



REVISÃO

Propriedades antimicrobianas de irrigadores nanoestruturados para desinfecção de canais radiculares: Revisão integrativa

Antimicrobial properties of nanostructured irrigation drills for root canal antimicrobial properties of irrigators nanostructured for disinfection of root canals: integrative review

Propiedades antimicrobianas de las trozas de irrigación nanoestructuradas para la desinfección de conductos radiculares: revisión integrativa

Kamilla Giovana Aguiar Lima¹, Irisvaldo Lima Guedes², Nádia Maria Pires Silva³, Gabriel Felipe Alcobaça Silva⁴, Ana Cristina Vasconcelos Fialho⁵, André Luis Menezes Carvalho⁶

RESUMO

Introdução: As soluções irrigadoras convencionais utilizadas na endodontia, como o hipoclorito de sódio e a clorexidina, apresentam limitações como toxicidade tecidual e eficácia limitada na eliminação de biofilmes bacterianos. Frente a esse desafio, a nanotecnologia surge como estratégia promissora para potencializar a desinfecção dos canais radiculares. **Objetivo:** Apresentar evidências sobre o uso de nanopartículas em sistemas nanoestruturados com propriedades antimicrobianas na irrigação endodôntica. **Metodologia:** Trata-se de uma revisão integrativa. Foi utilizada as bases Medline, LILACS, SciELO e PubMed. Foram incluídos artigos originais (2018-2025), em português e inglês, disponíveis na íntegra. Excluíram-se revisões, duplicatas e estudos fora do escopo. **Resultados:** Dos 316 estudos identificados, 12 atenderam aos critérios. A maioria relatou ação antimicrobiana significativa, sobretudo contra *Enterococcus faecalis*, com destaque para nanopartículas de prata, óxido de ferro e própolis. **Conclusão:** As nanopartículas demonstraram eficácia na desinfecção intracanal, com menor toxicidade e potencial para aplicação clínica, embora mais estudos sejam necessários.

Palavras-chave: nanopartículas; canal radicular; nanotecnologia endodontia.

ABSTRACT

Introduction: Conventional irrigating solutions used in endodontics, such as sodium hypochlorite and chlorhexidine, have limitations such as tissue toxicity and limited efficacy in eliminating bacterial biofilms. Faced with this challenge, nanotechnology emerges as a promising strategy to enhance root canal disinfection. **Objective:** To present evidence on the use of nanoparticles in nanostructured systems with antimicrobial properties in endodontic irrigation. **Methodology:** This is an integrative review. The Medline, LILACS, SciELO, and PubMed databases were used. Original articles (2018-2025), in Portuguese and English, available in full, were included. Reviews, duplicates, and out-of-scope studies were excluded. **Results:** Of the 316 studies

¹Graduada em Farmácia pela Universidade Federal do Piauí (UFPI). Teresina, Piauí, Brasil. Universidade Federal do Piauí, Campus Ministro Petrônio Portella - E-mail: kamillaaguiar1997@gmail.com

²Mestre e doutorando pelo Programa de Pós-Graduação em Odontologia da Universidade Federal do Piauí (UFPI). Teresina, Campus Ministro Petrônio Portella - E-mail: guedes.ufpi@hotmail.com

³Mestranda pelo Programa de Pós-Graduação em Odontologia da Universidade Federal do Piauí (UFPI). Teresina, Campus Ministro Petrônio Portella - E-mail: nadiamaria79@hotmail.com

⁴Mestrando pelo Programa de Pós-Graduação em Ciências farmacêuticas da Universidade Federal do Piauí (UFPI). Teresina, Campus Ministro Petrônio Portella - E-mail: gabrielf0350@gmail.com

⁵Professora Doutora da Universidade Federal do Piauí (UFPI) e docente permanente do Programa de Pós-Graduação em Odontologia da UFPI. Teresina, Campus Ministro Petrônio Portella - E-mail: anacrisvf@gmail.com

⁶Professor Doutor do Curso de Farmácia da Universidade Federal do Piauí (UFPI) e coordenador do Programa de Pós-Graduação em Ciências Farmacêuticas da UFPI. Teresina, Campus Ministro Petrônio Portella - E-mail: aluismenezes@yahoo.com.br

identified, 12 met the criteria. Most reported significant antimicrobial action, especially against *Enterococcus faecalis*, with emphasis on silver nanoparticles, iron oxide, and propolis. **Conclusion:** Nanoparticles demonstrated efficacy in intracanal disinfection, with lower toxicity and potential for clinical application, although further studies are needed.

Keywords: nanoparticles; root canal; nanotechnology; endodontics.

RESUMEN

Introducción: Las soluciones de irrigación convencionales utilizadas en endodoncia, como el hipoclorito de sodio y la clorhexidina, presentan limitaciones como la toxicidad tisular y una eficacia limitada en la eliminación de biopelículas bacterianas. Ante este desafío, la nanotecnología emerge como una estrategia prometedora para mejorar la desinfección del conducto radicular. **Objetivo:** Presentar evidencia sobre el uso de nanopartículas en sistemas nanoestructurados con propiedades antimicrobianas en la irrigación endodóncica. **Metodología:** Esta es una revisión integrativa. Se utilizaron las bases de datos Medline, LILACS, SciELO y PubMed. Se incluyeron artículos originales (2018-2025), en portugués e inglés, disponibles en su totalidad. Se excluyeron revisiones, duplicados y estudios fuera del alcance. **Resultados:** De los 316 estudios identificados, 12 cumplieron los criterios. La mayoría reportó una acción antimicrobiana significativa, especialmente contra *Enterococcus faecalis*, con énfasis en nanopartículas de plata, óxido de hierro y propóleo. **Conclusión:** Las nanopartículas demostraron eficacia en la desinfección intraconducto, con menor toxicidad y potencial para aplicación clínica, aunque se necesitan más estudios.

Palabras clave: nanopartículas; conductos radiculares; nanotecnología; endodoncia.

INTRODUÇÃO

O tratamento endodôntico tem a finalidade de prevenir ou tratar problemas relacionados à polpa e/ou ao tecido periapical (Tibúrcio-machado, 2021). O objetivo é remover o tecido infectado ou inflamado, limpar e desinfetar o canal radicular e, em seguida, preenchê-lo com um material obturador adequado para evitar a recontaminação e a perda do dente (Carvalho, Monteiro, Santo & Porto, 2020). Embora a desinfecção completa seja algo desafiador para os cirurgiões-dentistas, devido à complexidade dos canais radiculares, é crucial sanar a infecção e reinfecção para atingir uma condição clínica em que o dente permaneça funcional e livre de dor (Gonçalves, 2016).

Dessa forma, uma vez que os microrganismos podem permanecer em ramificações e irregularidades do sistema de canais radiculares, é fundamental uma desinfecção efetiva (Al-ghamdi, 2020). Essa limpeza não depende somente da ação mecânica das limas, mas também do uso adequado de soluções irrigadoras. Essas soluções limpam e desinfetam o sistema de canais radiculares, mesmo que nenhuma solução irrigante seja considerada ideal para a desinfecção total do canal radicular (Correia, 2019).

Os irrigantes mais comumente utilizados são o hipoclorito de sódio (NaClO) e a clorexidina (CHX). No entanto, embora o NaClO seja um agente

antimicrobiano eficaz e um excelente solvente orgânico, em altas concentrações apresenta algumas desvantagens que desvalorizam o seu uso, como ser tóxico e poder causar ulcerações nos tecidos orais (Batista, 2022). Já a clorexidina (CHX) possui propriedades antibacterianas e excelente biocompatibilidade (Bonan, 2011; Marion *et al.*, 2013). Em contrapartida, seu extravasamento para além do forame apical pode desencadear uma resposta inflamatória. Além disso, a clorexidina não possui a capacidade de dissolver tecidos pulparem nem de remover completamente a “smear layer, que são fragmentos deixados sobre a dentina durante o preparo cavitário na instrumentação (Bonan, 2011; Batista, 2022).

O uso da nanotecnologia parece ser uma alternativa viável para a melhoria das propriedades de soluções irrigadoras utilizadas na endodontia (Raura *et al.*, 2020), considerando que o sistema nanoestructurado, apresenta propriedades físico-químicas aprimoradas e únicas, como tamanhos ultrapequenos, grande relação superfície-área-massa e aumento da reatividade química. Com isso, sistemas nanoestructurados estão sendo estudados para avaliar a melhoria das propriedades antibacterianas e fungicidas presentes nas soluções irrigadoras, em busca de nova estratégia para o tratamento e prevenção de infecções endodônticas (Song, 2019).

Conhecer essas soluções nanoparticuladas e os seus possíveis efeitos nas propriedades microbiológicas se faz necessário para o avanço da ciência nesse campo. Com isso, o objetivo do presente trabalho é realizar uma revisão integrativa sobre as nanopartículas e suas propriedades antimicrobianas nas soluções irrigadoras para tratamento endodôntico.

MÉTODO

O presente estudo trata-se de uma revisão integrativa da literatura que se concentra na seguinte pergunta PICO de pesquisa: Quais são as contribuições das nanopartículas utilizadas como irrigadores endodônticos para a desinfecção de canais radiculares? Sendo P de população = irrigadores endodônticos, I de intervenção = nanoparticulados, C de controle = para desinfecção de canais radiculares e o de desfecho = são eficazes? Onde Co se refere ao contexto da pergunta norteadora.

Com base nessa pergunta de pesquisa, foi adotado um fluxograma com quatro fases distintas: (1) estratégias para busca de dados, (2) estabelecimento de critérios de inclusão e exclusão, (3) processo de extração dos dados obtidos e (4) seleção dos dados a serem incluídos na revisão.

Estratégias para busca de dados

Foi conduzida uma pesquisa de busca para identificar as evidências disponíveis sobre os benefícios dos sistemas nanoestruturados em soluções irrigadoras na endodontia. As bases de dados utilizadas para esta revisão foram: Medline, LILACS, SciELO e PubMed.

Para definir as palavras-chaves e descritores utilizados nesta revisão, a estratégia adotada incluiu:

1. Identificação de descritores relevantes para a questão de pesquisa;
2. Uso de sinônimos com base em estudos

Tendências globais de pesquisa sobre hipomineralização...

importantes sobre o tema;

3. Utilização dos operadores booleanos “AND” e “OR”;
4. Utilização dos Descritores em Ciências da Saúde (DeCS);
5. Medical Subjects Headings (MeSH).

A pesquisa foi realizada por meio da utilização de palavras-chaves e descritores pré-determinados, bem como suas combinações:

- (Nanoparticles AND "Root canal");
- (Nanoparticles OR Nanotechnology AND "Root canal");
- (Endodontics OR "Root canal" OR Nanoparticle);

Critérios de inclusão e exclusão

Nesta revisão, foram incluídos artigos de pesquisa original dos últimos 6 anos (2018 a 2025) em idiomas inglês e português que estivessem disponíveis na íntegra. Foram excluídos artigos que não condiziam com o escopo da pesquisa, revisões de literatura, teses e dissertações, capítulos de livro e estudos duplicados entre as bases de dados.

Processo de extração dos dados obtidos

O processo de extração dos resultados da pesquisa da literatura foi realizado em maio de 2025 com o auxílio da ferramenta Rayyan®. Esse programa possibilitou a exclusão automática das duplicatas nos quatro bancos de dados eletrônicos pesquisados.

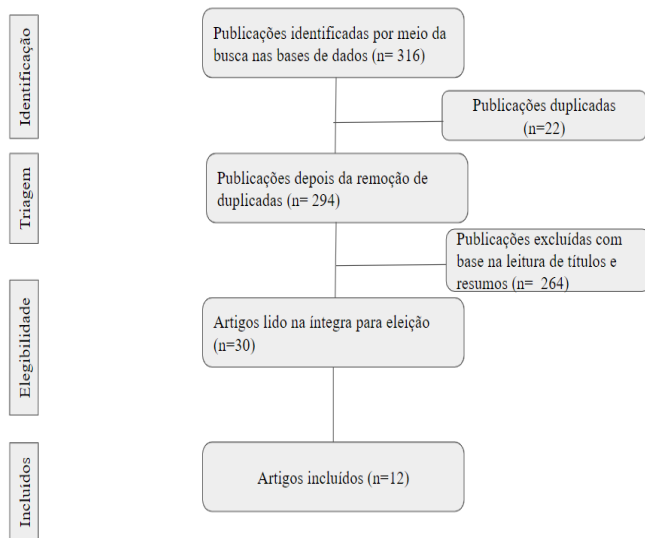
Seleção dos artigos incluídos

No processo de revisão, foi realizada uma seleção preliminar de artigos por meio da leitura de títulos e resumos, com o objetivo de excluir aqueles que não atendiam aos critérios de inclusão estabelecidos. Em seguida, os artigos pré-selecionados foram lidos e analisados na íntegra para garantir que apenas aqueles que atendiam aos requisitos estabelecidos fossem incluídos nesta revisão.

RESULTADOS e DISCUSSÃO

Após a busca realizada nos bancos de dados eletrônicos, foram identificados um total de 316 artigos: 58 no Medline, 06 na LILACS, 229 na SciELO e 23 no PubMed. Destes, 22 eram duplicados e foram excluídos, resultando em um total de 294 artigos. Após a seleção preliminar por meio da leitura de títulos e resumos, 30 artigos foram selecionados para a avaliação do texto completo. Após a leitura completa, 12 artigos foram incluídos nesta revisão, como apresentado na figura.

Figura - Fluxograma de quatro fases com os resultados numéricos de cada etapa.



Fonte: Autoria própria (2025).

Quadro - Informações dos artigos incluídos na revisão: os autores, o tipo de nanopartícula, o objetivo do estudo, a revista na qual o estudo foi inserido e fator de impacto.

Autor	Tipo de Nanopartícula	Objetivo	Revista	Fator de impacto
Almeida <i>et al.</i> , 2018	AgP e ZnO Np (nanopartículas de prata e óxido de zinco)	Avaliar a eficácia de soluções experimentais contendo nanopartículas de prata e óxido de zinco (AgNp e ZnO Np)	Indian journal of dental research	2.9
Bukhari <i>et al.</i> , 2018.	IO-NPs (nanopartículas de óxido de ferro)	Testar uma nova tecnologia de desinfecção usando nanopartículas biomiméticas de óxido de ferro (IO-NPs) associadas a Peróxido de Hidrogênio	Journal of Endodontics	4.2

Quiram <i>et al.</i> , 2018.	NPTs (nanopartículas tricamadas)	Explorar o uso de um novo sistema de administração de fármacos com nanopartículas tricamadas (TNP) que encapsula o digluconato de clorexidina a fim melhorar a desinfecção do sistema de canais radiculares	Journal of functional biomaterials	5.0
Martinez Andrade <i>et al.</i> , 2018.	EDTA-AgNPs (EDTA com nanopartícula de prata)	Associar EDTA com nanopartícula de prata (AgNPs)	PLoS One	3.7
Gm Chávez-Andrade <i>et al.</i> , 2019	AgNPs-PVA (prata revestidas com poli(álcool vinílico) e Farnesol)	Avaliar as atividades antimicrobiana e antiadesão de biofilme de nanopartículas de prata revestidas com poli(álcool vinílico) (AgNPs-PVA) e arnesou contra <i>Enterococcus faecalis</i>	Archives of Biology	3.0
Parvekar <i>et al.</i> , 2020.	AgNPs (nanopartículas de prata)	As nanopartículas de prata podem ser incorporadas em medicamentos para canais radiculares, selantes e irrigantes	Investigações de biomateriais em odontologia	2.8
Keskin <i>et al.</i> , 2021	CU-CNPs (nanopartículas de quitosana adicionadas de cobre)	Avaliar a eficácia antibacteriana de nanopartículas de quitosana adicionadas de cobre (CU-CNPs) como uma solução de irrigação	Odontology	2.5
Bhandi <i>et al.</i> , 2021	nanopartículas de prata (AgNPs)	identificar estudos que usavam nanopartículas de prata como irrigantes em canais radiculares preparados e avaliar se esses irrigantes tinham um efeito antimicrobiano quando usados.	Jornal de Medicina Clínica	3.0

Parólia <i>et al.</i> , 2021.	NPs (nanopartículas de própolis)	Determinar o efeito antibacteriano das nanopartículas de própolis (NPs) como um irrigante endodôntico	Molecules (Basel)	4.6
Bukhari; Abraham; Aahesh, 2024	Nanopartículas e Hidróxido de Cálcio-Ca(OH) ₂ aprimorado por NP	Esta revisão sistemática visa avaliar a eficácia das formulações de Ca(OH) ₂ baseada em NP para a erradicação de <i>E. faecalis</i> em canais radiculares.	Cureus Journal of Medical Science	0.29
Eduarda <i>et al.</i> , 2025	nanopartículas de prata (AgNPs)	objetiva avaliar a eficácia das nanopartículas na descontaminação e na manutenção das propriedades mecânicas do remanescente dentário.	Brazilian Journal of Implantology and Health Sciences	0.0

Fonte: Autoria própria (2025)

A partir da análise global dos artigos listados na Tabela 1, pode-se observar que, dos 12 artigos abordados nesta revisão, 6 deles relataram o desenvolvimento de sistemas nanoestruturados que envolvem nanopartículas de prata (AgNPs), enquanto os demais artigos mencionam o uso de diferentes tipos de nanopartículas como irrigantes, como por exemplo, partículas de bismuto (BiNPs) ou partículas de cobre (CuNPs).

Além disso, todos os artigos selecionados para esta revisão foram estudos laboratoriais *in vitro* inseridos em revistas com bons índices de avaliação e confiabilidade através do valor numérico do fator de impacto demonstrando que as revistas selecionadas foram bastante qualificadas.

No que se refere aos tipos de nanopartículas investigadas em cada estudo, foram selecionados os sistemas nanoestruturados que foram direcionados para serem utilizados como irrigantes na desinfecção de canais radiculares em dentes permanentes, destacando suas propriedades antimicrobianas (conforme tabela 1). Uma característica importante a ser

destacada é a capacidade das nanopartículas de manterem sua atividade antimicrobiana mesmo após um período prolongado de exposição ou ação (Barros *et al.*, 2014).

Nanopartículas de Óxido de Ferro (IO- NPs)

No campo da endodontia, as nanopartículas de óxido de ferro têm sido exploradas em várias aplicações, devido às suas propriedades magnéticas únicas e sua capacidade de desempenhar funções específicas (Mahmoudi *et al.*, 2011).

De acordo com Bukhari *et al.* (2018), foi realizado um estudo no qual se utilizaram nanopartículas de (IO-NPs) em combinação com peróxido de hidrogênio. Verificou-se que as IO-NPs possuem atividade semelhante à das peroxidases naturais, que catalisam a quebra do peróxido de hidrogênio (H₂O₂) para gerar radicais livres. O peróxido de hidrogênio é um desinfetante que exibe atividade antibacteriana por meio da geração de radicais livres, mas sua ação isolada costuma ser lenta e tem efeitos limitados sobre os biofilmes.

Nos estudos conduzidos por Bukhari *et al.* (2018), a dentina foi dividida em três zonas distintas para análise da eficácia do novo irrigante, utilizando microscopia. A utilização de nanopartículas de óxido de ferro em conjunto com peróxido de hidrogênio demonstrou ser mais eficaz na eliminação de *E. faecalis*, em comparação com outros irrigantes convencionais. A ativação do peróxido de hidrogênio pela IO-NP, por meio de sua atividade peroxidase intrínseca, permitiu alcançar uma notável capacidade de desinfecção. Esse processo catalisa a geração de radicais livres no local, os quais têm ação rápida na eliminação das bactérias. A combinação de IO-NPs (nanopartículas de óxido de ferro) com HO₂₂ (peróxido de hidrogênio) foi aproximadamente nove vezes mais eficaz contra o *E. faecalis* do que o uso isolado das nanopartículas ou do peróxido.

Nanopartículas de Prata

No estudo de Franci *et al.* (2015), foi analisada a eficácia da junção da nanopartícula de

prata envolvida com polivinil álcool (AgNPs-PVA) e farnesol, que é um álcool sesquiterpênico obtido naturalmente da própolis, contra *Enterococcus faecalis*, *Candida albicans* e *Pseudomonas aeruginosa*. No referido estudo, foram avaliadas a eficácia das soluções de NPs-Ag-PVA e farnesol em células planctônicas e biofilmes formados por microrganismos patogênicos endodônticos.

De acordo com Eduarda *et al.* (2025), as nanopartículas de prata são eficazes contra diversos microrganismos devido sua ação bactericida, que afeta vários canais celulares, resultando na interrupção do transporte de nutrientes e na inibição da replicação do DNA. Seguindo com o estudo, o gel de nanopartículas de prata (Ag-NP) apresentado pelo autor, mostrou atividade antimicrobiana contra *E. faecalis*. Sobretudo, em um modelo *in vitro*, o gel de Ag-NP, nas concentrações de 300 µg/mL e 500 µg/mL, teve efeito antimicrobiano semelhante ao do hidróxido de cálcio (Ca(OH)₂) dentro desse mesmo viés.

Os dados obtidos indicaram que *E. faecalis* apresentou uma menor suscetibilidade às AgNPs-PVA em comparação com as outras cepas, o que pode ser explicado pelas diferentes estruturas celulares das espécies avaliadas. As AgNPs inibiram o crescimento de *P. aeruginosa* tanto em células planctônicas quanto em biofilmes formados após 24 horas. Todas as substâncias testadas afetaram a viabilidade bacteriana nos biofilmes, sendo que o farnesol mostrou eficácia quando utilizado em conjunto com as nanopartículas (Franci *et al.*, 2015).

A busca por um desinfetante ideal para obter canais radiculares livres de micróbios é um esforço contínuo. Estudos sobre o tratamento fracassado do canal radicular mostraram que a periodontite apical em dentes tratados por endodontia geralmente consiste em infecções polimicrobianas. *Enterococcus faecalis* (*E. faecalis*) foram isolados em muitas amostras. O mecanismo de ação das nanopartículas de prata não é conhecido com precisão (Bhandi *et al.*, 2021).

Alguns autores propuseram mecanismos específicos de ação contra essas espécies bacterianas, incluindo *E. faecalis*. Nesses estudos,

as nanopartículas de prata (AgNPs) foram relatadas como causadoras de alterações na parede celular e no citoplasma bacteriano (Franci *et al.*, 2015; Wu, Fan, Kishen, Gutmann & Fan, 2014). Esses efeitos podem contribuir para a ação antimicrobiana das AgNPs contra *E. faecalis*, ajudando a combater a infecção de forma eficaz.

Os estudos realizados por Almeida *et al.* (2018) demonstraram resultados positivos em relação à atividade antimicrobiana e à inibição de biofilmes ao adicionar nanopartículas de prata (Ag Np) e nanopartículas de óxido de zinco (ZnO Np) a diferentes materiais odontológicos. Após análise, constatou-se que as soluções contendo nanopartículas apresentaram atividade antimicrobiana comparável aos irrigantes endodônticos convencionais; no entanto, nenhuma delas foi capaz de reduzir as contagens bacterianas a zero de forma confiável. As nanopartículas de prata Ag e de óxido de zinco ZnO reduziram, respectivamente, em torno de 57,28% e 56,65% a formação de colônias bacterianas (Borzini *et al.*, 2016).

Franci *et al.*, (2015) conduziram estudos utilizando nanopartículas de prata em combinação com óxido de grafeno. As nanopartículas de prata (Ag NPs) demonstraram atividade antibacteriana superior em comparação com materiais à base de prata convencionais. O óxido de grafeno (GO) é obtido através da esfoliação química do grafite oxidado, resultando em monocamadas de nanofolhas de carbono que formam estruturas densas em forma de favo de mel. O GO demonstra atividade antibacteriana contra diversas espécies bacterianas, sendo considerado um material promissor para aplicações biológicas. Estudos recentes revelaram que o uso de GO como matriz pode compensar a falta de estabilidade e agregação de dispersões individuais de nanopartículas de prata (AgNPs), resultando em uma alta capacidade de ligação e uma ação antimicrobiana sinérgica aprimorada (Song *et al.*, 2016).

Além disso, nos estudos de Ioannidis *et al.* (2019), ficou claramente evidenciado que a utilização de Ag-GO resultou em uma redução significativa do biovolume microbiano total, bem

como um índice de mortalidade bacteriana de 57%. O mecanismo de ação antimicrobiana multifacetado do GO tem recebido crescente atenção, principalmente devido ao fato de que as folhas bidimensionais do GO podem atuar como disruptores de membranas celulares. Especificamente, as bordas afiadas do GO são capazes de romper mecanicamente as membranas bacterianas, resultando no vazamento do citoplasma intracelular, aumento na geração de espécies reativas de oxigênio e, conseqüentemente, levando à morte celular (Liu, 2011; Hofmann, 2013).

Nanopartículas de Própolis contra *Enterococcus faecalis*

Segundo Song (2019), todos os agentes irrigantes endodônticos apresentaram uma taxa significativamente maior de eliminação bacteriana em comparação com a solução salina utilizada como controle negativo. O PN300, que foi o irrigante de nanopartícula de própolis utilizado no estudo, demonstrou uma eficácia superior em relação a todos os outros grupos testados, exceto pelo hipoclorito de sódio a 6% (NaOCl) e a clorexidina a 2% (CHX), em todos os intervalos de tempo e em ambas as profundidades avaliadas. Esse resultado pode ser atribuído às nanopartículas presentes na própolis, que possuem tamanhos adequados, uma grande relação entre superfície e massa e uma alta reatividade, o que proporciona uma melhor penetração nos túbulos dentinários em comparação com a aplicação apenas da própolis.

Parolia *et al.* (2020), comparou os seus resultados entre os resultados de Bernardi e Teixeira (2015) e, da mesma forma, a clorexidina a 2% também demonstrou eficácia contra *E. faecalis*. O digluconato de clorexidina é um composto do grupo dos bisfenóis, conhecido por apresentar um grau de toxicidade mais baixo em comparação com o hipoclorito de sódio, além de ter uma ação sustentada (Wong *et al.*, 2014). Embora tenha sido comprovado que a CHX a 2% possui uma maior eficácia antimicrobiana, reduzindo a carga bacteriana em comparação com o NaOCl a 6%, ela não é capaz de interromper os biofilmes. Além

O processo de inovação no setor público...

disso, a CHX é solúvel em água e pode se desprender das interfaces às quais está ligada, resultando na perda de eficácia antimicrobiana com o passar do tempo e até mesmo em atividades inibidoras de proteases. A forma de sal gluconato de CHX, que é um composto biguanida, é uma base forte e pouco solúvel (Song, 2019).

Nanopartícula carregada com clorexidina

Quiram *et al.* (2018), explora o uso de um novo sistema de liberação de fármacos com nanopartículas tricamadas (NPT), que encapsula o digluconato de clorexidina, e que visa melhorar a desinfecção do sistema de canais radiculares.

O gel contendo digluconato de clorexidina tem sido utilizado como um agente terapêutico para o tratamento intracanal. De acordo com o estudo de Gomes *et al.* (2013), é recomendado que o gel permaneça no sistema de canais radiculares por um período mínimo de 3 a 5 dias. Nesse sentido, é essencial garantir uma liberação sustentada do agente bactericida ao longo de um tempo prolongado, para aprimorar a desinfecção do sistema de canais radiculares. Estudos *in vitro* demonstraram que géis contendo CHX a 2% são capazes de inibir o crescimento de *C. albicans* por até 14 dias. Além disso, esses géis têm a capacidade de se difundir através da dentina e alcançar a superfície externa da raiz, mantendo seu efeito antimicrobiano contra *E. faecalis* por até 12 semanas (Quiram *et al.*, 2018).

As nanopartículas tricamadas (NPTs) mostraram-se estáveis na presença de digluconato de clorexidina (CHX) e foram apropriadas para serem aplicadas diretamente na complexa matriz dos túbulos dentinários. Além disso, a eficácia antimicrobiana dos TNPs encapsulados com CHX foi investigada em experimentos realizados em caldo bacteriano, resultando em uma redução significativa na carga bacteriana por até 21 dias. Esses resultados apoiam a hipótese de que o sistema desenvolvido neste estudo permitirá a retenção contínua de bactérias na anatomia do canal radicular (Quiram *et al.*, 2018).

Nanopartículas, incluindo prata, quitosana-

própole, Óxido de Ferro (IO- NPs), óxido de cério e ácido polilático-co-glicólico (PLGA), têm propriedades antimicrobianas e o potencial de melhorar o desempenho de medicamentos endodônticos, essas nanopartículas podem oferecer melhor penetração, maior atividade antimicrobiana e melhor ruptura dos biofilmes, potencialmente superando as deficiências dos tratamentos tradicionais de (Bukhari; Abraham; Aahesh, 2024).

CONCLUSÃO

A presente revisão integrativa evidenciou que as nanopartículas, quando utilizadas como soluções irrigadoras, apresentam propriedades antimicrobianas promissoras, destacando-se como alternativas nanotecnológicas eficazes na endodontia. Além de contribuírem para a desinfecção dos canais radiculares e redução da toxicidade, essas partículas demonstram potencial na prevenção da formação de biofilmes bacterianos. Entre os estudos clínicos avaliados, a maioria apontou resultados positivos frente ao *Enterococcus faecalis*, reforçando o potencial desses sistemas. No entanto, para que essas inovações sejam incorporadas com segurança à prática odontológica, torna-se importante o aprofundamento de pesquisas que garantam sua biocompatibilidade, eficácia sustentada e viabilidade comercial.

REFERÊNCIAS

- ALGHAMDI, F.; SHAKIR, M. The Influence of *Enterococcus faecalis* as a Dental Root Canal Pathogen on Endodontic Treatment: A Systematic Review. *Cureus*, 13 mar. 2020.
- ALMEIDA, J.; CEHELLA, B. C.; BERNARDI, A. V.; PIMENTA, A. de L.; FELIPPE, W. T. Effectiveness of nanoparticles solutions and conventional endodontic irrigants against *Enterococcus faecalis* biofilm. *Indian Journal of Dental Research*, v. 29, n. 3, p. 347, 2018.
- BALTO, H.; BUKHARY, S.; AL-OMRAN, BAHAMMAN, A.; AL-MUTAIRI, B. Combined Effect of a Mixture of Silver Nanoparticles and Calcium Hydroxide against *Enterococcus faecalis* Biofilm. *Journal of*

Endodontics, v. 46, n. 11, p. 1689-1694, nov. 2020.

BARROS, J.; SILVA, M. G.; RODRIGUES, M. A.; ALVES, F. R. F.; LOPES, M. A.; PINA-VAZ, I.; SIQUEIRA JR, J. F. Antibacterial, physicochemical and mechanical properties of endodontic sealers containing quaternary ammonium polyethylenimine nanoparticles. *International Endodontic Journal*, v. 47, n. 8, p. 725-734, 2014.

BATISTA, E. S. **Soluções irrigadoras na Endodontia: hipoclorito de sódio x clorexidina-Revisão de literatura.** Trabalho de Conclusão de Curso - Curso de Odontologia, Centro Universitário do Planalto Central Aparecido dos Santos - UNICEPLAC. Gama, p. 16. 2022.

BHANDI, S. *et al.* Antimicrobial Efficacy of Silver Nanoparticles as Root Canal Irrigant's: A Systematic Review. *Journal of Clinical Medicine*, v. 10, n. 6, p. 1152, 10 mar. 2021.

BONAN, R. F.; BATISTA, A. U. D.; HUSSNE, R. P. Comparação do uso do hipoclorito de sódio e da clorexidina como solução irrigadora no tratamento endodôntico: revisão de literatura. *Revista Brasileira de Ciências da Saúde*, v. 15, n. 2, p. 237-244, 2011.

BORZINI, L. *et al.* Root Canal Irrigation: Chemical Agents and Plant Extracts Against *Enterococcus faecalis*. *The Open Dentistry Journal*, v. 10, n. 1, p. 692-703, 19 dez. 2016.

BUKHARI, Ishfaq Ali *et al.* **Peripheral analgesic and anti-inflammatory activities of the methanolic extracts of *Conyza bonariensis* and its fractions in rodents models.** 2018.

BUKHARI, S. H.; ABRAHAM, D.; MAHESH, S. Antimicrobial Effects of Formulations of Various Nanoparticles and Calcium Hydroxide as Intra-canal Medications Against *Enterococcus faecalis*: A Systematic Review. *Cureus*, 28 set. 2024.

CARVALHO, N. K.; MONTEIRO, A. G. V.; SANTO, L. F. E.; PORTO, A. R. Acesso minimamente invasivo: revisão de literatura. *Ciência Atual-Revista Científica Multidisciplinar do Centro Universitário São José*, v. 15, n. 1, 2020.

CORREIA, Ana Cláudia Nunes. **Soluções Irrigadoras em Endodontia.** Trabalho de Conclusão de Especialização (Especialista em endodontia), Faculdade Sete Lagoas. Sete Lagoas, p. 32. 2019.

EDUARDA, M. *et al.* EFICÁCIA DAS NANOPARTÍCULAS NA DESCONTAMINAÇÃO DOS CANAIS RADICULARES E PRESERVAÇÃO DE PROPRIEDADES MECÂNICAS DO REMANESCENTE. *Brazilian Journal of Implantology and Health Sciences*, v. 7, n. 2, p. 2575-2590, 27 fev. 2025.

FRANCI, G.; FALANGA, A.; GALDIERO, S.; PALOMBA, L.; RAI, M.; MORELLI, G.; GALDIERO, M. Silver Nanoparticles as Potential Antibacterial Agents. *Molecules* 2015, 20, 8856-8874.

GONÇALVES, L. F. L. **Soluções irrigadoras em Endodontia**. Tese (Mestrado em Medicina Dentária), Faculdade de Ciências da Saúde, Universidade Fernando Pessoa. Porto, p. 54. 2016.

IOANNIDIS, K. et al. The synthesis of nano silver-graphene oxide system and its efficacy against endodontic biofilms using a novel tooth model. *Dental Materials*, v. 35, n. 11, p. 1614-1629, nov. 2019.

LAURENT, S.; MAHMOUDI, M. Superparamagnetic iron oxide nanoparticles promises for diagnosis and treatment of cancer. *International journal of molecular epidemiology and genetics*, v. 2, n. 4, p. 367, 2011.

LIU, S.; ZENG, T. H.; HOFMANN, M.; BURCOMBE, E.; WEI, J.; JIANG, R.; YANG, S. Antibacterial activity of graphite, graphite oxide, graphene oxide, and reduced graphene oxide: membrane and oxidative stress. *ACS nano*, v. 5, n. 9, p. 6971-6980, 2011.

MARION, J.; PAVAN, K.; ARRUDA, M. E. B. F.; NAKASHIMA, L.; MORAIS, C. A. H. de Chlorhexidine and its applications in Endodontics: A literature review. *Dental Press Endodontics*, v. 3, n. 3, 2013.

PAROLIA, A. et al. Effect of Propolis Nanoparticles against Enterococcus faecalis Biofilm in the Root Canal. *Molecules*, v. 26, n. 3, p. 715, 30 jan. 2021.

QUIRAM, G. et al. Novel Chlorhexidine-Loaded Polymeric Nanoparticles for Root Canal Treatment. *Journal of Functional Biomaterials*, v. 9, n. 2, p. 29, 17 abr. 2018.

RAURA, N.; GARG, A.; ARORA, A.; ROMA, M. Nanoparticle technology and its implications in endodontics: a review. *Biomaterials Research*, v. 24, p. 1-8, 2020.

SIVIERI-ARAUJO, G.; SANTOS, L. M. S.; QUEIROZ, I. O. A.; WAYAMA, M. T.; MARTINS, C. M.; DEZAN-JÚNIOR, E.; CINTRA, L. T. A.; GOMES-FILHO, J. E. Avaliação das nanopartículas de prata como solução irrigadora. *Dent. press endod*, v. 3, p. 16-23, 2013.

SONG, B.; ZHANG, C.; ZENG, G.; GONG, J.; CHANG, Y.; JIANG, Y. Propriedades antibacterianas e mecanismo de nanocompósitos de óxido de grafeno-prata como agentes bactericidas para desinfecção de água. *Arch Biochem Biophys* 2016;604:167-76.

SONG, W.; GE, S. Application of antimicrobial

nanoparticles in dentistry. *Molecules*, v. 24, n. 6, p. 1033, 2019.

TIBÚRCIO-MACHADO, C. S. et al. The global prevalence of apical periodontitis: a systematic review and meta-analysis. *International Endodontic Journal*, v. 54, n. 5, p. 712-735, 22 jan. 2021.

WU, D.; FAN, W.; KISHEN, A.; GUTMANN, J. L.; FAN, B. Evaluation of the antibacterial efficacy of silver nanoparticles against Enterococcus faecalis biofilm. *J. Endod.* 2014;40:285-90