



**UNIVERSIDADE
FERNANDO
PESSOA**

AVALIAÇÃO COMPARATIVA DA EFICÁCIA DO BIODENTINE™, MTA™ E DO HIDRÓXIDO DE CÁLCIO, NOS RECOBRIMENTOS PULPARES DE DENTES PERMANENTES COM CÁRIES PROFUNDAS - REVISÃO SISTEMÁTICA

[Comparative evaluation of the efficacy of Biodentine™, MTA™ and calcium hydroxide in pulp capping of permanent teeth with deep caries - Systematic review]

Dissertação de Mestrado

Mestrado Integrado em Medicina Dentária

Dounia Belala

Orientadoras:

Prof. Doutora Liliana Alexandra Pascoal Teixeira

Mestre Eduarda Lígia Almeida Brites Pereira da Silva

Junho 2024

**AVALIAÇÃO COMPARATIVA DA EFICÁCIA DO BIODENTINE™,
MTA™ E DO HIDRÓXIDO DE CÁLCIO, NOS RECOBRIMENTOS
PULPARES DE DENTES PERMANENTES COM CÁRIES PROFUNDAS-
REVISÃO SISTEMÁTICA**

[Comparative evaluation of the efficacy of Biodentine™, MTA™ and calcium hydroxide in
pulp capping of permanent teeth with deep caries - Systematic review]

Dissertação de Mestrado

Mestrado Integrado em Medicina Dentária

Dounia Belala

Orientadoras:

Prof. Doutora Liliana Alexandra Pascoal Teixeira

Mestre Eduarda Lígia Almeida Brites Pereira da Silva

Junho 2024

AGRADECIMENTOS

Quero expressar a minha profunda gratidão a todas as pessoas que contribuíram para a realização desta tese.

Em primeiro lugar, quero agradecer a minha orientadora de tese, a Professora Doutora - Liliana Alexandra Pascoal Teixeira que me ajudou durante todo o processo de elaboração da minha tese. Também agradeço à minha co-orientadora, a Mestre Eduarda Lígia Almeida Brites Pereira da Silva.

Gostaria de agradecer especialmente aos meus pais e ao meu irmão pelo seu apoio financeiro e emocional durante todos estes anos.

Agradeço ao meu binômio Doriane Villecroze pelo apoio desde o primeiro ano.

Agradeço também a todos aqueles que me ofereceram ajuda para escrever e formatar esta tese: Doriane, Coralie, Yanis e “L’indien”.

RESUMO

Objetivo: Realizar uma revisão sistemática de literatura para avaliação comparativa da eficácia clínica e radiológica de materiais de silicato de cálcio, em comparação com o hidróxido de cálcio. **Metodologia:** Os critérios de elegibilidade para a elaboração da revisão sistemática, seguiram a estratégia PICO. A pesquisa bibliográfica foi realizada em várias bases de dados: PubMed(MEDLINE), Sciencedirect e Cochrane central register of controlled trials (CENTRAL). Utilizou-se a combinação de palavras-chave (“Biodentine™” OR “MTA™” OR “Calcium hydroxide”) AND (“Direct pulp capping” OR “Indirect pulp capping”) AND “Permanent teeth” AND “dental caries”. Foram identificados os artigos, e selecionados por 2 revisores independentes, os que se consideraram elegíveis, seguindo as guidelines da PRISMA. A avaliação qualitativa da qualidade dos estudos foi realizada através da checklist SIGN (Scottish Intercollegiate Guidelines Network) para ensaios clínicos randomizados, tendo sido analisado o risco de viés de cada estudo. **Resultados:** Dos 186 artigos identificados foram selecionados 9 estudos para esta revisão sistemática. Os resultados indicam que o MTA™ e o Biodentine™ demonstram uma eficácia clínica e radiográfica significativa na promoção da reparação pulpar e na formação de pontes dentinárias, enquanto o hidróxido de cálcio pode apresentar resultados mais variáveis, sobretudo a longo prazo. **Conclusão:** Os materiais Biodentine™, MTA™ e hidróxido de cálcio, apresentam-se como opções viáveis para o recobrimento pulpar direto e indireto, cada um com suas respectivas vantagens e desvantagens. A escolha entre eles deve ser feita pelo médico dentista levando em consideração a condição clínica específica do paciente. Contudo, para uma validação mais robusta das características desta revisão sistemática, são necessárias investigações adicionais. **Palavras chave:** Biodentine™, MTA™, calcium hydroxide, Direct pulp capping, indirect pulp capping, pulpal dental vitality, permanent teeth, dental caries.

ABSTRACT

Objective: To conduct a systematic review of literature for comparative evaluation of clinical and radiological efficacy of calcium silicate materials, compared to calcium hydroxide. **Methodology:** The eligibility criteria for the preparation of the systematic review followed the PICO strategy. The bibliographic research was performed in several databases: PubMed (MEDLINE), Scencedirect and Cochrane central Register of Controlled Trials (CENTRAL). Utilizou-se a combinaçao de palavras-chave (“Biodentine™” OR “MTA™” OR “Calcium hydroxide”) AND (“Direct pulp capping” OR “Indirect pulp capping”) AND “Permanent teeth” AND “dental caries”. The articles were identified and selected by 2 independent reviewers, who considered themselves eligible, following the guidelines of PRISMA. The qualitative evaluation of the quality of the studies was performed through the Checklist SIGN (Scottish Intercollegiate Guidelines Network) for randomized clinical trials, and the risk of bias of each study was analyzed. **Results:** Of the 186 articles identified, 9 studies were selected for this systematic review. The results indicate that the MTA; and Biodentine; demonstrate a significant clinical and radiographic efficacy in promoting pulp repair and in the formation of dentinal bridges, while calcium hydroxide may present more variable results, especially in the long term. **Conclusion:** The materials Biodentine™, MTA™ and calcium hydroxide, are presented as viable options for direct and indirect pulp coating, each with their respective advantages and disadvantages. The choice between them should be made by the dentist taking into account the specific clinical condition of the patient. However, for a more robust validation of the characteristics of this systematic review, further investigations are needed. **Keywords:** Biodentine™, MTA™, Calcium hydroxide, Direct Pulp capping, Indirect Pulp capping, pulpal dental vitality, Permanent Teeth, dental caries.

ÍNDICE GERAL

RESUMO	v
ABSTRACT	vii
ÍNDICE GERAL	ix
ÍNDICE DE FIGURAS	xi
ÍNDICE DE TABELAS	xiii
LISTA DE ABREVIATURAS, SIGLAS, SÍMBOLOS E ACRÓNIMOS	xv
1. INTRODUÇÃO	1
2. DESENVOLVIMENTO	11
2.1 METODOLOGIA	11
2.2.1 Protocolo de registo e questão de pesquisa	11
2.1.2 Estratégia de pesquisa e base de dados.....	11
2.1.4 Processo de seleção dos artigos	14
2.1.5 Extração dos dados	16
2.1.6 Avaliação qualitativa dos estudos incluídos.....	16
2.2 RESULTADOS	17
2.2.1 Características dos estudos incluídos	17
2.2.2 Sucesso clínico e radiográfico	34
2.2.3 Qualidade dos estudos incluídos	35
2.3 DISCUSSÃO	37
2.3.1 Materiais de recobrimento pulpar.....	40
2.3.2 Recobrimento pulpar indireto.....	41
2.3.3 Recobrimento pulpar direto	42
2.3.4 Formação de pontes dentinárias	44
2.3.5 Limitações desta revisão sistemática.....	45
3. CONCLUSÃO	47
4. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	49
ANEXO	

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Diagrama de fluxo PRISMA (Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses) para a seleção de artigos.....	15
Figura 2. Diagrama com as soluções irrigantes/hemostáticas usadas nos diferentes estudos incluídos.....	23
Figura 3. Gráfico com as opções restauradoras nos diferentes estudos incluídos.....	24
Figura 4. Diagrama com o número de estudos e respectivos materiais comparados.....	38

ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 1. Estratégia PICO utilizada para avaliar as evidências científicas sobre qual biomaterial (MTA™, Biodentine™ ou Hidróxido de cálcio) será o mais eficaz, no que se refere a manutenção da vitalidade pulpar, num procedimento de recobrimento pulpar direto ou indireto.....	11
Tabela 2. Resultados das pesquisas bibliográficas realizadas para a revisão sistemática.....	12
Tabela 3. Critérios de inclusão e exclusão, aplicados para a seleção final dos artigos, utilizados na elaboração desta revisão sistemática, segundo os parâmetros PICO.....	13
Tabela 4.a. Características relevantes recolhidas a partir dos estudos incluídos.....	18
Tabela 4.b. Parâmetros de avaliação e principais resultados relatados nos estudos incluídos.....	25
Tabela 5. Medidas e resultados relatados dos estudos incluídos.....	36
Tabela 6. Materiais comparados pelos diferentes autores.....	43

LISTA DE ABREVIATURAS, SIGLAS, SÍMBOLOS E ACRÓNIMOS

ALARA "*As Low As Reasonably Achievable*" (Tão Baixo Quanto Razoavelmente Atingível)

EMD Emdogain

CBCT *Cone Beam Computed Tomography*

CEM *Calcium-enriched Mixture Cement*

CENTRAL *Cochrane central Register of Controlled Trials*

CIV Cimento de ionómero de vidro

RPI Recobrimento pulpar indireto

RPD Recobrimento pulpar direto

HU Unidades Hounsfield

IVMR Ionómero de Vidro Modificado por Resina

LOE Nível de evidência

MeSH *Medical Subject Headings*

mm Milímetros

MTA Agregado Mineral Trióxido

NIH Instituto Nacional de Saúde

NR Não referido

OMS Organização Mundial da Saúde

PAI Índice Periapical (*Periapical Index*)

PICO População, Intervenção, Comparação, *Outcome*

PRISMA *Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses*

SIGN *Scottish Intercollegiate Guidelines Network*

TENC Tratamento Endodôntico Não Cirúrgico

® Marca Registrada

™ Trademark

1. INTRODUÇÃO

A cárie dentária é considerada um dos principais problemas de saúde pública em todo o mundo. Segundo a Organização Mundial da Saúde (OMS), 95% da população mundial sofre de cárie dentária. Ela é uma doença evitável, mas frequentemente as lesões cariosas atingem áreas profundas da dentina, muito próximas à câmara pulpar (Mejía-Rubalcava et al., 2022).

A cárie é a principal causa de inflamação pulpar. Assim que os agentes bacterianos destroem o esmalte e atingem a dentina (Roças et al., 2016), iniciam-se alterações inflamatórias perto da periferia da polpa adjacente aos túbulos dentinários afetados. À medida que a lesão de cárie progride em direção à polpa, a intensidade/gravidade da inflamação aumenta. Para além disso forma-se uma barreira dentinária reacionária/reparadora para distanciar e proteger a polpa de agentes infecciosos e dos componentes mais agressivos dos materiais restauradores (Farges et al., 2015). Quando há a exposição do tecido pulpar aos micro-organismos e aos seus produtos tóxicos, desenvolve-se uma reação inflamatória grave. Neste ponto, a pulpíte é considerada irreversível no sentido de que apenas a remoção da causa (cárie) não é suficiente para promover a cicatrização da polpa (Roças et al, 2016).

O grande desafio da abordagem moderna em medicina dentária restauradora é induzir a remineralização da dentina cariada hipomineralizada e, portanto, proteger e preservar a polpa vital. Tradicionalmente, a abordagem de cáries muito profundas muitas vezes resultava em exposição da polpa e posterior tratamento endodôntico do canal radicular. (Kunert & Lukomska-Szymanska, 2020). Pesquisas recentes sobre o tratamento de tecido cariado profundo suportam estratégias menos invasivas, destacando que a remoção completa da dentina mole para deixar uma fina barreira de dentina residual pode não ser necessária ou desejável (Bjørndal et al., 2019; Innes et al., 2016).

A cavidade oral apresenta uma anatomia macroscópica e microscópica complexa e única no corpo humano. As estruturas de tecidos moles interagem estreitamente com os tecidos duros do dente, ou seja, ossos mineralizados, dentina, cimento e esmalte dos dentes. Estas estruturas podem sofrer stress mecânico e químico intenso, além de densa colonização microbiológica (Alastair et al., 2015).

Os dentes, são suscetíveis a danos causados principalmente por cárie, ou seja, são degradados por micro-organismos que invadem a polpa dentária, que corresponde ao tecido conjuntivo mole do núcleo do dente. A maioria das estruturas dos dentes são formadas por células da crista neural craniana, nomeadamente dentina, cemento, ligamento periodontal e tecido pulpar, com a exceção dos vasos sanguíneos e do esmalte (Gong et al., 2014). A polpa dentária é um tecido altamente innervado e vascularizado, e está envolvido por uma camada de esmalte e dentina, que possuem uma rigidez considerável quando comparadas à sua estrutura delicada, estabelecendo uma relação funcional e anatômica. As células da polpa são críticas para a manutenção da homeostase tecidual após o desenvolvimento dentário, mas também são responsáveis pelas reações de defesa que ocorrem após um desafio prejudicial. Os odontoblastos estão presentes na periferia da polpa dentária e apresentam características morfológicas únicas, estendendo processos citoplasmáticos denominados processos odontoblásticos aos túbulos dentinários. Estas células na periferia da polpa sintetizam e segregam dentina, protegendo a viabilidade ou vitalidade pulpar (Alastair et al., 2015). Além da formação de dentina, os odontoblastos atuam como nociceptores e células defensivas na polpa dentária (Kawashima & Okiji, 2016). A polpa e a dentina formam um complexo através da comunicação fornecida pelos túbulos dentinários e pelos processos odontoblásticos, que se projetam no seu interior. Este arranjo estrutural resulta em túbulos dentinários preenchidos por todo o seu comprimento, com um fluido que atua como um canal de comunicação. Isso faz com que a dentina e a polpa sejam tecidos que funcionem juntos como um todo, porque a vitalidade dessas estruturas é essencial para manter um dente funcionalmente viável na oclusão. Esta relação entre dentina e tecido pulpar gerou o conceito de "complexo pulpo-dentinário" (Kawashima & Okiji, 2016). Este complexo desempenha um papel ativo em proteger os dentes através de defesas imunológicas inatas (Hahn et al., 2007), humorais e celulares mediadas contra a invasão (Farges et al., 2015) microbiana e reflexos proprioceptivos (Randow e Glantz 1986).

Como o esmalte é um sólido microporoso, a resposta do complexo pulpo-dentinário ao processo cariioso, pode frequentemente começar antes de este ser diretamente atingido (Bjørndal et al., 2010; Brännström & Lind 1965). Quando ocorre lesão por cárie, este complexo responde dinamicamente como uma unidade funcional para proteger o tecido pulpar contra essa irritação, formando dentina esclerótica através da calcificação dos túbulos dentinários e/ou promovendo a formação de dentina reacionária/reparadora por

odontoblastos pulpaes que depositam dentina rapidamente (Lee et al., 2006). Uma população das células da polpa, juntamente com a própria matriz dentinária, também é responsável por mediar os processos reparadores observados após a lesão, levando à regeneração tecidual. De facto, os constituintes bioquímicos da dentina, sequestrados no tecido após a secreção pelos odontoblastos, medeiam respostas de reparo naturais. A estrutura do complexo pulpo-dentinário permite que ele suporte o esmalte na dissipação das forças mastigatórias, mas essencialmente é um tecido vital e a sua composição e estrutura biológica tem um papel significativo e crítico na manutenção da polpa e, portanto, da vitalidade do dente após lesão de cárie (Alastair et al., 2015).

A zona de desmineralização da dentina é caracterizada por uma onda de difusão ácida em frente à lesão do esmalte em avanço. A desmineralização da dentina ocorre na zona de esclerose e não na dentina sólida. Acredita-se que a desmineralização esteja ausente das bactérias, desde que a dentina não esteja clinicamente exposta (Kidd & Fejerskov, 2004). A parte mais superficial da dentina exposta começa a decompor-se pela ação de ácidos e enzimas proteolíticas produzidas pelas próprias bactérias (zona de destruição). Clinicamente, é difícil distinguir cada zona: a de dentina infetada e da dentina afetada. O complexo pulpo-dentinário reage à irritação por uma combinação de inflamação e promoção da mineralização; o equilíbrio entre pulpíte e reparação é fundamental para preservar a vitalidade da polpa (Cooper et al., 2010).

A resposta pulpar inicial à cárie é ativada por ácidos bacterianos, pelos seus componentes da parede celular, como lipopolissacarídeos e produtos metabólicos do biofilme, que se difundem em direção à polpa contra a direção natural do movimento do fluido do tecido pulpar (Hahn & Liewehr, 2007). Esta resposta inicial da polpa inclui um aumento da atividade secretora do odontoblasto levando ao aumento da formação de dentina terciária (dentinogénese reacionária) (Smith et al. 1995), que pode ser vista estritamente relacionada ao complexo de lesão esmalte-dentinária subjacente (Bjørndal et al., 2010). A dentina terciária forma-se ao lado da inflamação localmente abaixo da área de desafio cariogénico (Lesot et al. 1994). Portanto, existem dois tipos de dentina terciária formada, que depende da gravidade do estímulo irritante. A irritação leve induz uma regulação da atividade odontoblástica existente para formar dentina reacionária, enquanto estímulos mais fortes resultam em morte dos odontoblastos e o início de processos complexos envolvendo o recrutamento de *stem-cells*, células progenitoras de polpa dentária, que se

diferenciam em células do tipo odontoblasto para formar dentina reparadora (Lesot et al. 1994). Notavelmente, para fins didáticos, os processos de dentinogênese reacionária e reparadora são considerados separadamente, e é provável que, numa lesão cariosa profunda, ambos os processos ocorram simultaneamente, particularmente na periferia da cavidade (Smith et al., 2016). Teorias alternativas discordam da teoria aceite da cito-diferenciação odontoblástica, destacando que outras células, como fibroblastos ou fibrócitos, podem de facto produzir tecido mineralizado (Ricucci et al., 2014; Yoshida et al., 2018).

Preservar a vitalidade da polpa dentária é um fator chave para a sobrevivência dos dentes a longo prazo. O tratamento de polpa vital é projetado para preservar e manter a vitalidade do tecido pulpar num dente que tenha sido comprometido por trauma, cárie ou procedimento restaurador, ou seja, a manutenção de tecido pulpar saudável é preferível ao tratamento de canal radicular, que pode ser complexo, destrutivo, demorado e caro para pacientes e clínicos. Além de reduzir a intervenção, esse conceito biológico também mantém as funções de desenvolvimento da polpa, defensiva e propriocetiva (Tomson & Duncan, 2021).

Antigamente a abordagem tradicional para o tratamento de cáries profundas envolvia a remoção completa (ou não seletiva) da cárie. Caso ocorra a exposição da polpa, era indicado o tratamento endodôntico não cirúrgico (TENC) (Bjørndal et al., 2010) (Swedish Council on Health Technology Assessment, 2010). Atualmente, serão preferidas abordagens de base biológica minimamente invasivas que visam a manter a vitalidade da polpa (Smith et al., 2016). Da mesma forma, em casos de exposição pulpar por cárie, classicamente relatados como tendo mau prognóstico (Barthel et al., 2000), novos biomateriais, técnicas e compreensão dos mecanismos de reparo pulpar melhoraram o resultado das exposições sintomáticas tratadas com o recobrimento pulpar (Marques et al., 2015), pulpotomia parcial (Taha & Khazali, 2017) ou pulpotomia completa (Simon et al., 2009).

Atualmente a preservação da vitalidade da polpa está no centro da medicina dentária conservadora e oferece um conceito de base biológica, que reduz a intervenção e mantém as funções de desenvolvimento, defesa e propriocetividade da polpa (Randow & Glantz, 1986) enquanto o tratamento da polpa vital é considerado tecnicamente mais fácil de

realizar do que a pulpectomia e o tratamento endodôntico não cirúrgico (TENC). O recobrimento pulpar direto tem sido frequentemente visto como uma alternativa menos previsível a longo prazo comparativamente com o tratamento de canal radicular, particularmente no tratamento de pacientes sintomáticos com exposições cariosas (Ward, 2002). Falhas de tratamento a longo prazo ocorreram em grande parte devido a infiltração das restaurações após a dissolução do hidróxido de cálcio (Barnes & Kidd, 1979) e defeitos em túnel nas pontes dentinárias permitindo a reinfeção da polpa levando à calcificação distrófica, tratamento endodôntico não cirúrgico (TENC) ou extração. O tratamento da polpa vital agora é considerado um tratamento confiável mesmo em casos com exposição da polpa cariada (Afrashtehfar et al., 2023).

O objetivo das técnicas conservadoras de tratamento de cárie extensas com exposição pulpar é, estimular a formação de dentina terciária para reter o dente como unidade funcional. Os procedimentos de terapia pulpar vital variam de tratamentos mais conservadores, incluindo o recobrimento indireto da polpa e o recobrimento direto da polpa, até tratamentos mais invasivos, incluindo pulpotomia parcial e pulpotomia completa (Arandi & Thabet, 2021). A pulpotomia parcial envolve a remoção de 2-3 mm (Milímetros) de tecidos pulpaes sob o local de exposição. Em comparação com o selamento dos tecidos pulpaes lesionados por meio do recobrimento direto da polpa, a remoção cirúrgica dos tecidos pulpaes afetados antes do selamento da exposição pode aumentar a probabilidade de recuperação e cicatrização (Aguilar et al., 2011). A pulpotomia parcial pode ser preferível à pulpotomia completa em termos de recuperação devido à preservação de tecidos ricos em células na região da polpa coronária. Enquanto a pulpotomia completa envolve a remoção de toda a polpa coronária, o que aumenta a probabilidade de obliteração do canal (Arandi & Thabet, 2021).

O recobrimento indireto da polpa é um procedimento no qual um material é colocado sobre uma fina fração da dentina remanescente onde não ocorre exposição da polpa vital (Komabayashi et al., 2016). Esta técnica de manutenção da vitalidade pulpar pode ser dividida em abordagens de uma e duas etapas. Na abordagem de uma etapa (remoção parcial da cárie), a maior parte da dentina cariada é removida e um biomaterial é colocado. Nesse caso, o biomaterial não deve estar em contato com a polpa e a restauração final deve ser feita na mesma consulta. Por outro lado, uma abordagem em duas etapas (remoção passo a passo da cárie) refere-se à remoção da cárie de maneira gradual,

começando pela remoção da dentina cariada mole (dentina infetada). Uma dentina cariada firme, descolorida e profunda deve permanecer no chão da cavidade nos casos em que há possibilidade de exposição da polpa (dentina afetada). Depois disso, um forro de biomaterial, deve ser colocado e revestido por uma restauração temporária. Após observação clínica durante vários meses, se não houver sinais clínicos de dor ou patologia, a restauração temporária e quaisquer cáries remanescentes devem ser removidas e a restauração final é colocada (Alex, 2018).

O procedimento de recobrimento pulpar direto refere-se à colocação de um biomaterial sobre uma polpa coronária exposta após remoção da cárie (da Rosa et al., 2018). O principal objetivo do recobrimento pulpar direto é preservar a total integridade do tecido pulpar em diversas situações patológicas de exposição, conforme destacado por Islam et al (2021), estimulando a polpa jovem saudável a formar uma ponte "dentinária" reparadora no local exposto. No tratamento direto da polpa, um material restaurador bioativo é colocado imediatamente sobre a polpa exposta para protegê-la de lesões adicionais e estimular o potencial de regeneração das células pulpares (Kulkarni et al., 2022).

Vários fatores interferem nessa reparação, como, idade do dente, condição periodontal e estágio de formação da raiz. Fatores clínicos como o tamanho da exposição pulpar, a natureza da exposição (traumática, mecânica ou lesão de cárie) e a contaminação microbiológica do local, também são fatores determinantes para o sucesso do recobrimento pulpar (Hoseinifar et al., 2020).

No recobrimento pulpar direto e indireto, estão descritos vários protocolos clínicos diferentes, tendo sido usados diversos materiais como cimentos de óxido de zinco-eugenol, cimentos policarboxilatos, colagénio, hidróxido de cálcio, agentes de ligação, cimentos de ionómero de vidro. Recentemente novos materiais como o agregado de trióxido mineral (MTA™), Biodentine™, Emdogain™, Própolis e Endosequence.

O hidróxido de cálcio é material descrito como o *gold standard* para o recobrimento pulpar. O efeito inicial do hidróxido de cálcio aplicado sobre a polpa exposta é o desenvolvimento de uma necrose superficial. A necrose firme causa leve irritação e estimula a polpa a se defender e a formar uma ponte dentinária reparadora (Komabayashi et al., 2016). Uma grande desvantagem dos materiais de hidróxido de cálcio é que eles

não selam a polpa exposta do ambiente externo. A incapacidade do hidróxido de cálcio para selar as bactérias podem eventualmente levar à falha do tratamento (Jalan et al., 2017). Ele tem também outras desvantagens óbvias, incluindo inflamação e necrose não controlável da superfície da polpa após o seu recobrimento, alta solubilidade em fluidos orais, degradação ao longo do tempo, formação de defeitos em túnel dentro da ponte dentinária e baixa resistência mecânica, que pode causar microfiltração futura e falha do tratamento (Brizuela et al., 2017).

Recentemente, agregados de trióxido mineral (MTA™) e Biodentine™ (Septodont, Saint-Maur-des-Fossés, França) têm sido sugeridos como alternativa de recobrimento pulpar (Arandi & Thabet, 2021). Ambos os materiais (MTA™ e Biodentine™) correspondem a Cimentos de Silicato de Cálcio (Bui e Pham, 2021; Jalan et al., 2017).

O MTA™ foi o primeiro material à base de silicato de cálcio a ser comercializado. Desde a sua aprovação pela Food and Drug Administration em 1998, tem sido usado com frequência crescente, com resultados clínicos e *in vitro* muito bons (Brizuela et al., 2017). Ele é um cimento cuja composição envolve silicato tricálcico, aluminato tricálcico, óxido de silicato, óxido de bismuto e ainda pequenas quantidades de outros óxidos que modificam as propriedades químicas e físicas. O MTA apresenta vantagens quando comparado a outros compostos, como resposta inflamatória tecidual ausente ou baixa, menor infiltração e devido ao seu pH básico apresenta atividade antimicrobiana. Também se destaca por ser de fácil manipulação, favorecer a formação de tecido duro, possuir baixa solubilidade e ser radiopaco. Porém apresenta algumas desvantagens, como um longo tempo de presa, baixa resistência à compressão e um alto custo.

Para superar as desvantagens do MTA™, surgiu o Biodentine™ (Septodont, Saint-Maur-des-Fossés, França) inicialmente introduzido na prática odontológica como um material restaurador e tendo recentemente sido proposto para material de recobrimento direto da polpa. O Biodentine™ é um material a base de silicato de cálcio melhorado com boas propriedades mecânicas, bem como excelente biocompatibilidade e comportamento bioativo. Ele leva a um aumento da secreção de TGF-β1 das células pulpaes após a sua aplicação. Também atua aumentando a estimulação odontoblástica e a rápida diferenciação celular, o que leva à formação de dentina reacionária e terciária (Jalan et al., 2017; Rajasekharan S, et al., 2014). Segundo Zanini et al. 2012, o Biodentine™ é

capaz de induzir a diferenciação de células pulpares imaturas em células semelhantes a odontoblastos, o que induz ainda mais a mineralização e pode, portanto, ser um material adequado para a regeneração do complexo pulpo-dentinário. Devido à sua alta alcalinidade, o Biodentine™ tem efeitos inibitórios sobre microrganismos e demonstrou atividade antibacteriana mais forte contra *Streptococcus sanguis*. Outras vantagens bem conhecidas são a sua fácil manipulação, a consistência suave com ótimo tempo de trabalho e presa de cerca de 12 minutos, resistência à compressão de 220 MPa, que é próxima da dentina (290 MPa), boa integridade marginal e maior capacidade de selamento (Rajasekharan S, et al., 2014).

O Theracal™ é um material híbrido pertencente ao grupo dos silicatos de cálcio composto por cimento Portland (30–50%), dimetacrilato de polietilenoglicol (10–30%) e zirconato de bário (1–10%). Segundo alguns estudos ele permite maior liberação de cálcio em comparação com o Hidróxido de cálcio (Gandolfi et al., 2012), no entanto, a liberação de íons de cálcio foi menor quando comparada com o Biodentine (Camilleri et al., 2014). A escassez de hidróxido de cálcio no Theracal após a presa sugere que os íons de cálcio libertados não estão na forma de hidróxido (Poggio et al., 2015).

Mais recentemente, surgiram as proteínas derivadas da matriz do esmalte EMD, (Emdogain)™ com indicação para a regeneração de tecidos dentários. É um composto derivado de material dentário fetal suíno e consiste principalmente de amelogeninas, uma classe de proteínas conhecidas por induzir o crescimento e proliferação de células do ligamento periodontal, juntamente com alginato de propilenoglicol como transportador degradável. Assim, tem sido usado como um material de regeneração tecidular guiada aloplástica para restaurar defeitos periodontais. Estudos em animais demonstraram que o Emdogain™ é mais eficaz do que o hidróxido de cálcio na indução da formação da ponte dentinária e, portanto, tem o potencial de ser usado em recobrimento pulpar direto e pulpotomia (Najeeb et al., 2017).

A própolis é uma substância resinosa produzida naturalmente pelas abelhas e consiste no exsudato de plantas misturadas com enzimas, cera e pólen. A própolis continua a ganhar considerável interesse científico devido aos seus potenciais benefícios para a saúde. A própolis é geralmente composta por 50% de resina vegetal e bálsamo, 30% cera de abelha, 10% óleos essenciais e aromáticos, 5% de pólen e 5% de compostos orgânicos e

inorgânicos. Este material tem atraído a atenção devido ao seu potencial benefício, quando incorporado em materiais dentários e usado para a desinfecção durante a remoção da cárie dentária. Os efeitos terapêuticos e promotores de saúde relatados como ação da própolis incluem papel antibacteriano, antiviral, antifúngico, anti-inflamatório, anti tumoral, cicatrização de feridas e imunomodulação (Alghutaimel et al., 2024). O mecanismo de ação da própolis, embora não bem estudado, tem sido descrito na literatura através de seu potencial para ativar as defesas naturais do hospedeiro e prejudicar a mobilidade, adesão e metabolismos de micro-organismos (Alghutaimel et al., 2024). Em vários estudos o resultado do tratamento com própolis foi semelhante aos resultados obtidos com o agregado de trióxido mineral e hidróxido de cálcio. A eficácia da própolis deve-se às suas propriedades resinosas e adesivas, pois sela os túbulos dentinários e possui propriedades anti-inflamatórias que diminuem a inflamação pulpar e induzem a regeneração dentinária (Abbasi et al., 2018).

O iRoot BP Plus™, também conhecido como material de reparo de raiz EndoSequence (EERM), é um biocerâmico pré-misturado. Ele é composto por silicato tricálcico, óxido de zircônio, pentóxido de tântalo, silicato dicálcico, sulfato de cálcio, fosfato de cálcio monobásico e agentes de carga (Mahgoub et al., 2019). O EndoSequence é biocompatível, insolúvel, produz hidróxido de cálcio cáustico ao entrar em contato com a água e não encolhe durante o endurecimento. Como o seu pH é acima de 12, tem um efeito antimicrobiano, é radiopaco, tem uma excelente capacidade de selamento quando usado como material obturador radicular e é conhecido por ser livre de alumínio (Mahgoub et al., 2019).

O propósito desta Revisão sistemática é conduzir uma análise comparativa da eficácia clínica e radiológica de materiais à base de silicato de cálcio em comparação com o hidróxido de cálcio, e determinar qual dos materiais de recobrimento pulpar direto e indireto demonstra uma taxa de sucesso clínico e radiográfico superior entre MTA™, Biodentine™ e Hidróxido de cálcio. O tema foi escolhido dada a sua importância e pertinência, com impacto directo no dia a dia clínico. A escolha dos materiais e das técnicas baseada em critérios cientificamente validados, sustenta a opção clínica, e essa foi a intenção e o objectivo principal deste trabalho.

Avaliação comparativa da eficácia do Biodentine™, MTA™ e do hidróxido de cálcio, nos recobrimentos pulpare de dentes permanentes com cáries profundas - Revisão sistemática

2. DESENVOLVIMENTO

2.1 METODOLOGIA

2.2.1 Protocolo de registo e questão de pesquisa

Para elaborar esta revisão sistemática foi usada a estrutura PICO (População, Intervenção, Comparação, *Outcome*), com o objetivo de abordar a questão “A aplicação de materiais de silicato de cálcio em recobrimento pulpaes de dentes permanentes cariados, tem taxa de sucesso clínico e radiográfico superiores à aplicação de hidróxido de cálcio?” (Tabela 1). Assim na tabela 1 foi resumida a estratégia PICO utilizada para esta revisão sistemática.

Tabela 1.

Estratégia PICO utilizada para avaliar as evidências científicas sobre qual biomaterial (MTA™, Biodentine™ ou Hidróxido de cálcio) será o mais eficaz, no que se refere a manutenção da vitalidade pulpar, num procedimento de recobrimento pulpar direto ou indireto.

PARÂMETROS	AVALIAÇÃO
População (P)	Dentes permanentes com lesões cariosas muito profundas
Intervenção (I)	Recobrimento pulpar direto e indireto com materiais de silicato de cálcio
Comparação (C)	Recobrimento pulpar direto ou indireto com hidróxido de cálcio
Outcome (O)	Taxa de sucesso clínico e radiográfico com follow up de pelo menos 6 meses

2.1.2 Estratégia de pesquisa e base de dados

Para identificar todos os estudos relacionados à nossa questão de pesquisa, foi realizada uma pesquisa bibliográfica sistemática de artigos científicos nas seguintes bases de dados eletrônicas: *PubMed*, *Science Direct* e *CENTRAL (Cochrane Central Register of Controlled trials)*.

Foram utilizados em todos os motores de busca, vocabulários de indexação controlados

(e.g. Medical Subject Headings - MeSH) e texto livre ou sinónimos, seguindo as regras de sintaxe em cada base de dados. A pesquisa foi realizada com a combinação dos seguintes termos de pesquisa (*MeSH Terms*), recorrendo ao operador booleano “AND”, “OR” e “NOT”: e as seguintes principais palavras chaves “*Pulp capping*”, “*MTA™*”, “*Calcium Hydroxide*”, “*Dental caries*”, “*Biodentine™*”, “*Pulp dental vitality*”, “*Permanent teeth*” e “*Calcium silicate*” para refinar os resultados da pesquisa. Os resultados das pesquisas bibliográficas foram registados na tabela 2 com todos os resultados obtidos a partir de cada base de dados segundo a estratégia de pesquisa.

Restrições de tempo e de idioma foram aplicados, e apenas estudos publicados nos últimos 10 anos em inglês, francês ou português foram incluídos na revisão.

A pesquisa inicial foi realizada no dia 30 de outubro de 2023 e foi realizada uma pesquisa atualizada até o dia 25 de janeiro de 2024.

Tabela 2. Resultados das pesquisas bibliográficas realizadas para a revisão sistemática

Base de dados	Artigos recuperados	Estratégia de pesquisa/Combinações de palavras chaves
PubMed	27	(Calcium hydroxide OR MTA OR Biodentine) AND (pulp capping) AND (Pulpar dental vitality) AND (Permanent teeth) AND (Dental carie)
ScienceDirect	128	(Calcium hydroxide OR MTA OR Biodentine) AND (pulp capping) AND (Pulpar dental vitality) AND (Permanent teeth) AND (Dental carie)
CENTRAL	31	(Calcium hydroxide OR MTA OR Biodentine) AND (pulp capping) AND (Pulpar dental vitality) AND (Permanent teeth) AND (Dental carie)

2.1.3 Critérios de inclusão e de exclusão

Foram aplicados critérios de inclusão e exclusão restritos na seleção de artigos para esta revisão sistemática, descritos na tabela 3.

Tabela 3. Critérios de inclusão e exclusão, utilizados na elaboração desta revisão sistemática, segundo os parâmetros PICO

Parâmetros	Critérios de Inclusão	Critérios de exclusão
População (P)	<ul style="list-style-type: none"> -Estudos envolvendo apenas dentes permanentes -Dentes com diagnóstico clínico de lesão de cárie profunda -Dentes com diagnóstico pulpar prévio estabelecido como pulpite reversível num periodonto saudável 	<ul style="list-style-type: none"> -Estudos envolvendo dentes decíduos -Dentes com lesões causadas por trauma ou sem causa especificada -Dentes com diagnóstico pulpar de pulpite em fase de transição ou pulpite irreversível ou sem diagnóstico pulpar prévio - Dentes com patologia periodontal, com reabsorções internas/externas - Pacientes com condição sistémica que possa comprometer o prognóstico do tratamento
Intervenção (I) Comparação (C)	<ul style="list-style-type: none"> -Recobrimento pulpar direto e indireto enquanto procedimento clínico realizado com materiais de silicato de cálcio e/ou hidróxido de cálcio 	<ul style="list-style-type: none"> -Avaliação de outras técnicas operatórias ou materiais
Outcome (O)	<ul style="list-style-type: none"> -Estudos que avaliam a resposta clínica e radiológica ao recobrimento pulpar direto ou indireto com MTA™, Biodentine ou hidróxido de cálcio 	<ul style="list-style-type: none"> -Inexistência de informação clínica e radiológica dentro do follow up imposto.
Tipos de estudos	<ul style="list-style-type: none"> -Estudos de tipo ensaio clínico randomizado, estudos de Coorte prospetivos e retrospectivos 	<ul style="list-style-type: none"> -Estudos <i>in vitro</i> ou em animais ou estudos com informações insuficientes

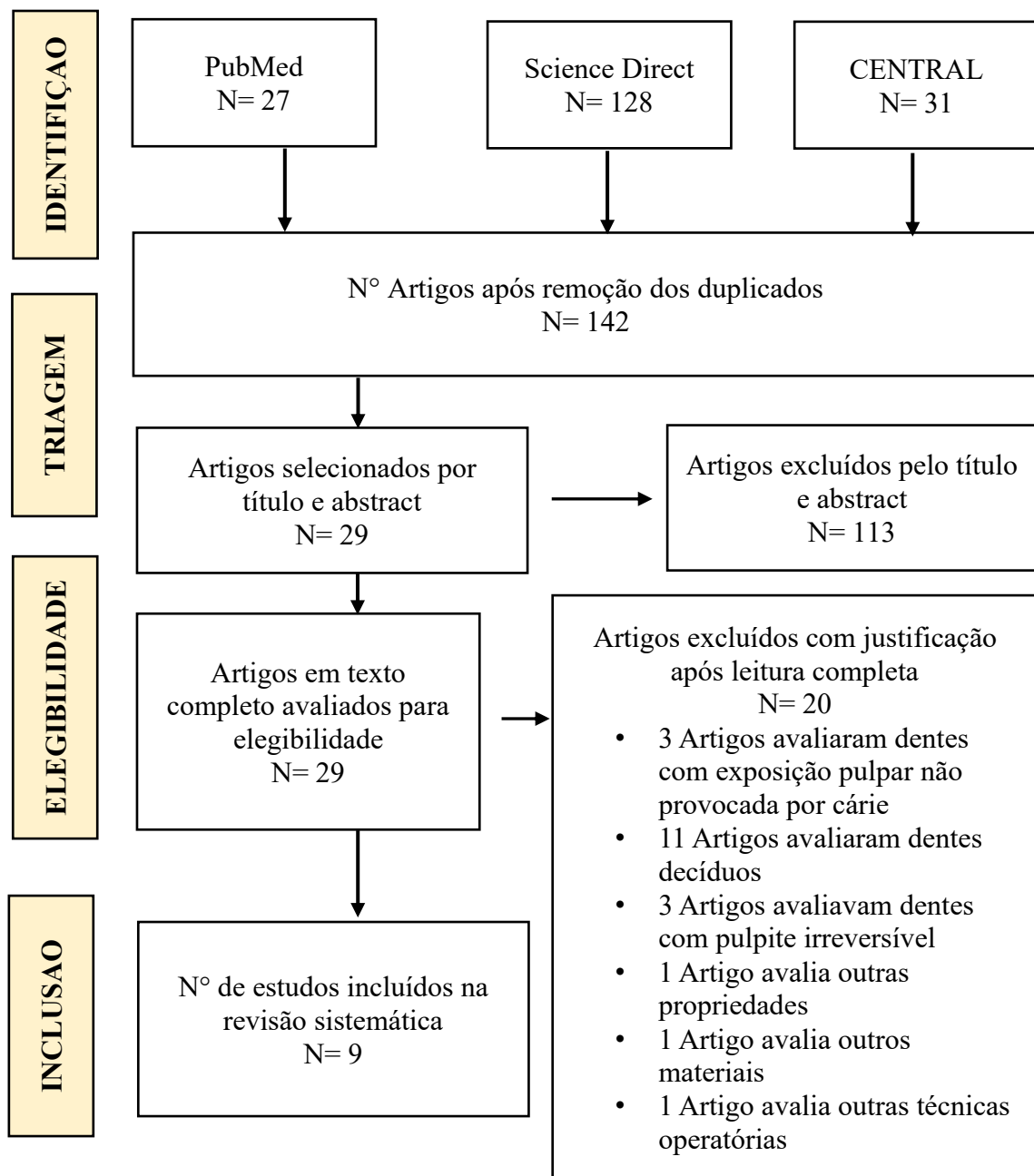
Parâmetros	Crítérios de Inclusão	Crítérios de exclusão
Idiomas das publicações	-Inglês, Francês ou Português	-Outras idiomas
Duração do follow-up	-Follow up mínimo de 6 meses com reavaliação clínica e radiográfica	-Ensaio clínico sem follow-up ou follow up < 6 meses

2.1.4 Processo de seleção dos artigos

Após a remoção de duplicados, os títulos e resumos de todos os estudos identificados foram selecionados independentemente nesta fase por dois avaliadores, segundo os critérios de inclusão, usando a aplicação Zotero (<https://www.zotero.org/>).

A pesquisa inicial resultou na identificação de 186 artigos potencialmente elegíveis e após remoção dos 44 duplicados restaram 142. Com a aplicação dos critérios de exclusão, 113 artigos foram excluídos por não obedecerem aos critérios de elegibilidade. A partir de uma triagem inicial, realizada através da leitura dos títulos e dos abstracts, apenas 29 artigos foram selecionados para a segunda fase de seleção, através da avaliação do texto completo. Destes 29 artigos, 11 artigos foram excluídos porque avaliavam dentes decíduos, 3 artigos foram excluídos porque avaliavam dentes com diagnóstico pulpar de pulpíte irreversível, 1 artigo foi excluído porque avaliava outras propriedades dos materiais, 3 artigos foram excluídos porque avaliavam dentes com exposição pulpar não provocada por cárie, 1 artigo foi excluído porque avaliava outros materiais restauradores e 1 artigo foi excluído porque avaliava outras técnicas operatórias. Assim, foram selecionados 9 artigos que atendiam aos critérios de inclusão mencionados para a realização desta revisão sistemática. 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. Diagrama de fluxo PRISMA para a seleção de artigos - estratégia de pesquisa bibliográfica adotada nesta revisão sistemática.



2.1.5 Extração dos dados

A extração de dados de todos os estudos incluídos foi realizada de forma independente por dois avaliadores, que estavam não cegos à identidade dos autores dos estudos, suas instituições ou os resultados de suas pesquisas. Todos os dados extraídos foram armazenados num Google Sheet preconcebido.

2.1.6 Avaliação qualitativa dos estudos incluídos

Foi analisado o risco de viés nos estudos incluídos por dois avaliadores independentes utilizando o instrumento dos Instituto Nacional de Saúde (NIH) de para a avaliação da qualidade de estudos. Desenvolvido em 2013 por Heart, Lung e Blood Institute, as ferramentas de avaliação de qualidade do NIH permitem a avaliação de vários projetos de estudo através de um conjunto de critérios personalizados que visam auxiliar o revisor sobre conceitos-chave centrados na validade interna de um estudo (Matoug-Elwerfelli et al., 2022).

Os critérios de avaliação cobrem muitos aspetos da elaboração do estudo e dos relatórios, como a seleção da amostra, a comparabilidade dos grupos, taxas de desistência e avaliação de resultados. A classificação geral de qualidade de cada estudo é classificada como 'boa', 'justo' ou 'fraca' dependendo da percentagem de pontuação geral de 100-80%, 79-60 e <60%, respetivamente (George et al., 2019). A SIGN (Scottish Intercollegiate Guidelines Network) um sistema de Avaliação (SIGN 50, 2019) também foi aplicado para avaliar o nível de evidência.

2.2 RESULTADOS

2.2.1 Características dos estudos incluídos

As características dos estudos incluídos são descritas nas Tabela 4.a e 4.b, onde os seguintes parâmetros foram resumidos: Objetivo do estudo, tipo de estudo, material restaurador avaliado, idade dos participantes, período de follow-up, taxas de desistência, tipo de dentes tratados, tipo de técnica operatória avaliada e principais resultados. Foram também resumidos outros parâmetros como os agentes de irrigação/solução hemostática na figura 2 e os tipos de materiais de restauração definitiva/provisório na figura 3.

A faixa etária dos participantes dos estudos incluídos variou de 7 a 60 anos.

Tabela 4.a. Características relevantes dos estudos incluídos

Autores e ano da publicação	Tipo de estudo	Objetivo do estudo	Materiais avaliados	Amostra/grupo (n°por grupo)	Tipo de tratamento	Idade	Tempo de follow up
Koc Vural, et al.,2017	Ensaio clínico randomizado	Avaliar a eficácia do MTA™ e Ca(OH) ₂ no tratamento de lesões cariosas profundas pela técnica de remoção direta e completa da cárie	- MTA™ - Hidróxido de cálcio (Dycal)™	Ca(OH) ₂ n =49 MTA n=51	RPI	Idade média (20.93 ±3.48). anos	6,12 e 24 meses
Mathur, et al.,2017	Ensaio clínico randomizado	Determinar clinicamente o material mais adequado para o recobrimento pulpar indireto e determinar a espessura (em mm) e o tipo de tecido em termos de radiodensidade em [HU] formada após o recobrimento da polpa com análise por CBCT	- MTA™ - Hidróxido de cálcio (Dycal)™ - CIV (GC Fuji VII)™	Ca(OH) ₂ n=16 MTA n= 13 CIV n= 16	RPI	7–12 Anos	8 semanas ,6 meses, 1 ano

Autores e ano da publicação	Tipo de estudo	Objetivo do estudo	Materiais avaliados	Amostra/grupo (n°por grupo)	Tipo de tratamento	Idade	Tempo de follow up
Rahman e Goswami, 2021	Ensaio clínico randomizado	Avaliar e comparar a eficácia do Biodentine™, Theracal LC™, e Dycal™, como materiais de recobrimento pulpar indireto	Biodentine™ - silicato de cálcio Theracal LC™, - silicato de cálcio modificado por resina Hidróxido de cálcio (Dycal)™	Biodentine™ n= 20 Teriacal LC n=20 Ca(OH) ₂ n= 20	RPI	7-15 Anos Idade média 12,36 ±2,29 anos	3 semanas ,3,6,12,18,24 meses,
Awawdeh, et al.,2018	Ensaio clínico randomizado prospetivos	Avaliar o desempenho clínico de Biodentine™ e MTA™	- Biodentine™ silicato de cálcio - MTA™ e	Biodentine n=34 MTA n=34	RPD	16-59 Anos	6 meses, 1,2,3 anos

Autores e ano da publicação	Tipo de estudo	Objetivo do estudo	do Materiais avaliados	Amostra/grupo (n por grupo)	Tipo de tratamento	de Idade	Tempo de follow up
Brizuela, et al.,2017	Ensaio clínico randomizado	Avaliar a eficácia clínica de MTA™ e Biodentine™ em comparação com Ca(OH) ₂ como materiais de proteção pulpar direta	- Hidróxido de cálcio (Hertz)™ - MTA™ - Biodentine™	Ca(OH) ₂ n=53 MTA n=56 Biodentine n=60	RPD	7-19 Anos Média de idades 11,3 anos	1 semana, 3,6,12 meses
Hilton, et al.,2013	Ensaio clínico randomizado	Avaliar e comparar o sucesso do recobrimento pulpar direto em dentes permanentes com MTA™ e Ca(OH) ₂	- Hidróxido de cálcio (Life)™ - MTA™	Ca(OH) ₂ n=181 MTA n=195	RPD	≥ 7 Anos	1,6,12,24 meses

Autores e ano da publicação	Tipo de estudo	Objetivo do estudo	Materiais avaliados	Amostra/grupo (nºpor grupo)	Tipo de tratamento	Idade	Tempo de follow up
Katge e Patil, 2017	Ensaio clínico randomizado	Comparar e avaliar clinicamente a ação do Biodentine™ e MTA™ no recobrimento pulpar direto e avaliar radiograficamente a formação da barreira dentinária	- Biodentine™ - MTA™	Biodentine n=29 MTA n= 29	RPD	7-9 Anos	6, 12 meses
Parameswaran, et al.,2023	Ensaio clínico randomizado	Avaliar a eficácia de uma mistura de cimento enriquecido com cálcio (CEM) comparado com o MTA™ e Ca(OH) ₂ no recobrimento pulpar direto	- MTA™ - Hidróxido de cálcio (Dycal)™ - CEM (cimento enriquecido com cálcio)	MTA - n= 50 Ca(OH) ₂ - n=50 CEM - n=50	RPD	14–60 Anos	1,3,6,12, 18 meses

Autores e ano da publicação	Tipo de estudo	Objetivo do estudo	do Materiais avaliados	Amostra/grupo (n°por grupo)	Tipo de tratamento	de Idade	Tempo de follow up
Suhag, et al.,2019	Ensaio clínico randomizado	Comparar a taxa de sucesso e a sensibilidade pós-operatória dos dentes onde foi efetuado o recobrimento pulpar direto com Ca(OH) ₂ e MTA™	a - Hidróxido de cálcio (Prevest)™ - MTA™	Ca(OH) ₂ n=32 MTA n=32	RPD	15–40 Anos	3,6,12 meses

Legenda: RPD: Recobrimento pulpar direto, RPI: Recobrimento pulpar indireto, MTA: Mineral trioxide aggregate, BD: Biodentine, Ca(OH)₂: Hidróxido de cálcio, CEM: Cimento enriquecido com mistura de Hidróxido de cálcio, EMD: Emdogain, IV: Ionómero de vidro, HU: unidades Hounsfield, NR: Não referido, CBCT: Cone Beam Computed tomography.

Figura 2. Diagrama com as soluções irrigantes/hemostáticas usadas nos diferentes estudos incluídos

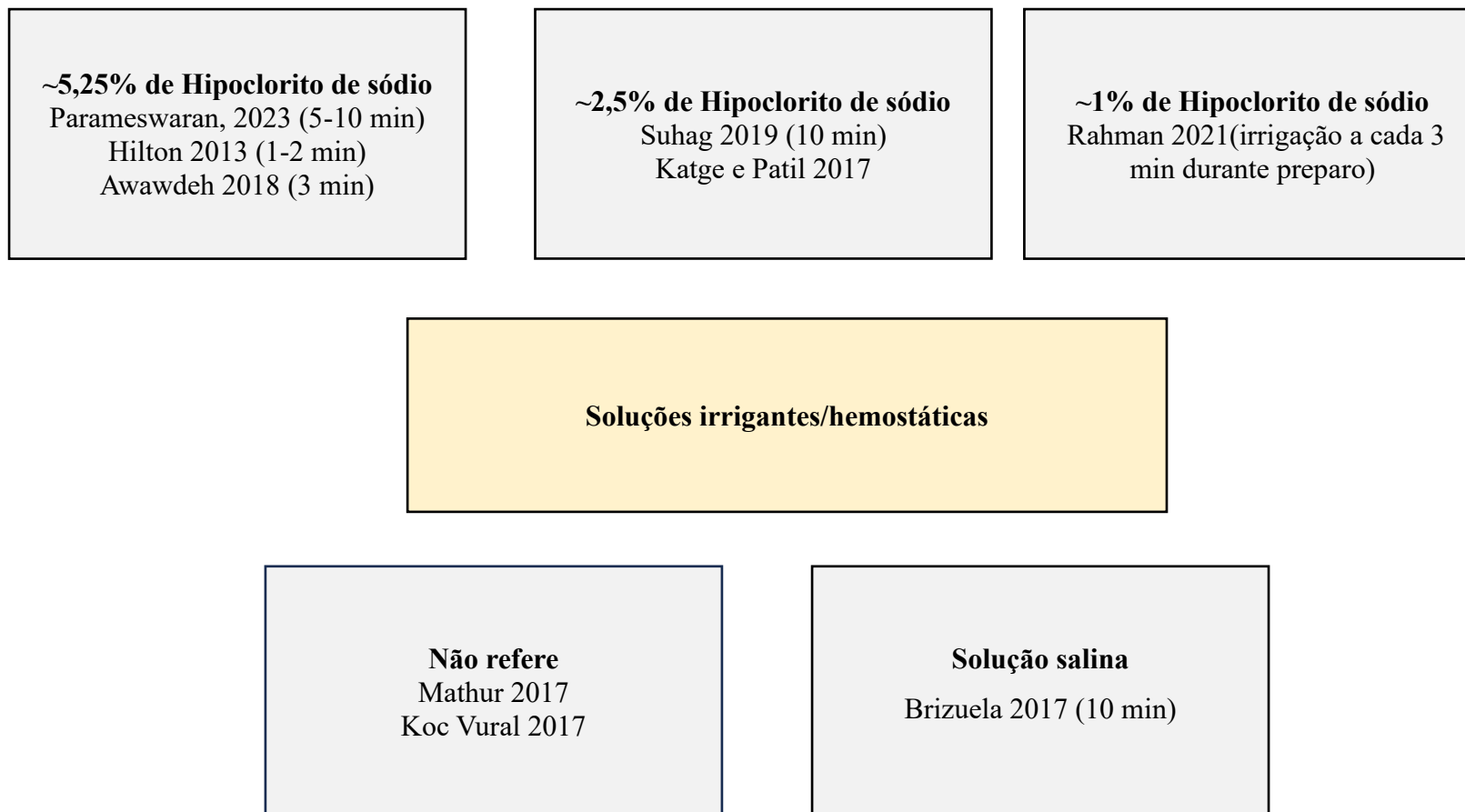


Figura 3. Gráfico com as opções restauradoras nos diferentes estudos incluídos

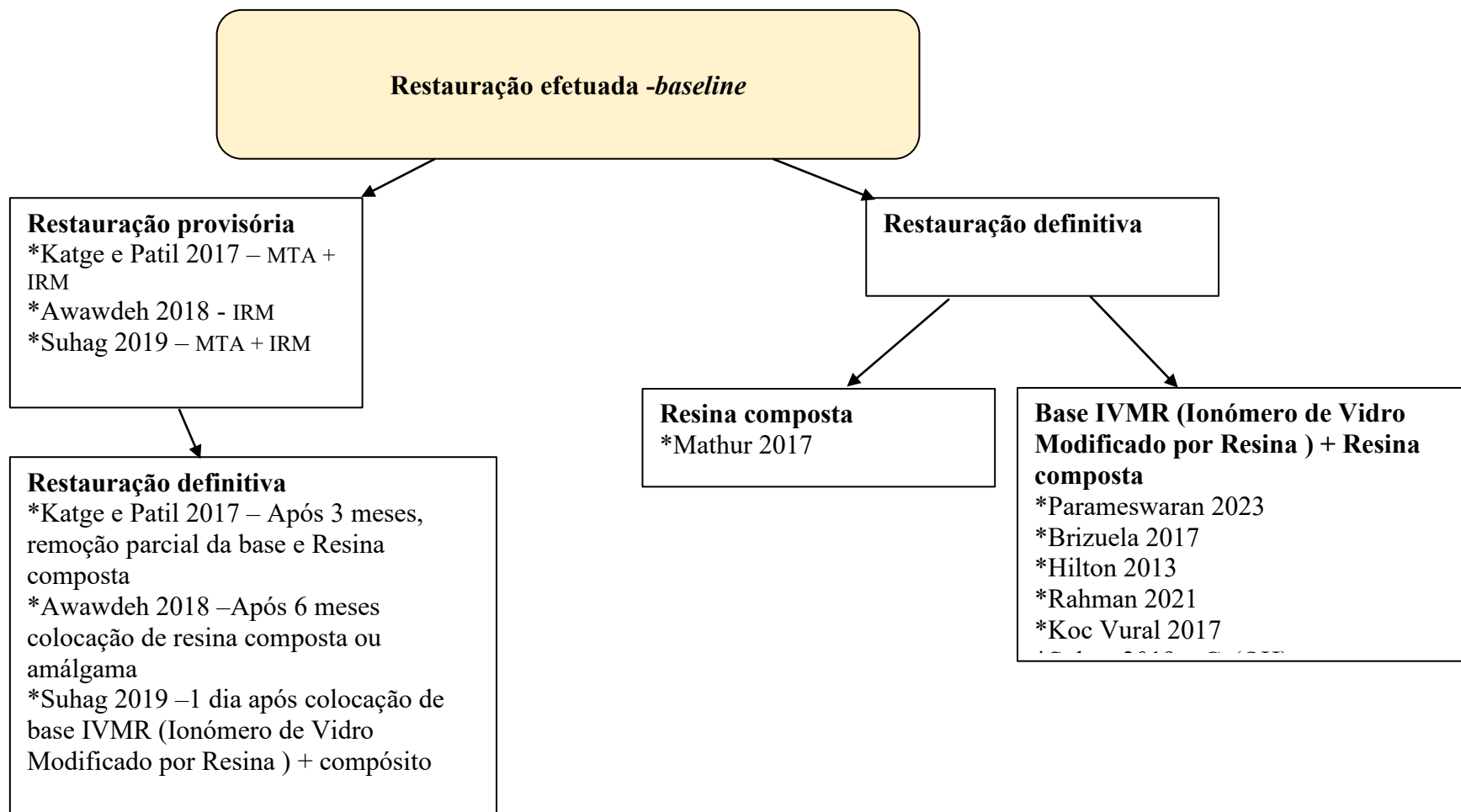


Tabela 4b. Parâmetros de avaliação e principais resultados relatados nos estudos incluídos

Autores e ano da publicação	Crítérios de avaliação clínica	Crítérios de avaliação radiográfica	Formação de ponte dentinária	Taxas de sucesso clínico e radiográfico	Principais resultados
Koc Vural, et al.,2017	-Testes de sensibilidade pulpar (Frio/Calor/Elétrico) -Palpação e percussão -Sinais clínicos de inflamação	Avaliação da existência de: -Patologias periapical -Espessamento do ligamento periapical	NR	Ca(OH) ₂ =91.7% MTA=96.01% Sem diferenças significativas entre taxas de sucesso clínico e radiográfico dos 2 materiais, após 2 anos.	Ambos os materiais demonstraram ter resultados clinicamente aceitáveis 24 meses após o recobrimento pulpar indireto

Autores e ano de publicação	Critérios de avaliação clínicas	Critérios de avaliação radiográficas	Formação de ponte dentinária	Taxas de sucesso clínico e radiográfico	Principais resultados
Mathur, et al.,2017	-Refere apenas que segue as Guidelines da American Academy of Pediatric dentistry – 2010-2011, para critérios de sucesso clínico de Recobrimento pulpar indireto	-Formação de ponte de dentinária com avaliação por CBCT da radiodensidade (HU)	Ca(OH) ₂ , CIV e MTA com ganho de 0.5mm Sem diferenças significativas na radiodensidade	Ca(OH) ₂ =93.6% CIV=97% MTA=100% Sem diferenças significativas entre materiais	Todos os materiais analisados permitiram formação de tecido reparador, sem se verificarem diferenças de espessura ou radiodensidade.

Autores e ano de publicação	Critérios de avaliação clínicas	Critérios de avaliação radiográficas	Formação de ponte dentinária	Taxas de sucesso clínico e radiográfico	Principais resultados
Rahman e Goswami, 2021	-Dor pós-operatória -Sintomas à palpação e percussão -Mobilidade -Avaliação dos tecidos moles circundantes (inflamação, fístula)	Avaliação da existência de: -Reabsorção externa ou interna do dente -Lesão periapical -Espessamento do ligamento periodontal	NR	Theracal LC= 100% Biodentine= 94.44% Ca(OH) ₂ = 77.77% Após 2 anos há diferença significativa entre a taxa de sucesso do Theracal e o Biodentine/Ca (OH) ₂ p=0,03	A eficácia do hidróxido de cálcio para recobrimento pulpar indireto é substancialmente inferior quando comparada à dos materiais à base de silicato de cálcio como o Theracal e o Biodentine™.

Autores e ano de publicação	Critérios de avaliação clínicas	Critérios de avaliação radiográficas	Formação de ponte dentinária	Taxas de sucesso clínico e radiográfico	Principais resultados
Awawdeh, et al.,2018	-Testes de sensibilidade pulpar -Descoloração coronária -Integridade das restaurações -Teste de percussão -Avaliação dos tecidos moles (inflamação, fístula) -Ausência de sinais e sintomas de patologia pulpar -Ausência de dor -Mobilidade	Avaliação da existência de: -Lesão periapical -Calcificação pulpar -Obliteração dos canais -Reabsorção externa e interna do dente	NR	-6 meses: Biodentine=(93.1%) MTA=(93,5%) -12 meses: Biodentine= (96%) MTA= (100%) -3 anos: Biodentine=(91.7%) MTA= (96%)	Não houve diferenças significativas na taxa de sucesso geral entre Biodentine™ e MTA™

Autores e ano de publicação	Critérios de avaliação clínicas	Critérios de avaliação radiográficas	Formação de ponte dentinária	Taxas de sucesso clínico e radiográfico	Principais resultados
Brizuela, et al.,2017	<ul style="list-style-type: none"> -Testes de sensibilidade pulpar (Térmico/elétrico) -Teste de Percussão -Ausência de edema facial -Ausência de fístula 	<ul style="list-style-type: none"> -Ausência de reabsorção externa ou interna do dente -Ausência de espessamento do ligamento periodontal ou lesão apical 	NR	<ul style="list-style-type: none"> -3 meses: Ca(OH)₂ =97,2% Biodentine= 100%) MTA= 100% -6 meses: Ca(OH)₂ =93,1% Biodentine= 100%) MTA= 91,9% -12 meses: Ca(OH)₂ =86,4% Biodentine= 100%) MTA= 86,4% 	Os materiais à base de silicato de cálcio surgem como alternativas adequadas ao hidróxido de cálcio. Embora não tenham sido observadas diferenças significativas entre os materiais estudados, o MTA™ apresentou algumas vantagens.

Autores e ano de publicação	Critérios de avaliação clínicas	Critérios de avaliação radiográficas	Formação de ponte dentinária	Taxas de sucesso clínico e radiográfico	Principais resultados
Hilton, et al.,2013	-Testes de sensibilidade pulpar -Avaliar a necessidade de extração/TENC	-Sinais de patologia pulpar (reabsorção, calcificação) -Sinais patologia perirradicular (radiolucência)	NR	A probabilidade de insucesso após 2 anos é de: MTA= 19,7% Ca(OH) ₂ = 31,5% (p=0,046)	O ensaio clínico fornece evidências confirmatórias do desempenho superior do MTA™ como agente de recobrimento pulpar direto, quando em comparação com hidróxido de cálcio

Autores e ano de publicação	Critérios de avaliação clínicas	Critérios de avaliação radiográficas	Formação de ponte dentinária	Taxas de sucesso clínico e radiográfico	Principais resultados
Katge e Patil, 2017	-Testes de sensibilidades pulpar (Elétrico/Calor/Frio) -Avaliação dos tecidos moles (Fístula, Inflamação) -Dor pós-operatória	-Radiolucência periapical -Espessamento do ligamento periapical -Calcificação -Reabsorção externa/interna	-6 meses: MTA= 76,19% Biodentine=71,43% -12 meses: MTA=85.71% Biodentine=95.24% Sem diferenças significativas	MTA™=100% Biodentine™= 100%	Este estudo relatou uma taxa de sucesso de 100% de eficácia, quando se usa MTA e Biodentine, no recobrimento pulpar direto

Autores e ano de publicação	Critérios de avaliação clínicas	Critérios de avaliação radiográficas	Formação de ponte dentinária	Taxas de sucesso clínico e radiográfico	Principais resultados
Parameswaran, et al.,2023	<ul style="list-style-type: none"> -Testes de sensibilidade pulpar -Ausência de sinais e sintomas clínicos de patologia pulpar -Testes de palpação e percussão -Avaliação dos tecidos moles (Fístulas) -Avaliar a mobilidade -Avaliar a necessidade de extração/TENC 	-Índice Periapical (PAI) =1	NR	CEM=86.7% MTA=77.3% Ca(OH) ₂ =57.9%	O CEM tem eficácia comparável ao MTA, enquanto o Ca(OH) ₂ tem a menor taxa de eficácia na manutenção da vitalidade pulpar em comparação com os outros materiais (RPD). Verificou-se uma diferença significativa no índice PAI entre CEM e Ca(OH) ₂

Autores e ano de publicação	Critérios de avaliação clínicas	Critérios de avaliação radiográficas	Formação de ponte dentinária	Taxas de sucesso clínico e radiográfico	Principais resultados
Suhag, et al.,2019	-Dor pós-operatória com escala visual analógica de intensidade -Ausência de sinais e sintomas de pulpíte irreversível, necrose pulpar ou periodontite apical -Teste de Percussão	Avaliação da existência de: -Espessamento do ligamento periodontal -Radiolucência periapical	NR	MTA=93% Ca(OH) ₂ =69% Diferenças significativas entre taxas de sucesso aos 6 e 12 meses (p<0,05). Valores dos índices de dor inferiores para o MTA (6,3±9,5) em relação ao Ca(OH) ₂ (18,5±20,8), 18h após RPD	O MTA demonstrou-se ter melhor resultados do que o hidróxido de Cálcio, em termos de taxa de sucesso clínico/radiográfico, e intensidade de dor

Legenda: TENC: Tratamento endodôntico não cirúrgico, MTA™: Mineral trioxide aggregate, BD: Biodentine™, Ca(OH)₂: Hidróxido de cálcio, CEM : Cimento enriquecido com mistura de Hidróxido de cálcio, EMD: Emdogain, CIV : cimento de ionômero de vidro, NR: Não referido, IV: Ionômero de vidro

2.2.2 Sucesso clínico e radiográfico

Os critérios para determinar o sucesso em resultados clínicos e radiográficos estão detalhados na tabela 4b. Uma ampla gama de parâmetros clínicos, incluindo avaliação com escala da dor, testes de sensibilidade pulpar, avaliação de tecidos moles, mobilidade, testes de percussão e palpação, são comumente reportados na maioria dos estudos revistos. Além disso, parâmetros radiográficos, como a ausência de radiolucência apical e o espessamento do ligamento periodontal, também são frequentemente documentados. Entretanto, a avaliação detalhada da formação da ponte dentinária foi abordada em apenas 20% (n = 2) dos estudos incluídos na análise (Katge e Patil, 2017) (Mathur et al., 2017). Da mesma forma, em relação à alteração de cor coronária apenas um estudo investigou esse parâmetro (Awawdeh et al., 2018).

No ensaio clínico controlado randomizado de Awawdeh e colaboradores, estes observaram uma incidência significativamente maior de descoloração no grupo tratado com MTA™ em comparação com o grupo tratado com Biodentine™. Neste estudo, todos os dentes que receberam aplicação de MTA™ apresentaram algum grau de descoloração, enquanto nenhum sinal perceptível de descoloração foi observado no grupo tratado com Biodentine™ (Awawdeh et al., 2018).

O MTA™ (Mineral trioxide aggregate) surgiu como o principal agente de recobrimento pulpar avaliado, sendo identificado em cerca de 88,9% (n = 8) dos estudos revistos, com uma taxa global de sucesso variando entre 77,3% e 100%. Além disso, o hidróxido de cálcio foi mencionado em sete estudos, enquanto o Biodentine™ foi relatado em quatro estudos, estes dois também demonstraram associar-se a altas taxas de sucesso clínico e radiográfico, atingindo respectivamente taxas entre 94,44% e 100%, e entre 57,9% e 93,5%. Resumindo, foi demonstrada uma alta taxa de sucesso das intervenções de recobrimento pulpaes no tratamento de dentes permanentes vitais com lesões de cárie nos estudos incluídos.

2.2.3 Qualidade dos estudos incluídos

Foi realizada avaliação detalhada do risco de viés utilizando o instrumento de avaliação da qualidade do NIH, resumida na tabela 5. A qualidade da evidência dos ensaios clínicos randomizados incluídos foi pontuada como 'bom', 'justo' ou 'fraca', com nível de evidência geral (nível de evidência (LOE= 1)). A falta de uma justificação do tamanho da amostra e/ou poder de descrição foi considerada como afetando negativamente a qualidade geral do estudo. Dos 9 estudos selecionados para esta revisão sistemática, cinco foram pontuados como 'bom' (Rahman e Goswami, 2021), (Mathur, et al.,2017), (Awawdeh, et al.,2018), (Suhag, et al.,2019), e (Brizuela, et al.,2017), três como 'média' (Parameswaran, et al.,2023), (Hilton, et al.,2013) e (Koc Vural, et al.,2017) e um como 'fraco' (Katge e Patil, 2017).

Tabela 5. Análise da metodologia dos estudos analisados e risco de viés associado com recurso à checklist SIGN (Scottish Intercollegiate Guidelines Network). As células assinaladas com um asterisco "*" representam o cumprimento do estudo relativamente ao parâmetro de avaliação da qualidade em causa (Ver Anexo). As células deixadas em branco representam o não cumprimento.

Critérios/Estudos	Koc Vural, et al.,2017	Mathur, et al.,2017	Rahman e Goswami, 2021	Awawdeh, et al.,2018	Brizuela, et al.,2017	Hilton, et al.,2013	Katge e Patil, 2017	Parameswaran, et al.,2023	Suhag, et al.,2019
1	*	*	*	*	*	*		*	
2	*	*	*	*	*	*	*	*	*
3		*	*			*	*	*	*
4	*	*	*	*	*				*
5				*					
6	*	*	*	*	*	*	*	*	*
7	*	*	*	*					*
8	*	*	*	*	*	*	*		*
9	*	*	*	*	*	*	*	*	*
10	*	*	*	*	*	*	*	*	*
11	*	*	*	*	*	*	*	*	*
12									
13	*	*	*	*	*	*	*	*	*
14	*	*	*	*	*	*	*	*	*

2.3 DISCUSSÃO

Os ensaios clínicos servem fundamentalmente para obtenção de dados que suportem a prática, quer diagnóstica, quer terapêutica, quer prognóstica. Mas por melhor que o estudo tenha sido desenhado, implementado ou analisado nunca é possível garantir com toda a segurança a veracidade dos resultados. A explicação para esta imprecisão encontra-se no possível erro aleatório e no erro sistemático, também designado por viés (Vaz Carneiro, 2011).

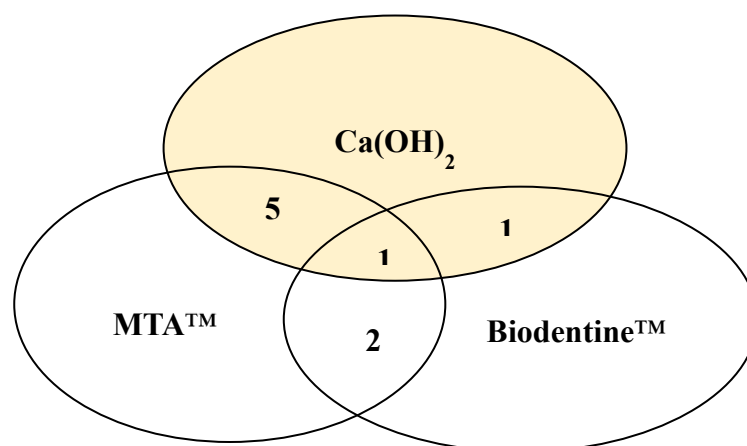
Em termos práticos, um ensaio clínico deve possuir uma boa validade interna, isto é, medir o que é suposto medir (só assim os seus resultados poderão ser credíveis). Mas deve também possuir uma boa validade externa, isto é, os resultados devem poder ser generalizáveis à população em geral. Só assim os resultados poderão ser úteis. A possibilidade de serem introduzidos erros num estudo, de forma sistemática, podem distorcer os seus resultados de maneira não aleatória. Como é óbvio, nem todos os viéses têm a mesma capacidade de invalidar os resultados de um estudo, mas essa análise deve ser feita com todo o cuidado, de maneira a identificar a real validade interna do estudo. Para detetar as fontes de viéses num estudo, é necessário ler com toda a atenção a sua seção do Material e Métodos e fazer a avaliação dos inúmeros parâmetros para poder incluir o estudo na revisão sistemática (Mayer, 2004).

O propósito desta revisão sistemática é conduzir uma análise comparativa da eficácia de materiais à base de silicato de cálcio em comparação com o hidróxido de cálcio, e determinar qual dos materiais de recobrimento pulpar direto e indireto demonstra uma taxa de sucesso clínico e radiográfico superior entre MTA™, Biodentine™ e Hidróxido de cálcio. Um material de recobrimento eficaz é todo aquele que for usado para proteger a polpa dentária em situações de exposição ou em risco de acontecer durante procedimentos restauradores ou traumáticos. Este material deve apresentar várias características para ser considerado eficaz, como, a capacidade de selamento hermético, ser biocompatível, deve ser resistente à degradação ao longo do tempo, mantendo as suas propriedades selantes e biológicas para garantir a longevidade do tratamento. Deve ainda estimular a formação de tecido reparador ou dentinário, promovendo a regeneração e reparação da polpa e do tecido dentário adjacente. O material deve ser fácil de manipular

e aplicar durante o procedimento clínico, permitindo uma colocação precisa e eficaz (Bjørndal et al., 2019).

Na figura 4, foram resumidos os números de estudos para cada materiais comparados. Dos nove artigos selecionados, cinco avaliaram o MTA™ em comparação com o hidróxido de cálcio (Hilton, et al.,2013; Koc Vural, et al.,2017; Mathur, et al.,2017; Parameswaran, et al.,2023; Suhag, et al.,2019), dois compararam o MTA™ com o Biodentine™, (Awawdeh, et al.,2018; Katge e Patil, 2017) um analisou o Biodentine™ em relação ao hidróxido de cálcio (Rahman e Goswami, 2021), e um estudo investigou os três materiais em conjunto (Brizuela, et al.,2017). Além disso, dentro dos nove estudos incluídos, dois também investigaram outros materiais em comparação com o MTA™, o hidróxido de cálcio e o Biodentine™, como o ionómero de vidro e uma mistura de cimento enriquecido com cálcio (Figura 4). Todos os estudos mencionaram o diagnóstico pulpar prévio, no entanto, apenas dois estudos avaliaram a formação de pontes dentinárias formadas após o recobrimento pulpar.

Figura 4. Diagrama com o número de estudos e respectivos materiais comparados



Os tamanhos dos grupos estudados (amostras) foram muito diferentes entre cada estudo, sendo o menor tamanho amostral de n=13 (Mathur, et al.,2017) e o maior n=195 (Hilton, et al.,2013). Apenas 6 estudos (Awawdeh, et al.,2018; Brizuela, et al.,2017; Koc Vural, et al.,2017; Mathur, et al.,2017; Rahman e Goswami, 2021; Suhag, et al.,2019) referiram a forma de cálculo do tamanho amostral, pelo que os outros 3 (Hilton, et al.,2013; Katge e Patil, 2017; Parameswaran, et al.,2023) incorrem em possíveis vies de seleção. O

tratamento estatístico será diferente e os resultados encontrados poderão ter relevância e importância diferentes.

A idade dos indivíduos que entraram nos diferentes estudos também é um facto relevante para os resultados, pois a capacidade regenerativa diminui com a idade. Há estudos clínicos realizados em indivíduos dos 7 anos de idade (Mathur, et al.,2017) até aos 60 anos (Parameswaran, et al.,2023). A idade não foi um indicador de risco avaliado em nenhum dos estudos, pelo que não foi medido o verdadeiro impacto desse facto na taxa de sucesso dos recobrimentos pulpaes.

De igual forma, os períodos de follow-up variaram entre cada estudo, com período mínimo de 12 meses e período máximo de 3 anos, esta variação poderá consequentemente causar viés de resultados. Foram excluídos da revisão sistemática todos os estudos com período de follow-up inferior a 6 meses. É consensual que a taxa de sucesso diminui com o tempo decorrido, e estudos mais longos tendem a ter taxas cumulativas maiores de insucesso (Awawdeh, et al.,2018; Rahman 2021).

Para esta revisão, os dados extraídos dos artigos para comparar os materiais de recobrimento pulpar prenderam-se com um diagnóstico prévio clínico e radiológico de lesão pulpar reversível. Para tal, os diferentes estudos revelaram indicadores comuns como ausência de sensibilidade pulpar e dor dentária antes e após o procedimento, a mobilidade dentária, o estado dos tecidos moles circundantes (inflamação, fistula), descoloração coronária, índice periapical, reabsorção interna e externa, calcificação e obliteração dos canais radiculares, patologia perirradicular, espessura do ligamento periodontal, radiolucência periapical. A restrição dada pelos critérios de inclusão (referência precisa dos parâmetros de diagnóstico pré e pós-tratamento), deu uma certeza maior de que o diagnóstico correto foi feito em todos os ensaios clínicos e esse não foi factor de erro. A definição de taxa de sucesso clínico e radiológico, nomeadamente a manutenção de vitalidade ao longo do tempo, e a ausência de sinais ou sintomas associados ao dente com a intervenção de recobrimento pulpar, permite a comparação desses valores entre os estudos, com consequente inferência na eficácia de cada material.

Nesta revisão sistemática, o recobrimento pulpar direto foi o principal procedimento clínico relatado para a manutenção da vitalidade de dentes permanentes vitais com

exposição pulpar, representando 67% dos estudos incluídos, com uma taxa de sucesso global de 57.9%-100%. Pelo contrário, o recobrimento pulpar indireto foi relatado em apenas 33% dos estudos incluídos, com taxa de sucesso global maior, entre 77.78%-100%. Embora seja lógico assumir que a habilidade do operador afeta diretamente o tratamento, esse factor apenas foi avaliado no estudo de Hilton 2013.

2.3.1 Materiais de recobrimento pulpar

Foram analisados diversos materiais de recobrimento pulpar, com propriedades físico-mecânicas variáveis, tais como: a capacidade de selamento, de indução de regeneração, a eficácia antimicrobiana, a biocompatibilidade e as propriedades de bioatividade quando entram em contato com tecido pulpar inflamado (da Rosa, et al., 2018). O hidróxido de cálcio é o gold standard dos materiais de recobrimento pulpar com uma história de sucesso clínico principalmente relacionado à sua excelente atividade antimicrobiana, biocompatibilidade e a capacidade de induzir a formação de pontes dentinárias (Mohammad & Dummer, 2011). O hidróxido de cálcio foi avaliado (em 7 dos 9 estudos incluídos), com uma taxa de sucesso clínico e radiográfico entre 57.9% (Parameswaran, et al., 2023) e 97.2% (Brizuela, et al., 2017). Outros estudos não incluídos nesta revisão sistemática, indicam taxas de sucesso com o hidróxido de cálcio semelhantes; Benoist et al e Rafeza et al relataram resultados quase semelhantes de 73% e 76% de sucesso, respetivamente. Uma maior taxa de sucesso de hidróxido de cálcio 94,1%, 94,6%, 97,8%, 93%, 86,9% e 93,6%, foi relatada por Nirschl et al, Bjorndal et al, Gruythuysen et al, Petrou et al e Mathur V P et al respetivamente. Orhan et al estudaram uma amostra de 52 dentes por 3 meses e relataram sucesso de 97,8%, porém em outra amostra de 154 dentes acompanhados por um ano relataram 92-94% de sucesso.

Verificam-se, no entanto, falhas de tratamento a longo prazo em grande parte dos estudos, devido à infiltração das restaurações, dissolução do hidróxido de cálcio (Barnes & Kidd, 1979) e defeitos em túnel nas pontes dentinárias, permitindo a reinfeção da polpa, levando à calcificação distrófica, com conseqüente tratamento endodôntico não cirúrgico (TENC) ou extração. Maltz e Oliveira reportaram diminuições nas taxas de sucesso de 97% a 1,5 anos, para 90% a 3 anos, para 82% a 5 anos e 63% num prazo de 10 anos (Maltz et al., 2011).

Devido a estas falhas, novos materiais foram promovidos, nomeadamente os silicatos de cálcio, como o MTA™. O MTA™ foi o principal material avaliado nesta revisão sistemática (em 8 dos 9 estudos), com uma taxa de sucesso clínico e radiográfico entre 77,3% (Parameswaran, et al.,2023) e 100% (Mathur, et al.,2017). O MTA™ tem várias vantagens como, a baixa solubilidade, o pH alcalino, a alta capacidade de selamento e propriedades biocompatíveis. Vários estudos em animais e humanos postularam que o MTA™ é superior e um bom substituto ao hidróxido de cálcio como um agente de recobrimento pulpar (Jalan et al., 2017). No entanto, o MTA™ tem algumas desvantagens, como, o difícil manuseamento, tem um longo tempo de endurecimento, um custo superior ao hidróxido de cálcio (Jalan et al., 2017) e a descoloração coronária do dente pode se desenvolver ao longo do tempo após a aplicação deste material (Brizuela et al., 2017, p.1778). Para contornar as limitações do MTA™, foi desenvolvida uma nova variedade de cimentos bioativos à base de silicato de cálcio, como o Biodentine™. Nesta revisão sistemática, o Biodentine™ foi avaliado (em 4 dos 9 estudos incluídos), com uma taxa de sucesso clínico e radiográfico entre 91.7% (Awawdeh, et al.,2018) e 100% (Brizuela, et al.,2017; Katge e Patil, 2017). Todos os autores concordam que tanto o MTA™ como o Biodentine™ são biocompatíveis, proporcionam um selamento eficaz e a proteção da polpa dentária, ajudando a manter a vitalidade. Demonstraram estimular a formação de pontes dentinárias quando colocadas em contato direto com a polpa, auxiliando no reparo e regeneração da dentina danificada.

2.3.2 Recobrimento pulpar indireto

Um dos objetivos desta revisão sistemática foi fornecer diretrizes para o clínico na escolha de materiais de recobrimento pulpar indireto, entre MTA™, Biodentine™ e hidróxido de cálcio, avaliando a eficácia de cada material na manutenção da vitalidade pulpar de dentes permanentes com lesão de cárie profunda. Em 3 estudos (Mathur, V. P., et al. 2017), (Koc Vural, U. K., et al. 2017) e (Rahman, B., e Goswami, M., 2021), foram comparados os três materiais de recobrimento pulpar indireto.

Foi demonstrado que o sucesso do recobrimento pulpar indireto depende da espessura da dentina remanescente, do tipo de tecido formado e da dentina terciária que resulta do recobrimento. A avaliação quantitativa e qualitativa pode ser feita por imagens

radiográficas periapicais ou panorâmicas intraorais, mas com várias limitações, pois são apenas imagens bidimensionais (Mathur et al., 2017). O uso do CBCT no estudo de Mathur, V. P., et al. (2017), dá-nos muita informação, quantificando com as unidades de Hounsfield no CBCT, o tipo e a quantidade de tecido formado com o recobrimento pulpar em relação à radiodensidade dos materiais e da dentina. O aumento da radiodensidade aos seis meses de follow-up foi quase igual nos três grupos. Não houve diferença significativa na taxa de sucesso clínico e radiográfico entre os materiais testados (MTA™; Hidróxido de cálcio e ionómero de vidro). Colocam-se obviamente algumas questões éticas relacionadas com a exposição repetida das crianças à radiação. No estudo de Koc Vural, U. K., et al. (2017), os resultados mostraram que não houve diferenças significativas entre as taxas de sucesso clínico e radiográfico do MTA e do hidróxido de cálcio, em todas as fases do follow up (até 2 anos).

O estudo de Rahman, B., e Goswami, M., (2021) sugere que após 2 anos, há diferença significativa entre a taxa de sucesso do Theracal e o Biodentine™ relativamente ao Ca (OH)₂ (p=0,03.) A eficácia do hidróxido de cálcio para recobrimento pulpar indireto é substancialmente inferior quando comparada à dos materiais à base de silicato de cálcio como o Theracal e o Biodentine™. Outros estudos não incluídos nesta revisão sistemática, indicam taxas de sucesso com Biodentine™ diferentes; Hashem et al. avaliaram a eficácia de Biodentine™ para tratamento pulpar indireto em adultos de 18 a 76 anos, relatando uma taxa de sucesso clínico de 83,3%. Em contraste, o estudo de Rahman, B., encontrou uma maior taxa de sucesso de 94,4% com Biodentine.

O estudo de Leye Benoist, et al., (2012), não foi incluído na revisão sistemática (por tempo de follow up inferior ao mínimo estipulado), mas os resultados indicaram taxas de sucesso aos 3 meses de 93% para o MTA™ e de 73% para o hidróxido de cálcio (diferença significativa), sendo que aos 6 meses a % de sucesso do MTA™ desceu para os 89,6% e a do Hidróxido de cálcio manteve-se estável nos 73% (sem diferença significativa).

2.3.3 Recobrimento pulpar direto

Nesta revisão sistemática, um dos procedimentos clínicos analisados foi o recobrimento pulpar direto, uma intervenção crucial realizada quando há exposição da polpa, visando

preservar sua vitalidade. Os materiais empregues para proteger a polpa têm o propósito de estimular a formação de tecido mineralizado na região afetada, mantendo assim a saúde do dente. O objetivo foi identificar, por meio de uma revisão sistemática da literatura, os materiais mais adequados utilizados no tratamento da exposição pulpar direta como o hidróxido de cálcio, MTA™ e Biodentine™.

O material ideal para esse tipo de intervenção não deve desencadear inflamação pulpar, e deve promover a regeneração da dentina com alta qualidade na região exposta, como apontado por Islam et al. (2021). Estudos têm evidenciado que o uso de materiais à base de silicato de cálcio como agentes de recobrimento pulpar direto podem ser eficazes no tratamento da polpa dentária. Dos 9 artigos selecionados para esta revisão sistemática, 6 estudos (Parameswaran, et al.,2023), (Hilton, et al.,2013), (Katge e Patil, 2017), (Awawdeh, et al.,2018), (Suhag, et al.,2019) e (Brizuela, et al.,2017) avaliam a eficácia do hidróxido de cálcio, MTA™ e Biodentine™ como materiais de recobrimento pulpar direto. Na tabela 6 pode observar-se os diferentes materiais comparados pelos diferentes autores nos estudos avaliando a eficácia destes materiais no recobrimento pulpar direto.

Tabela 6. *Materiais comparados pelos diferentes autores*

Mâterais comparados	Autores/estudos com RPD		
Ca(OH)₂ + MTA™ + Biodentine™	Brizuela, et al.,2017		
Ca(OH)₂+MTA™	Parameswaran, et al.,2023	Hilton, et al.,2013	Suhag, et al.,2019
Biodentine™ + MTA™	Katge e Patil, 2017	Awawdeh, et al.,2018	

Legenda: Ca(OH)₂: Hidróxido de calcio, RPD: Recobrimento pulpar direto, MTA™: Mineral trioxide aggregate.

O hidróxido de cálcio tem sido tradicionalmente utilizado para o recobrimento pulpar devido às suas propriedades antimicrobianas, mas a sua eficácia na promoção da formação da ponte dentinária tem sido debatida. O único estudo que comparou os 3 materiais foi o de Brizuela et al.,2017 (Tabela 6). Os resultados encontrados permitiram

afirmar que o MTA™ e o Biodentine™ são eficazes na promoção da dentinogênese e da estimulação da formação de pontes dentinárias, enquanto o hidróxido de cálcio tem propriedades antimicrobianas e pode estimular algum nível de dentinogênese, mas a sua capacidade de promover a formação de pontes dentinárias robustas pode ser limitada em comparação com MTA™ e Biodentine™. É importante salientar que o MTA™ e o Biodentine™ são geralmente bem tolerados clinicamente, enquanto o hidróxido de cálcio pode ter limitações devido ao seu pH alcalino e potencial para irritação dos tecidos.

Nos estudos em que foi efetuada a comparação do MTA™ com o Hidróxido de cálcio (Hilton et al 2013; Parameswaran et al 2023; Suhag et al 2019), todos resultaram em valores de sucesso clínico e radiológico superiores com o recobrimento direto usando MTA™. O MTA™ é geralmente bem tolerado clinicamente, mas seu tempo de endurecimento prolongado e potencial de descoloração dos dentes podem influenciar os resultados (Jalan et al., 2017).

Nos estudos de Awawdeh, et al. (2018) e de Katge e Patil (2017), os autores realizaram uma investigação sobre a eficácia do Biodentine™ versus MTA™, aplicados após exposição pulpar por cárie profunda em dentes permanentes. Em ambos os estudos há um comportamento clínico semelhante dos dois materiais, sem diferenças significativas. Com o evoluir do tempo o Biodentine™ aparenta melhorar mais as taxas de sucesso do que o MTA™ (Katge e Patil 2017).

2.3.4 Formação de pontes dentinárias

Nos 9 estudos incluídos nesta revisão sistemática, a formação de pontes dentinárias só foi avaliada em 2 estudos Mathur, et al., (2017) e Katge e Patil, (2017), porque segundo alguns autores a espessura e a qualidade das pontes dentinárias deve ser avaliada apenas por exame histológico, pois contém muitos túneis e sendo altamente porosas (Awawdeh, et al., 2018), o que as deixa radiolúcidas. Por outro lado, a avaliação da formação de pontes dentinárias com exames radiológicos, sujeita os pacientes a exposições radiográficas injustificadas nas consultas de follow-up (Princípios de ALARA (*As Low As Reasonably Achievable*)). É também importante ter em conta que a formação de ponte dentinária não pode ser avaliada radiograficamente em todos os casos, devido à falta de radiopacidade adequada do Biodentine™, o que dificulta a

distinção da sua localização e, conseqüentemente, impossibilita a avaliação da ponte de dentina formada (Singh et al., 2023).

O estudo conduzido por Katge e Patil, (2017) revelou que, no contexto do recobrimento pulpar direto, o Biodentine™ demonstrou uma eficácia superior na formação de pontes dentinárias em comparação com o MTA™. A taxa de sucesso observada para o MTA™ foi de 85.71%, enquanto para o Biodentine™ foi de 95.24%. Em contraste, o estudo de Muruganandhan et al. (2021) indicou uma diferença substancial entre o MTA™ e o Biodentine™ na formação de pontes dentinárias. Os autores chegaram à conclusão de que o MTA™ demonstrou uma taxa mais elevada de formação de pontes dentinárias do que o Biodentine™.

O estudo de Mathur, et al., (2017), demonstrou uma eficácia semelhante para o MTA™ e para o hidróxido de cálcio, sem diferença estatística significativa.

2.3.5 Limitações desta revisão sistemática

Os pontos positivos desta revisão sistemática vêm dos critérios de inclusão e exclusão claros usados para decidir quais estudos incluir ou excluir, focando na questão principal da revisão. Também foi considerada a possibilidade de viés e a qualidade geral das evidências dos estudos para poder efetuar corretas comparações. No entanto, é importante reconhecer que esta revisão tem as seguintes limitações:

- Essa revisão é baseada em ensaios clínicos randomizados (alto nível de evidência), mas a amostra tem poucos estudos (9)
- Foram excluídos os ensaios clínicos com dentes decíduos, permanentes imaturos, com exposição devido a trauma, o que pode introduzir viés de seleção
- O tempo de follow up é muito variável nos vários estudos, mas deveria ser mais prolongado no tempo
- Não foi avaliado o impacto da idade do paciente no sucesso do recobrimento pulpar
- Não foi avaliado o intervalo de tempo entre a exposição pulpar e o tratamento
- Não foi avaliado o intervalo de tempo entre o recobrimento pulpar e a restauração definitiva
- Não foi avaliada a influência do diâmetro da exposição pulpar ou da profundidade da cárie sobre o tratamento

- Falta de comparação com outros materiais como “Endosequence” ou “Emdogain”

Em estudos futuros, é altamente recomendado o uso de ensaios clínicos prospectivos controlados para garantir uma investigação mais rigorosa e confiável. Além disso, para promover a uniformidade e minimizar a variabilidade entre os estudos, sugere-se o estabelecimento de uma lista de critérios clínicos e radiográficos mínimos para avaliar os resultados. Esses critérios contribuiriam para uma melhor padronização dos estudos e, conseqüentemente, uma comparação mais consistente dos resultados. Portanto, é crucial definir claramente os parâmetros de sucesso clínico e radiográfico.

3. CONCLUSÃO

A avaliação comparativa da eficácia clínica do MTA™, Biodentine™ e hidróxido de cálcio no recobrimento pulpar direto e indireto levanta pontos importantes a considerar na tomada de decisão clínica. Os resultados dos estudos selecionados para esta revisão sistemática indicam que o MTA™ e o Biodentine™ demonstram uma eficácia significativa na promoção da reparação pulpar e na formação de pontes dentinárias, enquanto o hidróxido de cálcio pode apresentar resultados mais variáveis. No entanto, deve-se notar que cada material tem vantagens e desvantagens específicas, e a escolha ideal dependerá de vários fatores, incluindo a situação clínica do paciente, as preferências/senso clínico do médico dentista e os resultados procurados a longo prazo. A descoloração da coroa após a utilização da MTA™ limita a sua utilização em dentes anteriores em comparação com hidróxido de cálcio e outro material menos descolorante de silicato de cálcio tal como Biodentine™.

Mais estudos, incluindo ensaios clínicos randomizados a longo prazo, são necessários para aprofundar a compreensão da eficácia e durabilidade desses materiais no contexto do recobrimento pulpar direto e indireto.

Considerando as limitações previamente identificadas nesta revisão, torna-se evidente a necessidade de conduzir estudos adicionais para validar os resultados obtidos nesta revisão sistemática.

Em resumo, os resultados deste estudo indicam que não há diferenças significativas entre os três materiais em termos de capacidade de regenerar a polpa e mantê-la vital. No entanto, está cada vez mais comprovado o valor dos silicatos de cálcio, e a sua utilização irá com certeza no futuro sobrepor-se à do hidróxido de cálcio.

4. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Abbasi, A. J., Mohammadi, F., Bayat, M., Gema, S. M., Ghadirian, H., Seifi, H., Bayat, H., & Bahrami, N. (2018). Applications of Propolis in Dentistry: A Review. *Ethiopian Journal of Health Sciences*, 28(4), 505–512. <https://doi.org/10.4314/ejhs.v28i4.16>

Afrashtehfar, K. I., Jurado, C. A., Al-Hadi, D. & Shetty, K. P. (2023). Pulpotomy versus root canal treatment in permanent teeth with spontaneous pain : comparable clinical and patient outcomes, but insufficient evidence. *Evidence Based Dentistry*, 24, 54-56. <https://doi.org/10.1038/s41432-023-00878-4>

Aguilar, P., & Linsuwanont, P. (2011). Vital pulp therapy in vital permanent teeth with cariously exposed pulp: a systematic review. *Journal of Endodontics*, 37(5), 581–587. <https://doi.org/10.1016/j.joen.2010.12.004>

Alastair, J. (2015). Biology of the Dentin-Pulp Complex. Stem cell Biology and Tissue Engineering in Dental Sciences. *Academic Press*, 29, 371-378 <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-397157-9.00033-3>

Alex, G. (2018). Direct and Indirect Pulp Capping: A Brief History, Material Innovations, and Clinical Case Report. *Compendium of Continuing Education in Dentistry (Jamesburg, N.J. : 1995)*, 39(3), 182–189.

Alghutaimel, H., Matoug-Elwerfelli, M., Alhaji, M., Albawardi, F., Nagendrababu, V., & Dummer, P. M. H. (2024). Propolis Use in Dentistry: A Narrative Review of Its Preventive and Therapeutic Applications. *International Dental Journal*, S0020-6539(24)00046-7. *Advance Online Publication*. <https://doi.org/10.1016/j.identj.2024.01.018>

Arandi, N. Z., & Thabet, M. (2021). Minimal Intervention in Dentistry: A Literature Review on Biodentine as a Bioactive Pulp Capping Material. *BioMedical Research International*, 2021, 1-13. <https://doi.org/10.1155/2021/5569313>

Asgary, S., & Ahmadyar, M. (2013). Vital pulp therapy using calcium-enriched mixture: An evidence-based review. *Journal of Conservative Dentistry : JCD*, 16(2), 92–98. <https://doi.org/10.4103/0972-0707.108173>

Awawdeh, L., Al-Qudah, A., Hamouri, H., & Chakra, R. J. (2018). Outcomes of Vital Pulp Therapy Using Mineral Trioxide Aggregate or Biodentine: A Prospective Randomized Clinical Trial. *Journal of endodontics*, 44(11), 1603–1609. <https://doi.org/10.1016/j.joen.2018.08.004>

Ballal, N. V., Narkedamalli, R., Gandhi, P., Arias-Moliz, M. T., Baca, P., Das, S., Varghese, J., Gaonkar, S. L., Rao, B. S. S., Frazier, J., Bergeron, B. E., & Tay, F. R. (2023). Biological and chemical properties of 2-in-1 calcium-chelating and antibacterial root canal irrigants. *Journal of Dentistry*, *134*, 104526. <https://doi.org/10.1016/j.jdent.2023.104526>

Ballal, N. V., Duncan, H. F., Wiedemeier, D. B., Rai, N., Jalan, P., Bhat, V., Belle, V. S., & Zehnder, M. (2024). 4-Year Pulp Survival in a Randomized Trial on Direct Pulp Capping. *Journal of Endodontics*, *50*(1), 4–9. <https://doi.org/10.1016/j.joen.2023.10.008>

Barthel, C. R., Rosenkranz, B., Leuenberg, A., & Roulet, J. F. (2000). Pulp capping of carious exposures: treatment outcome after 5 and 10 years: a retrospective study. *Journal of Endodontics*, *26*(9), 525–528. <https://doi.org/10.1097/00004770-200009000-00010>

Barnes, I. E., & Kidd, E. A. (1979). Disappearing Dycal. *British Dental Journal*, *147*(5), 111. <https://doi.org/10.1038/sj.bdj.4804296>

Bjørndal, L., Reit, C., Bruun, G., Markvart, M., Kjaeldgaard, M., Näsman, P., Thordrup, M., Dige, I., Nyvad, B., Fransson, H., Lager, A., Ericson, D., Petersson, K., Olsson, J., Santimano, E. M., Wennström, A., Winkel, P., & Glud, C. (2010). Treatment of deep caries lesions in adults: randomized clinical trials comparing stepwise vs. direct complete excavation, and direct pulp capping vs. partial pulpotomy. *European Journal of Oral Sciences*, *118*(3), 290–297. <https://doi.org/10.1111/j.1600-0722.2010.00731.x>

Bjørndal, L., Simon, S., Tomson, P. L., & Duncan, H. F. (2019). Management of deep caries and the exposed pulp. *International Endodontic Journal*, *52*(7), 949–973. <https://doi.org/10.1111/iej.13128>

Brizuela, C., Ormeño, A., Cabrera, C., Cabezas, R., Silva, C. I., Ramírez, V., & Mercade, M. (2017). Direct Pulp Capping with Calcium Hydroxide, Mineral Trioxide Aggregate, and Biodentine in Permanent Young Teeth with Caries: A Randomized Clinical Trial. *Journal of Endodontics*, *43*(11), 1776–1780. <https://doi.org/10.1016/j.joen.2017.06.031>

Brännström, M., & Lind, P. O. (1965). Pulpal response to early dental caries. *Journal of Dental Research*, *44*(5), 1045–1050. <https://doi.org/10.1177/00220345650440050701>

Bui, A. H., & Pham, K. V. (2021). Evaluation of Reparative Dentine Bridge Formation after Direct Pulp Capping with Biodentine. *Journal of International Society of Preventive & Community Dentistry*, *11*(1), 77–82. https://doi.org/10.4103/jispcd.JISPCD_390_20

Camilleri, J., Laurent, P., & About, I. (2014). Hydration of Biodentine, Theracal LC, and a prototype tricalcium silicate-based dentin replacement material after pulp capping in entire tooth cultures. *Journal of Endodontics*, *40*(11), 1846–1854. <https://doi.org/10.1016/j.joen.2014.06.018>

Cooper, P. R., Holder, M. J., & Smith, A. J. (2014). Inflammation and regeneration in the dentin-pulp complex: a double-edged sword. *Journal of Endodontics*, *40*(4 Suppl), S46–S51. <https://doi.org/10.1016/j.joen.2014.01.021>

- Couve, E., Osorio, R., & Schmachtenberg, O. (2014). Reactionary Dentinogenesis and Neuroimmune Response in Dental Caries. *Journal of Dental Research*, 93(8), 788–793. <https://doi.org/10.1177/0022034514539507>
- da Rosa, W. L. O., Cocco, A. R., Silva, T. M. D., Mesquita, L. C., Galarça, A. D., Silva, A. F. D., & Piva, E. (2018). Current trends and future perspectives of dental pulp capping materials: A systematic review. *Journal of Biomedical Materials Research. Part B, Applied Biomaterials*, 106(3), 1358–1368. <https://doi.org/10.1002/jbm.b.33934>
- Elderton R. J. (1993). Overtreatment with restorative dentistry: when to intervene?. *International Dental Journal*, 43(1), 17–24.
- Farges, J.-C., Alliot-Licht, B., Renard, E., Ducret, M., Gaudin, A., Smith, A. J., & Cooper, P. R. (2015). Dental pulp defence and repair mechanisms in dental caries. *Mediators of Inflammation*, 2015, Article 230251, 16. <https://doi.org/10.1155/2015/230251>
- Gandolfi, M. G., Siboni, F., & Prati, C. (2012). Chemical-physical properties of TheraCal, a novel light-curable MTA-like material for pulp capping. *International Endodontic Journal*, 45(6), 571–579. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2591.2012.02013.x>
- Gong S. G. (2014). Cranial neural crest: migratory cell behavior and regulatory networks. *Experimental Cell Research*, 325(2), 90–95. <https://doi.org/10.1016/j.yexcr.2014.03.015>
- Gruythuysen, R. J., van Strijp, A. J., & Wu, M. K. (2010). Long-term survival of indirect pulp treatment performed in primary and permanent teeth with clinically diagnosed deep carious lesions. *Journal of Endodontics*, 36(9), 1490–1493. <https://doi.org/10.1016/j.joen.2010.06.006>
- Hahn, C.-L., Liewehr, F. R. (2007). Innate Immune Responses of the Dental Pulp to Caries. *Journal of Endodontics*, 33(6), 643–651. <https://doi.org/10.1016/j.joen.2007.01.001>
- Hilton, T. J., Ferracane, J. L., Mancl, L., & Northwest Practice-based Research Collaborative in Evidence-based Dentistry (NWP) (2013). Comparison of CaOH with MTA for direct pulp capping: a PBRN randomized clinical trial. *Journal of Dental Research*, 92(7 Suppl), 16S–22S. <https://doi.org/10.1177/0022034513484336>
- Hoseinifar, R., Eskandarizadeh, A., Parirokh, M., Torabi, M., Safarian, F., & Rahmanian, E. (2020). Histological Evaluation of Human Pulp Response to Direct Pulp Capping with MTA, CEM Cement, and Biodentine. *Journal of Dentistry (Shiraz, Iran)*, 21(3), 177–183. <https://doi.org/10.30476/DENTJODS.2019.81796.0>
- Innes, N. P., Frencken, J. E., Bjørndal, L., Maltz, M., Manton, D. J., Ricketts, D., Van Landuyt, K., Banerjee, A., Campus, G., Doméjean, S., Fontana, M., Leal, S., Lo, E., Machiulskiene, V., Schulte, A., Splieth, C., Zandona, A., & Schwendicke, F. (2016). Managing Carious Lesions: Consensus Recommendations on Terminology. *Advances in Dental Research*, 28(2), 49–57. <https://doi.org/10.1177/0022034516639276>
- Islam, R., Islam, M. R. R., Tanaka, T., Alam, M. K., Ahmed, H. M. A., & Sano, H. (2023). Direct pulp capping procedures - Evidence and practice. *The Japanese Dental Science Review*, 59, 48–61. <https://doi.org/10.1016/j.jdsr.2023.02.002>

Jalan, A. L., Warhadpande, M. M., & Dakshindas, D. M. (2017). A comparison of human dental pulp response to calcium hydroxide and Biodentine as direct pulp-capping agents. *Journal of Conservative Dentistry : JCD*, 20(2), 129–133. <https://doi.org/10.4103/0972-0707.212247>

KAKEHASHI, S., STANLEY, H. R., & FITZGERALD, R. J. (1965). THE EFFECTS OF SURGICAL EXPOSURES OF DENTAL PULPS IN GERM-FREE AND CONVENTIONAL LABORATORY RATS. *Oral Surgery, Oral Medicine, and Oral Pathology*, 20, 340–349. [https://doi.org/10.1016/0030-4220\(65\)90166-0](https://doi.org/10.1016/0030-4220(65)90166-0)

Katge, F. A., & Patil, D. P. (2017). Comparative Analysis of 2 Calcium Silicate-based Cements (Biodentine and Mineral Trioxide Aggregate) as Direct Pulp-capping Agent in Young Permanent Molars: A Split Mouth Study. *Journal of Endodontics*, 43(4), 507–513. <https://doi.org/10.1016/j.joen.2016.11.026>

Kawashima, N., & Okiji, T. (2016). Odontoblasts: Specialized hard-tissue-forming cells in the dentin-pulp complex. *Congenital Anomalies*, 56, 144–153. <https://doi.org/10.1111/cga.12169>

Khullar, L., Ballal, N. V., Eyüboğlu, T. F., & Özcan, M. (2023). Does radiation therapy affect adhesion of tricalcium silicate cements to root dentin?. *Journal of Applied Oral Science : review FOB*, 31, e20230118. <https://doi.org/10.1590/1678-7757-2023-0118>

Kidd, E. A., & Fejerskov, O. (2004). What constitutes dental caries? Histopathology of carious enamel and dentin related to the action of cariogenic biofilms. *Journal of Dental Research*, 83 Spec No C, C35–C38. <https://doi.org/10.1177/154405910408301s07>

Koc Vural, U., Kiremitci, A., & Gokalp, S. (2017). Randomized Clinical Trial to Evaluate MTA Indirect Pulp Capping in Deep Caries Lesions After 24-Months. *Operative Dentistry*, 42(5), 470–477. <https://doi.org/10.2341/16-110-C>

Komabayashi, T., Zhu, Q., Eberhart, R., & Imai, Y. (2016). Current status of direct pulp-capping materials for permanent teeth. *Dental Materials Journal*, 35(1), 1–12. <https://doi.org/10.4012/dmj.2015-013>

Kulkarni, P., Tiwari, S., Agrawal, N., Kumar, A., Umarekar, P., & Bhargava, S. (2022). Clinical Outcome of Direct Pulp Therapy in Primary Teeth: A Systematic Review and Meta-analysis. *Journal of the Indian Society of Pedodontics and Preventive Dentistry*, 40(2), 105–111. https://doi.org/10.4103/jisppd.jisppd_210_22

Kunert, M., & Lukomska-Szymanska, M. (2020). Bio-Inductive Materials in Direct and Indirect Pulp Capping-A Review Article. *Materials (Basel, Switzerland)*, 13(5), 1204. <https://doi.org/10.3390/ma13051204>

Lee, Y. L., Liu, J., Clarkson, B. H., Lin, C. P., Godovikova, V., & Ritchie, H. H. (2006). Dentin-pulp complex responses to carious lesions. *Caries Research*, 40(3), 256–264. <https://doi.org/10.1159/000092235>

Lesot H, Smith AJ, Tziafas D, Begue-Kirn C, Cassidy N, Ruch JV (1994) Biologically active molecules and dental tissue repair: a comparative review of reactionary and reparative dentinogenesis with the induction of odontoblast differentiation in vitro. *Cell Materials*, 4, 199–218.

Leye Benoist, F., Gaye Ndiaye, F., Kane, A. W., Benoist, H. M., & Farge, P. (2012). Evaluation of mineral trioxide aggregate (MTA) versus calcium hydroxide cement (Dycal®) in the formation of a dentine bridge: a randomized controlled trial. *International Dental Journal*, 62(1), 33–39. <https://doi.org/10.1111/j.1875-595X.2011.00084.x>

Love, R. M., & Jenkinson, H. F. (2002). Invasion of dentinal tubules by oral bacteria. Critical reviews in oral biology and medicine : *an official publication of the American Association of Oral Biologists*, 13(2), 171–183. <https://doi.org/10.1177/154411130201300207>

Mahgoub, N., Alqadasi, B., Aldhorae, K., Assiry, A., Altawili, Z. M., & Tao Hong (2019). Comparison between iRoot BP Plus (EndoSequence Root Repair Material) and Mineral Trioxide Aggregate as Pulp-capping Agents: A Systematic Review. *Journal of International Society of Preventive & Community Dentistry*, 9(6), 542–552. https://doi.org/10.4103/jispcd.JISPCD_249_19

Maltz, M., Alves, L. S., Jardim, J. J., Moura, M.dosS., & de Oliveira, E. F. (2011). Incomplete caries removal in deep lesions: a 10-year prospective study. *American Journal of Dentistry*, 24(4), 211–214.

Marques, M. S., Wesselink, P. R., & Shemesh, H. (2015). Outcome of Direct Pulp Capping with Mineral Trioxide Aggregate: A Prospective Study. *Journal of Endodontics*, 41(7), 1026–1031. <https://doi.org/10.1016/j.joen.2015.02.024>

Mathur, V. P., Dhillon, J. K., Logani, A., & Kalra, G. (2016). Evaluation of indirect pulp capping using three different materials: A randomized control trial using cone-beam computed tomography. *Indian Journal of Dental Research*, 27(6), 623–629. <https://doi.org/10.4103/0970-9290.199588>

Matoug-Elwerfelli, M., ElSheshtawy, A. S., Duggal, M., Tong, H. J., & Nazzal, H. (2022). Vital pulp treatment for traumatized permanent teeth: A systematic review. *International Endodontic Journal*, 55(6), 613–629. <https://doi.org/10.1111/iej.13741>

Mayer, D. (2004). *Essential evidence-based medicine* (Vol.1). Cambridge: Cambridge University Press. <https://books.google.co.ck/books?id=HW0hr7c5l8MC&printsec=frontcover#v=onepage&q=doi&f=false>

Mejía-Rubalcava, C., Alanís-Tavira, J., Argueta-Figueroa, L., & Legorreta-Reyna, A. (2012). Academic stress as a risk factor for dental caries. *International Dental Journal*, 62(3), 127–131. <https://doi.org/10.1111/j.1875-595X.2011.00103.x>

Najeeb, S., Khurshid, Z., Sohail Zafar, M., Zohaib, S., & Siddiqui, F. (2017). Efficacy of Enamel Matrix Derivative in Vital Pulp Therapy: *A Review of Literature*. *Iranian Endodontic Journal*, 12(3), 269–275. <https://doi.org/10.22037/iej.v12i3.12036>

Mohammadi, Z., & Dummer, P. M. (2011). Properties and applications of calcium hydroxide in endodontics and dental traumatology. *International Endodontic Journal*, 44(8), 697–730. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2591.2011.01886.x>

Nirschl, R. F., & Avery, D. R. (1983). Evaluation of a new pulp capping agent in indirect pulp therapy. *ASDC Journal of Dentistry for Children*, 50(1), 25–30.

Orhan, A. I., Oz, F. T., Ozcelik, B., & Orhan, K. (2008). A clinical and microbiological comparative study of deep carious lesion treatment in deciduous and young permanent molars. *Clinical Oral Investigations*, 12(4), 369–378. <https://doi.org/10.1007/s00784-008-0208-6>

Parameswaran, M., Vanaja Madanan, K., Kumar Maroli, R., & Raghunathan, D. (2023). Efficacy of Calcium Enriched Mixture Cement, Mineral Trioxide Aggregate and Calcium Hydroxide Used as Direct Pulp Capping Agents in Deep Carious Lesions - A Randomised Clinical Trial. *European Endodontic Journal*, 8(4), 253–261. <https://doi.org/10.14744/eej.2023.83007>

Petrou, M. A., Alhamoui, F. A., Welk, A., Altarabulsi, M. B., Alkilzy, M., & H Splieth, C. (2014). A randomized clinical trial on the use of medical Portland cement, MTA and calcium hydroxide in indirect pulp treatment. *Clinical Oral Investigations*, 18(5), 1383–1389. <https://doi.org/10.1007/s00784-013-1107-z>

Poggio, C., Lombardini, M., Colombo, M., Beltrami, R., & Rindi, S. (2015). Solubility and pH of direct pulp capping materials: a comparative study. *Journal of Applied Biomaterials & Functional Materials*, 13(2), e181–e185. <https://doi.org/10.5301/jabfm.5000230>

Rahman, B., & Goswami, M. (2021). Comparative Evaluation of Indirect Pulp Therapy in Young Permanent Teeth using Biodentine and Theracal: A Randomized Clinical Trial. *The Journal of Clinical Pediatric Dentistry*, 45(3), 158–164. <https://doi.org/10.17796/1053-4625-45.3.3>

Rajasekharan, S., Martens, L. C., Cauwels, R. G., & Verbeeck, R. M. (2014). Biodentine™ material characteristics and clinical applications: a review of the literature. *European archives of paediatric dentistry : Official Journal of the European Academy of Paediatric Dentistry*, 15(3), 147–158. <https://doi.org/10.1007/s40368-014-0114-3>

Randow, K., & Glantz, P. O. (1986). On cantilever loading of vital and non-vital teeth. An experimental clinical study. *Acta Odontologica Scandinavica*, 44(5), 271–277. <https://doi.org/10.3109/00016358609004733>

Ricucci, D., Loghin, S., & Siqueira, J. F., Jr (2014). Correlation between clinical and histologic pulp diagnoses. *Journal of Endodontics*, 40(12), 1932–1939. <https://doi.org/10.1016/j.joen.2014.08.010>

Rôças, I. N., Alves, F. R., Rachid, C. T., Lima, K. C., Assunção, I. V., Gomes, P. N., & Siqueira, J. F., Jr (2016). Microbiome of Deep Dentinal Caries Lesions in Teeth with Symptomatic Irreversible Pulpitis. *Public Library of Science one*, 11(5), e0154653. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0154653>

Schmalz, G., Hiller, K. A., Nunez, L. J., Stoll, J., & Weis, K. (2001). Permeability characteristics of bovine and human dentin under different pretreatment conditions. *Journal of endodontics*, 27(1), 23–30. <https://doi.org/10.1097/00004770-200101000-00007>

Simon, S., Cooper, P., Lumley, P., Berdal, A., Tomson, P., & Smith, A. (2009). Understanding pulp biology for routine clinical practice. *Endodontic Practice Today*, 3(3), 171–184.

Singh, D. V. V., Taneja, S., & Fatima, S. (2023). Comparative evaluation of treatment outcome of partial pulpotomy using different agents in permanent teeth-a randomized controlled trial. *Clinical Oral Investigations*, 27(9), 5171–5180. <https://doi.org/10.1007/s00784-023-05136-6>

Smith, A. J., Cassidy, N., Perry, H., Bègue-Kirm, C., Ruch, J. V., & Lesot, H. (1995). Reactionary dentinogenesis. *The International Journal of Developmental Biology*, 39(1), 273–280.

Smith, A. J., Duncan, H. F., Diogenes, A., Simon, S., & Cooper, P. R. (2016). Exploiting the Bioactive Properties of the Dentin-Pulp Complex in Regenerative Endodontics. *Journal of Endodontics*, 42(1), 47–56. <https://doi.org/10.1016/j.joen.2015.10.019>

Suhag, K., Duhan, J., Tewari, S., & Sangwan, P. (2019). Success of Direct Pulp Capping Using Mineral Trioxide Aggregate and Calcium Hydroxide in Mature Permanent Molars with Pulps Exposed during Carious Tissue Removal: 1-year Follow-up. *Journal of Endodontics*, 45(7), 840–847. <https://doi.org/10.1016/j.joen.2019.02.025>

Taha, N. A., & Khazali, M. A. (2017). Partial Pulpotomy in Mature Permanent Teeth with Clinical Signs Indicative of Irreversible Pulpitis: A Randomized Clinical Trial. *Journal of Endodontics*, 43(9), 1417–1421. <https://doi.org/10.1016/j.joen.2017.03.033>

Tomson, P. L., & Duncan, H. F. (2021). Pulp Capping Materials for the Maintenance of Pulp Vitality. *Endodontic Materials in Clinical Practice*, <https://doi.org/10.1002/9781119513568.ch2>

Vaz Carneiro, A. (2011). Viéses em estudos clínicos. *Revista Portuguesa de Cardiologia*, 30 (02), 235-242.

Ward, J. (2002). Vital pulp therapy in cariously exposed permanent teeth and its limitations. *Australian Endodontic Journal : the Journal of the Australian Society of Endodontology Inc*, 28(1), 29–37. <https://doi.org/10.1111/j.1747-4477.2002.tb00364.x>

Yoshihara, N., Edanami, N., Tohma, A., Takeuchi, R., Ohkura, N., Hosoya, A., Noiri, Y., Nakamura, H., & Yoshihara, K. (2018). Detection of bone marrow-derived fibrocytes in human dental pulp repair. *International Endodontic Journal*, 51(11), 1187–1195. <https://doi.org/10.1111/iej.12940>

ANEXO

Anexo.

Descrição da avaliação efetuada para cada um dos critérios da checklist SIGN.

1. O estudo foi descrito como randomizado, um ensaio randomizado, um ensaio clínico randomizado ou um ECR?
2. O método de randomização foi adequado (isto é, o uso da atribuição gerada aleatoriamente)?
3. A atribuição do tratamento foi ocultada (de modo a que as atribuições não pudessem ser previstas)?
4. Os participantes no estudo e os prestadores foram cegos para a atribuição de grupos de tratamento?
5. As pessoas que avaliaram os resultados foram cegas para as atribuições de grupo dos participantes?
6. Os grupos eram semelhantes no início do estudo em relação a características importantes que poderiam afetar os resultados (por exemplo, dados demográficos, fatores de risco, condições co-mórbidas)?
7. A taxa global de abandono do estudo foi de 20% ou inferior ao número atribuído ao tratamento?
8. A taxa de abandono diferencial (entre os grupos de tratamento) foi igual ou inferior a 15 pontos percentuais?
9. Houve alta adesão aos protocolos de intervenção para cada grupo de tratamento?
10. Foram evitadas outras intervenções ou semelhantes nos grupos (por exemplo, tratamentos de fundo semelhantes)?
11. Os resultados foram avaliados utilizando medidas válidas e fiáveis, aplicadas de forma consistente em todos os participantes no estudo?
12. Os autores relataram que o tamanho da amostra era suficientemente grande para detetar uma diferença no desfecho principal entre os grupos com pelo menos 80% de poder?
13. Os resultados reportados ou os subgrupos analisados foram pré-especificados (ou seja, identificados antes da realização das análises)?
14. Todos os participantes randomizados foram analisados no grupo a que foram originalmente atribuídos, ou seja, eles usaram uma análise de intenção de tratar?