critérios de qualidade estabelecidos por Grossman (Al-Haddad & Aziz, 2016). Esses critérios incluem:

- uma consistência adesiva que favorece uma ligação eficaz com as paredes do canal,
- um selamento total,
- uma visibilidade radiográfica assegurada pela radiopacidade,
- uma granulometria fina para uma fácil incorporação no líquido,
- ausência de contração durante a colocação,
- preservação da cor natural do dente,
- propriedades bacteriostáticas ou não favoráveis ao crescimento bacteriano,
- um tempo de presa controlado,
- insolubilidade nos fluidos teciduais,
- boa tolerância pelos tecidos periapicais,
- solubilidade em solventes usuais, se necessário remover o preenchimento do canal radicular.

### **2.2.1.1. Propriedades biológicas**

#### *Biocompatibilidade*

A biocompatibilidade é descrita como a capacidade de induzir uma resposta relevante do hospedeiro numa aplicação específica (Al-Haddad & Aziz, 2016).

Os cimentos biocerâmicos de obturação têm um papel significativo no tratamento endodôntico, pois estão em contato direto com o ligamento periodontal e o osso no ápice. No entanto, a sua compatibilidade com o corpo humano e toxicidade para as células são cruciais a serem consideradas para garantir o sucesso clínico dos tratamentos endodônticos (Drukteinis & Camilleri, 2021).

A norma ISO 10993-5:2014 define um material de preenchimento para um canal radicular como sendo citocompatível se tiver uma taxa de sobrevivência celular de pelo menos 70%. Nos cimentos biocerâmicos a sua biocompatibilidade é atribuída pela presença de fosfatos de cálcio, o que promove a regeneração do osso e torna esses materiais geralmente seguros, apesar de um extravasamento além do ápice. Apesar do fato de que alguns cimentos biocerâmicos podem apresentar toxicidade *in vitro*, isso nem sempre se reflete em efeitos clínicos significativos, como é o caso dos cimentos à base de óxido de cálcio e eugenol, sendo que testes extras são necessários para avaliar a sua compatibilidade biológica (Al-Haddad & Aziz, 2016).

#### *Bioatividade*

A bioatividade, que é a capacidade de uma substância ou material de causar uma resposta metabólica ou fisiológica num organismo vivo, pode ser estudada tanto *in vivo* quanto *in vitro* (Mariod & Tahir, 2022). Os materiais bioativos, cruciais para a promoção da cura, reparo e manutenção da vitalidade do sistema biológico, agora incluem materiais que promovem seletivamente a formação de hidroxiapatite no osso (Mapara et al., 2020).

Na medicina dentária, a bioatividade de um material é sua capacidade de quebrar e produzir hidróxido de cálcio, o que contribui para a formação de uma camada interfacial e para o desenvolvimento de uma camada de apatite. O índice de atividade ou bioatividade mede a taxa de regeneração óssea dentária e o volume de apatite formada. A formação de dentina é facilitada pelo aumento da atividade do pirofosfato, que é potencializado pela libertação de íons de cálcio. Estudos de bioatividade avaliam a capacidade de diferentes

substâncias de promover a formação de apatite e mineralização, com base na sua composição e resistência. A fosfatase alcalina e simulação de fluido corporal são os indicadores qualitativos mais comumente empregados para avaliar a mineralização (Maru et al., 2021).

#### *Ação antibacteriana*

O termo "antibacteriano" é aplicado a substâncias que afetam negativamente as bactérias, seja fazendo com que morram ou limitando seu crescimento. No campo da endodontia, onde o objetivo é erradicar a infecção de bactérias nos canais radiculares, a utilização de materiais de obturação com propriedades antimicrobianas é de suma importância para prevenir recorrências (Al-Haddad & Aziz, 2016). Apesar da prática comum de utilizar instrumentos e irrigação para reduzir a população bacteriana, microrganismos ainda poderão estar presentes nos túbulos dentinários. Como resultado, a importância de fechá-los com cimentos biocerâmicos com efeito antimicrobiano. Na verdade, esses cimentos irão aprisionar as bactérias residuais, privá-las de qualquer aporte e neutralizá-las (Seron et al., 2024).

Os cimentos biocerâmicos de obturação são avaliados pela sua capacidade de combater essas bactérias que persistem. Entre elas, *Enterococcus faecalis* (*E. faecalis*) é normalmente empregue como uma métrica para a eficácia dos cimentos contra bactérias (Sokolonski et al., 2023). É de conhecimento geral que *E. faecalis* não pode viver num ambiente alcalino com pH 11, o que sugere que o pH provavelmente seja um componente significativo da atividade de uma substância antimicrobiana. Testes diretos e de difusão são frequentemente utilizados para avaliar a eficácia de materiais como um meio de antibióticos, e alguns cimentos têm uma capacidade significativa de combater *E. faecalis* (Al-Haddad & Aziz, 2016).

#### **2.2.1.2 Propriedades físico-químicas**

A norma ISO 6876:2012, intitulada "Materiais de obturação de canais radiculares", estabelece os critérios e procedimentos de avaliação dos materiais de obturação durante procedimentos endodônticos, quer endureçam com ou sem exposição à água. Ela abrange os aspectos técnicos dos materiais, incluindo suas propriedades físicas e químicas, tais

como: estanqueidade, solubilidade, variação dimensional, capacidade de serem detetados radiograficamente e tempo de manipulação (Aminoshariae et al., 2022).

#### *Molhabilidade/Fluxo*

O fluxo dos materiais obturadores é medido para determinar sua capacidade de permear canais acessórios e preencher as lacunas entre as paredes dentinárias e guta-percha. O fluxo adequado facilita o preenchimento adequado das deficiências do canal, enquanto o elevado fluxo pode levar à extrusão, o que pode afetar adversamente os tecidos periapicais, esses tecidos precisam ser mais compatíveis com o corpo (Kwak et al., 2023).

Quando avaliados de acordo com o protocolo ISO 6876, os materiais biocerâmicos devem ter uma taxa de fluxo maior que 17 mm (Souza et al., 2023). Fatores conhecidos que influenciam esse atributo incluem, entre outros, o tamanho da partícula (a molhabilidade das partículas aumenta à medida que o tamanho diminui), temperatura e a duração da preparação (Mann et al., 2022).

#### *Viscosidade*

Viscosidade é a dificuldade de fluir fluido sob stress. É crucial avaliar as propriedades do fluxo em materiais obturadores, isso é essencial para garantir a obturação bem-sucedida do canal. Diferentes abordagens podem ser utilizadas para medir a viscosidade de uma substância, dependendo dos requisitos específicos da substância (Kaliappan et al., 2022).

#### *Adesão: Resistência ao deslocamento*

A ligação entre o canal radicular e a dentina é chamada de adesão do material obturador do canal radicular. Como resultado, a capacidade de selamento é determinada pela força de sua ligação à dentina e aos cones de obturação (Al-Haddad & Aziz, 2016).

Essa força de ligação pode ser determinada usando, entre outros métodos, o teste *push-out*. Este teste é simples de replicar e entender, e fornece uma estimativa legítima da força de ligação à dentina, mesmo em baixas concentrações. Algumas pesquisas demonstraram que a força de ligação do AH Plus® é maior do que a do MTA Fillapex®, TotalFill, BC

Sealer™ e BioRoot™ RCS. Para o iRoot SP®, sua associação com a dentina demonstrou ser superior à do AH Plus® (Sfeir et al., 2021).

A força dessa ligação é atribuída à composição desses cimentos, que contém silicato de cálcio, que usa a umidade nos túbulos dentinários para desencadear a reação.

#### *Selamento: ausência de microinfiltração*

A estanqueidade do cimento endodôntico é determinada pela sua capacidade de se fixar à dentina do canal radicular e promover a associação dos cones de guta-percha entre si e com a dentina. Várias abordagens foram tentadas para avaliar a capacidade de estanqueidade: absorção de corante, técnicas de fluxo de fluido, radioisótopos, análise SEM, testes eletroquímicos, absorção de glicose e absorção bacteriana (Xuereb et al., 2015).

#### *Solubilidade*

A incapacidade dos materiais de obturação serem solúveis é de grande importância para o sucesso do tratamento do canal radicular, pois cria uma vedação estanque entre a parede da dentina e a restauração. Um elevado grau de solubilidade em água nos materiais de obturação do canal radicular pode levar à formação de lacunas entre o material e a parede da dentina do canal, o que pode facilitar a fuga para os tecidos circundantes. De acordo com a ISO 6876/2012 e ANSI/ADA, a percentagem de solubilidade de um cimento endodôntico não deve ser maior que 3% após 24 horas em água, para evitar a perda de selamento devido à solubilidade excessiva (Leci-Shala et al., 2024).

#### *Variações dimensionais*

A variedade de medidas dimensionais de materiais de obturação à base de silicato de cálcio é crucial no campo da endodontia, devido à importância dessas medidas em relação às aplicações clínicas, como a criação de espaços ao longo da ligação entre o cimento e o cone ou o cimento e a dentina. Esses espaços podem facilitar o crescimento de microrganismos, bem como a formação de espaços marginais e microfugas. Os padrões da ISO 6876/2001 em relação à estabilidade dimensional exigem que a diminuição do

tamanho do polímero do selante após a sua criação seja inferior a 1% ou apresente um aumento de no máximo 0,1% em relação ao volume inicial ((Kwak et al., 2023).

### *Tempo de presa e de trabalho*

Um tempo de presa é a quantidade de tempo necessária para manipular efetivamente o material. O período de trabalho é a medição de tempo desde o início da mistura até o momento em que o cimento não é mais manipulável sem afetar as suas propriedades. Um longo período de presa pode levar a consequências negativas, incluindo aumento da porosidade e maior libertação de subprodutos tóxicos. Por outro lado, um tempo de presa muito longo promoveria o desenvolvimento de um selamento entre o sistema de canais radiculares e os tecidos periapicais, mas teria uma janela de tempo limitada para intervenção (Al-Haddad & Aziz, 2016).

De acordo com as normas ISO 6876:2012, o tempo de presa dos materiais obturadores deve seguir as especificações delineadas pelos fabricantes (Cardoso et al., 2022). Este parâmetro é afetado por múltiplos fatores, incluindo a sua composição química, tamanho de partícula, quantidade de partículas, temperatura e humidade do ambiente (Lyu et al., 2022; Souza et al., 2023). Além disso, alguns cimentos à base de silicato de cálcio, conforme documentado por Lyu et al. (2022), podem ter tempos de presa mais longos *in vitro* devido à falta de fluidos teciduais. Conforme sugerido por Koo et al. (2023), a presença de fluido tecidual nos túbulos do canal pode ter um efeito no ambiente durante a reação de hidratação, o que por sua vez pode afetar o tempo de presa.

### **2.2.1.3 Propriedades mecânicas**

Na endodontia, fraturas longas na raiz do dente que resultam do tratamento com um espaço longitudinal são complicações comuns que podem ocorrer antes, durante ou após a obturação do canal radicular. Todo o processo do procedimento, incluindo a instrumentação do canal radicular, a desinfecção e a obturação, são consideradas fases críticas na qual a remoção excessiva de tecido dentário, o contato sustentado de irrigantes com a dentina e a aplicação excessiva de força durante o processo de obturação podem afetar adversamente as propriedades mecânicas da raiz, o que pode levar a um estado mais frágil. A popularidade dos materiais biocerâmicos para preenchimento do canal radicular

aumentou nos últimos anos devido ao seu potencial de aumentar a resistência dos dentes tratados com eles (Gadekar et al., 2023).

Compostos principalmente de silicatos de cálcio, estes cimentos interagem com os fluidos do tecido para criar uma camada semelhante à hidroxiapatite que interage com as paredes da dentina, melhorando a ligação à dentina e possivelmente formando uma ligação química que aumenta a resistência da fratura. A composição das suas nanopartículas promove uma penetração profunda nos túbulos dentinários e nas irregularidades do canal radicular, o que contribui ainda mais para a sua resistência (Li et al., 2024).

### **2.2.2. Aplicações clínicas dos cimentos biocerâmicos e os seus benefícios em Endodontia**

Os cimentos biocerâmicos obturadores são de particular interesse:

- Quando uma lesão perirradicular inflamatória de origem endodôntica é encontrada (Drukteinis & Camilleri, 2021).
- Quando as raízes são observadas como fracas (Thomas, 2017).
- Quando a secagem do canal é lenta: A humidade e a capacidade de suportar a liquidez dos cimentos à base de silicato de cálcio permitem a obturação bem-sucedida de canais difíceis de secar (Ree & Schwartz, 2017).
- Quando os sintomas não diminuem após um primeiro tratamento: Devido às suas excelentes propriedades que inibem bactérias, bem como uma vedação forte, os cimentos à base de biocerâmica são benéficos no tratamento de sintomas recorrentes após um primeiro tratamento.

No tratamento de reabsorções ou perfurações, um cimento moldado pode ser utilizado, pois é recomendado que o espaço restante no canal seja preenchido com o mesmo tipo de cimento biocerâmico que é usado para preencher o espaço de reabsorção ou perfuração (Drukteinis & Camilleri, 2021). É crucial reconhecer que essas sugestões são derivadas da experiência clínica e do conhecimento das propriedades biológicas e físico-químicas dos cimentos biocerâmicos à base de cálcio.

## **2.3. Resultados**

### **2.3.1. Seleção dos estudos**

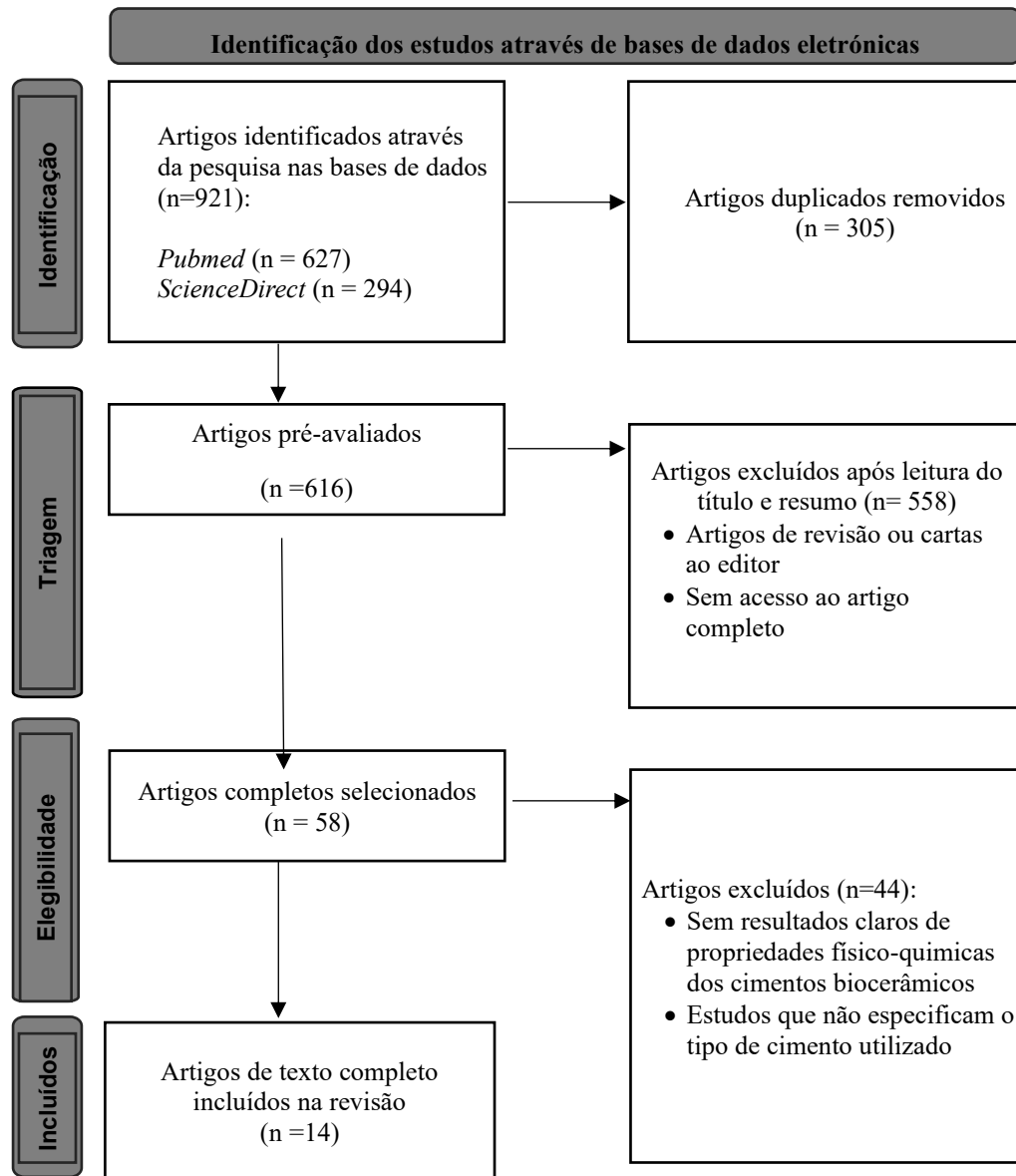
Foi realizado um processo de seleção em três fases. Na primeira fase, foram eliminados os duplicados. Na segunda fase, os títulos foram filtrados para eliminar publicações irrelevantes e os resumos foram rastreados e selecionados de acordo com o tipo de estudo, (apenas escolhidos estudos *in vitro*, ensaios clínicos randomizados ou estudos caso-controle), tipo de cimento biocerâmico, tipo de intervenção e variável de desfecho. Na terceira etapa, foi realizada a filtragem do texto integral e a extração dos dados através de um formulário de recolha de dados previamente elaborado para confirmar a elegibilidade dos estudos. Os desentendimentos entre os revisores em cada fase foram resolvidos através de discussão, e um terceiro revisor foi consultado quando necessário.

Inicialmente, obteve-se um total de 921 artigos das várias bases de dados (627 na PubMed e 294 na ScienceDirect). Destes resultados, 305 artigos estavam duplicados, tendo então sido excluídos os repetidos. Nos 616 artigos restantes realizou-se uma triagem inicial somente pela leitura do título e resumo, o que levou à exclusão de 558 artigos por corresponderem a revisões de literatura ou não estarem de acordo com os critérios de inclusão e/ou o objetivo primário estabelecido para o trabalho.

Para leitura integral, restaram um total de 58, dos quais 44 artigos foram eliminados por não estarem de acordo com o objetivo desta revisão nem apresentarem resultados claros. O processo de triagem encontra-se definido no diagrama PRISMA (cf. Figura 1).

**Figura 1**

Representação gráfica da seleção dos estudos através do diagrama PRISMA (Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses)



### **2.2.2. Características dos estudos selecionados**

Dos 14 artigos selecionados, 3 deles estudam a biocompatibilidade e citotoxicidade dos cimentos analisados (Sequeira et al., 2018; Giacomino et al., 2019; Meneses et al., 2019), 4 abordam a capacidade de penetração e espalhamento (Jardim et al., 2018; Bianco et al., 2020; Torres et al., 2020; Azhar et al., 2023), 1 aborda a resistência à fratura do dente pós tratamento endodôntico (Khalil et al., 2020), 3 abordam a capacidade de selamento apical e microinfiltração (Antunes et al., 2015; Ozkocak et al., 2015; Juez et al., 2019), 1 aborda o tempo de presa (Guo et al., 2016). Os restantes artigos abordam a capacidade de remineralização (Jimenez et al., 2019) e a capacidade antibacteriana, solubilidade e pH (Poggio et al., 2017).

**Tabela 2.**

*Características e resultados dos estudos incluídos*

<b>Autor, Ano</b>	<b>Tipo de Estudo</b>	<b>Objetivo</b>	<b>Resultados</b>	<b>Conclusões</b>
<b>Antunes et al., 2015</b>	Estudo in vitro	comparar a capacidade de obturação do selamento radicular com MTA e BC-RRM Putty utilizando um novo modelo de fuga de nutrientes bacterianos	No grupo MTA, 10 de 20 (50%) amostras ainda tinham bactérias viáveis detetáveis. No grupo BC-RRM putty, 5 de 18 (28%) amostras foram positivas para o crescimento bacteriano	MTA e BC-RRM Putty tinham uma capacidade de obturação semelhante.
<b>Ozkocak et al., 2015</b>	Ensaio clínico	Avaliar a força de ligação de vários cimentos de canais radiculares após a utilização de várias soluções de irrigação e irradiação laser Er: YAG na dentina dos canais radiculares.	Os cimentos de resina apresentaram uma força de ligação mais elevada do que o cimento biocerâmico, e as diferenças eram estatisticamente significativas ( $P < 0,05$ ) exceto nos grupos com hipoclorito de sódio.	A força de ligação dos cimentos é influenciada pelas suas propriedades e pelos vários tratamentos de superfície dentária.
<b>Guo et al., 2016</b>	Estudo comparativo	Investigar as propriedades físicas e o comportamento de hidratação do iRoot, iRoot FS e três outros cimentos endodônticos.	iRoot FS apresentou o menor tempo de presa entre os quatro cimentos biocerâmicos ( $p < 0,001$ ). Os valores de microdureza de iRoot FS, ERRM Putty e MTA aumentaram a taxas diferentes durante o período de 28 dias. ERRM Putty apresentou a maior resistência à compressão e a menor porosidade entre os cimentos biocerâmicos avaliados ( $p < .05$ ), seguido de iRoot FS, W-MTA e G-MTA	O iRoot FS apresentou um processo de hidratação mais rápido do que os outros cimentos biocerâmicos. As propriedades mecânicas do iRoot FS, G-MTA e W-MTA eram relativamente semelhantes.
<b>Poggio et al., 2017</b>	In vitro	Comparar a solubilidade e o pH de diferentes cimentos de canais radiculares in vitro.	BioRoot™ RCS e TotalFill BC Sealer mostraram uma solubilidade significativamente maior ( $P < 0,05$ ). BioRoot™ RCS e Totalfill BC Sealer exibiram um pH alcalino elevado ao longo do tempo ( $P < 0,05$ ); a alcalinidade dos outros cimentos testados foi significativamente mais baixa.	A alcalinidade prolongada do cimento biocerâmico coincidiu com o aumento da solubilidade.

**Tabela 2.***Características e resultados dos estudos incluídos (continuação)*

<b>Autor, Ano</b>	<b>Tipo de Estudo</b>	<b>Objetivo</b>	<b>Resultados</b>	<b>Conclusões</b>
<b>Jardim et al., 2018</b>	Ensaio Clínico	Avaliar a penetração de um cimento de canal radicular biocerâmico nos túbulos dentinários a 3 mm e 5 mm do ápice após irradiação laser Nd: YAG.	A análise de penetração mostrou que o cimento biocerâmico tinha uma penetração a profundidades de 3 e 5 mm superior à do cimento de controle, independentemente da utilização do laser ( $p < 0,05$ ).	A utilização do laser Nd: YAG não comprometeu a penetração do cimento biocerâmico nos túbulos dentinários dos canais radiculares a 3 mm e 5 mm do ápice.
<b>Sequeira et al., 2018</b>	Estudo Comparativo	Avaliar a biocompatibilidade e citotoxicidade de um novo biomaterial endodôntico, PulpGuard, em comparação com ProRoot Mineral Trioxide Aggregate (MTA) e Biodentine.	<p>As células incubadas na presença de eluatos extraídos de ProRoot MTA e PulpGuard apresentaram taxas de viabilidade comparáveis às das células controle. Pelo contrário, os eluatos de Biodentin não diluídos induziram uma redução significativa da viabilidade celular.</p> <p>Os eluatos de ProRoot MTA e PulpGuard permitiram a migração e proliferação celular sem obstáculos. A adesão celular foi observada na superfície de todos os materiais testados.</p> <p>Em termos de solubilidade, o Biodentine e o ProRoot MTA apresentaram uma ligeira perda de peso após a extração do eluato.</p>	<p>PulpGuard mostrou uma boa biocompatibilidade in vitro e não afetou significativamente a proliferação de APC e as taxas de migração.</p> <p>As células cultivadas na presença de eluatos PulpGuard mostraram um perfil semelhante aos cultivados com os eluatos de ProRoot MTA.</p>
<b>Giacomino et al., 2019</b>	Estudo comparativo	Comparar o efeito da biocompatibilidade e potencial osteogênico entre EndoSequence BC Sealer e ProRoot ES com Roth	<p>Ambos os cimentos biocerâmicos têm uma excelente biocompatibilidade, mesmo em concentrações elevadas. Em contraste, a morte celular foi detetada quando Roth e AH Plus foram utilizados em concentrações 100 vezes inferiores às dos grupos biocerâmicos.</p> <p>Ambos os cimentos biocerâmicos melhoraram significativamente a diferenciação osteoblástica, embora tenham sido observadas maiores respostas com EndoSequence BC Sealer.</p>	EndoSequence BC Sealer e ProRoot ES eram significativamente mais biocompatíveis e promoviam a diferenciação osteoblástica.

**Tabela 2.**

*Características e resultados dos estudos incluídos (continuação)*

<b>Autor, Ano</b>	<b>Tipo de Estudo</b>	<b>Objetivo</b>	<b>Resultados</b>	<b>Conclusões</b>
<b>Jiménez-Sánchez et al., 2019</b>	Estudo clínico	estudar a capacidade de mineralização do material biocerâmico endodôntico MTA HP Repair	A análise FEG-SEM revela que o MTA HP produz um revestimento superficial eficaz que consiste em agregados de fase esférica homogênea de fosfato com um diâmetro médio de 0,5-1,0 µm.	MTA HP Repair apresenta uma resposta bioativa rápida e eficaz in vitro em termos de formação de revestimento de superfície de fosfato de cálcio cristalino
<b>Juez et al., 2019</b>	Estudo in vitro	comparar a capacidade de selamento de vários materiais de preenchimento radicular à base de silicato de cálcio com um modelo de fuga de glicose	Não houve diferenças significativas entre os três grupos experimentais.	Os três materiais apresentaram uma microinfiltração apical semelhante no tratamento de dentes com ápices abertos que requerem a colocação de uma barreira apical ortogonal.
<b>Meneses et al., 2019</b>	Estudo in vitro	Investigar o potencial citotóxico e biomodulador dos pontos de gutapercha convencionais (CGP), dos pontos de gutapercha contendo biocerâmica (BC) e dos pontos de polímero CPoint (CP) em células do ligamento periodontal (PDL) in vitro.	Foram encontrados extratos puros de CGP e CP como sendo citotóxicos para PDL ( $P < 0,01$ ). Uma vez diluído a 1:5, apenas o PC mostrou citotoxicidade. BC não afetou a viabilidade celular em nenhuma amostra de extrato.	O CP foi considerado mais citotóxico do que o CGP, enquanto o BC não mostrou citotoxicidade.
<b>Bianco et al., 2020</b>	Estudo Clínico	Investigar a qualidade do selamento de canais radiculares obtido através da comparação de dois cimentos biocerâmicos, GuttaFlow bioseal e BioRoot RCS, pela presença de vazios criados	Não foram observadas diferenças estatisticamente significativas entre os dois grupos em termos de vazios.	As amostras preenchidas com GuttaFlow bioseal e BioRoot RCS têm uma capacidade de selamento semelhante.
<b>Khalil et al., 2020</b>	Estudo in vitro	Avaliar a resistência à fratura dos pré-molares com CRI, GIC, GP ou RRM.	O grupo controle mostrou um valor médio de resistência à fratura significativamente mais elevado em comparação com os restantes ( $p < 0,05$ ). Não foi encontrada qualquer diferença significativa entre GIC e RRM, enquanto o grupo de GP tinha uma resistência à fratura significativamente inferior ( $p < 0,05$ ).	A resistência à fratura dos dentes preenchidos com RRM foi próxima da obtida com GIC.

**Tabela 2.***Características e resultados dos estudos incluídos (continuação)*

<b>Autor, Ano</b>	<b>Tipo de Estudo</b>	<b>Objetivo</b>	<b>Resultados</b>	<b>Conclusões</b>
<b>Torres et al., 2020</b>	Estudo in vitro	Avaliar a capacidade de preenchimento e alterações volumétricas de materiais de reparação à base de silicato de cálcio (MTA HP Aggregate Repair e Bio-C Repair, Angelus) em comparação com um material à base de óxido de zinco e eugenol.	O Bio-C Repair tinha uma capacidade de preenchimento superior ao MTA HP ( $p < 0,05$ ). MTA HP teve a maior alteração volumétrica ( $p < 0,05$ ), mostrando mais perda de volume do que Bio-C e IRM, que foram semelhantes ( $p > 0,05$ ).	O Bio-C Repair é um material endodôntico com excelente capacidade de pre-preenchimento e baixa alteração volumétrica.
<b>Azhar et al., 2023</b>	Estudo in vitro	Comparar a microinfiltração apical de quatro materiais obturadores radiculares em cavidades preparadas com ponta ultrassônica em condições in vitro	TotalFill BC RRM e Biodentine apresentaram a menor microinfiltração apical ( $p < 0,05$ ).	

### 2.3. Discussão

Os cimentos biocerâmicos permitem lidar com dentes com ápices abertos pelo seu poder de agir como uma barreira na parte baixo do dente, que ajuda na regeneração dos ossos e cartilagens porque libertam cálcio, fosfato e iões constantemente, permitindo ao cimento ajudar nessa restauração e remineralização dos tecidos duros, melhorando assim o selamento com a deposição de cristais de hidroxiapatite na interface (Li et al., 2024).

Um dos objetivos da obturação do canal radicular é aumentar a sua resistência à fratura pelo que foi incluído um estudo que avaliava a resistência dos biocerâmicos.

#### *Resistência à fratura de dentes quando tratados com cimentos biocerâmicos comparativamente com outros cimentos*

Khalil et al (2020) encontraram uma resposta de resistência à fratura com a utilização de diferentes materiais: cimento de ionómero de vidro (GIC), gutta-percha (GP) e EndoSequence® Root Repair utilizado como reforço na reparação de cavidades de reabsorção interna simuladas em dentes tratados endodonticamente, sendo que o grupo que usava apenas gutta-percha NAO USAVA CIMENTO?? mostrou uma boa resistência à fratura. No entanto, houve melhores resultados ao utilizar o EndoSequence®, fornecendo mais resistência do que a técnica do GP/Sealer quando ambos são utilizados para preencher uma cavidade de reabsorção (Khalil et al., 2020).

#### *Capacidade de penetração*

Os cimentos endodônticos ajudam a selar o sistema de canais, preenchendo irregularidades anatómicas, canais laterais e túbulos dentinários, melhorando assim a adaptação do preenchimento da raiz na interface dentinária, sendo que as propriedades físicas e químicas, tais como tamanho das partículas, solubilidade e viscosidade irão influenciar a profundidade e consistência da penetração nos túbulos dentinários do material (Ozkoacak et al., 2015).

O sucesso da penetração dos materiais biocerâmicos, foi comprovado por Jardim Del Monaco et al (2020), que estudaram a influência do laser Nd: YAG na penetração de um cimento biocerâmico nos túbulos dentinários, cujos resultados mostraram que o cimento biocerâmico tinha maior penetração a profundidades de 3 e 5 mm do que o cimento de

controle, independentemente da utilização do laser ( $p < 0,05$ ). Não existia diferença entre os dois cimentos a uma profundidade de 3 mm ( $p < 0,05$ ), independentemente da utilização do laser. Contudo, a uma profundidade de 5 mm, o uso combinado do cimento biocerâmico e do laser mostrou um perímetro de penetração maior ( $p < 0,05$ ) do que o do cimento de controle (Jardim et al., 2020).

Ainda acerca da penetração dos cimentos biocerâmicos, Bianco et al (2020), avaliaram através de microtomografia computadorizada (Micro-CT) a obturação de canais radiculares com dois cimentos biocerâmicos diferentes: GuttaFlow Bioseal e BioRoot RCS centrando-se na presença de vazios criados durante o procedimento de obturação, estudando também, os valores médios em termos de espessura de cimento, quantidade de guta-percha e comparando-a com o volume total formado e a quantidade média dos dois cimentos, em relação ao volume total formado. Na visualização, não encontraram diferença significativa entre a quantidade de guta-percha em comparação com o volume formado entre o grupo GuttaFlow e BioRoot RCS bioseal. Por outras palavras, ambos os procedimentos tiveram bom sucesso, apesar de ambos terem tido vazios nos canais radiculares examinados (Bianco et al., 2020).

Da mesma forma, ao avaliar a capacidade de preenchimento e as alterações volumétricas dos materiais biocerâmicos durante a obturação, comparando Bio-C Repair e MTA HP, no estudo realizado por Torres et al (2020), não houve diferenças significativas entre os dois cimentos, embora MTA HP tenha tido a maior alteração volumétrica na direção redutora ( $p < 0,05$ ), mostrando mais perda de volume do que Bio-C Repair.

Relativamente ao selamento de canais radiculares utilizando cimentos biocerâmicos, Antunes et al (2015), estudaram a capacidade de selamento destes cimentos na zona apical dos canais radiculares, a fim de reduzir a proliferação de microrganismos. A população de microrganismos foi contada utilizando unidades formadoras de colónias (UFC). Para este estudo, compararam in vitro a capacidade de selamento do agregado de trióxido mineral (MTA) e EndoSequence BioCeramic Root Repair Material-Fast Set® (BC-RRM). No grupo de controle, a gutta-percha quente foi utilizada sem cimento. No grupo MTA, 10 de 20 (50%) ainda tinham bactérias viáveis detetáveis nos canais. No grupo BC-RRM putty, 5 de 18 (28%) foram positivos para o crescimento bacteriano. Não houve diferença significativa quando se compararam os dados de presença/ausência dos grupos MTA e BC-RRM, tanto os controlos positivos como os negativos deram os resultados esperados (Antunes et al., 2015).

Da mesma forma, Juez et al (2019), mas comparando o Agregado de Trióxido Mineral Branco, TotalFill Bioceramic, Endosequence® Root Repair e BioDentine, em termos de capacidade de selamento, não encontraram diferenças significativas entre os três grupos experimentais (Juez et al., 2019).

Ozkocak e Sonat (2015), estudaram a capacidade de selamento de vários cimentos biocerâmicos de canais radiculares depois de utilizar várias soluções de irrigação e laser Er: YAG na dentina radicular, especificamente água destilada, hidróxido de cálcio, hipoclorito de sódio e EDTA. Os estudos mostraram uma maior força de ligação nos cimentos à base de resina (AH Plus®) do que no cimento biocerâmico (EndoSequence® BC Sealer e Real Seal) com diferenças estatisticamente significativas ( $P < ,05$ ), exceto nos grupos que utilizaram hipoclorito de sódio (Ozkocak et al., 2015).

Este estudo permitiu aos autores relatar que a capacidade de selamento dos cimentos biocerâmicos de canais radiculares é influenciada pelas suas propriedades e pelos vários tratamentos de superfície dentária (Ozkocak et al., 2015).

#### *Tempo de presa*

Com base na importância da presa nas propriedades físicas do cimento a selecionar, Guo et al (2016), analisaram as propriedades físicas e o comportamento de hidratação do iRoot, iRoot FS e três outros cimentos endodônticos, concluindo que o iRoot FS teve o tempo presa mais curto dos quatro cimentos biocerâmicos ( $p < 0,001$ ). Quanto aos valores de microdureza de iRoot FS, ERRM Putty e MTA aumentaram a taxas diferentes durante o período de 28 dias. No primeiro dia, o ERRM Putty tinha a microdureza mais baixa dos cimentos biocerâmicos ( $p < .001$ ), mas atingiu o mesmo nível do MTA aos 4, 7 e 28 dias. A microdureza do iRoot FS era inferior à do W-MTA aos 7 e 28 dias ( $p < ,05$ ) e a porosidade dos materiais não mudou após 7 dias ( $p < ,05$ ) (Guo et al., 2016).

É claro que isto afetou os valores de resistência à compressão, observando que esta era mais elevada aos 28 dias do que aos 7 dias ( $p < .01$ ). Para cada cimento avaliado, o ERRM Putty teve a maior resistência à compressão e a menor porosidade dos cimentos biocerâmicos avaliados ( $p < .05$ ), seguido do iRoot FS, W-MTA e G-MTA, respectivamente. A calorimetria diferencial de varrimento (DSC) mostrou que o iRoot FS hidratou-se mais rapidamente, induzindo uma intensa reação exotérmica (Guo et al., 2016).

### *Capacidade de remineralização*

Jiménez-Sánchez et al, em 2019 avaliaram a capacidade de remineralização in vitro do cimento MTA Repair HP através de espectroscopia de infravermelho transformado de Fourier FT-IR, e análise FEG-SEM e EDX (microscopia eletrônica de varrimento ambiental). O método espectroscopia de infravermelho transformado de Fourier (FT-IR) permitiu observar a formação crescente de bandas de fosfatos, formadas quando o cimento foi imerso num meio rico em fosfatos simulados e ocorreu uma reação entre o cálcio no cimento e o fosfato na solução. A análise microscopia eletrônica de varrimento ambiental (FEG-SEM) revela que a MTA Repair HP produz um revestimento de superfície eficaz que consiste em agregados esféricos homogêneos de fase fosfática com um diâmetro médio de 0,5-1,0 µm e análise EDX comparando superfícies não tratadas (hidratadas) e tratadas com líquido corporal simulado (SBF) durante 24 e 72 horas (Jiménez-Sánchez et al., 2019).

### *Análise de pH*

Em relação ao pH, no estudo de Poggio et al (2017), que descobriram que os cimentos BioRoot™ RCS e Totalfill BC Sealer apresentavam um pH alcalino elevado ao longo do tempo ( $P < 0,05$ ); a alcalinidade dos outros cimentos testados era significativamente mais baixa. A alcalinidade prolongada do cimento biocerâmico coincidiu com o aumento da solubilidade, sobre o qual é apresentado o estudo realizado por Poggio et al (2017), que compararam a solubilidade e o pH de diferentes cimentos biocerâmicos em canais radiculares in vitro, entre os quais BioRoot™ RCS e TotalFill BC Sealer exibiram solubilidade significativamente mais elevada ( $P < 0,05$ ). Todos os restantes cimentos biocerâmicos cumpriram os requisitos de solubilidade da ISO 6876, demonstrando uma perda de peso inferior a 3% (Poggio et al., 2017).

### *Toxicidade e biocompatibilidade*

Sequeira et al (2018), avaliaram a citotoxicidade e biocompatibilidade do PulpGuard em comparação com o MTA e o Biodentine. As células apicais de papila cultivadas (APC) foram incubadas durante 24, 48 ou 72 h com diferentes diluições de eluatos preparados a partir destes materiais, mostrando que o PulpGuard tinha um bom perfil de citocompatibilidade in vitro e não afetava significativamente a proliferação e as taxas de

migração das APC. As células cultivadas na presença de eluatos PulpGuard mostraram um perfil semelhante às cultivadas com ProRoot MTA (Sequeira et al., 2018).

Giacomino et al (2019), também compararam o efeito da biocompatibilidade e potencial osteogénico entre Endosequence BC sealer e ProRoot com Roth, mostrando que tanto EndoSequence como ProRoot eram mais biocompatíveis, promovendo a diferenciação osteoblástica. Além disso, Meneses et al (2019), no seu estudo *in vitro* investigaram a citotoxicidade e o papel biomodulador dos cones de guta percha convencionais (CGP), cones de guta percha biocerâmica (BC) e cones de polímero CPoint (CP) em células do ligamento periodontal, com o resultado de que o CP era mais citotóxico do que a CGP, enquanto a BC não apresentava citotoxicidade (Meneses et al., 2019).

A presente revisão demonstrou que os cimentos biocerâmicos apresentam propriedades biológicas, físico-químicas e mecânicas originais, aproximando-se das características do cimento ideal para obturação.

No entanto, as discrepâncias observadas entre diferentes cimentos biocerâmicos nos estudos *in vitro* e a escassez de estudos *in vivo* impedem uma avaliação correta da eficácia a longo prazo destes cimentos e tornam os resultados clínicos difíceis de interpretar.

Desta forma, os cimentos biocerâmicos têm um futuro muito promissor na sua aplicação para a obturação endodôntica. Contudo, embora as suas propriedades sejam um bom indicador para serem um excelente material de obturação, são necessárias mais provas científicas e acompanhamento clínico.

### **3. CONCLUSÃO**

Com base nos resultados obtidos nos diversos estudos selecionados e analisados, pode concluir-se que os cimentos biocerâmicos apresentam boas propriedades de trabalho, tempo de presa mais curto e adequado, pH alcalino, capacidade de liberação de íons de cálcio, biocompatibilidade, grande capacidade de selamento e atividade antibacteriana.

Uma grande vantagem deste tipo de cimentos biocerâmicos, em relação aos restantes no mercado, é a capacidade de formar uma ligação química com a dentina, devido ao seu potencial de formação de hidroxiapatite.

Apesar dos estudos já efetuados sobre os cimentos biocerâmicos, são necessários mais estudos comparativos ou até mesmo estudos *in vitro*, para determinar propriedades químicas e físicas comparativamente com outros materiais, e estudos a longo prazo para avaliar sua eficácia.



#### 4. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Al-Haddad, A., & Che Ab Aziz, Z. A. (2016). Bioceramic-Based Root Canal Sealers: A Review. *International Journal of Biomaterials*, 2016, 9753210. <https://doi.org/10.1155/2016/9753210>
- Aminoshariae, A., Primus, C., & Kulild, J. C. (2022). Tricalcium silicate cement sealers: Do the potential benefits of bioactivity justify the drawbacks? *Journal of the American Dental Association (1939)*, 153(8), 750–760. <https://doi.org/10.1016/j.adaj.2022.01.004>
- Antunes, H. S., Gominho, L. F., Andrade-Junior, C. V., Dessaune-Neto, N., Alves, F. R., Rôças, I. N., & Siqueira, J. F., Jr (2016). Sealing ability of two root-end filling materials in a bacterial nutrient leakage model. *International Endodontic Journal*, 49(10), 960–965. <https://doi.org/10.1111/iej.12543>
- Azhar, S., Manan, R., Bansal, N., Singh, D., & Chauhan, B. (2023). Comparison of the Microleakages of Four Root-End Filling Materials: An In Vitro Study. *Cureus*, 15(6), e40461. <https://doi.org/10.7759/cureus.40461>
- Bianco, E., Calvelli, C., Citterio, C. L., Pellegatta, A., Venino, P. M., & Maddalone, M. (2020). Evaluation with Micro-CT of the Canal Seal Made with Two Different Bioceramic Cements: GuttaFlow Bioseal and BioRoot RCS. *The Journal of Contemporary Dental Practice*, 21(4), 359–366.
- Cardoso, O. S., Meier, M. M., Carvalho, E. M., Ferreira, P. V. C., Gavini, G., Zago, P. M. W., Graziotin-Soares, R., Menezes, A. S. de, Carvalho, C. N., & Bauer, J. (2022). Synthesis and characterization of experimental endodontic sealers containing bioactive glasses particles of NbG or 45S5. *Journal of the Mechanical Behavior of Biomedical Materials*, 125. <https://doi.org/10.1016/j.jmbbm.2021.104971>
- Dong, X., & Xu, X. (2023). Bioceramics in Endodontics: Updates and Future Perspectives. *Bioengineering (Basel, Switzerland)*, 10(3), 354. <https://doi.org/10.3390/bioengineering10030354>
- Donnermeyer, D., Bürklein, S., Dammaschke, T., & Schäfer, E. (2019). Endodontic sealers based on calcium silicates: a systematic review. *Odontology*, 107(4), 421–436. <https://doi.org/10.1007/s10266-018-0400-3>
- Drukteinis, S., & Camilleri, J. (Eds.). (2021). *Bioceramic materials in clinical endodontics*. Berlin/Heidelberg, Germany: Springer
- Gadekar, A. D., Jadhav, A., Sharma, A., Patil, R., Shinde, M., & Ingale, V. (2023). Comparative Evaluation of Fracture Resistance in Endodontically Treated Teeth Using Epoxy Resin-based Sealer and Bioceramic Sealer: An In vitro Study. *Journal of the International Clinical Dental Research Organization*, 15(2), 129-134. [https://doi.org/10.4103/jicdro.jicdro\\_67\\_23](https://doi.org/10.4103/jicdro.jicdro_67_23)
- Giacomino, C. M., Wealleans, J. A., Kuhn, N., & Diogenes, A. (2019). Comparative Biocompatibility and Osteogenic Potential of Two Bioceramic Sealers. *Journal of Endodontics*, 45(1), 51–56. <https://doi.org/10.1016/j.joen.2018.08.007>

- Guo, Y. J., Du, T. F., Li, H. B., Shen, Y., Mobuchon, C., Hieawy, A., Wang, Z. J., Yang, Y., Ma, J., & Haapasalo, M. (2016). Physical properties and hydration behavior of a fast-setting bioceramic endodontic material. *BMC Oral Health*, *16*, 23. <https://doi.org/10.1186/s12903-016-0184-1>
- Jardim Del Monaco, R., Tavares de Oliveira, M., de Lima, A. F., Scarparo Navarro, R., Zanetti, R. V., de Fátima Teixeira da Silva, D., & Horliana, A. C. R. T. (2018). Influence of Nd:YAG laser on the penetration of a bioceramic root canal sealer into dentinal tubules: A confocal analysis. *PloS One*, *13*(8), e0202295. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0202295>
- Jiménez-Sánchez, M. D. C., Segura-Egea, J. J., & Díaz-Cuenca, A. (2019). MTA HP Repair stimulates in vitro an homogeneous calcium phosphate phase coating deposition. *Journal of Clinical and Experimental Dentistry*, *11*(4), e322–e326. <https://doi.org/10.4317/jced.55661>
- Juez, M., Ballester, M. L., & Berástegui, E. (2019). *In vitro* comparison of apical microleakage by spectrophotometry in simulated apexification using White Mineral Trioxide Aggregate, TotalFill Bioceramic Root Repair material, and BioDentine. *Journal of Conservative Dentistry*, *22*(3), 237–240. [https://doi.org/10.4103/JCD.JCD\\_19\\_19](https://doi.org/10.4103/JCD.JCD_19_19)
- Khalil, W. A., Alghamdi, F., & Aljahdali, E. (2020). Strengthening effect of bioceramic cement when used to repair simulated internal resorption cavities in endodontically treated teeth. *Dental and Medical Problems*, *57*(2), 165–169. <https://doi.org/10.17219/dmp/116743>
- Koo, J., Kwak, S. W., & Kim, H. C. (2023). Differences in setting time of calcium silicate-based sealers under different test conditions. *Journal of Dental Sciences*, *18*(3), 1042–1046. <https://doi.org/10.1016/j.jds.2022.11.029>
- Küçükaya Eren S. (2023). Clinical applications of calcium silicate-based materials: a narrative review. *Australian Dental Journal*, *68 Suppl 1*, S96–S109. <https://doi.org/10.1111/adj.12986>
- Kwak, S. W., Koo, J., Song, M., Jang, I. H., Gambarini, G., & Kim, H. C. (2023). Physicochemical Properties and Biocompatibility of Various Bioceramic Root Canal Sealers: In Vitro Study. *Journal of Endodontics*, *49*(7), 871–879. <https://doi.org/10.1016/j.joen.2023.05.013>
- Li, H., Liu, H., & Shen, Y. (2024). Do bioceramic materials increase fracture resistance of endodontically treated teeth? *Asian Journal of Surgery*. <https://doi.org/10.1016/j.asjsur.2024.01.087>
- Lim, M., Jung, C., Shin, D. H., Cho, Y. B., & Song, M. (2020). Calcium silicate-based root canal sealers: a literature review. *Restorative Dentistry & Endodontics*, *45*(3), e35. <https://doi.org/10.5395/rde.2020.45.e35>
- Lyu, W. J., Bai, W., Wang, X. Y., & Liang, Y. H. (2022). Physicochemical properties of a novel bioceramic silicone-based root canal sealer. *Journal of Dental Sciences*, *17*(2), 831–835. <https://doi.org/10.1016/j.jds.2021.09.034>

- Mapara, P. N., Shashikiran, N. D., Gugawad, S., Gaonkar, N., Hadakar, S., Taur, S., & Khade, D. (2020). Comparative evaluation of calcium release of the apical plugs formed by mineral trioxide aggregate, Biodentine, and EndoSequence root repair material with and without 2% triple antibiotic powder: An in vitro study. *Journal of the Indian Society of Pedodontics and Preventive Dentistry*, 38(2), 132–137. [https://doi.org/10.4103/JISPPD.JISPPD\\_74\\_20](https://doi.org/10.4103/JISPPD.JISPPD_74_20)
- Maru, V., Dixit, U., Patil, R. S. B., & Parekh, R. (2021). Cytotoxicity and Bioactivity of Mineral Trioxide Aggregate and Bioactive Endodontic Type Cements: A Systematic Review. *International Journal of Clinical Pediatric Dentistry*, 14(1), 30–39. <https://doi.org/10.5005/jp-journals-10005-1880>
- Meneses, C. B., Gambini, A. F., Olivi, L. T., Santos, M. D., & Sipert, C. R. (2019). Effect of CPoint, EndoSequence BC, and Gutta-percha Points on Viability and Gene Expression of Periodontal Ligament Fibroblasts. *European Endodontic Journal*, 4(2), 57–61. <https://doi.org/10.14744/ej.2019.74046>
- Ozkocak, I., & Sonat, B. (2015). Evaluation of Effects on the Adhesion of Various Root Canal Sealers after Er:YAG Laser and Irrigants Are Used on the Dentin Surface. *Journal of Endodontics*, 41(8), 1331–1336. <https://doi.org/10.1016/j.joen.2015.03.004>
- Poggio, C., Dagna, A., Ceci, M., Meravini, M. V., Colombo, M., & Pietrocola, G. (2017). Solubility and pH of bioceramic root canal sealers: A comparative study. *Journal of Clinical and Experimental Dentistry*, 9(10), e1189–e1194. <https://doi.org/10.4317/jced.54040>
- Ree, M. & Schwartz, R. (2017). *Clinical applications of bioceramic materials in endodontics*. New York: Quintessence Endo.
- Seron, M. A., Nunes, G. P., Ferrisse, T. M., Strazzi-Sahyon, H. B., dos Santos, P. H., Gomes-Filho, J. E., Cintra, L. T. A., & Sivieri-Araujo, G. (2024). Influence of bioceramic sealers on dentinal tubule penetration and antimicrobial effectiveness: a systematic review and meta-analysis of in vitro studies. *Odontology*. <https://doi.org/10.1007/s10266-024-00904-6>
- Sequeira, D. B., Seabra, C. M., Palma, P. J., Cardoso, A. L., Peça, J., & Santos, J. M. (2018). Effects of a New Bioceramic Material on Human Apical Papilla Cells. *Journal of Functional Biomaterials*, 9(4), 74. <https://doi.org/10.3390/jfb9040074>
- Sfeir, G., Zogheib, C., Patel, S., Giraud, T., Nagendrababu, V., & Bukiet, F. (2021). Calcium Silicate-Based Root Canal Sealers: A Narrative Review and Clinical Perspectives. *Materials (Basel, Switzerland)*, 14(14). <https://doi.org/10.3390/ma14143965>
- Sokolonski, A. R., Amorim, C. F., Almeida, S. R., Lacerda, L. E., Araújo, D. B., Meyer, R., & Portela, R. D. (2023). Comparative antimicrobial activity of four different endodontic sealers. *Brazilian Journal of Microbiology*, 54(3), 1717–1721. <https://doi.org/10.1007/s42770-023-01003-4>
- Souza, L. C. de, Neves, G. S. T., Kirkpatrick, T., Letra, A., & Silva, R. (2023). Physicochemical and Biological Properties of AH Plus Bioceramic. *Journal of Endodontics*, 49(1), 69–76. <https://doi.org/10.1016/j.joen.2022.10.009>

- Thomas, J. (2017). Les ciments biocéramiques pour obturation canalaire. *Dentoscope*, 178, 40-4.
- Torres, F. F. E., Pinto, J. C., Figueira, G. O., Guerreiro-Tanomaru, J. M., & Tanomaru-Filho, M. (2020). A micro-computed tomographic study using a novel test model to assess the filling ability and volumetric changes of bioceramic root repair materials. *Restorative Dentistry & Endodontics*, 46(1), e2. <https://doi.org/10.5395/rde.2021.46.e2>
- Xuereb, M., Vella, P., Damidot, D., Sammut, C. V., & Camilleri, J. (2015). In situ assessment of the setting of tricalcium silicate-based sealers using a dentin pressure model. *Journal of Endodontics*, 41(1), 111–124. <https://doi.org/10.1016/j.joen.2014.09.015>