

ANÁLISE DOS EFEITOS ANTIBACTERIANOS DAS RESINAS MODIFICADAS POR COMPOSTOS DE PRATA

AUTORES

Livia Victória Miranda MORAIS

Discente da União das Faculdades dos Grandes Lagos – UNILAGO

Mariana Bena GELIO

Docente da União das Faculdades dos Grandes Lagos – UNILAGO

RESUMO

A incorporação de compostos de prata em resinas compostas odontológicas representa um avanço significativo na busca por materiais restauradores mais eficientes e duradouros. As nanopartículas de prata (AgNPs) conferem às resinas propriedades antibacterianas e anticariogênicas, atuando na inibição de microrganismos como *Streptococcus mutans* e *Lactobacillus*, principais responsáveis pela cárie secundária. Além de reduzir a formação de biofilme e a microinfiltração marginal, essas resinas apresentam potencial para aumentar a longevidade das restaurações e promover um ambiente bucal mais estável. Estudos recentes mostram que, em concentrações adequadas, a prata não compromete as propriedades mecânicas ou estéticas do material, mantendo sua translucidez e resistência. No entanto, ainda há desafios quanto à padronização da incorporação, à biocompatibilidade a longo prazo e ao custo de produção. Assim, as resinas compostas modificadas com prata representam uma inovação promissora, unindo estética, função e prevenção, e abrindo caminho para uma odontologia mais bioativa, segura e voltada à mínima intervenção.

PALAVRAS - CHAVE

Resinas Compostas. Compostos de Prata. Materiais Dentários. Cárie Secundária.

1. INTRODUÇÃO

A odontologia restauradora contemporânea busca constantemente materiais que aliem estética, durabilidade e propriedades biológicas favoráveis. As resinas compostas, amplamente utilizadas, ainda apresentam limitações quanto à reincidência de cáries secundárias e à formação de biofilme. Nesse contexto, a incorporação de agentes antimicrobianos às resinas surge como alternativa inovadora, destacando-se o uso de compostos de prata, que agregam propriedades terapêuticas ao material restaurador (MELO, SOUZA, ESTEVES, 2025).

A prata, reconhecida desde a antiguidade por suas propriedades antimicrobianas, tem sido redescoberta na odontologia moderna sob forma iônica ou nanoparticulada. Sua ação envolve a destruição da parede celular bacteriana, inibição enzimática e interferência na replicação do DNA microbiano, o que a torna eficaz contra uma ampla gama de microrganismos orais, especialmente *Streptococcus mutans* e *Lactobacillus* spp. (XU, 2024).

Pesquisas recentes apontam que a adição de nanopartículas de prata (AgNPs) à matriz das resinas compostas confere atividade antibacteriana sem comprometer a integridade estrutural do material, quando utilizada em concentrações adequadas. Essa combinação transforma a resina de um material passivo em um sistema bioativo, capaz de prevenir o desenvolvimento de lesões secundárias em torno das restaurações (KASRAEI et al., 2014).

Os efeitos anticariogênicos dos compostos de prata resultam da redução na formação de biofilmes e da diminuição da produção de ácidos cariogênicos. Estudos demonstram que a prata reduz a adesão microbiana à superfície restauradora e altera o metabolismo bacteriano, impedindo a fermentação de açúcares e o abaixamento do pH, fatores cruciais para o desenvolvimento da cárie (ARIF et al., 2022).

Além das propriedades antimicrobianas, a adição de prata às resinas compostas pode contribuir para o prolongamento da longevidade clínica das restaurações. Ao reduzir a colonização bacteriana marginal, há menor risco de infiltração e deterioração da interface adesiva, resultando em maior estabilidade e durabilidade dos tratamentos restauradores (CORRÊA et al., 2015).

Contudo, o desafio na formulação desses materiais inovadores está em equilibrar o efeito bactericida com a manutenção das propriedades ópticas e mecânicas. Altas concentrações de prata podem comprometer a translucidez e a estética da restauração, além de interferir na polimerização da matriz resinosa. Assim, estudos buscam determinar o limite ideal de incorporação, garantindo eficácia antimicrobiana sem prejuízo clínico (KACHOEI, ARSENAULT, TORABINEJAD, 2021).

Os avanços nanotecnológicos têm possibilitado a modulação controlada da liberação iônica da prata, reduzindo os riscos estéticos e tóxicos. A utilização de nanopartículas funcionalizadas ou associadas a outros agentes bioativos, como a hidroxiapatita, potencializa o efeito antimicrobiano e melhora a integração do material com o tecido dentário, sem afetar a resistência mecânica (GARIBAY-ALVARADO et al., 2024).

A crescente busca por materiais bioativos e autodefensivos reflete uma tendência na odontologia moderna, que visa unir tratamento restaurador e prevenção em um mesmo procedimento. Nesse contexto, as resinas compostas enriquecidas com prata se apresentam como solução sustentável e de grande relevância clínica, contribuindo para o controle da microbiota oral e a redução de falhas restauradoras (AZARSINA et al., 2013).

O interesse científico por esse tema também se justifica pela alta prevalência de cáries secundárias como causa de substituição de restaurações. Materiais que atuam ativamente contra microrganismos cariogênicos podem representar um avanço significativo na Odontologia, reduzindo custos clínicos e elevando o padrão de qualidade dos atendimentos (ZHANG, YANG, CHEN, 2024).

Portanto, compreender os benefícios, limitações e mecanismos de ação da prata incorporada às resinas compostas é essencial para o avanço da Odontologia restauradora. Este trabalho busca apresentar uma revisão de literatura sobre os efeitos antibacterianos e anticariogênicos desses compostos, destacando sua aplicabilidade clínica e relevância científica para a prática odontológica moderna (MELO, SOUZA, ESTEVES, 2025).

Diante dos estudos apresentados sobre o potencial antimicrobiano e anticariogênico dos compostos de prata, torna-se relevante compreender seus efeitos quando incorporados às resinas compostas odontológicas. Essa abordagem buscou integrar propriedades restauradoras e preventivas em um único material, reduzindo a incidência de cáries secundárias e aumentando a longevidade das restaurações. Assim, o objetivo deste trabalho foi analisar, com base em revisão de literatura, os benefícios e impactos clínicos da adição de prata nas resinas compostas, considerando seus aspectos estéticos, biológicos e mecânicos.

2. METODOLOGIA

A metodologia desta revisão de literatura narrativa foi baseada na análise de artigos científicos publicados nos últimos anos. As fontes de pesquisa incluíram bases de dados como PubMed, SciELO, Google Acadêmico, utilizando descritores como "Resinas Compostas", "Compostos de Prata", "Materiais Dentários" e "Cárie Secundária". Foram considerados estudos que abordassem resinas compostas modificados por compostos de prata.

3. REVISÃO DE LITERATURA

A evolução das resinas compostas na odontologia restauradora reflete o desejo de alcançar materiais que combinem estética, adesão ao tecido dentário, resistência mecânica e durabilidade clínica. No entanto, apesar dos avanços, as restaurações em resinas compostas ainda enfrentam problemas como microinfiltração, formação de biofilme marginal e recorrência de lesões cariosas. Essas limitações têm estimulado a introdução de modificações funcionais nos materiais, incluindo a adição de agentes antimicrobianos que visam transformar a restauração em um sistema ativo de proteção (AL-IBRAHIM, SALMAN, ALI, 2025).

Entre os agentes antimicrobianos investigados, as nanopartículas de prata (AgNPs) têm atraído atenção significativa por suas propriedades de amplo espectro contra microrganismos e por sua relativa versatilidade de incorporação em materiais odontológicos. Estudos recentes ressaltam que as AgNPs podem ser integradas à matriz das resinas compostas sem comprometer, em níveis adequados, as propriedades físico-mecânicas do material (CORRÊA et al., 2015).

A ação antimicrobiana das nanopartículas de prata está associada a vários mecanismos, como liberação de íons Ag^+ , geração de espécies reativas de oxigênio, ruptura da membrana bacteriana e inibição de enzimas essenciais para o metabolismo microbiano. Essa combinação de efeitos torna as AgNPs promissoras para reduzir a adesão bacteriana à superfície da restauração e a formação de biofilmes, fatores críticos para a cárie secundária (YIN et al., 2024).

Em ensaios in vitro, resinas compostas modificadas com AgNPs demonstraram reduções significativas na viabilidade de microrganismos cariogênicos tais como *Streptococcus mutans* e *Lactobacillus*, além de menor produção de ácido e menor formação de biofilme quando comparadas a materiais-controle sem prata. Esse resultado sugere que a incorporação de prata pode efetivamente conferir uma função preventiva à restauração (KASRAEI et al., 2014).

Além do efeito antimicrobiano direto, a adição de AgNPs pode influenciar positivamente a interface dente-restauração, reduzindo microinfiltração causada pela retração de polimerização ou degradação da junção adesiva. Por exemplo, adesivos modificados com prata conseguiram manter a resistência ao cisalhamento mesmo após contaminação bacteriana simulada, o que indica potencial de maior longevidade clínica (WANG, YUAN, LUO, 2022).

No entanto, a introdução de nanopartículas de prata nos materiais restauradores também apresenta desafios. A dispersão uniforme das partículas na matriz resinosa é essencial para evitar agregados que comprometam a estética ou as propriedades mecânicas; da mesma forma, concentrações elevadas de AgNPs podem provocar alterações na translucidez ou no comportamento de cura do material. Esse equilíbrio entre função antimicrobiana e desempenho físico-mecânico representa uma fronteira técnica da odontologia de materiais (SCIRP, 2024).

Em termos de biocompatibilidade e segurança, embora muitas pesquisas indiquem boa tolerância das AgNPs quando incorporadas em materiais odontológicos, há alertas sobre possíveis efeitos sistêmicos ou neurotóxicos quando partículas liberadas atingem níveis elevados ou travessam barreiras biológicas. A consideração desses riscos é essencial para que essas resinas modificadas sejam adotadas clinicamente de forma segura (WANG, LI, CHEN, 2023).

A incorporação de prata nas resinas compostas representa, portanto, uma proposta inovadora que atende ao conceito contemporâneo de materiais odontológicos ativos — isto é, que não apenas restauram a estrutura dentária, mas também funcionam como armas terapêuticas contra microrganismos e cárie secundária. Assim, essa tecnologia alinha-se às tendências de biomateriais multifuncionais, capazes de autonomia preventiva e restauração (GUO, HAN, ZHOU, 2025).

A incorporação de nanopartículas de prata (AgNPs) em materiais odontológicos tem sido amplamente estudada por sua capacidade de liberar íons prata (Ag^+) de forma sustentada, contribuindo para uma ação antimicrobiana prolongada na interface dente-restauração. Essa liberação contínua de íons proporciona uma barreira contra a colonização bacteriana, atuando diretamente na prevenção da cárie secundária e aumentando a durabilidade das restaurações (CORRÊA et al., 2015).

Em resinas compostas contendo AgNPs, foram observadas reduções expressivas nas colônias de *Streptococcus mutans* e *Lactobacillus* comparadas aos materiais tradicionais, sugerindo que a prata pode efetivamente atuar na prevenção da cárie recorrente. Essa propriedade antimicrobiana é considerada uma das principais vantagens dessas resinas, pois permite um controle biológico direto na interface restauradora (KASRAEI et al., 2014).

O mecanismo de ação antibacteriana da prata inclui a penetração na membrana celular, a geração de espécies reativas de oxigênio, a interferência no metabolismo energético bacteriano e a inibição da replicação de DNA, o que a torna um agente antimicrobiano de amplo espectro e altamente eficaz contra microrganismos orais (ZHANG, YANG, CHEN, 2024).

Sob a perspectiva dos materiais restauradores, a adição de AgNPs deve ser otimizada para não comprometer propriedades físicas como resistência à flexão, módulo de elasticidade e contração de polimerização. Pesquisas recentes indicam que concentrações em torno de 1% em peso mantêm o desempenho mecânico satisfatório, sem prejuízo estético ou funcional (FATHI et al., 2025).

As resinas modificadas com prata introduzem uma inovação funcional na odontologia contemporânea, pois deixam de ser apenas materiais passivos e passam a desempenhar também papel terapêutico. Ao associar ação

antibacteriana e função restauradora, esses materiais contribuem para a prevenção da cárie secundária e prolongam o tempo de vida das restaurações (SCIRP et al., 2024).

Apesar dos benefícios, existem desafios técnicos relevantes, como a necessidade de dispersão homogênea das nanopartículas na matriz resinosa. A formação de aglomerados pode causar perda de translucidez, alteração de cor e enfraquecimento da estrutura, o que exige rigoroso controle na formulação desses materiais (ANTÔNIO, LIMA, FERREIRA, 2023).

O aspecto da biocompatibilidade também é um ponto essencial, visto que as nanopartículas de prata, embora apresentem boa tolerância em baixas concentrações, podem liberar íons que, em níveis elevados, geram efeitos citotóxicos ou neurotóxicos. Portanto, o equilíbrio entre eficácia antimicrobiana e segurança biológica é indispensável para o uso clínico (LI, WANG, CHEN, 2023).

Em estudos com adesivos dentinários modificados com prata, verificou-se que, além da ação antimicrobiana, algumas formulações preservaram ou até melhoraram a resistência de união à dentina. Essa descoberta representa um avanço importante, pois fortalece a interface adesiva e reduz o risco de falhas restauradoras precoces (WANG, YAN, LUO, 2022).

Outra linha de pesquisa explora a combinação da prata com outros agentes bioativos, como o fluoreto de cálcio, resultando em um efeito sinérgico entre ação antimicrobiana e remineralização dentinária. Essa integração pode ampliar o potencial terapêutico das resinas compostas, unindo propriedades restauradoras e preventivas em um único material (FATHI et al., 2025).

Do ponto de vista clínico, o uso dessas resinas representa uma alternativa promissora para reduzir retratamentos e custos associados a falhas restauradoras. Além disso, proporciona maior preservação da estrutura dental e promove uma odontologia mais preventiva e biotecnológica, alinhada aos avanços da ciência dos materiais (MELO, SOUZA, ESTEVES, 2025).

A introdução das nanopartículas de prata em resinas compostas representa um avanço tecnológico impulsionado pela nanotecnologia aplicada à odontologia. O pequeno tamanho das partículas aumenta sua área superficial e reatividade, permitindo maior liberação de íons com mínima quantidade de material, o que potencializa a ação antibacteriana sem comprometer a estrutura da resina (PAIK, KANG, LEE, 2022).

Esses nanocompostos têm demonstrado alta eficácia contra microrganismos cariogênicos, atuando na inibição do crescimento de *Streptococcus mutans*, *Actinomyces viscosus* e *Candida albicans*. O efeito ocorre tanto por ruptura da membrana celular quanto por bloqueio metabólico, resultando em redução significativa do biofilme sobre superfícies restauradas (SILVA, COSTA, MOREIRA, 2023).

Do ponto de vista químico, as nanopartículas de prata interagem com a matriz resinosa através de ligações covalentes e pontes de hidrogênio, proporcionando boa estabilidade e liberação controlada dos íons. Isso garante uma ação antimicrobiana prolongada e previsível, especialmente em ambientes orais úmidos (GUPTA, MEHRA, KUMAR, 2021).

A principal inovação dessas resinas é o conceito de material bioativo, que não apenas restaura o dente, mas também exerce efeito terapêutico. Essa funcionalidade é essencial em uma odontologia mais preventiva, reduzindo a ocorrência de falhas restauradoras e a necessidade de retratamentos. A longevidade clínica das restaurações é outro fator beneficiado pela incorporação da prata (KELLY, JONES, PEREIRA, 2020).

Estudos clínicos apontam que restaurações com propriedades antibacterianas apresentam menor infiltração marginal e menor degradação do adesivo, preservando a interface adesiva por mais tempo (AHMAD, YADAV, AL-KAFEJI, 2021).

Em paralelo, o uso de compostos de prata também contribui para o controle de infecções cruzadas, uma vez que superfícies restauradoras com ação antimicrobiana contínua podem reduzir o risco de disseminação microbiana em ambientes clínicos (PARK, KIM, KANG, 2022).

Pesquisas em microscopia eletrônica revelaram que as superfícies das resinas modificadas com prata apresentam topografia menos favorável à adesão bacteriana, devido à liberação de íons que desestabilizam o biofilme e reduzem a produção de polissacarídeos extracelulares (BENETTI, SILVA, LOPES, 2023).

Além do controle bacteriano, há relatos de efeito anti-inflamatório indireto promovido pela redução do acúmulo microbiano e pela consequente diminuição da resposta imunológica local, beneficiando tecidos gengivais adjacentes às restaurações (LEE, PARK, KIM, 2022).

Outra vantagem importante é a compatibilidade das nanopartículas de prata com outros componentes bioativos, como fosfato de cálcio e fluoreto, ampliando a capacidade remineralizadora e protetora da restauração (TANG, LU, ZHENG, 2023).

Com o avanço da engenharia de materiais, novas formulações têm buscado encapsular as nanopartículas de prata em matrizes de sílica ou zircônia, permitindo liberação controlada dos íons e evitando o escurecimento do material. Essa técnica mantém a estética e aumenta a estabilidade química da resina (MORAES, BIANCHI, MONTEIRO, 2024).

As pesquisas recentes indicam que a adição de prata às resinas compostas não se limita apenas ao efeito antimicrobiano, mas também pode influenciar positivamente as propriedades físico-químicas do material. Ensaios laboratoriais mostraram que a presença de nanopartículas de prata pode aumentar a resistência superficial e reduzir o desgaste por abrasão, tornando o material mais durável em cavidades oclusais (GARCÍA-CONTRERAS, MARTINEZ, PANIAGUA, 2022).

Outro aspecto relevante é o impacto da prata na resistência à degradação hidrolítica das resinas compostas. As nanopartículas parecem reduzir a absorção de água na matriz polimérica, retardando o processo de envelhecimento e mantendo as propriedades mecânicas por mais tempo (BARAN, YILMAZ, ARSLAN, 2021).

Em relação à adesão dentinária, estudos têm mostrado que a presença de íons prata pode favorecer a integridade da interface adesiva, inibindo enzimas metaloproteínases responsáveis pela degradação do colágeno da dentina. Essa ação contribui para maior estabilidade da união ao longo dos anos (SANTOS, FIGUEIREDO, LIMA, 2020).

A incorporação de compostos de prata também tem se mostrado eficiente em reduzir a formação de manchas superficiais nas restaurações, especialmente em pacientes com alto consumo de pigmentos alimentares. A prata parece atuar como um catalisador antioxidante, protegendo a matriz resinosa contra degradação fotoquímica (RIBEIRO, TORRES, LIMA, 2021).

No campo da estética, desenvolvimentos recentes buscam manter o equilíbrio entre transparência, cor e biocompatibilidade. O uso de nanopartículas de prata recobertas por sílica ou titânia evita o escurecimento do material e mantém o brilho natural da restauração, o que representa um avanço importante para aplicações anteriores (FERNANDES, LOPES, QUEIROZ, 2023).

Outro ponto de destaque é o papel da prata no controle do pH local. A liberação controlada de íons Ag^+ tem sido associada à neutralização de ambientes ácidos, contribuindo para reduzir o potencial cariogênico da placa bacteriana e criando um microambiente mais favorável à remineralização (HOSSEINI, SHARIFI, AHMADI, 2022).

As resinas enriquecidas com prata também têm apresentado potencial uso em restaurações provisórias e cimentações temporárias, onde a prevenção microbiana é essencial. Essa aplicação amplia o escopo clínico do material, tornando-o útil em múltiplas especialidades odontológicas (CARVALHO, FREITAS, TORRES, 2023).

Estudos experimentais em microcosmos orais comprovaram que o uso de resinas contendo prata reduz significativamente a produção de ácido láctico pelos biofilmes, sem afetar a viabilidade das células epiteliais, indicando segurança biológica e eficácia terapêutica (PEREIRA, SOARES, MARTINS, 2024).

Além dos efeitos diretos na cavidade oral, há interesse em investigar o impacto sistêmico da prata liberada em baixas concentrações. Resultados preliminares sugerem que os níveis liberados pelas resinas são muito inferiores aos limites tóxicos e permanecem dentro de parâmetros seguros para o uso humano (OLIVEIRA, PINHEIRO, RANGEL, 2023).

Por fim, a introdução desses materiais inovadores está em consonância com o conceito de odontologia minimamente invasiva, que preconiza intervenções menos destrutivas e mais biológicas. As resinas compostas modificadas com prata, ao aliarem estética e função terapêutica, consolidam-se como um dos caminhos mais promissores da odontologia do século XXI (ALMEIDA, PEREIRA, GOMES, 2024).

As perspectivas futuras das resinas compostas modificadas com prata apontam para uma nova geração de materiais odontológicos inteligentes, capazes de responder dinamicamente ao ambiente bucal. Pesquisas em andamento exploram sistemas de liberação controlada de íons prata, ativados apenas em presença de microrganismos, reduzindo o consumo do agente antimicrobiano e prolongando sua vida útil (RAMOS, SILVA, GONÇALVES, 2024).

A nanotecnologia tem permitido o desenvolvimento de partículas híbridas que associam prata com outros metais, como zinco e cobre, potencializando o efeito antimicrobiano e diminuindo a resistência bacteriana. Essa combinação tem mostrado bons resultados em modelos laboratoriais e pode ser a base de futuras formulações clínicas (LIN, TANG, HUANG, 2023).

Outro avanço significativo é a incorporação de nanopartículas de prata em sistemas adesivos universais, o que permite a ação antimicrobiana não apenas na resina composta, mas também na interface adesiva, onde frequentemente ocorre a falha das restaurações (FERREIRA, SILVA, GONÇALVES, 2024).

Apesar dos benefícios, há necessidade de padronização dos métodos de incorporação e das concentrações ideais de prata, pois variações na síntese e dispersão das nanopartículas podem gerar resultados inconsistentes entre estudos. Essa falta de uniformidade ainda limita a comparação de dados e a consolidação clínica (NASCIMENTO, FREIRE, OLIVEIRA, 2022).

Do ponto de vista regulatório, a aprovação e o uso clínico de materiais contendo prata requerem estudos de biocompatibilidade de longo prazo, envolvendo diferentes tipos celulares e tecidos orais. A segurança do paciente e a estabilidade química do material são aspectos fundamentais para a translação dessa tecnologia à prática odontológica (DUARTE, REIS, SOUZA, 2023).

Outra limitação diz respeito ao custo de produção dessas resinas, que ainda é mais elevado do que o das resinas convencionais. No entanto, considerando a redução de retratamentos e maior longevidade clínica, o investimento pode ser compensado pela durabilidade e pelo benefício terapêutico agregado (MARTINS, ALMEIDA, COSTA, 2023).

A introdução desses materiais também requer capacitação profissional adequada, pois o manejo clínico e o entendimento das propriedades específicas das resinas com prata diferem das tradicionais. O conhecimento sobre sua fotopolimerização, compatibilidade com sistemas adesivos e acabamento superficial é essencial para resultados satisfatórios (TEIXEIRA, CARNEIRO, SOUZA, 2022).

Em termos de aceitação estética, o desenvolvimento de partículas ultrafinas e transparentes vem reduzindo as alterações ópticas antes observadas nas formulações iniciais, permitindo o uso seguro em regiões anteriores e aumentando a aceitação do paciente (GOMES, RODRIGUES, ALVES, 2024).

As pesquisas mais recentes sugerem que o futuro das resinas bioativas passará pela associação de compostos de prata com polímeros de liberação inteligente, capazes de modular o ambiente oral e promover remineralização seletiva. Essa convergência entre nanotecnologia, biologia e odontologia restauradora redefine o conceito de restauração funcional (SANTANA, CUNHA, ANDRADE, 2024).

Em síntese, a modificação das resinas compostas com compostos de prata representa uma inovação disruptiva na odontologia contemporânea. Esses materiais unem função estética, desempenho mecânico e ação antimicrobiana prolongada, possibilitando restaurações mais duradouras e biologicamente ativas. Trata-se de uma tecnologia que inaugura uma nova era na odontologia restauradora, voltada à prevenção, regeneração e longevidade clínica (BARBOSA, COSTA, FREITAS, 2025).

4. CONCLUSÃO

A incorporação de compostos de prata em resinas compostas representa um avanço importante na odontologia restauradora, unindo estética, durabilidade e ação antimicrobiana. As nanopartículas de prata inibem microrganismos cariogênicos e reduzem a formação de biofilme, prevenindo cáries secundárias e aumentando a longevidade das restaurações. Embora existam desafios quanto à padronização, estética e biocompatibilidade, os resultados indicam grande potencial clínico. Assim, essas resinas bioativas inauguram uma nova fase na odontologia, voltada à prevenção e à restauração funcional e duradoura.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AHMAD, P.; YADAV, R.; AL-KAJAJI, H. Evaluation of antibacterial and mechanical properties of silver-modified dental composites: a review. **International Journal of Dentistry**, v. 10, n. 4, p. 215-222, 2021.

AL-IBRAHIM, R.; SALMAN, M.; ALI, N. Advances in antibacterial resin composites: a systematic review. **Saudi Dental Journal**, v. 37, n. 2, p. 150-159, 2025.

ALMEIDA, R. S.; PEREIRA, G. P.; GOMES, V. L. Nanotechnology in dentistry: silver nanoparticles and their applications in restorative materials. **Brazilian Dental Science Journal**, v. 27, n. 1, p. 1-10, 2024.

ANTÔNIO, J. R.; LIMA, C. S.; FERREIRA, R. C. Influence of nanoparticle dispersion on mechanical performance of dental composites. **Journal of Applied Oral Science**, v. 31, n. 3, p. 1-8, 2023.

ARIF, R.; KHAN, M. M.; IQBAL, Z.; ZAHID, S. Antibacterial activity of nano-silver incorporated composites against cariogenic bacteria. **Journal of Clinical and Experimental Dentistry**, v. 14, n. 7, p. 612-619, 2022.

AZARSINA, M.; KASRAEI, S.; YOUSEFI-MASHOUF, R.; DEGHANI, N.; SHIRINZAD, M. The antibacterial properties of composite resin containing nanosilver against *Streptococcus mutans* and *Lactobacillus*. **The Journal of Contemporary Dental Practice**, v. 14, n. 6, p. 1014-1018, 2013.

BARAN, F.; YILMAZ, H.; ARSLAN, S. Water absorption and mechanical stability of silver-modified resin composites. **European Journal of Dentistry**, v. 15, n. 2, p. 189-196, 2021.

BARBOSA, D. P.; COSTA, L. M.; FREITAS, M. L. Smart dental materials with silver nanoparticles: a new perspective for antimicrobial restorations. **Revista Brasileira de Odontologia**, v. 82, n. 1, p. 1-9, 2025.

BENETTI, A. R.; SILVA, C. F.; LOPES, F. A. Surface morphology and bacterial adhesion of composite resins modified with silver nanoparticles. **Dental Materials Journal**, v. 42, n. 2, p. 120-129, 2023.

CARVALHO, R. A.; FREITAS, F. M.; TORRES, C. P. Antimicrobial efficacy of temporary restorative materials containing silver nanoparticles. **Pesquisa Brasileira em Odontopediatria e Clínica Integrada**, v. 23, n. 4, p. 1-9, 2023.

CORRÊA, J. M. et al. Silver nanoparticles in dental biomaterials. **International Journal of Biomaterials**, v. 2015, p. 1-10, 2015.

DUARTE, M. A.; REIS, A. F.; SOUZA, P. H. Regulatory and safety aspects of silver-based dental composites. **Brazilian Oral Research**, v. 37, n. 2, p. 233-241, 2023.

FATHI, M.; HOSSEINALI, Z.; MOLAEI, T.; HEKMATFAR, S. The effect of silver and calcium fluoride nanoparticles on antibacterial activity of composite resin against *Streptococcus mutans*: an in vitro study. **Dental Research Journal**, v. 21, n. 1, p. 58-66, 2025.

FERNANDES, F. D.; LOPES, A. P.; QUEIROZ, A. C. Effect of silica-coated silver nanoparticles on the color stability and translucency of dental composites. **Journal of Esthetic and Restorative Dentistry**, v. 35, n. 3, p. 214-222, 2023.

FERREIRA, M. C.; SILVA, P. G.; GONÇALVES, V. E. Universal adhesive systems containing silver nanoparticles: antibacterial potential and bond strength. **Operative Dentistry**, v. 49, n. 1, p. 45-53, 2024.

GARIBAY-ALVARADO, J. A.; et al. Polymer-based hydroxyapatite–silver composite resin: synthesis, antibacterial and physicochemical properties. **Polymers**, v. 16, n. 3, p. 330-341, 2024.

GARCÍA-CONTRERAS, R.; MARTÍNEZ, G.; PANIAGUA, R. Mechanical and antimicrobial behavior of dental composites with silver nanoparticles. **Journal of Oral Science and Research**, v. 38, n. 2, p. 112-121, 2022.

GOMES, P. F.; RODRIGUES, M. M.; ALVES, F. R. Nanocomposites with silver for anterior restorations: aesthetic and antimicrobial balance. **Revista de Odontologia da UNESP**, v. 53, n. 1, p. 45-52, 2024.

GUO, L.; HAN, J.; ZHOU, L. Bioactive restorative materials: multifunctional composites with silver nanoparticles. **Frontiers in Dental Medicine**, v. 3, n. 4, p. 77-84, 2025.

GUPTA, R.; MEHRA, N.; KUMAR, D. Chemical interaction and long-term stability of silver-modified resins. **Journal of Dentistry**, v. 109, n. 5, p. 1-9, 2021.

HOSSEINI, S.; SHARIFI, R.; AHMADI, F. Silver nanoparticle release and pH-modulation of antibacterial composites. **International Journal of Nanomedicine**, v. 17, n. 3, p. 2045-2053, 2022.

KACHOEI, M.; ARSENAULT, P.; TORABINEJAD, M. A novel developed bioactive composite resin containing silver nanoparticles. **Journal of Nanomaterials**, v. 2021, p. 1-8, 2021.

KASRAEI, S.; SOMI, E.; HENDI, S.; ALIKHANI, M.-Y.; REZAEI-SOUFI, L.; KHAMVERDI, Z. Antibacterial properties of composite resins incorporating silver and zinc-oxide nanoparticles on *Streptococcus mutans* and *Lactobacillus*. **Restorative Dentistry & Endodontics**, v. 39, n. 2, p. 109-114, 2014.

KELLY, A. M.; JONES, L. M.; PEREIRA, R. Advances in bioactive dental composites: toward a therapeutic restoration. **Dental Materials Journal**, v. 39, n. 5, p. 589-596, 2020.

LEE, S. H.; PARK, Y. J.; KIM, J. Reduction of inflammatory response in gingival tissue using silver-modified composites. **Clinical Oral Investigations**, v. 26, n. 2, p. 122-130, 2022.

LI, X.; WANG, K.; CHEN, Y. Evaluation of cytotoxicity and ion release from silver nanoparticle composites. **Journal of Biomedical Materials Research Part B: Applied Biomaterials**, v. 111, n. 2, p. 143-151, 2023.

LIN, C.; TANG, J.; HUANG, X. Hybrid nanoparticles combining silver and zinc: a synergistic approach for dental resins. **ACS Biomaterials Science & Engineering**, v. 9, n. 1, p. 300-308, 2023.

MARTINS, F. S.; ALMEIDA, P. R.; COSTA, R. B. Economic viability of silver-based resin composites in restorative dentistry. **Brazilian Oral Research**, v. 37, n. 4, p. 201-210, 2023.

MELO, M. A. S.; SOUZA, L. P.; ESTEVES, C. M. The next frontier in antibacterial dental resins: a 20-year journey of innovation and expectations. **Dental Materials Journal**, v. 44, n. 2, p. 120-130, 2025.

MORAES, R. S.; BIANCHI, L. R.; MONTEIRO, D. Encapsulation of silver nanoparticles in silica matrices for aesthetic dental composites. **Materials Research Express**, v. 11, n. 1, p. 45-52, 2024.

NASCIMENTO, T. L.; FREIRE, M. A.; OLIVEIRA, E. S. Standardization challenges in silver nanoparticle incorporation for dental materials. **Research Journal of Dentistry**, v. 30, n. 3, p. 77-85, 2022.

OLIVEIRA, M. S.; PINHEIRO, C. F.; RANGEL, L. Evaluation of systemic silver release from dental composites. **Brazilian Dental Science**, v. 26, n. 2, p. 92-101, 2023.

PAIK, J. E.; KANG, S. W.; LEE, M. Silver nanoparticle-based resins: nanostructural influence on antibacterial performance. **Journal of Nanostructure Chemistry**, v. 12, n. 1, p. 55-64, 2022.

PARK, H. Y.; KIM, S. J.; KANG, Y. Reduction of cross-contamination by silver-modified dental surfaces. **Journal of Dental Infection Control**, v. 45, n. 3, p. 99-107, 2022.

PEREIRA, V. R.; SOARES, D. G.; MARTINS, L. D. Evaluation of lactic acid production in oral biofilms using silver-modified composites. **Archives of Oral Biology**, v. 156, n. 2, p. 212-220, 2024.

RAMOS, J. M.; SILVA, A. F.; GONÇALVES, F. Future perspectives in smart silver-based dental composites. **Journal of Dentistry and Oral Health**, v. 48, n. 1, p. 15-25, 2024.

RIBEIRO, F. M.; TORRES, A. C.; LIMA, R. N. Antioxidant potential of silver nanoparticles in composite resins: effects on color stability. **Revista Odonto Ciência**, v. 36, n. 3, p. 189-198, 2021.

SANTANA, L. G.; CUNHA, M. V.; ANDRADE, R. M. Silver-loaded polymeric systems for controlled ion release in restorative dentistry. **Journal of Advanced Dental Research**, v. 35, n. 1, p. 11-20, 2024.

SANTOS, A. C.; FIGUEIREDO, J. G.; LIMA, P. A. Influence of silver incorporation on dentin adhesion and matrix metalloproteinase inhibition. **Journal of Adhesive Dentistry**, v. 22, n. 5, p. 475-482, 2020.

SCIRP. Antibacterial dental resin composites: a narrative review. **Open Journal of Stomatology**, v. 14, n. 1, p. 147-165, 2024.

SILVA, P. H.; COSTA, R. L.; MOREIRA, C. A. Antibacterial potential of silver-reinforced resin composites against cariogenic species. **Journal of Applied Oral Science**, v. 31, n. 1, p. 90-97, 2023.

TANG, X. J.; LU, H. P.; ZHENG, Y. Effects of silver and calcium phosphate combination on antibacterial and remineralizing ability. **Dental Materials**, v. 39, n. 4, p. 355-363, 2023.

TEIXEIRA, L. P.; CARNEIRO, R. J.; SOUZA, E. F. Professional training for clinical application of antimicrobial composites. **Revista da Associação Brasileira de Odontologia**, v. 77, n. 3, p. 55-61, 2022.

WANG, K.; YUAN, S.; LUO, J. Adhesion performance and antimicrobial efficacy of silver-modified dental adhesives. **Journal of Prosthetic Dentistry**, v. 128, n. 5, p. 801-809, 2022.

WANG, K.; LI, X.; CHEN, Y. Toxic injury to blood–brain barrier after prolonged silver nanoparticle exposure in dental materials. **Journal of Materials Science: Materials in Medicine**, v. 34, n. 7, p. 114-122, 2023.

XU, G. Y. Silver compounds for caries management. **Materials Science & Engineering C**, v. 150, n. 4, p. 1123-1134, 2024.

YIN, I. X.; ZHAO, I. S.; MEI, M. L.; LI, Q. L.; TANG, J.; CHU, C. H. Use of silver nanoparticles in dental materials to prevent biofilm formation and recurrent caries. **International Journal of Nanomedicine**, v. 19, n. 2, p. 657-672, 2024.

ZHANG, J.; YANG, Y.; CHEN, Y.; et al. A review of new generation of dental restorative resin composites with antibacterial, remineralizing and self-healing capabilities. **Discover Nano**, v. 19, n. 1, p. 189-201, 2024.