



UNIVERSIDADE  
FERNANDO  
PESSOA

# O EFEITO DOS MATERIAIS DE SILICATO DE CÁLCIO NA DESCOLORAÇÃO DENTÁRIA – REVISÃO INTEGRATIVA

[The effect of calcium silicate materials on tooth discoloration-Integrative Review]

Dissertação de Mestrado

Mestrado Integrado em Medicina Dentária

Ilaria Brunori

Orientadora:

Prof.Doutora Liliana Alexandra Pascoal Teixeira

Junho 2025







# **O EFEITO DOS MATERIAIS DE SILICATO DE CÁLCIO NA DESCOLORAÇÃO DENTÁRIA – REVISÃO INTEGRATIVA**

[The effect of calcium silicate materials on tooth discoloration-Integrative Review]

Dissertação de Mestrado

[Mestrado Integrado em Medicina Dentária]

Ilaria Brunori

Orientadora:

Prof. Doutora Liliana Alexandra Pascoal Teixeira

Junho 2025



A nonno Lello e nonno Elvio,  
per sempre nella tasca a destra in alto.



## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço à Professora Liliana Teixeira, minha orientadora, pelo auxílio na elaboração da tese, pela disponibilidade e paciência. A sua ajuda tem sido essencial na conclusão deste importante trabalho.

A mamma e papà, per avermi sostenuta sempre, per avermi insegnato cosa vuol dire amare ed essere amati incondizionatamente, per essermi stati sempre accanto. Grazie per avermi resa la persona che sono. Il vostro amore l'ho sempre sentito, anche da lontano. Siete e sarete per sempre i miei punti di riferimento. Senza di voi niente sarebbe stato possibile, questa laurea è soprattutto vostra. Vi amo immensamente, spero di avervi resi orgogliosi.

A Marco, poche parole, come piace a te. Grazie per essermi sempre stato accanto, anche se a modo tuo. Sei il regalo più bello che mamma e papà potessero farmi. Ti voglio bene.

A Nonna Ecce per essere da sempre la mia confidente e una delle mie più grandi amiche. Aver avuto il tuo sostegno durante tutti questi anni è stato essenziale. Grazie per avermi sempre spronata e incoraggiata. Finalmente le nostre chiacchiere torneranno ad essere dal vivo e non solo al telefono. Ti voglio bene fino all'infinito.

A Chiara, Evelina, Sara, Peppe, Pietrino, Stefano, Pasve, Tommaso, Valerio, Gabriele e Pietrone. Siete la mia seconda famiglia, senza voi non sarebbe stato lo stesso. Un semplice grazie sarebbe riduttivo, siete incisi per sempre nel mio cuore, tutte le parole del mondo non basterebbero per riuscire a spiegare tutto quello che abbiamo passato insieme e tutto quello che siete per me. Grazie per tutti i consigli, le risate e i pianti. Con voi al mio fianco non mi sono mai sentita sola. A tutto ciò che ancora deve venire, perché tanto lo so che ci ritroveremo sempre. Non vi libererete mai di me. Vi voglio un bene che a parole non riesco a spiegare.

Un grazie speciale a Chiara, il mio binómio e la mia anima gemella. Abbiamo iniziato insieme questo percorso fin dal primo giorno e non ci siamo mai più divise, sei diventata parte integrante della mia vita, praticamente una costante. Grazie per esserci sempre stata e grazie perché so che continuerai ad esserci.

A Giorgio, per essermi stato accanto nell'ultimo anno e per aver sempre tirato fuori il meglio di me. Grazie per la tua gentilezza, dolcezza, pazienza e comprensione. Sei speciale. Ti amo.

A tutte le persone che hanno condiviso questi cinque anni con me, spero di rincontravi tutti, vi porto con me per sempre. È stato bellissimo. Obrigada.

A tutti coloro che mi hanno sostenuta da casa, che mi hanno accolta e abbracciata ogni volta che tornavo e che hanno sempre fatto il tifo per me. Stavolta torno a casa davvero.

No final graças ao Porto, que me acolheu quando eu estava perdida e assustada, que se tornou minha segunda casa. Deixo um pedaço do meu coração aqui. Obrigada OPO.





## RESUMO

A descoloração dentária é uma alteração cromática que pode comprometer a estética do sorriso e impactar negativamente na qualidade de vida dos pacientes. Diversos fatores podem contribuir para este fenômeno, incluindo a utilização de materiais odontológicos, como os cimentos à base de silicato de cálcio. Estes biomateriais, amplamente utilizados em procedimentos endodônticos e de recobrimento pulpar, destacam-se pelas suas propriedades biológicas favoráveis, como a biocompatibilidade, o potencial regenerativo e a atividade antibacteriana. No entanto, a sua aplicação clínica pode induzir descoloração dentária, sobretudo em dentes anteriores ou em zonas de elevada exigência estética. Esta revisão integrativa teve como objetivo avaliar, com base na literatura científica recente, o potencial de descoloração dentária causado por diferentes tipos de cimentos de silicato de cálcio, como o Mineral Trioxide Aggregate (MTA), o Biodentine e o TheraCal. A metodologia seguiu a estratégia PICO, tendo sido incluídos apenas estudos *in vitro* realizados em dentes humanos, que avaliaram alterações de cor utilizando espectrofotometria segundo os parâmetros CIE Lab\*. Foram selecionados os estudos cuja metodologia englobava avaliação da aplicação coronária dos cimentos de silicato de cálcio, e de aplicação simultânea na zona coronária e radicular, sem objetivo de comparar cimentos que apenas serviam o propósito de obturação endodôntica. Dos 349 artigos inicialmente identificados, 11 foram selecionados para análise detalhada. Os resultados indicam que materiais como o ProRoot MTA (cinzento ou branco), que contêm óxido de bismuto como agente radiopacificante, são os principais responsáveis por descolorações clinicamente perceptíveis e progressivas ao longo do tempo. Em contraste, materiais como o Biodentine e o TheraCal PT, que substituem o óxido de bismuto por compostos como óxido de zircônio e fluoreto de itérbio, apresentaram maior estabilidade cromática, sobretudo na ausência de sangue. A presença de sangue durante os procedimentos mostrou-se um fator agravante para a discromia, independentemente do material utilizado. Além disso, o tempo de acompanhamento revelou-se relevante, uma vez que a descoloração tende a agravar-se ao longo do tempo. Conclui-se que, para além da eficácia clínica, a escolha do material a usar deve ter em conta o seu impacto estético. Os biomateriais mais recentes como o Biodentine e o TheraCal representam alternativas promissoras para minimizar a descoloração dentária, especialmente em contextos de elevada exigência estética.

**Palavras-chave:** Cimentos de silicato de cálcio; Descoloração dentária; MTA; Biodentine; TheraCal; Estética dentária.



## ABSTRACT

Tooth discoloration is a chromatic change that can compromise the aesthetics of the smile and negatively impact the quality of life of patients. Several factors may contribute to this phenomenon, including the use of dental materials such as calcium silicate cements. These biomaterials, widely used in endodontic and pulp coating procedures, stand out for their favorable biological properties, such as biocompatibility, regenerative potential and antibacterial activity. However, its clinical application can induce tooth discoloration, especially in anterior teeth or areas of high aesthetic demand. This integrative review aimed to evaluate, based on recent scientific literature, the potential of tooth discoloration caused by different types of calcium silicate cements, such as Mineral Trioxide Aggregate (MTA), Biodentine and TheraCal. The methodology followed the PICO strategy, having been included only in vitro studies performed on human teeth, which evaluated color changes using spectrophotometry according to the parameters of CIE Lab\*. Studies whose methodology included evaluation of the coronal application of calcium silicate cements and simultaneous application in the coronal and root zones were selected, without the aim of comparing cements that only served the purpose of endodontic obturation. From the 349 articles initially identified, 11 were selected for detailed analysis. The results indicate that materials such as ProRoot MTA (grey or white), which contain bismuth oxide as a radiopacifying agent, are mainly responsible for clinically noticeable and progressive discolorations over time. In contrast, materials such as Biodentine and TheraCal PT, which replace bismuth oxide with compounds such as zirconium oxide and ytterbium fluoride, showed greater chromatic stability, especially in the absence of blood. The presence of blood during the procedures was an aggravating factor for dyschromia, regardless of the material used. In addition, the follow-up time was relevant, since discoloration tends to worsen over time. It is concluded that, in addition to the clinical efficacy, the materials' choice should take into account its aesthetic impact. More recent biomaterials such as Biodentine and TheraCal represent promising alternatives to minimize tooth discoloration, especially in contexts of high aesthetic demands.

**Keywords:** Calcium silicate cements; Tooth discoloration; MTA; Biodentine; TheraCal; Dental aesthetics.



# ÍNDICE GERAL

RESUMO.....	ix
ABSTRACT .....	xi
ÍNDICE DE FIGURAS .....	xv
ÍNDICE DE TABELAS .....	xvii
LISTA DE ABREVIATURAS, SIGLAS, SÍMBOLOS OU ACRÓNIMOS.....	xviii
1. INTRODUÇÃO.....	1
2. DESENVOLVIMENTO.....	1
2.1 REVISÃO DA LITERATURA .....	1
2.1.1 Cimentos à base de silicato de cálcio .....	1
2.1.2 MTA (Mineral Trioxide Aggregate).....	3
2.1.3 BioDentine® .....	3
2.1.4 TheraCal PT® .....	4
2.1.5 Outros cimentos de silicato de cálcio .....	5
2.1.6 Descoloração dentária.....	9
2.2 METODOLOGIA.....	10
2.2.1 Protocolo de registo e questão de pesquisa .....	10
2.2.2 Estratégia de pesquisa e base de dados.....	11
2.2.3 Seleção dos artigos .....	12
2.3 RESULTADOS .....	15
2.4 DISCUSSÃO .....	24
2.4.1. Comparação dos materiais de silicato de cálcio utilizados em procedimentos de aplicação coronária .....	25
2.4.2. Comparação dos materiais de silicato de cálcio utilizados em procedimentos de aplicação coronária e obturação canalar .....	26

2.4.3 Comportamento dos materiais de silicato de cálcio em presença e ausência de sangue .....	27
2.4.4. Comportamento dos materiais de silicato de cálcio em técnicas de branqueamento interno .....	28
3. CONCLUSÃO.....	31
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	33

## **INDICE DE FIGURAS**

Figura 1 Fluxograma de PRISMA para identificação, seleção e inclusão dos artigos... 14



## ÍNDICE DE TABELAS

<b>Tabela 1</b> .....	6
<b>Tabela 2</b> .....	11
<b>Tabela 3</b> .....	12
<b>Tabela 4</b> .....	13
<b>Tabela 5</b> .....	16

## LISTA DE ABREVIATURAS, SIGLAS, SÍMBOLOS OU ACRÓNIMOS

<b>AH+</b>	AH Plus Sealer
<b>Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub></b>	Óxido de alumínio
<b>BaSO<sub>4</sub></b>	Sulfato de bário
<b>Bis-GMA</b>	Bisfenol- glicidil metacrilato
<b>CaO</b>	Óxido de cálcio
<b>CEM</b>	Calcium-Enriched Mixture
<b>CHX</b>	Clorexidina
<b>CIE Lab*</b>	Comissão Internacional de Iluminação – sistema de cor
<b>CLG</b>	Gluconato lactato de cálcio
<b>ΔE</b>	Diferença total de cor (colorimetria CIE Lab*)
<b>ESRRM</b>	Endosequence Root Repair Material
<b>GMTA</b>	Grey Mineral Trioxide Aggregate
<b>ISO</b>	International Organization for Standardization
<b>MTA</b>	Mineral Trioxide Aggregate
<b>NaOCl</b>	Hipoclorito de sódio
<b>PEGDMA</b>	Poli(etilenoglicol dimetacrilato
<b>RRM</b>	Root Repair Material
<b>SiO<sub>2</sub></b>	Dióxido de silício
<b>Sr-glass</b>	Vidro de estrôncio (Strontium glass)
<b>TAP</b>	Tripla pasta antibiótica
<b>ThPT</b>	TheraCal PT
<b>WMTA</b>	White Mineral Trioxide Aggregate
<b>ZrO<sub>2</sub></b>	Óxido de zircônio





## **1. INTRODUÇÃO**

A descoloração dentária é um fenómeno relativamente frequente e que pode resultar de inúmeros fatores, nomeadamente por deposição de pigmentos externos ou por fatores intrínsecos associados a patologias, a exposição excessiva ao flúor ou outros medicamentos. Existem também situações de iatrogenia, resultante do uso de alguns materiais odontológicos como os cimentos de silicato de cálcio. Estes cimentos são amplamente utilizados na medicina dentária, principalmente em endodontia e em tratamentos de recobrimento pulpar. As principais vantagens destes materiais têm a ver com as suas propriedades como a biocompatibilidade e a capacidade de estimular a regeneração dos tecidos dentários e osso. No entanto, um dos principais problemas é a descoloração que eles podem causar, o que pode ser uma preocupação em algumas situações clínicas, especialmente quando esses cimentos são usados para restaurações anteriores.

Esta tese centra-se nos efeitos dos cimentos de silicato de cálcio na descoloração dentária, examinando os fatores que contribuem para este fenómeno, as diferenças entre os vários cimentos e as implicações clínicas para os pacientes.

Com esta revisão integrativa pretende-se avaliar o efeito dos vários tipos de materiais de silicato de cálcio na descoloração dentária. O objectivo é efectuar uma revisão integrativa da informação científica publicada sobre esta temática com intuito de auxiliar a escolha dos materiais de silicato de cálcio que possam ter um impacto visual sobretudo em dentes anteriores.

## **2. DESENVOLVIMENTO**

### **2.1 REVISÃO DA LITERATURA**

#### **2.1.1 Cimentos à base de silicato de cálcio**

Os cimentos de silicato de cálcio são materiais que oferecem inúmeras vantagens em odontologia dada a sua capacidade de regular a diferenciação dos osteoblastos, cementoblastos e células pulpares. As suas vantagens incluem a biocompatibilidade, a capacidade de selar canais radiculares e a cicatrização tecidular. Em particular, eles podem induzir respostas osteogénicas quando aplicados a defeitos ósseos. Ao entrar em

contato com os tecidos perirradiculares, eles também podem estimular a cicatrização óssea (Altea, 2023). Estes materiais são biocerâmicos e têm na sua composição principalmente fosfato de cálcio, silicato de cálcio, vitrocerâmica, alumínio e zircônia, que conferem as propriedades de biocompatibilidade e o potencial osteogénico, por isso são chamados também de bioativos. (Santiago et al., 2025).

Evidências científicas mostram que esses materiais, além de serem bem tolerados pelos tecidos periapicais e não periapicais, também possuem atividade antibacteriana. O aparecimento dos cimentos endodônticos bioativos, permitiu a existência de uma alternativa terapêutica aos cimentos clássicos de obturações, especialmente nas situações clínicas em que há humidade ou alterações anatómicas como reabsorção apical ou dentes com ápice aberto (Simona Bonati, n.d.). As indicações clínicas para o uso destes cimentos são principalmente para recobrimento pulpar direto e indireto, pulpotomia, apexogénese, preenchimento de perfuração radicular, apexificação, e preenchimento retrógrado do canal (Parirokh & Torabinejad, 2010).

Estes biomateriais atuam impedindo a migração de microrganismos e estimulam a cicatrização dos tecidos sem causar inflamação. Além de terem alta biocompatibilidade, muitas vezes apresentam propriedades bactericidas e fungicidas (Możyńska et al., 2017).

São materiais particularmente eficazes no tratamento de infeções periapicais e na reparação de perfurações radiculares, no entanto, a descoloração dentária associada a estes cimentos é um tema de crescente interesse (Cohen et al., 2011).

Existem vários fatores que podem afetar a descoloração dos cimentos biocerâmicos, que podem resultar dos seus constituintes (como por exemplo o óxido de bismuto, que está presente em quase todos estes materiais), da contaminação sanguínea, da exposição ou mistura com certos tipos de soluções irrigantes, das condições ambientais e da exposição à luz fluorescente; ainda hoje o mecanismo exato de descoloração permanece desconhecido (Torabinejad et al., 2018).

Há diversos tipos de cimentos de silicato de cálcio, que foram surgindo ao longo do tempo modificando a sua composição, e abrangendo várias indicações clínicas.

### **2.1.2 MTA (Mineral Trioxide Aggregate)**

O MTA é um dos primeiros cimentos de silicato de cálcio a ser introduzido como material bioativo para tratamento odontológico em 1998, após aprovação pela *Food and Drug Administration* (FDA) nos Estados Unidos (Kang et al., 2015).

O MTA é um pó composto de partículas hidrofílicas que tendem a ligar-se na presença de humidade. É composto por silicato tricálcico e silicato dicálcico, aluminato tetracálcico férrico e aluminato tricálcico, óxido de bismuto e sulfato de cálcio dihidrato (usado como regulador de tempo de ajuste). Devido às suas propriedades de alta biocompatibilidade e propriedades terapêuticas, o MTA é adequado para uma variedade de aplicações clínicas, incluindo obturação de canais radiculares, reparação de perfurações radiculares, tratamento de pulpíte reversível e cimentação endodôntica (Kang et al., 2015). No entanto, este material tem algumas desvantagens que podem levar a limitações de uso, como o seu alto custo (atualmente já não se verifica), a dificuldade de manuseio, a baixa resistência à compressão (o que torna impossível a utilização em áreas sujeitas a fortes cargas oclusais), o longo tempo de endurecimento (3-4 horas) e possíveis efeitos de descoloração. Foi relatado que o teor de óxido metálico do MTA induz a descoloração (Akbulut et al., 2017).

O primeiro material MTA a ser desenvolvido para uso foi o MTA gray (GMTA), era de cor escura e, portanto, mais provável que causasse descoloração dos dentes; por isso, MTA white (WMTA) foi desenvolvido posteriormente com propriedades clínicas semelhantes ao GMTA mas com resultados esteticamente mais agradáveis. A diferença entre WMTA e GMTA está na quantidade de óxido de metal incluído na composição (tal como o ferro ou o óxido de alumínio) que são considerados ser a causa principal da descoloração (Hwang et al., 2009). No entanto, o WMTA ainda causa descoloração dos dentes porque ainda contém vários óxidos metálicos, embora o conteúdo seja baixo, juntamente com óxido de bismuto, que foi adicionado para melhorar a radiopacidade do material (Ioannidis et al., 2013).

### **2.1.3 BioDentine®**

O cimento BioDentine® é uma versão moderna do MTA, um novo cimento restaurador inorgânico à base de silicato tricálcico, anunciado como um substituto bioativo da

dentina. O BioDentine® tem melhores propriedades físicas e biológicas em comparação com outros cimentos de silicato de cálcio, como o MTA. Pode ser usado em diferentes situações clínicas, incluindo perfurações radiculares, apexificação, preenchimento retrógrado em cirurgia endodôntica, recobrimento pulpar e pode ser usado como material de substituição da dentina, em caries muito profundas (Ashmi et al., 2023).

O BioDentine® é um material composto por dois componentes; pó e líquido. O pó, apresentado numa cápsula, é composto principalmente de silicato tricálcico com uma percentagem menor de carbonato de cálcio e óxido de zircônio como agente radiopacificante. O líquido é composto principalmente por água, mas também contém cloreto de cálcio como um acelerador de endurecimento e um agente redutor de água (Camilleri et al., 2013).

O BioDentine® tem propriedades melhoradas relativamente ao MTA, como um tempo de endurecimento mais rápido (cerca de 12 minutos), uma função dada pela adição de cloreto de cálcio adicionado ao líquido. Uma outra propriedade que tem é a alta resistência, resultado da baixa relação água-pó possibilitada pela adição de um polímero solúvel em água (agente redutor de água), oferecendo assim um produto homogêneo e denso com resistência máxima (Yoldaş et al., 2016). Outra vantagem importante do BioDentine relatada pelo fabricante é causar pouca ou nenhuma descoloração dentária (Vallés et al., 2015) & (Zhou et al., 2013).

#### **2.1.4 TheraCal PT®**

TheraCal PT® (ThPT) é um monómero hidrofóbico, capaz de libertar íons de cálcio que ajudam a formar pontes dentinárias. É um novo material à base de silicato de cálcio modificado com resina de polimerização dual, principalmente indicado para pulpotomia e para recobrimento direto e indireto da polpa (Sanz et al., 2021).

Em comparação com outros materiais à base de silicato de cálcio, o ThPT tem várias vantagens, como a facilidade de aplicação, o tempo de endurecimento, boas propriedades mecânicas, uma capacidade de ligação aceitável, baixa solubilidade e prevenção de microinfiltração. O ThPT está disponível comercialmente numa seringa, o que facilita a sua utilização e manuseamento. Estas vantagens fazem do ThPT uma boa escolha mesmo

para crianças que não toleram consultas prolongadas e podem perder a cooperação ao longo do tempo (Amrollahi et al., 2024).

Este cimento altamente biocompatível e de baixa citotoxicidade mantém a vitalidade dos dentes, atuando como uma barreira e proteção para o complexo da polpa dentária. A formulação química de ThPT consiste em partículas sintéticas de silicato de cálcio do cimento Portland numa matriz hidrofílica que facilita a liberação de cálcio. O ThPT contém também fluoreto de itérbio como catalisador e cimento SG-mix, polietileno glicol dimetacrilato, Bis-GMA e zircônio (usado, juntamente com o fluoreto de itérbio, para conferir radiopacidade) como base (TÜRKOĞLU KAYACI et al., 2024).

Este é um material de silicato de cálcio modificado por resina com dupla fotopolimerização. Graças a esta fotopolimerização reduz-se a possibilidade de o material permanecer exposto por longos períodos evitando assim a possibilidade de absorção dos pigmentos e, portanto, reduz o risco de descoloração, no entanto ainda pode haver uma descoloração causada pela interface material-dente (Rodríguez-Lozano et al., 2021).

Há, no entanto, ainda muito poucos estudos capazes de sustentar estes resultados *in vitro* e a sua eficácia clínica ainda não pode ser comprovada com evidência científica.

### **2.1.5 Outros cimentos de silicato de cálcio**

Ao longo dos anos, uma série de novos cimentos biocerâmicos de silicato de cálcio foram desenvolvidos com características semelhantes ao MTA, mas sem as suas desvantagens. Os fabricantes, portanto, têm procurado melhorar a composição química e estrutura física, e alguns novos materiais foram introduzidos no mercado, incluindo: BioAggregate, Biodentine, *BioRoot RCS*, calcium-enriched mixture cement, Endo-CPM, Endocem, EndoSequence, EndoBinder, EndoSeal MTA, iRoot, MicroMega MTA, MTA Bio, MTA Fillapex, MTA Plus, NeoMTA Plus, OrthoMTA, Quick-Set, RetroMTA, Tech Biosealer and TheraCal LC (Parirokh et al., 2018).

Na tabela 1 estão resumidas as composições e as características de endurecimento de alguns materiais a base de silicato cálcio.

**Tabela 1**

*Composição químicas e características dos principais materiais que vamos tratar em esta revisão.*

<b>Material</b>	<b>Fabricante</b>	<b>Composição</b>	<b>Tempo de endurecimento</b>
<b>ProRoot Mineral trioxide aggregate (Grey)</b>	Dentsply Tulsa Dental Specialties, Johnson City, TN, USA	Silicato tricálcico, silicato dicálcico, óxido de bismuto, aluminato tricálcico, sulfato de cálcio dihidrato (gesso) e aluminoferita de cálcio  Líquido: água destilada	O tempo de ajuste inicial foi relatado de 70 a 74 min. O tempo de ajuste final é de 210-320 min.
<b>Tooth-coloured ProRoot Mineral trioxide aggregate (White)</b>	Dentsply Tulsa Dental Specialties, Johnson City, TN, USA	Silicato tricálcico, silicato dicálcico, óxido de bismuto, aluminato tricálcico, sulfato de cálcio dihidratado ou gesso.  Líquido: água destilada.	
<b>Angelus MTA</b>	Angelus, Londrina, PR, Brazil	Silicato tricálcico, silicato dicálcico, óxido de bismuto, aluminato tricálcico, óxido de cálcio, óxido de alumínio, dióxido de silício.  Líquido: água destilada.	O tempo inicial de endurecimento do AMTA foi relatado como 130-230 min.

Material	Fabricante	Composição	Tempo de endurecimento	de
<b>Biodentine</b>	Septodont, Saint-Maur-des-Fosses Cedex, France	Silicato tricálcico, silicato dicálcico, carbonato de cálcio, óxido de zircônio, óxido de cálcio, óxido de ferro.  Líquido: cloreto de cálcio, um polímero idrosolúvel, e água.	O tempo de endurecimento do BD foi relatado como 6,5-45 min.	
<b>MTA Plus (White)</b>	Avalon Biomed Inc., Bradenton, FL	Silicato tricálcico, $2\text{CaO}\cdot\text{SiO}_2$ , $\text{Bi}_2\text{O}_3$ , $3\text{CaO}\cdot\text{Al}_2\text{O}_3$ and $\text{CaSO}_4$	O tempo de fixação do MTA Plus é de $128\pm 8$ min. Em contato com a humidade, o material precisa de mais tempo para o endurecimento.	
<b>MTA Plus (Grey)</b>	Avalon Biomed Inc., Bradenton, FL	Silicato tricálcico, silicato dicálcico, óxido de bismuto, óxido de alumínio tricálcico, sulfato de cálcio e $\text{Ca}_2(\text{Al,Fe})_{205}$ .		
<b>NeoMTA Plus</b>	Avalon Biomed Inc, Bradenton, FL	Silicato tricálcico, silicato dicálcico, tantalito, sulfato de cálcio e sílica.	O NeoMTA Plus teve um tempo de endurecimento de 50 a 60 minutos; quando usado como selador de canal radicular com consistência mais líquida, pode levar 5 h para fixar.	

<b>Material</b>	<b>Fabricante</b>	<b>Composição</b>	<b>Tempo de endurecimento</b>	<b>de</b>
<b>OrthoMTA</b>	BioMTA, Seoul, Korea	Silicato tricálcico, silicato dicálcio, aluminato tricálcico, aluminoferrito de tetracálcium, óxido de cálcio livre e óxido de bismuto.	324.0 ± 2.1 min	
<b>TheraCal LC</b>	Bisco Inc., Schaumburg, IL, USA	CaO, vidro Sr, sílica pirogênica, sulfato de bário, zircônio de bário, cimento Portland tipo III e resina contendo Bis-GMA e PEGDMA.	O tempo de endurecimento foi relatado para ser 0,3 min devido ao uso da tecnologia de fotopolimerização.	
<b>TheraCal PT</b>	Bisco Inc., Schaumburg, IL, USA	SG-Mix cement, zircônio de bário, fluoreto de itérbio, iniciador.	O tempo de endurecimento é 20 segundos devido a fotopolimerização.	
<b>EndoSequence Root Repair Material</b>	Brasseler USA, Savannah, GA	Silicatos de cálcio, óxido de zircônio, pentóxido de tântalo, fosfato de cálcio monobásico e agentes de enchimento.	4 horas.	
<b>Endocem</b>	Maruchi, Wonju, Korea	Óxido de cálcio, óxido de silicato, óxido de alumínio, outros óxidos metálicos, óxido de bismuto.	O tempo de endurecimento relatado foi 4 min.	

Material	Fabricante	Composição	Tempo de endurecimento	de
<b>TotalFill BC RRM Putty</b>	Brasseler Dental Savannah, GA	USA Silicato tricálcico, silicato dicálcico, óxido de zircônio, pentóxido de tântalo, cálcio fosfato monobásico e agentes de enchimento.	2-4 horas.	
<b>CEM Cement</b>	BioniqueDent, Teheran, Iran	Óxido de cálcio, sulfato de cálcio, fosfato de cálcio, carbonato de cálcio, hidróxido de cálcio e cloreto de cálcio.	O tempo de endurecimento foi de 50 min.	relatado

### 2.1.6 Descoloração dentária

A cor dos dentes depende da interação da luz com as várias estruturas dentárias (esmalte e dentina), e com os tecidos circundantes (gingiva, mucosa jugal, etc). O esmalte tem uma translucidez que pode mascarar de forma mais ou menos evidente a cor da dentina. O croma ou a intensidade de cor dentinária é dada pela disposição anatômica dos túbulos dentinários e pela diferente composição mineral/orgânica dentinária. Assim a cor dos dentes vem da combinação cromática entre o esmalte e a dentina e qualquer mudança, fisiológica ou patológica na estrutura destes dois elementos, também determinará uma mudança na cor do dente (Sorrentino, 2015).

A discromia dentária é, portanto, uma variação da cor natural dos dentes que pode ocorrer em qualquer fase da vida e resultar de vários fatores. Podemos dividir de acordo com os fatores etiológicos em descolorações dentárias extrínsecas e intrínsecas. A descoloração extrínseca é causada pela interação do dente com substâncias externas como certos alimentos e bebidas (chá, café, vinho tinto), tabaco ou uso prolongado de produtos de higiene oral, tal como colutórios contendo cloro-hexidina ou pastas dentífricas contendo fluoreto estanhoso. As descolorações intrínsecas, por sua vez, afetam os tecidos internos do dente por condições genéticas, traumatismos, exposição a certos medicamentos, lesões de cárie, idade, e uso de determinados materiais dentários (De Rosa Palmi, 2024). Entre

as causas iatrogénicas de descoloração dentária podemos encontrar o uso de alguns cimentos dentários à base de silicato de cálcio. De acordo com os fabricantes, esses biomateriais são caracterizados por uma boa estética, mas apesar disso, durante a preparação, após a aplicação e após o contato com algumas substâncias, alguns desses materiais podem apresentar mudanças de cor e levar a uma mudança de cor dos tecidos dentários (Keskin et al., 2015).

Nos últimos anos, foram desenvolvidos novos biomateriais com composições modificadas; estes novos materiais foram projetados para reduzir a quantidade de metais pesados, que provavelmente eram os responsáveis pela pigmentação escura, presentes na composição dos biomateriais. Por exemplo, o óxido de bismuto, agente radiopacificante, foi substituído pelo óxido de zircónio (Możyńska et al., 2017). Supõe-se que o óxido de bismuto interaja com o colagénio presente na dentina e provoque uma mudança de cor no dente, razão pela qual novos materiais têm tentado reduzi-lo (Marciano et al., 2014).

Devido à sua alta biocompatibilidade, o MTA foi escolhido como *gold standard* entre os biomateriais, mas a descoloração que causa resulta em insatisfação do paciente. (Belobrov & Parashos, 2011). Para superar o problema de descoloração que GMTA e WMTA apresentam, os fabricantes desenvolveram novos materiais biocerâmicos, alterando a composição desses cimentos de modo a obter materiais com propriedades clínicas semelhantes ao MTA, mas com a vantagem de trazer menos, ou nenhuma, descoloração nos tecidos dentários; como o BioDentine e o ThPT, que graças às suas composições químicas e estrutura físicas melhoradas prometem não causar descoloração nos dentes (Rodríguez-Lozano et al., 2021).

Com esta revisão integrativa pretende-se avaliar o efeito dos vários tipos de materiais de silicato de cálcio na descoloração dentária. O objectivo é efectuar uma revisão integrativa da informação científica publicada sobre esta temática com intuito de auxiliar a escolha dos materiais de silicato de cálcio que possam ter um impacto visual sobretudo em dentes anteriores.

## **2.2 METODOLOGIA**

### **2.2.1 Protocolo de registo e questão de pesquisa**

A estratégia utilizada para formular a pergunta da pesquisa desta revisão integrativa é a estrutura PICO (População, Intervenção, Comparação, Outcome). Com base nestes

parâmetros a pergunta que vamos a abordar nesta revisão será: “Que cimentos de silicato de cálcio têm maior potencial de descoloração dentária?”. Todos os parâmetros da estratégia são resumidos na tabela 2.

**Tabela 2**

*Estratégia PICO utilizada para avaliação de qual biomaterial poderá potencialmente provocar maior descoloração dentária.*

<b>PARÂMETROS</b>	<b>AVALIAÇÃO</b>
<b>POPULAÇÃO (P)</b>	Dentes permanentes/decíduos onde se aplicaram cimentos à base de silicato de cálcio
<b>INTERVENÇÃO (I)</b>	Aplicação de cimentos à base de silicato de cálcio: MTA e/ou BioDentine e/ou Theracal PT e/outros derivados
<b>COMPARAÇÃO (C)</b>	Controlo negativo: Sem aplicação de cimentos à base de silicato de cálcio; Controlo positivo: Aplicação de MTA (gold standard).
<b>OUTCOME (O)</b>	Avaliação da descoloração com métodos de espectrofotometria ( $\Delta E^*$ ).

### 2.2.2 Estratégia de pesquisa e base de dados

Foi realizada uma pesquisa bibliográfica avançada (*advanced search*) de artigos científicos para identificar os estudos em bases de dados eletrónicas: PubMed, Science Direct, COCHRANE. A pesquisa foi efetuada através de palavras-chaves (Medical Subject Headings – MeSH) combinadas entre si através o utilizo de operadores booleanos. A pesquisa avançada foi realizada através aplicação de filtros de tempo (2010-2025) e filtros de área de estudo (medicine and dentistry). As palavras utilizadas para a pesquisa foram: “Calcium silicate-based cement” OR “Mineral trioxide aggregate” OR “BioDentine” AND “Tooth Discoloration”AND “Capping”. Todos os resultados de cadabases de dados foram registados na tabela 3.

A pesquisa foi iniciada no dia 5 de janeiro de 2025 e atualizada até o dia 3 de maio de 2025.

**Tabela 3**

*Resultados das pesquisas bibliográficas.*

Combinções de palavras-chaves	Base de dados	Artigos encontrados
	PUBMED	19
<b>(((calcium silicate-based cement) OR                      (mineral trioxide aggregate) OR                      (biodentine)) AND (tooth discoloration))                      AND (capping)</b>	SCIENCE DIRECT	309
	COCHRANE	21

**2.2.3 Seleção dos artigos**

Para selecionar os artigos foram aplicados critérios de inclusão e exclusão, que são descritos na tabela 4.

**Tabela 4**

*Critérios de inclusão e exclusão estabelecidos segundo os parâmetros PICO.*

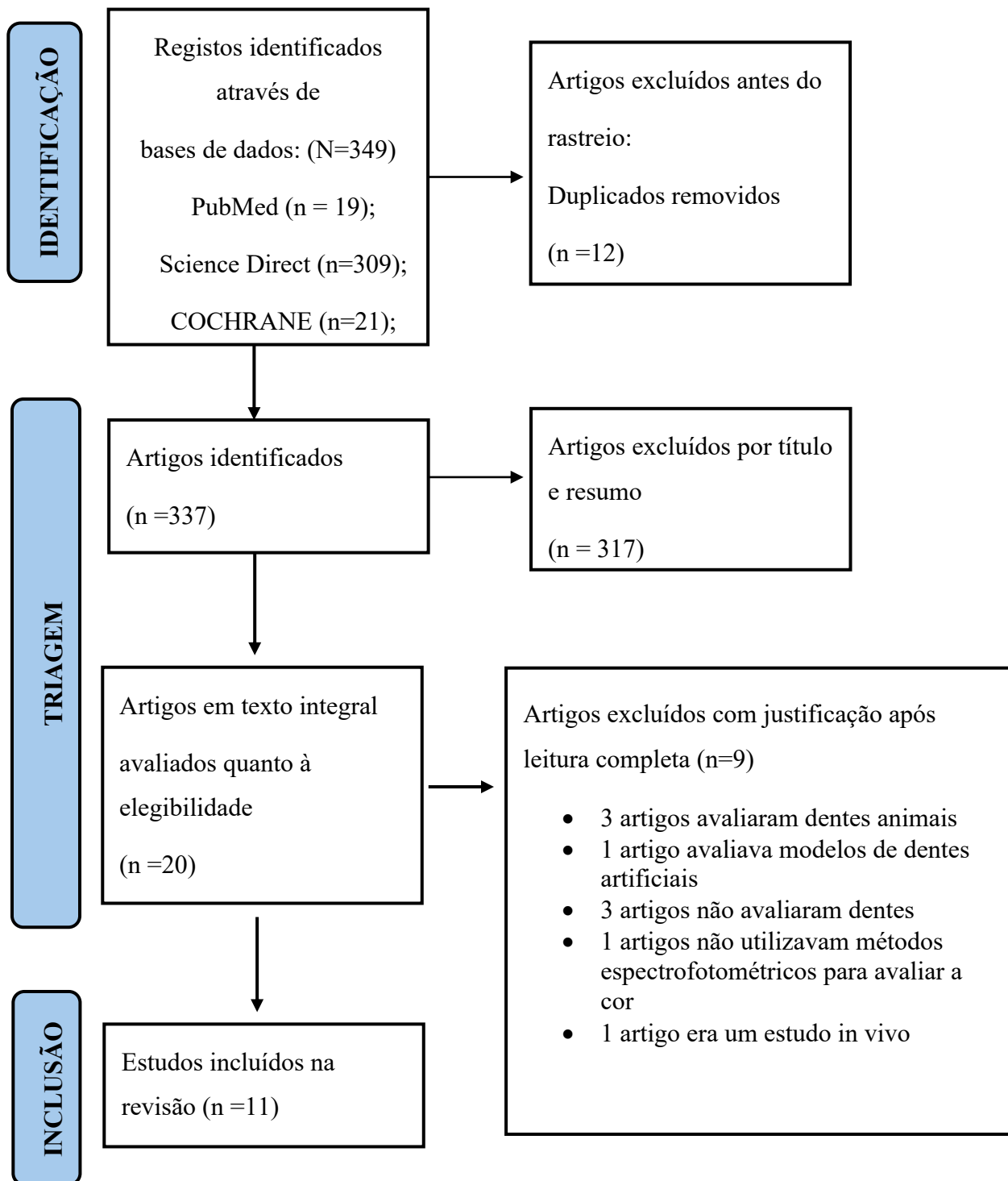
CRITÉRIOS DE INCLUSÃO	CRITÉRIOS DE EXCLUSÃO
Estudos <i>in vitro</i> com aplicação de cimentos à base de silicato de cálcio em tratamentos simulados de pulpotomia, capeamento pulpar directo/indirecto, em dentes naturais humanos.	Comparações de outros materiais ou técnicas operatórias ou em dentes animais/modelos simulados.
Estudos publicados em português, inglês, ou italiano.	Artigos de outras idiomas.
Estudos publicados nos últimos 15 anos	Estudos fora do período determinado.
Variação de cor determinada com métodos de espectrofotometria (parâmetros de cor CieLab), com follow up mínimo de 1 mês.	Avaliação da alteração de cor por métodos não espectrofotométricos, ou sem follow up

A pesquisa inicial resultou em 349 artigos potencialmente elegíveis. Após a remoção dos duplicados restaram 337 artigos, dos quais foram lidos título e *abstract* e com a aplicação dos critérios de inclusão e exclusão, 317 artigos foram excluídos por não obedecerem a estes critérios. Portanto foram selecionados para a leitura do texto completo 20 artigos. Após a leitura do texto completo, 3 artigos foram excluídos porque o estudo foi efectuado em dentes de animais (bovinos), 1 foi excluído porque avaliava modelos de dentes artificiais, 3 foram excluídos porque só avaliavam a mudança da cor dos materiais sem envolvimento de dentes, 1 foi excluído porque não utilizava métodos espectrofotométricos para avaliar a cor e 1 foi excluído porque era um estudo *in vivo*. Portanto, foram selecionados 11 artigos elegíveis para a revisão, que responderam aos critérios de inclusão.

Na figura 1 está descrito o diagrama PRISMA (*Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses*), com a estratégia de pesquisa adotada.

Figura 1

Fluxograma de PRISMA para identificação, seleção e inclusão dos artigos.



Legenda: n (Número)

## **2.3 RESULTADOS**

As características e os resultados dos estudos incluídos foram descritos na tabela 5. Os parâmetros que são resumidos na tabela são: os materiais utilizados em cada estudo, a composição da amostra avaliada, o tipo de tratamento executado (metodologia), o período de follow-up, o objetivo do estudo e os resultados.

**Tabela 5**

*Características e resultados dos estudos incluídos.*

<b>Autores e ano</b>	<b>Materiais</b>	<b>Amostra</b>	<b>Método</b>	<b>Follo w-up</b>	<b>Objetivos do estudo</b>	<b>Resultados</b>
<b>Marcony ak et al., 2016</b>	ProRoot MTA (controlo+) ProRoot WMTA, Endosequence RRM, MTA Angelus, Biodentine controlo negativo.	90 3ºMolares	Foi separada a coroa do dente da porção radicular, abaixo da junção amelo-cementaria, e os materiais teste foram colocados no dente preparado. (1)	1, 7, 30 e 60 dias	Avaliar a descoloração coronária de: ProRoot-MTA, ProRoot-MTA branco, EndoSequence RRM, MTA Angelus, e Biodentine.	Todos os dentes apresentaram descoloração perceptível no dia 1. Do dia 7 ao 60, Biodentine e ERRM mantiveram uma descoloração clinicamente não relevante ( $\Delta E < 3,3$ ). MTA e WMTA causaram descoloração persistente ( $\Delta E \geq 3,3$ ) desde o início. No grupo MTA Angelus, a descoloração surgiu no dia 7 e manteve-se até ao final.

<b>Autores e ano</b>	<b>Materiais</b>	<b>Amostra</b>	<b>Método</b>	<b>Follo w-up</b>	<b>Objetivos do estudo</b>	<b>Resultados</b>
<b>Vallés et al., 2015</b>	Biodentine, WMTA  controlo negativo  (só compósito)	35 dentes	(1)	1,2  nas,  1, 3, e  6  meses	Avaliou-se a estabilidade da cor sob luz artificial de dentes humanos ex vivo restaurados na coroa com WMTA ou Biodentine.	Verificaram-se diferenças significativas entre WMTA e Biodentine, e entre WMTA e o controlo, em todos os momentos. Não se observaram diferenças significativas entre Biodentine e o grupo controlo. O grupo WMTA apresentou descoloração desde a 1. <sup>a</sup> semana, com progressão ao longo do tempo.
<b>Ramos et al., 2016</b>	Controlo negativo controlo positivo (sangue), ProRoot WMTA BioDentine.	28 pré-molares.	(1)	6 e 52  sema  nas.  nas.	O objetivo foi comparar a descoloração dentária que ocorre em dentes preenchidos com ProRoot MTA ou BioDentine ao longo de 1 ano.	Foram encontradas variações perceptíveis de cor para o grupo de controlo positivo em todos os períodos. Todos os outros grupos apresentaram alterações perceptíveis de cor após 6 e 52 semanas. Na avaliação de 1 ano, todos os grupos revelaram mudanças significativas de cor.

Autores e ano	Materiais	Amostra	Método	Follo w-up	Objetivos do estudo	Resultados
Chen et al., 2020	Endosequence RRM putty, Endosequence RRM fast set putty, Biodentine WMTA, controlo negativo controlo positivo (sangue).	100 dentes anteriores	Aplicação dos materiais acima da junção amelo cementaria em teste após instrumentação do canal, e inserção de esponja impregnada com sangue ou solução salina. (2)	30, 60, e 180 dias	Avaliar o grau de mudança de cor induzida por diferentes materiais à base de silicato de cálcio em presença ou ausência de sangue.	A presença de sangue provocou descoloração visual em todos os materiais testados, mas não se verificaram diferenças estatisticamente significativas entre os materiais quando expostos ao sangue. Na ausência de sangue, o WMTA apresentou uma alteração de cor significativamente superior em comparação com os restantes materiais, com um valor de $\Delta E = 9,34 \pm 3,61$ ( $P < 0,005$ ).

<b>Autores e ano</b>	<b>Materiais</b>	<b>Amostra</b>	<b>Método</b>	<b>Follo w-up</b>	<b>Objetivos do estudo</b>	<b>Resultados</b>
<b>Madani et al., 2019</b>	MTA ângelus, CEM cement Biodentine.	68 dentes anteriores permanentes	(2)	1 dia, 1 e 6 meses	Avaliar a descoloração após o tratamento com MTA, uma mistura enriquecida com cálcio (CEM) cimento e Biodentine na presença e ausência de sangue usando análise espectrofotométrica.	Não foi observada diferença significativa na descoloração entre os grupos Biodentine/salina e CEM/salina e também entre os grupos MTA/salina e CEM/salina. Na presença de sangue o grupo Biodentine/sangue apresentou significativamente menos descoloração do que os grupos MTA/sangue e CEM/sangue.
<b>Al-Hiyasat et al., 2021</b>	Controlo negativo, GMTA, ProRoot, WMTA, BioDentine, TheraCal LC, TotalFill BC, RRM putty.	144 pré-molares maxilares.	(2)	1 dia, 1 semana, 1, 3 e 6 meses	Avaliar a mudança de cor da estrutura coronária do dente após a colocação de diversos materiais de silicato de cálcio na câmara pulpar, na presença ou ausência de sangue.	Na presença de sangue, todos os materiais apresentaram maior descoloração. O BioDentine foi mais afetada pelo sangue, mas manteve níveis menores de descoloração do que TotalFill e TheraCal. Na ausência de sangue o BioDentine apresentou a menor descoloração, seguida por TheraCal e TotalFill com uma descoloração intermediária e WMTA e GMTA causaram a maior descoloração

Autores e ano	Materiais	Amostra	Método	Follo w-up	Objetivos do estudo	Resultados
Nagas et al., 2021	ProRoot MTA, MTA Angelus, Neo MTA, EndoSequence bioceramic putty, Biodentine controlo negativo.	90 terceiros molares.	Aplicação de materiais em teste após pulpotomia coronária (3)	de 3, 6, 12 e 24 meses	Avaliar e comparar a descoloração do dente a longo prazo induzida por diferentes cimentos de silicato de cálcio.	<p>Não houve diferenças significativas entre as descolorações coronárias do Neo MTA, Endosequence bioceramic putty, Biodentine e grupo de controlo. ProRoot MTA e MTA Angelus excederam o limiar de perceptibilidade (<math>\Delta E \geq 3.3</math>), apresentando a descoloração coronária mais acentuada, com um aumento na <math>\Delta E</math> nos primeiro 3 meses seguido por um aumento estável por 2 anos, em comparação com os restantes materiais e controlo negativo</p>

<b>Autores e ano</b>	<b>Materiais</b>	<b>Amostra</b>	<b>Método</b>	<b>Follo w-up</b>	<b>Objetivos do estudo</b>	<b>Resultados</b>
<b>Türkoglu Kayaci et al., 2024</b>	ProRoot MTA, Biodentine, TheraCal PT controlo negativo.	48 dentes terceiros molares.	(3)		7, 30, 90, e 180 dias	Avaliar a estabilidade de cor induzida por TheraCal PT, Biodentine e ProRoot MTA. Comparativamente ao grupo de controlo negativo, o Biodentine e o ThPT mantiveram uma estabilidade de cor ( $\Delta E \leq 3,7$ ). Os dentes tratados com PMTA apresentaram, em todos os momentos avaliados, uma descoloração clinicamente perceptível ( $\Delta E \geq 3,7$ ).
<b>Jang et al., 2013</b>	ProRoot MTA, Angelus MTA Endocem.	32 incisivos.	Os canais foram preenchidos com gutta-percha e o material foi colocado na câmara dentária	(4)	1, 2, 4, 8 e 12 semanas	Avaliar a descoloração dos dentes após o uso do MTA e examinar o branqueamento interno sobre a descoloração associada à MTA. Os grupos ProRoot e Angelus apresentaram descoloração cervical progressiva, o grupo Endocem revelou alterações acinzentadas pouco definidas ao longo de 12 semanas. A remoção do MTA descolorido reduziu significativamente os valores de $\Delta E$ ( $P < 0,05$ ), mas o branqueamento interno subsequente não resultou em redução adicional significativa.

Autores e ano	Materiais	Amostra	Método	Follo w-up	Objetivos do estudo	Resultados
<b>Kohli et al., 2015</b>	Endosequence RRM putty, Endosequence RRM fast set paste, Biodentine, WMTA, GMTA, AH plus sealer, TAP (tripla pasta antibiótica) controlo negativo.	80 dentes anteriores.	Aplicação dos materiais coroa e canais radiculares (5)	7, 30, 60 e 180 dias	Avaliar a descoloração dentaria induzida por vários materiais endodônticos.	Os grupos controlo negativo, AH+, RRM, RRMF e BD não apresentaram alterações de cor superiores ao limiar de perceptibilidade em nenhum momento. Nos grupos GMTA, WMTA e TAP, observou-se descoloração visual a partir do 7.º dia, com aumento ao longo do tempo.

<b>Autores e ano</b>	<b>Materiais</b>	<b>Amostra</b>	<b>Método</b>	<b>Follo w-up</b>	<b>Objetivos do estudo</b>	<b>Resultados</b>
<b>Yang et al., 2021</b>	Controlo negativo, SavDen® MTA, ProRoot WMTA.	30 pré-molares	(5)	1 dia, 1, 2, 4, 6, 8, 12, 16 e 24 semanas.	Avaliar a descoloração de dois materiais bio-cerâmicos diferentes e os efeitos no branqueamento interno.	Os dentes com ProRoot® WMTA e SavDen® MTA ultrapassaram o limiar de perceptibilidade na semana 1 e 2, respetivamente. ProRoot WMTA mostrou um aumento na descoloração do valor de $\Delta E$ durante o período experimental e foi estável na semana 12, SavDen® MTA apresentou um valor de $\Delta E$ estável desde a 2ª semana.

## 2.4 DISCUSSÃO

A estética desempenha um papel importante na sociedade e a descoloração de um único dente pode ter um impacto significativo na qualidade de vida e no bem-estar psicológico (Marconyak et al., 2016). A descoloração dentária é uma complicação estética significativa, associada ao uso clínico de alguns materiais endodônticos, particularmente em zonas de alta visibilidade como os dentes anteriores.

A avaliação de alterações de cor dentária é importante tanto em contextos clínicos, quanto em investigação. Existem diversos métodos para esse efeito, nomeadamente os métodos subjetivos (visuais) e métodos objetivos (instrumentais). Os métodos visuais restringem-se ao ambiente clínico pois são usadas escalas de cor convencionais (Vita Classical ou Vita 3D-Master), comparadas com a cor dos dentes do paciente. É um método simples, rápido, mas depende da iluminação, do grau de fadiga visual e da subjetividade entre avaliadores (Kwon Sr et al., 2020).

Os métodos a usar em estudos de investigação têm de ser mais precisos e padronizados, e requerem medições através de instrumentação. Podem usar-se métodos colorimétricos como câmaras digitais com software de análise de cor (Photoshop, ImageJ, etc.), ou tecnologia de Scanners Intraorais com Módulo de Cor (alguns scanners capturam a cor dos dentes em 3D e fornecem mapas de cor digitais). A outra opção é usar-se o método de espectrofotometria, onde se mede a luz refletida pelo dente em diferentes comprimentos de onda. Obtêm-se valores numéricos  $L$ ,  $a$ ,  $b^{***}$  (sistema CIELAB), onde  $L^*$  é a luminosidade,  $a^*$  o eixo verde/vermelho e  $b^*$  o eixo azul/amarelo. A diferença de cor pode ser medida por formulas como  $\Delta E^*$ , em que  $\Delta E < 1$  imperceptível,  $1 < \Delta E < 3.3$ : perceptível apenas por especialistas e  $\Delta E > 3.3$ : perceptível por leigos (Kwon et al., 2020). Para avaliar as variações de cor de forma objetiva e repetível é utilizado o sistema colorimétrico CIE Lab\*, aplicado por meio de espectrofotómetros como o Vita Easy Shade, capaz de detetar mínimas variações de cor ( $\Delta E$ ) (Marconyak et al., 2016 e Madani et al., 2019). Vários estudos mostraram uma variabilidade mensurável no potencial de descoloração de diferentes materiais de silicato de cálcio (Chen et al., 2015). A grande variabilidade na metodologia dos diversos estudos tem impacto nos resultados, na interpretação e na validade das comparações. Estudos com diferentes desenhos metodológicos partem de pressupostos distintos, respondem a perguntas diferentes, o que

limita a comparação direta dos resultados. Também a heterogeneidade das amostras, e do seu número introduz vieses, e compromete a equivalência de resultados. O objetivo deste trabalho foi no entanto reunir informação, e agrupá-la por metodologia, de maneira a sintetizar os principais resultados dos vários estudos. A evidência e as conclusões podem ser extrapoladas dentro do mesmo desenho de estudo.

#### **2.4.1. Comparação dos materiais de silicato de cálcio utilizados em procedimentos de aplicação coronária**

Nos estudos de Marconyak et al. (2016), Valles et al. (2015) e Ramos et al. (2016) foram utilizados dentes extraídos que foram cortados sob a junção amelo-cimentaria e o material foi aplicado na porção coronária dos dentes, na tentativa de simular um procedimento clínico. A diferença nos estudos foi o período de follow up.

Marconyak et al. (2016) conduziram um estudo de 60 dias usando terceiros molares inferiores intactos, avaliando a descoloração por espectrofotometria em intervalos regulares (1, 7, 30, 60 dias) após a colocação do material.

Ramos et al. (2016), no entanto, estenderam a observação para um período de 1 ano, com pré-molares humanos. Incluíram um controlo positivo (algodão embebido em sangue) e um controlo negativo (algodão estéril), permitindo uma comparação mais estruturada das variações de luminância ( $L^*$ ).

Vallès et al. (2015) monitorizaram dentes restaurados com Biodentine ou WMTA sob luz artificial por 6 meses.

Nos estudos de Vallés et al., (2015) e Marconyak et al. (2016), verificou-se que o Biodentine apresentou desempenho significativamente melhor do que o ProRoot MTA em termos de estabilidade da cor. O estudo de Vallès et al. confirma que a discromia induzida por WMTA é significativa já após 1 semana e aumenta ao longo do tempo, enquanto a Biodentine mostra maior estabilidade de cor durante o estudo. Marconyak et al. (2016) afirmam que o MTA e o MTA branco apresentaram uma descoloração clinicamente observável desde o primeiro dia.

No estudo realizado por Ramos et al. (2016) afirma-se que todos os quatro grupos (controlo positivo com sangue, controlo negativo, ProRoot MTA e Biodentine) apresentaram uma variação de cor significativa durante todo o estudo, apesar disso, o

Biodentine trouxe menos descoloração do que o ProRoot MTA e o grupo de controlo positivo. Os resultados obtidos nesses estudos são semelhantes aos obtidos no estudo de revisão de literatura de Felman & Parashos (2013) e Krastl et al. (2013).

Além disso, o estudo de Marconyak et al. (2016) também avaliou o material Endosequence RRM que apresentou um comportamento semelhante ao da Biodentine, relatando uma descoloração não clinicamente detetável ( $\Delta E < 3,3$ ).

Nos artigos de Nagas et al. (2021) e TÜRKÖĞLU KAYACI et al. (2024) foram realizados estudos *in vitro* utilizando terceiros molares extraídos com aplicação do material teste após a realização de um tratamento de pulpotomia coronária.

O resultado central de ambos os estudos é a clara inferioridade do MTA em termos de estabilidade cromática. Türkoglu Kayaci et al. (2024) relatam que todos os materiais causam discromia, mas o Biodentine e o Theracal PT apresentaram as menores variações ( $\Delta E < 3,7$ ), enquanto PMTA apresentou  $\Delta E > 6$  em todos os tempos de observação.

O estudo de Nagas et al. (2021) tem o tempo de follow up mais longo (24 meses), e também destaca que o Biodentine não demonstrou mudanças de cor significativas em relação ao MTA e sublinha como a ausência de óxido de bismuto na formulação do Biodentine limita seu potencial discrómico.

O Theracal PT, introduzido apenas no estudo de Türkoglu Kayaci et al. (2024), surge como uma válida alternativa, pois não contem óxido de bismuto, sendo este substituído por bário zirconato e fluoreto de itérbio como opacificantes. ThPT apresenta um  $\Delta E$  de  $3,24 \pm 0,86$  aos 180 dias, estatisticamente semelhante ao Biodentine e ao grupo de controlo negativo, sugerindo uma excelente estabilidade mesmo a médio prazo. O mesmo resultado também foi obtido no estudo Al-Hiyasat et al. (2021), onde a avaliação foi realizada após inserção dos materiais na porção coronária de 44 pré-molares humanos extraídos em presença e ausência de sangue.

#### **2.4.2. Comparação dos materiais de silicato de cálcio utilizados em procedimentos de aplicação coronária e obturação canal**

Nos estudos de Kohli et al. (2015) e Yang et al. (2021) todos os materiais de teste foram aplicados na zona coronária e nos canais radiculares como materiais de obturação endodôntica.

Em ambos os artigos se destaca que o ProRoot MTA causa uma descoloração imediata e visível, associada a uma progressiva penetração do pigmento nos túbulos dentinários (Kohli et al., 2015). O limiar clínico de percepção ( $\Delta E > 3,3$ ) foi excedido na primeira semana para o ProRoot MTA (Yang et al., 2021).

No estudo realizado por Yang et al. (2021) foi utilizado um material inovador: SavDen MTA, que é um material modificado com gluconato lactato de cálcio (CLG). Esta modificação melhora as propriedades de manuseamento e reduz significativamente a discromia, estabilizando-se a cor na segunda semana. Embora o SavDen MTA também contenha óxido de bismuto, a adição de CLG parece limitar a reação com o NaOCl ou com a luz do ambiente, que geralmente produz discromia. Assim, mesmo produzindo uma descoloração perceptível, os resultados são sempre menores do que o produzido pelo ProRoot MTA (Yang et al., 2021).

No estudo realizado por Kohli et al. (2015) foram utilizados materiais como Biodentine, Endosequence RRM putty, Endosequence RRM fast set paste e AH plus sealer que não apresentaram alterações de cor acima do limiar de perceptibilidade em qualquer intervalo de tempo. Esse facto pode ser observado em estudos que incluem os materiais Biodentine e Endosequence RRM, conduzidos por Marconyak et al. (2016) e mais recentemente por Chen et al., 2020. No mesmo estudo de Kohli et al. (2015) também foram incluídos materiais como White MTA, Grey MTA e tripla pasta antibiótica (TAP) que causaram uma forte descoloração, a maior descoloração foi no entanto associada à TAP, conforme já indicado no estudo de Kim et al. (2010).

#### **2.4.3 Comportamento dos materiais de silicato de cálcio em presença e ausência de sangue**

Nos estudos de Chen et al. (2020), Madani et al. (2019) e Al-Hiyasat et al. (2021) foi avaliada a descoloração dentária, após aplicação de materiais na porção coronária em dentes extraídos na presença ou ausência de sangue.

Em todos os estudos, foi demonstrado que quando os materiais estão em contato com o sangue a descoloração aumenta significativamente. Apesar disso, Madani et al. (2019) e Chen et al. (2020) observam que Biodentine e EndoSequence RRMFS (o último material avaliado apenas por Chen et al.) apresentaram alterações cromáticas significativamente menores na ausência de sangue e que mesmo na presença de sangue, Biodentine manteve um comportamento relativamente estável em comparação com WMTA.

Nos estudos de Madani et al. (2019) e , Al-Hiyasat et al. (2021), verificou-se que a contaminação sanguínea de materiais de silicato de cálcio tem o potencial para causar descoloração coronária, e todos os materiais testados mostram alterações cromáticas na presença de sangue, mesmo que os materiais como Biodentine, TheraCal e TotalFill (avaliados por Al-Hiyasat et al.) continuassem a apresentar menos descoloração do que outros materiais testados. Al-Hiyasat et al. (2021) atribuem essa maior estabilidade cromática à ausência de óxido de bismuto, que é substituído por zircônio no Biodentine, óxido de tântalo e zircônio na TotalFill e zircômato de bário na TheraCal, afirmando que o uso de diferentes radiopacificantes reduz significativamente o risco de descoloração dentária. Os resultados obtidos nesses estudos são coerentes com os obtidos no estudo realizado em dentes bovinos por Yoldaş et al. (2016).

Uma constante destacada é o efeito agravante do sangue na discromia. No estudo de Chen et al. (2020), observa-se também que todos os grupos sanguíneos apresentam escurecimento progressivo, com variações mais pronunciadas na luminosidade ( $\Delta L$ ). O MTA, em particular, apresentou um  $\Delta E$  de 9,34 também na ausência de sangue, valor clinicamente relevante (acima do limiar de percepção humana de  $\Delta E \geq 3,3$ ).

Madani et al. (2019) e Chen et al. (2020) relatam que o sangue afeta significativamente as mudanças de cor já após um mês, especialmente em grupos com MTA e CEM cement. Além disso, Al-Hiyasat et al. (2021) indicam que substâncias irrigantes como o hipoclorito de sódio (NaOCl) também contribuem para a discromia, particularmente para materiais contendo óxido de bismuto.

#### **2.4.4. Comportamento dos materiais de silicato de cálcio em técnicas de branqueamento interno**

No estudo de Jang et al. (2013), os dentes extraídos foram preparados endodonticamente e os canais foram preenchidos com gutta percha e cimentos obturadores. Os materiais foram inseridos acima dos cones de gutta-percha, e as variações cromáticas foram monitorizadas até 12 semanas com espectrofotometria segundo o sistema CIE Lab\*. Neste estudo, assim como no de Yang et al. (2021), foi avaliada a potencial interferência dos cimentos de silicato de cálcio na eficácia do branqueamento interno.

Jang et al. (2013) confirmam uma maior descoloração causada por ProRoot e Angelus MTA, que pode ser observada especialmente a nível cervical. Em ambos os estudos o perborato de sódio, misturado com água destilada (Yang et al., 2021) ou peróxido de hidrogénio (Jang et al., 2013) é usado como agente branqueador. De acordo com Yang et al. (2021), após seis semanas de branqueamento, os valores de  $\Delta E$  caíram para  $1,30 \pm 0,13$  para ProRoot MTA e  $1,77 \pm 0,18$  para o SavDen MTA, indicando um efeito de branqueamento significativo em ambos os casos, embora menos efetivo no MTA. De acordo com Jang et al. (2013), a remoção mecânica do material de MTA contribuiu mais efetivamente para a melhoria da descoloração do que o branqueamento pós-tratamento, como também afirma o estudo de Belobrov & Parashos (2011).



### 3. CONCLUSÃO

A análise da literatura científica disponível mostra que a descoloração dentária é um aspecto importante a ser considerado quando se utilizam materiais endodônticos à base de silicato de cálcio, como MTA, Biodentine e outros cimentos biocerâmicos. Os vários estudos analisados mostram que, embora estes materiais sejam eficazes do ponto de vista terapêutico, a sua capacidade para alterar a cor dos dentes varia significativamente em função do tipo de cimento utilizado, das condições ambientais e do tempo de follow-up.

A influência da presença de sangue surge como fator determinante: todos os estudos concordam que o contato com sangue aumenta significativamente a descoloração dos materiais, tornando esse problema ainda mais relevante em situações clínicas. Além disso, a duração do follow-up é um elemento-chave, já que a descoloração tende a aumentar com o tempo, tornando a avaliação de longo prazo importante para o planejamento terapêutico adequado.

Materiais como o ProRoot MTA e WMTA, que incluem na composição o óxido de bismuto, tendem a causar descoloração mais acentuada e persistente, o que se pode tornar clinicamente perceptível após apenas alguns dias, e aumentar ao longo do tempo. Em contraste, o Biodentine e alguns materiais biocerâmicos como a Endosequence RRM e TheraCal apresentam menor tendência à descoloração, principalmente na ausência de sangue, mantendo uma cor mais estável no longo prazo. Este último material tem no entanto muito poucos estudos que possam sustentar o seu desempenho clínico.

Deve-se notar que os estudos analisados são *in vitro* e não levam em conta variáveis clínicas como o fluxo sanguíneo, a pressão pulpar ou a microinfiltração de materiais restauradores. Além disso, nem todos os artigos avaliaram as mudanças após 6 meses, deixando o comportamento a longo prazo em dúvida.

Em conclusão, a escolha do material deve levar em conta não apenas as propriedades biológicas e terapêuticas dos materiais, mas também o seu impacto estético, especialmente nos dentes anteriores. Novos materiais como o Biodentine e alguns materiais biocerâmicos parecem representar alternativas mais estéticas do que MTA e WMTA, especialmente em contextos onde a descoloração pode comprometer a estética do sorriso. No entanto, é crucial continuar a pesquisar e desenvolver novos materiais que

O efeito dos materiais de silicato de cálcio na descoloração dentária – revisão integrativa

combinem eficácia clínica com estabilidade estética, minimizando o risco de descoloração ao longo do tempo.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Akbulut, M. B., Terlemez, A., Akman, M., Buyukerkmen, B., Guneser, M. B., & Eldeniz, A. U. (2017). Tooth discoloration effects of calcium silicate based barrier materials used in revascularization and treatment with internal bleaching. *Journal of Dental Sciences*, *12*(4), 347–353. <https://doi.org/10.1016/j.jds.2017.03.009>
- Al-Hiyasat, A. S., Ahmad, D. M., & Khader, Y. S. (2021). The effect of different calcium silicate-based pulp capping materials on tooth discoloration: an in vitro study. *BMC Oral Health*, *21*(1), 330. <https://doi.org/10.1186/s12903-021-01677-y>
- Amrollahi, N., Karimi, R., & Shariati, F. (2024). Clinical and radiographic success of TheraCal versus Formocresol in primary teeth pulpotomy: A systematic review and meta-analysis. *The Saudi Dental Journal*, *36*(8), 1058–1065. <https://doi.org/10.1016/j.sdentj.2024.06.008>
- Ashmi, A., Jyoti, S. I., & Sheba, M. S. (2023). Biodentine™- A Review. *International Journal Dental and Medical Sciences Research*, *5*(3), 738–742.
- Belobrov, I., & Parashos, P. (2011). Treatment of Tooth Discoloration after the Use of White Mineral Trioxide Aggregate. *Journal of Endodontics*, *37*(7), 1017–1020. <https://doi.org/10.1016/j.joen.2011.04.003>
- Camilleri, J., Sorrentino, F., & Damidot, D. (2013). Investigation of the hydration and bioactivity of radiopacified tricalcium silicate cement, Biodentine and MTA Angelus. *Dental Materials*, *29*(5), 580–593. <https://doi.org/10.1016/j.dental.2013.03.007>
- Chen, I., Karabucak, B., Wang, C., Wang, H.-G., Koyama, E., Kohli, M. R., Nah, H.-D., & Kim, S. (2015). Healing after Root-end Microsurgery by Using Mineral Trioxide Aggregate and a New Calcium Silicate-based Bioceramic Material as Root-end Filling Materials in Dogs. *Journal of Endodontics*, *41*(3), 389–399. <https://doi.org/10.1016/j.joen.2014.11.005>
- Chen, S. J., Karabucak, B., Steffen, J. J., Yu, Y.-H., & Kohli, M. R. (2020). Spectrophotometric Analysis of Coronal Tooth Discoloration Induced by Tricalcium Silicate Cements in the Presence of Blood. *Journal of Endodontics*, *46*(12), 1913–1919. <https://doi.org/10.1016/j.joen.2020.09.009>
- De Rosa Palmini, D. (2024). *Discromia dentale intrinseca ed estrinseca: cause e trattamenti possibili*.
- Felman, D., & Parashos, P. (2013). Coronal Tooth Discoloration and White Mineral Trioxide Aggregate. *Journal of Endodontics*, *39*(4), 484–487. <https://doi.org/10.1016/j.joen.2012.11.053>
- Hwang, Y.-C., Lee, S.-H., Hwang, I.-N., Kang, I.-C., Kim, M.-S., Kim, S.-H., Son, H.-H., & Oh, W.-M. (2009). Chemical composition, radiopacity, and biocompatibility of Portland cement with bismuth oxide. *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology, Oral Radiology, and Endodontology*, *107*(3), e96–e102. <https://doi.org/10.1016/j.tripleo.2008.11.015>
- Ioannidis, K., Mistakidis, I., Beltes, P., & Karagiannis, V. (2013). Spectrophotometric analysis of coronal discoloration induced by grey and white <sc>MTA</sc>.

*International Endodontic Journal*, 46(2), 137–144. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2591.2012.02098.x>

- Jang, J.-H., Kang, M., Ahn, S., Kim, S., Kim, W., Kim, Y., & Kim, E. (2013). Tooth Discoloration after the Use of New Pozzolan Cement (Endocem) and Mineral Trioxide Aggregate and the Effects of Internal Bleaching. *Journal of Endodontics*, 39(12), 1598–1602. <https://doi.org/10.1016/j.joen.2013.08.035>
- Kang, S.-H., Shin, Y.-S., Lee, H.-S., Kim, S.-O., Shin, Y., Jung, I.-Y., & Song, J. S. (2015). Color Changes of Teeth after Treatment with Various Mineral Trioxide Aggregate-based Materials: An Ex Vivo Study. *Journal of Endodontics*, 41(5), 737–741. <https://doi.org/10.1016/j.joen.2015.01.019>
- Keskin, C., Demiryurek, E. O., & Ozyurek, T. (2015). Color Stabilities of Calcium Silicate-based Materials in Contact with Different Irrigation Solutions. *Journal of Endodontics*, 41(3), 409–411. <https://doi.org/10.1016/j.joen.2014.11.013>
- Kim, J.-H., Kim, Y., Shin, S.-J., Park, J.-W., & Jung, I.-Y. (2010). Tooth Discoloration of Immature Permanent Incisor Associated with Triple Antibiotic Therapy: A Case Report. *Journal of Endodontics*, 36(6), 1086–1091. <https://doi.org/10.1016/j.joen.2010.03.031>
- Kohli, M. R., Yamaguchi, M., Setzer, F. C., & Karabucak, B. (2015). Spectrophotometric Analysis of Coronal Tooth Discoloration Induced by Various Bioceramic Cements and Other Endodontic Materials. *Journal of Endodontics*, 41(11), 1862–1866. <https://doi.org/10.1016/j.joen.2015.07.003>
- Krastl, G., Allgayer, N., Lenherr, P., Filippi, A., Taneja, P., & Weiger, R. (2013). Tooth discoloration induced by endodontic materials: a literature review. *Dental Traumatology*, 29(1), 2–7. <https://doi.org/10.1111/j.1600-9657.2012.01141.x>
- Kwon, S. R., Cortez, E., Wang, M., Jagwani, M., Oyoyo, U., & Li, Y. (2020). Systematic review of in vitro studies evaluating tooth bleaching efficacy. *American Journal of Dentistry*, 33(1), 17–24.
- Madani, Z., Alvandifar, S., & Bizhani, A. (2019). Evaluation of tooth discoloration after treatment with mineral trioxide aggregate, calcium-enriched mixture, and Biodentine® in the presence and absence of blood. *Dental Research Journal*, 16(6), 377–383.
- Marciano, M. A., Costa, R. M., Camilleri, J., Mondelli, R. F. L., Guimarães, B. M., & Duarte, M. A. H. (2014). Assessment of Color Stability of White Mineral Trioxide Aggregate Angelus and Bismuth Oxide in Contact with Tooth Structure. *Journal of Endodontics*, 40(8), 1235–1240. <https://doi.org/10.1016/j.joen.2014.01.044>
- Marconyak, L. J., Kirkpatrick, T. C., Roberts, H. W., Roberts, M. D., Aparicio, A., Himel, V. T., & Sabey, K. A. (2016). A Comparison of Coronal Tooth Discoloration Elicited by Various Endodontic Reparative Materials. *Journal of Endodontics*, 42(3), 470–473. <https://doi.org/10.1016/j.joen.2015.10.013>
- Możyńska, J., Metlerski, M., Lipski, M., & Nowicka, A. (2017). Tooth Discoloration Induced by Different Calcium Silicate-based Cements: A Systematic Review of In Vitro Studies. *Journal of Endodontics*, 43(10), 1593–1601. <https://doi.org/10.1016/j.joen.2017.04.002>
- Nagas, E., Ertan, A., Eymirli, A., Uyanik, O., & Cehreli, Z. C. (2021). Tooth Discoloration Induced by Different Calcium Silicate-Based Cements: A Two-Year

- Spectrophotometric and Photographic Evaluation *in Vitro*. *Journal of Clinical Pediatric Dentistry*, 45(2), 112–116. <https://doi.org/10.17796/1053-4625-45.2.7>
- Parirokh, M., & Torabinejad, M. (2010). Mineral Trioxide Aggregate: A Comprehensive Literature Review—Part III: Clinical Applications, Drawbacks, and Mechanism of Action. *Journal of Endodontics*, 36(3), 400–413. <https://doi.org/10.1016/j.joen.2009.09.009>
- Parirokh, M., Torabinejad, M., & Dummer, P. M. H. (2018). Mineral trioxide aggregate and other bioactive endodontic cements: an updated overview – part I: vital pulp therapy. *International Endodontic Journal*, 51(2), 177–205. <https://doi.org/10.1111/iej.12841>
- Pierluigi Altea. (2023). *Silicato di calcio, gli effetti sul trattamento endodontico*.
- Ramos, J. C., Palma, P. J., Nascimento, R., Caramelo, F., Messias, A., Vinagre, A., & Santos, J. M. (2016). 1-year In Vitro Evaluation of Tooth Discoloration Induced by 2 Calcium Silicate-based Cements. *Journal of Endodontics*, 42(9), 1403–1407. <https://doi.org/10.1016/j.joen.2016.06.012>
- Rodríguez-Lozano, F. J., López-García, S., García-Bernal, D., Sanz, J. L., Lozano, A., Pecci-Lloret, M. P., Melo, M., López-Ginés, C., & Forner, L. (2021). Cytocompatibility and bioactive properties of the new dual-curing resin-modified calcium silicate-based material for vital pulp therapy. *Clinical Oral Investigations*, 25(8), 5009–5024. <https://doi.org/10.1007/s00784-021-03811-0>
- Santiago, M. C., Henrique de Oliveira Salles, G., Gomes de Lima, G., Alves de Oliveira, L., & Salles, L. P. (2025). Comparative analysis of viability, proliferation, and mineralization potential of human pulp and osteoblastic cells exposed to different bioceramic endodontic sealers. *Journal of Oral Biology and Craniofacial Research*, 15(1), 191–198. <https://doi.org/10.1016/j.jobcr.2025.01.008>
- Sanz, J. L., Soler-Doria, A., López-García, S., García-Bernal, D., Rodríguez-Lozano, F. J., Lozano, A., Llena, C., Forner, L., Guerrero-Gironés, J., & Melo, M. (2021). Comparative Biological Properties and Mineralization Potential of 3 Endodontic Materials for Vital Pulp Therapy: Theracal PT, Theracal LC, and Biodentine on Human Dental Pulp Stem Cells. *Journal of Endodontics*, 47(12), 1896–1906. <https://doi.org/10.1016/j.joen.2021.08.001>
- Simona Bonati. (n.d.). *Endodonzia 2.0: Storia e caratteristiche dei moderni cementi bioceramici*.
- Sorrentino, R. (2015). *Cosa sono le discromie dentali: cause e rimedi*.
- Torabinejad, M., Parirokh, M., & Dummer, P. M. H. (2018). Mineral trioxide aggregate and other bioactive endodontic cements: an updated overview – part II: other clinical applications and complications. *International Endodontic Journal*, 51(3), 284–317. <https://doi.org/10.1111/iej.12843>
- TÜRKOĞLU KAYACI, Ş., SOLMAZGÜL YAZICI, Z., & ARSLAN, H. (2024). Spectrophotometric Analysis of Color Stability Induced by Various Calcium Silicate Cements in Full Pulpotomy of Permanent Molars: Theracal PT, Biodentine, and ProRoot MTA. *Journal of Endodontics*, 50(2), 229–234. <https://doi.org/10.1016/j.joen.2023.11.008>

- Vallés, M., Roig, M., Duran-Sindreu, F., Martínez, S., & Mercadé, M. (2015). Color Stability of Teeth Restored with Biodentine: A 6-month In Vitro Study. *Journal of Endodontics*, *41*(7), 1157–1160. <https://doi.org/10.1016/j.joen.2015.03.014>
- Yang, W.-C., Tsai, L.-Y., Hsu, Y.-H., Teng, N.-C., Yang, J.-C., & Hsieh, S.-C. (2021). Tooth discoloration and the effects of internal bleaching on the novel endodontic filling material SavDen® MTA. *Journal of the Formosan Medical Association*, *120*(1), 476–482. <https://doi.org/10.1016/j.jfma.2020.06.016>
- Yoldaş, S. E., Bani, M., Atabek, D., & Bodur, H. (2016). Comparison of the Potential Discoloration Effect of Bioaggregate, Biodentine, and White Mineral Trioxide Aggregate on Bovine Teeth: In Vitro Research. *Journal of Endodontics*, *42*(12), 1815–1818. <https://doi.org/10.1016/j.joen.2016.08.020>
- Zhou, H., Shen, Y., Wang, Z., Li, L., Zheng, Y., Häkkinen, L., & Haapasalo, M. (2013). In Vitro Cytotoxicity Evaluation of a Novel Root Repair Material. *Journal of Endodontics*, *39*(4), 478–483. <https://doi.org/10.1016/j.joen.2012.11.026>