HIDRÓXIDO DE CÁLCIO COMO MEDICAÇÃO INTRACANAL: EFICÁCIA, LIMITAÇÕES E ESTRATÉGIAS DE POTENCIALIZAÇÃO

CALCIUM HYDROXIDE AS AN INTRACANAL MEDICAMENT: EFFICACY, LIMITATIONS, AND ENHANCEMENT STRATEGIES

Thaís Martins de Souza[1], Dayene Gomes de Azeredo[2], Luanna Helena Regaldino Resende[2], Manoele Regos Rangel[2], Juliana de Oliveira Zóffoli[1], Sabrina de Castro Brasil[3]

[1] Doutorandas do Programa de Pós-Graduação em Odontologia da Unigranrio/Afya, RJ, Brasil.
[2] Universidade Salgado de Oliveira (Universo-SG), RJ, Brasil.
[3] Docente do Programa de Pós-Graduação em Odontologia da Unigranrio/Afya, RJ, Brasil.

E-mail: drathaismartins@gmail.com

Eixo Temático: Saúde

Resumo

O hidróxido de cálcio permanece amplamente empregado como medicação intracanal, embora sua atividade possa ser limitada por características do biofilme, efeito tampão da dentina e persistência de microrganismos como *Enterococcus faecalis*. O objetivo deste estudo foi analisar sua eficácia antimicrobiana, suas limitações e as estratégias contemporâneas propostas para potencializar seu desempenho. Foi realizada uma revisão narrativa, fundamentada em publicações entre 2019 e 2026, identificadas por meio de buscas nas bases de dados PubMed/MEDLINE, LILACS, BBO e SciELO. Os achados foram organizados nos seguintes eixos: eficácia antimicrobiana, associações e veículos, nanotecnologia e implicações clínicas. Estudos recentes demonstraram maior ação antibiofilme do hidróxido de cálcio quando associado a nanopartículas de prata ou cobre, além da viabilidade do emprego de nanopartículas biodegradáveis de poli(ácido lático-co-glicólico) - PLGA - incorporadas a um gel termossensível. Um ensaio clínico também demonstrou melhor controle da dor pós-operatória com uma formulação nanorreforçada. No entanto, os resultados variaram conforme a formulação e o modelo avaliado, e outro ensaio clínico verificou desempenho superior do hidróxido de cálcio convencional em relação a um gel fitoterápico. Conclui-se que o hidróxido de cálcio mantém sua relevância clínica, enquanto suas associações e formulações nanotecnológicas representam alternativas promissoras, cuja incorporação à prática deve considerar a segurança, a qualidade e o tipo de evidência disponível, bem como sua aplicabilidade clínica.

Palavras-chave: Endodontia. *Enterococcus faecalis.* Hidróxido de Cálcio. Medicação Intracanal. Nanopartículas.

Abstract

Calcium hydroxide remains widely used as an intracanal medicament, although its activity may be limited by biofilm characteristics, the buffering effect of dentin, and the persistence of microorganisms such as *Enterococcus faecalis*. This study aimed to analyze its antimicrobial efficacy, limitations, and contemporary strategies proposed to enhance its performance. A narrative review was conducted based on publications from 2019 to 2026 identified through searches of the PubMed/MEDLINE, LILACS, BBO, and SciELO databases. The findings were organized into the following areas: antimicrobial efficacy, combinations and vehicles, nanotechnology, and clinical implications. Recent studies have demonstrated greater antibiofilm activity of calcium hydroxide when combined with silver or copper nanoparticles, as well as the feasibility of using biodegradable PLGA nanoparticles

incorporated into a thermosensitive gel. A clinical trial also demonstrated improved postoperative pain control with a nano-reinforced formulation. However, results varied according to the formulation and experimental model, and another clinical trial found that conventional calcium hydroxide outperformed a herbal gel. In conclusion, calcium hydroxide remains clinically relevant, while its combinations and nanotechnological formulations represent promising alternatives whose incorporation into clinical practice should consider safety, the quality and type of available evidence, and clinical applicability.
Keywords: Endodontics. *Enterococcus faecalis*. Calcium Hydroxide. Intracanal Medication. Nanoparticles.

Introdução

A persistência de microrganismos em áreas anatômicas inacessíveis à instrumentação pode comprometer a desinfecção do sistema de canais radiculares. Nesse contexto, o hidróxido de cálcio ($Ca(OH)_2$) é utilizado entre sessões por apresentar elevada alcalinidade, ação antimicrobiana e potencial de neutralização de componentes bacterianos.[1,2]

Entretanto, sua efetividade não é uniforme. A capacidade tampão da dentina, a organização microbiana em biofilme e a penetração limitada da medicação em túbulos dentinários podem reduzir a disponibilidade de íons hidroxila nas regiões mais profundas.[3,4] Entre os microrganismos associados a infecções persistentes, *Enterococcus faecalis* destaca-se pela tolerância a condições adversas; no entanto, sua presença e relevância devem ser interpretadas no contexto da natureza polimicrobiana das infecções endodônticas.[5,6]

O desenvolvimento de veículos bioativos, associações medicamentosas e sistemas nanoestruturados ampliou as possibilidades de modificar o desempenho do $Ca(OH)_2$. Assim, o objetivo deste estudo foi analisar as evidências disponíveis sobre a eficácia antimicrobiana do hidróxido de cálcio como medicação intracanal, suas limitações frente a microrganismos persistentes e as estratégias de associação, veiculação e nanotecnologia propostas para potencializar seu desempenho.

Método

Trata-se de revisão narrativa da literatura sobre o emprego do hidróxido de cálcio como medicação intracanal. O levantamento contemplou publicações de 2019 a 2026 identificadas nas bases PubMed/MEDLINE, LILACS, BBO e SciELO. Referências anteriores a 2019 foram utilizadas apenas para fundamentação conceitual.

Foram combinados, conforme pertinência temática, os termos "*calcium hydroxide", "intracanal medicament", "intracanal medication", "Enterococcus faecalis", "biofilm", "nanoparticles", "chlorhexidine"* e *"endodontics*", com operadores booleanos AND e OR. Estudos experimentais, investigações *ex vivo* e ensaios clínicos em português, inglês ou

espanhol relacionados à ação antimicrobiana, formulações, veículos e desfechos clínicos foram avaliados. Revisões e consensos foram empregados para contextualização crítica. A seleção e a interpretação foram narrativas, sem pretensão de exaustividade sistemática, metanálise ou cálculo de um novo total global de estudos.

Os achados foram organizados em quatro eixos: eficácia antimicrobiana e limitações; associações com substâncias e veículos; formulações nanoestruturadas; e aplicabilidade clínica. Por utilizar exclusivamente literatura publicada, o estudo não envolveu coleta direta de dados de seres humanos ou animais.

Resultados

A literatura analisada indicou que a ação do $Ca(OH)_2$ resulta principalmente da dissociação em íons cálcio e hidroxila, com elevação do pH e interferência em estruturas e funções microbianas.[1,2] Contudo, dentina, componentes orgânicos e biofilmes maduros podem atenuar essa atividade, especialmente contra *E. faecalis*.[3,5,6]

As propriedades do veículo e a associação com outras substâncias também influenciam o desempenho da medicação. Formulações com propilenoglicol, polímeros e quitosana modificam características físico-químicas e atividade antimicrobiana, enquanto a associação com clorexidina apresenta resultados dependentes da composição e do modelo experimental.[7-9] A N-acetilcisteína também tem sido investigada por sua ação antimicrobiana e antiendotoxina, inclusive em associação ao $Ca(OH)_2$.[10]

Os estudos comparativos e as formulações contemporâneas selecionados estão sintetizados no Quadro 1.

Quadro 1 – Síntese dos principais estudos comparativos e das formulações contemporâneas.

Estudo	Delineamento/ amostra	Estratégia avaliada	Principal achado
Hasan et al.[11]	Laboratorial; 60 dentes humanos	$Ca(OH)_2$ × clorexidina a 2%	A clorexidina produziu maior redução bacteriana no modelo avaliado.
Ankola et al.[12]	Ensaio clínico randomizado; 45 dentes	$Ca(OH)_2$ × clorexidina × gel polifitoterápico	$Ca(OH)_2$ e clorexidina foram superiores ao gel polifitoterápico.
Rao et al.[13]	Laboratorial; biofilme de *E. faecalis*	$Ca(OH)_2$ com nanopartículas de prata ou cobre	As associações reduziram a espessura do biofilme e a contagem de UFCs.
Fakeeha et al.[14]	*Ex vivo*; 168 segmentos dentinários	$Ca(OH)_2$ com nanopartículas de prata de 10 nm	A associação atingiu 99,5% de ação antibiofilme após duas semanas.

Roig-Soriano et al.[15]	Laboratorial/ *ex vivo*	Nanopartículas de PLGA em gel termossensível	A formulação apresentou estabilidade, adesividade e atividade antibacteriana.
Amir et al.[16]	Ensaio clínico triplo-cego; 60 pacientes	$Ca(OH)_2$ nanorreforçado × convencional	A formulação nanorreforçada reduziu mais a dor pós-operatória.

Fonte: elaborado pelas autoras a partir dos estudos incluídos.

Em conjunto, os resultados indicam que o $Ca(OH)_2$ não deve ser interpretado universalmente como ineficaz nem como solução suficiente para todas as infecções. Sua atividade depende da composição do biofilme, do tempo de contato, das condições do substrato dentinário, do veículo e da distribuição da medicação no canal.[2-4] A divergência entre estudos laboratoriais e clínicos reforça que comparações dependem do desfecho investigado, da formulação e das condições experimentais.[11,12]

A associação com clorexidina, agentes antioxidantes e carreadores bioativos pode modificar a ação antimicrobiana, porém não autoriza recomendação indiscriminada. Devem ser considerados compatibilidade química, estabilidade, concentração, citotoxicidade e pertinência clínica.[8-10] De modo semelhante, associações com antibióticos demandam avaliação criteriosa, uma vez que a aparente superioridade experimental não elimina preocupações relacionadas à seleção de resistência bacteriana.

Formulações contendo nanopartículas de prata, cobre ou PLGA apresentam resultados promissores quanto à redução de biofilmes e à veiculação do medicamento.[13-15,17] Entretanto, predominam investigações laboratoriais, frequentemente com modelos simplificados, diferentes concentrações e tempos prolongados de aplicação. O resultado clínico observado com nanopartículas de dióxido de titânio representa avanço relevante, mas seu desfecho foi dor pós-operatória, não a comprovação direta de maior cicatrização periapical.[16]

Por se tratar de uma revisão narrativa, os achados não permitem estimativas combinadas de efeito nem afirmações universais de superioridade. A heterogeneidade das formulações e a escassez relativa de ensaios clínicos comparáveis exigem interpretação cautelosa. No entanto, os estudos mais recentes mantêm a discussão sobre a permanência do $Ca(OH)_2$ na prática endodôntica e as possibilidades reais de aprimoramento.

Conclusão

O hidróxido de cálcio permanece relevante como medicação intracanal, mas sua eficácia antimicrobiana é condicionada pela organização do biofilme, pelas características da dentina, pela formulação e pelo microrganismo investigado. Associações com agentes antimicrobianos

e sistemas nanoestruturados, particularmente nanopartículas metálicas, carreadores de PLGA e formulações nanorreforçadas, demonstram potencial para ampliar sua ação ou melhorar desfechos clínicos específicos. Entretanto, a predominância de evidências experimentais impede generalizações. Sua aplicação deve ser individualizada e fundamentada em efetividade, segurança, viabilidade clínica e qualidade da evidência disponível.

Referências

1. Siqueira JF Jr, Lopes HP. Mechanisms of antimicrobial activity of calcium hydroxide: a critical review. Int Endod J. 1999;32(5):361-9. doi:10.1046/j.1365-2591.1999.00275.x.
2. Ordinola-Zapata R, Noblett WC, Perez-Ron A, Ye Z, Vera J. Present status and future directions of intracanal medicaments. Int Endod J. 2022;55 Suppl 3:613-36. doi:10.1111/iej.13731.
3. Haapasalo M, Qian W, Portenier I, Waltimo T. Effects of dentin on the antimicrobial properties of endodontic medicaments. J Endod. 2007;33(8):917-25. doi:10.1016/j.joen.2007.04.008.
4. Zou X, Zheng X, Liang Y, Zhang C, Fan B, Liang J, et al. Expert consensus on irrigation and intracanal medication in root canal therapy. Int J Oral Sci. 2024;16(1):23. doi:10.1038/s41368-024-00280-5.
5. Momenijavid M, Salimizand H, Korani A, Dianat O, Nouri B, Ramazanzadeh R, et al. Effect of calcium hydroxide on morphology and physicochemical properties of *Enterococcus faecalis* biofilm. Sci Rep. 2022;12(1):7595. doi:10.1038/s41598-022-11780-x.
6. Ardila CM, Pineda-Vélez E, Vivares-Builes AM. Antimicrobial effectiveness of intracanal medicaments against *Enterococcus faecalis* in endodontics: a systematic review with structured domain-based interpretative synthesis and exploratory meta-analysis. Front Oral Health. 2026;7:1854046. doi:10.3389/froh.2026.1854046.
7. Pedrinha VF, Cuellar MRC, Barros MC, Titato PCG, Shahbazi MA, Sharma PK, et al. The vehicles of calcium hydroxide pastes interfere with antimicrobial effect, biofilm polysaccharidic matrix, and pastes' physicochemical properties. Biomedicines. 2022;10(12):3123. doi:10.3390/biomedicines10123123.
8. Nunes BS, Rosendo RA, Filho AAO, Fook MVL, Sousa WJB, Barbosa RC, et al. Chitosan-based biomaterial, calcium hydroxide and chlorhexidine for potential use as intracanal medication. Materials (Basel). 2021;14(3):488. doi:10.3390/ma14030488.
9. Sy K, Agossa K, Maton M, Chijcheapaza-Flores H, Martel B, Siepmann F, et al. How adding chlorhexidine or metallic nanoparticles affects the antimicrobial performance of calcium

hydroxide paste as an intracanal medication: an in vitro study. Antibiotics (Basel). 2021;10(11):1352. doi:10.3390/antibiotics10111352.

10. Khoury RD, Abu Hasna A, Gagliardi CF, Marinho RMM, Carvalho CAT, Bresciani E, et al. Antimicrobial and anti-endotoxin activity of N-acetylcysteine, calcium hydroxide and their combination against *Enterococcus faecalis*, *Escherichia coli* and lipopolysaccharides. PeerJ. 2024;12:e18331. doi:10.7717/peerj.18331.
11. Hasan A, Mohammad H, Darwish M, Khaddam M, Zainab A. Comparative antimicrobial efficacy of three intracanal medicaments in an in vitro *Enterococcus faecalis* root canal infection model. BMC Oral Health. 2026;26(1):830. doi:10.1186/s12903-026-08268-9.
12. Ankola AV, Hampiholi V, Kumar RS, Kugaji MS, Sankeshwari RM, Santhosh VN, et al. Antibacterial effectiveness of novel polyherbal gel, chlorhexidine gluconate, and calcium hydroxide as intracanal medicaments in infected root canals using real-time PCR: a randomized controlled trial. Front Dent Med. 2026;7:1820395. doi:10.3389/fdmed.2026.1820395.
13. Rao MH, Rajkumar K, Pavithra G, Ramadoss R, Shankar S, Janani K, et al. Antibiofilm efficiency of silver and copper nanoparticle incorporated calcium hydroxide as an intracanal medicament: an in vitro study. J Oral Biol Craniofac Res. 2025;15(2):319-24. doi:10.1016/j.jobcr.2025.01.020.
14. Fakeeha G, AlHarbi S, Auda S, Balto H. The impact of silver nanoparticles' size on biofilm eradication. Int Dent J. 2025;75(2):1213-22. doi:10.1016/j.identj.2024.08.007.
15. Roig-Soriano X, Delgado LM, Elmsmari F, Duran-Sindreu F, Teulé M, Espina M, et al. A thermosensitive gel containing biodegradable nanoparticles carrying calcium hydroxide as antibacterial intracanal therapy. Int Endod J. 2026;59(1):163-76. doi:10.1111/iej.70032.
16. Amir N, Mansoor E, Eeman N, Ahmed MN, Mansoor E, Mansoor E, et al. Jasminum-based nano-reinforced calcium hydroxide reduces postoperative pain in symptomatic apical periodontitis: a randomized controlled trial. J Endod. 2025;51(8):996-1005. doi:10.1016/j.joen.2025.05.016.
17. Elmsmari F, González Sánchez JA, Duran-Sindreu F, Belkadi R, Espina M, García ML, et al. Calcium hydroxide-loaded PLGA biodegradable nanoparticles as an intracanal medicament. Int Endod J. 2021;54(11):2086-98. doi:10.1111/iej.13603.