


**NANOFIBRAS ELETROFIADAS CONTENDO IBUPROFENO E
GLUTARALDEÍDO NO TRATAMENTO DA HIPERSENSIBILIDADE
DENTINÁRIA: RELATO DE DOIS CASOS CLÍNICOS**

**ELECTROSPUN NANOFIBERS CONTAINING IBUPROFEN AND
GLUTARALDEHYDE FOR THE MANAGEMENT OF DENTIN
HYPERSENSITIVITY: A TWO-CASE REPORT**

**NANOFIBRAS ELECTROHILADAS CON IBUPROFENO Y GLUTARALDEHÍDO
EN EL TRATAMIENTO DE LA HIPERSENSIBILIDAD DENTINARIA: REPORTE
DE DOS CASOS CLÍNICOS**

 <https://doi.org/10.56238/arev8n6-095>

Data de submissão: 18/05/2026

Data de publicação: 18/06/2026

Samuel Melo Gomes

Esp. em Dentística, Saúde pública e Mestrando em Odontologia
Instituição: Universidade Estadual do Oeste do Paraná (UNIOESTE)

E-mail: samumelogomes@gmail.com

Lattes: 1182315300494108

ORCID: 0000-0001-7802-3462

Nathalia Assolini Crestani

Mestranda em Odontologia
Instituição: Universidade Estadual do Oeste do Paraná (UNIOESTE)

E-mail: nathalia_crestani@hotmail.com

Lattes: 9606985077046964

ORCID: 0009-0008-6908-7964

Heloisa Ferrari

Mestranda em Odontologia
Instituição: Universidade Estadual do Oeste do Paraná (UNIOESTE)

E-mail: heloisaferrari06@gmail.com

Lattes: 5488034524736113

ORCID: 0009-0003-9496-7609

Bárbara Matthes Augsten

Graduanda em Odontologia
Instituição: Universidade Estadual do Oeste do Paraná (UNIOESTE)

E-mail: ba.uni.odonto@gmail.com

Lattes: 9950964941425966

ORCID: 0009-0003-1471-2201

Maysa Mombelli Citadin

Graduanda em Odontologia

Instituição: Universidade Estadual do Oeste do Paraná (UNIOESTE)

E-mail: maisacitadin@gmail.com

Lattes: 1828947621362832

ORCID: 0009-0000-0642-1517

Douglas Cardoso Dragunski

Doutor e Docente do Programa de Pós-Graduação em Química (PPGQUI)

Instituição: Universidade Estadual do Oeste do Paraná (UNIOESTE)

E-mail: douglas.dragunski@unioeste.br

Lattes: 0612112281360342

ORCID: 0000-0001-7870-097X

Vanessa Rong Jen Chang

Mestre e Doutoranda em Química

Instituição: Universidade Estadual do Oeste do Paraná (UNIOESTE)

E-mail: vanessajen@hotmail.com

Lattes: 5127887599021361

ORCID: 0009-0001-5683-6865

Patrícia Oehlmeyer Nassar

Pós Doutora e Docente do Programa de Pós-Graduação em Odontologia (PPGO)

Instituição: Universidade Estadual do Oeste do Paraná (UNIOESTE)

E-mail: ponassar@yahoo.com

Lattes: 5225816390594379

ORCID: 0000-0003-3791-0334

Veridiana Camilotti

Doutora e Docente do Programa de Pós-Graduação em Odontologia (PPGO)

Instituição: Universidade Estadual do Oeste do Paraná (UNIOESTE)

E-mail: vericamilotti@hotmail.com

Lattes: 9340494276264996

ORCID: 0000-0002-3004-3939

RESUMO

A hipersensibilidade dentinária (HD) é uma condição clínica prevalente, caracterizada por dor aguda e de curta duração desencadeada por estímulos externos em dentina exposta. As abordagens terapêuticas disponíveis concentram-se predominantemente na obliteração dos túbulos dentinários, com eficácia variável e limitada ação sobre os mecanismos inflamatórios subjacentes, o que pode comprometer a durabilidade do efeito clínico. Nesse contexto, estratégias que associem ação anti-inflamatória e modificação da permeabilidade dentinária por meio de sistemas de liberação controlada permanecem pouco exploradas. Este estudo relata dois casos clínicos de HD associada a lesões cervicais não cariosas (LCNC), tratados com membrana de nanofibras eletrofiadas contendo ibuprofeno (10%) e glutaraldeído (1%). A sensibilidade foi avaliada por estímulo evaporativo padronizado e mensurada pela Escala Visual Analógica (EVA) antes e imediatamente após a intervenção. Em ambos os casos se observou redução da dor de EVA 10 para EVA 0, sem registro de efeitos adversos. Os achados sugerem que a membrana de nanofibras eletrofiadas contendo ibuprofeno e glutaraldeído apresenta potencial como abordagem terapêutica para o controle da HD, possivelmente

por combinar ação anti-inflamatória e oclusão tubular. No entanto, estudos clínicos controlados com acompanhamento longitudinal são necessários para confirmar sua eficácia e durabilidade.

Palavras-chave: Hipersensibilidade Dentinária. Nanofibras. Ibuprofeno. Glutaredéido. Lesão Cervical Não Cariosa.

ABSTRACT

Dentin hypersensitivity (DH) is a prevalent clinical condition characterized by short, sharp pain triggered by external stimuli on exposed dentin. Available therapeutic approaches predominantly focus on dentinal tubule obliteration, with variable efficacy and limited action on underlying inflammatory mechanisms. This study reports two clinical cases of DH associated with non-cariouse cervical lesions (NCCLs), treated with an electrospun nanofiber membrane containing ibuprofen (10%) and glutaraldehyde (1%). Two female patients (aged 29 and 48 years), with no systemic medical history, attended a dental clinic at UNIOESTE. DH was confirmed by standardized evaporative stimulus and measured using the Visual Analog Scale (VAS, 0–10 cm). The membranes were applied topically to the exposed dentin surfaces until complete dissolution (~5 minutes). In both cases, pain was reduced from VAS 10 to VAS 0 in all treated teeth, with the effect maintained at 7-, 15-, and 30-day follow-ups and no adverse events recorded. The findings suggest that the electrospun nanofiber membrane containing ibuprofen and glutaraldehyde has potential as a therapeutic approach for DH management, possibly by combining anti-inflammatory action and tubular occlusion. Controlled clinical studies with longitudinal follow-up are needed to confirm its efficacy and durability.

Keywords: Dentin Sensitivity. Nanofibers. Ibuprofen. Glutaral. Non-Cariouse Cervical Lesions.

RESUMEN

La hipersensibilidad dentinaria (HD) es una condición clínica prevalente, caracterizada por dolor agudo y de corta duración desencadenado por estímulos externos sobre dentina expuesta. Los enfoques terapéuticos disponibles se centran predominantemente en la obliteración de los túbulos dentinarios, con eficacia variable y acción limitada sobre los mecanismos inflamatorios subyacentes. Este estudio reporta dos casos clínicos de HD asociada a lesiones cervicales no cariosas (LCNC), tratados con una membrana de nanofibras electrohiladas que contiene ibuprofeno (10%) y glutaraldehído (1%). Dos pacientes de sexo femenino (29 y 48 años), sin antecedentes de enfermedades sistémicas, fueron atendidas en una clínica odontológica de la UNIOESTE. La HD fue confirmada mediante estímulo evaporativo estandarizado y medida por la Escala Visual Analógica (EVA, 0–10 cm). Las membranas fueron aplicadas tópicamente sobre las superficies dentinarias expuestas hasta su disolución completa (~5 minutos). En ambos casos se observó reducción del dolor de EVA 10 a EVA 0 en todos los dientes tratados, efecto mantenido en los seguimientos de 7, 15 y 30 días, sin registro de efectos adversos. Los hallazgos sugieren que la membrana de nanofibras electrohiladas con ibuprofeno y glutaraldehído presenta potencial como abordaje terapéutico para el control de la HD, posiblemente por combinar acción antiinflamatoria y oclusión tubular. Se requieren estudios clínicos controlados con seguimiento longitudinal para confirmar su eficacia y durabilidad.

Palabras clave: Hipersensibilidad Dentinaria. Nanofibras. Ibuprofeno. Glutaral. Lesión Cervical No Cariosa.

1 INTRODUÇÃO

A hipersensibilidade dentinária (HD) caracteriza-se por dor aguda e de curta duração associada à exposição da dentina cervical. Os principais estímulos desencadeantes são de natureza química, mecânica e térmica, incluindo frio, substâncias doces, ácidas, estímulo mecânico e desequilíbrio osmótico (Addy, 2002). A prevalência varia entre 11,5% e 33,5% em diferentes populações, sendo mais frequente a partir da terceira década de vida, igualmente distribuída entre homens e mulheres. Essa condição pode impactar significativamente a qualidade de vida dos indivíduos acometidos, interferindo em funções rotineiras como alimentação, higiene bucal e ingestão de líquidos (Hu et al., 2018). Diante desse cenário, há necessidade de abordagens terapêuticas eficazes e clinicamente viáveis.

A teoria hidrodinâmica, proposta por Brännström na década de 1960, a mais aceita para a HD. Segundo esta teoria, estímulos aplicados sobre a dentina exposta promovem o deslocamento do fluido no interior dos túbulos dentinários, resultando na ativação das fibras nervosas pulpares e conseqüentemente percepção dolorosa. As terapias atualmente disponíveis concentram-se principalmente na obliteração tubular, apresentando efetividade clínica variável. Grossman (1935) estabeleceu critérios ideais para um agente dessensibilizante: fácil aplicação, ausência de descoloração dental, segurança para a polpa, efeito duradouro e ação rápida. No entanto, a maioria dos materiais disponíveis no mercado não cumpre plenamente esses requisitos. Neste contexto, estratégias baseadas em nanofibras eletrofiadas carregadas com agentes anti-inflamatórios e oclusores tubulares surgem como alternativa promissora.

As membranas eletrofiadas são materiais bioativos, de alta porosidade e potencial para liberação localizada de agentes terapêuticos, viabilizando a administração localizada de agentes terapêuticos (Sethuram; Thomas, 2023). Além disso, sua estrutura semelhante à matriz extracelular pode favorecer adaptação à superfície dental (Sabra et al., 2020). Nesse aspecto, o ibuprofeno, um anti-inflamatório não esteroideal não seletivo, atua por meio da inibição das enzimas COX-1 e COX-2. Esse fármaco é amplamente utilizado na odontologia por sua capacidade de reduzir a produção de mediadores inflamatórios, reduzindo mediadores inflamatórios associados à sensibilização dolorosa, o que o torna potencialmente aplicável no manejo da HD (Ngo; Bajaj, 2024). Complementarmente, o glutaraldeído, um agente fixador e dessensibilizante tubular, promove a precipitação de proteínas no interior dos túbulos dentinários, reduzindo o fluxo de fluido e, conseqüentemente, a ativação das fibras nervosas (Sgolastra et al., 2013). Dessa forma, a associação entre nanofibras eletrofiadas, ibuprofeno e glutaraldeído representa uma abordagem terapêutica potencialmente promissora, que combina mecanismos anti-inflamatórios e oclusão tubular.

Apesar do potencial terapêutico das nanofibras eletrofiadas para aplicações biomédicas, ainda há escassez de evidências clínicas relacionadas ao seu uso no manejo da hipersensibilidade dentinária, com predominância de estudos *in vitro* e *in situ*. Neste contexto, o presente estudo descreve dois relatos de casos clínicos de HD associada a lesões cervicais não cariosas tratados com membranas de nanofibras eletrofiadas contendo ibuprofeno e glutaraldeído, buscando relatar os desfechos clínicos imediatos dessa abordagem terapêutica

2 RELATO DE CASO

2.1 DADOS DOS PACIENTES

Duas pacientes do sexo feminino, 29 anos de idade (caso 1) e 48 anos (caso 2), sem histórico de doenças sistêmicas, procuraram atendimento na clínica odontológica da Universidade Estadual do Oeste do Paraná (UNIOESTE) com queixa de dor aguda, de curta duração, desencadeada por estímulos térmicos, evaporativos e osmóticos. O estudo foi aprovado pelo comitê de ética em pesquisa com seres humanos da UNIOESTE. Ambas as pacientes assinaram termo de consentimento livre e esclarecido para a realização do tratamento e para a publicação de dados clínicos e imagens.

No **Caso 1**, a sensibilidade estava presente nos dentes 13, 14, 24, 31 e 41.

No **Caso 2**, os sintomas estavam restritos aos dentes 11 e 21.

Em ambos os casos, o exame clínico revelou lesões cervicais não cariosas (LCNC) com padrão compatível com desgaste cervical não cariioso, associado à recessão gengival discreta. Não foram identificadas lesões cariosas, trincas, restaurações defeituosas ou sinais de doença periodontal ativa que justificassem a sintomatologia.

2.2 DIAGNÓSTICO

A hipersensibilidade dentinária (HD) foi confirmada por meio de teste com estímulo evaporativo padronizado, utilizando um dispositivo plástico acoplado à seringa tríplice, posicionado a 1 cm da superfície dentinária, no terço cervical do dente. O jato de ar padronizado foi aplicado por 3 segundos, e a intensidade da dor foi registrada por meio da Escala Visual Analógica (EVA, 0–10 cm). Ambas as pacientes apresentaram escore inicial de EVA 10 em todos os dentes avaliados.

2.3 INTERVENÇÃO

Foram utilizadas membranas de nanofibras eletrofiadas previamente desenvolvidas em laboratório para aplicação tópica odontológica, contendo ibuprofeno (10%) e glutaraldeído (1%). As membranas foram utilizadas em condição estéril. Inicialmente realizou-se isolamento relativo do

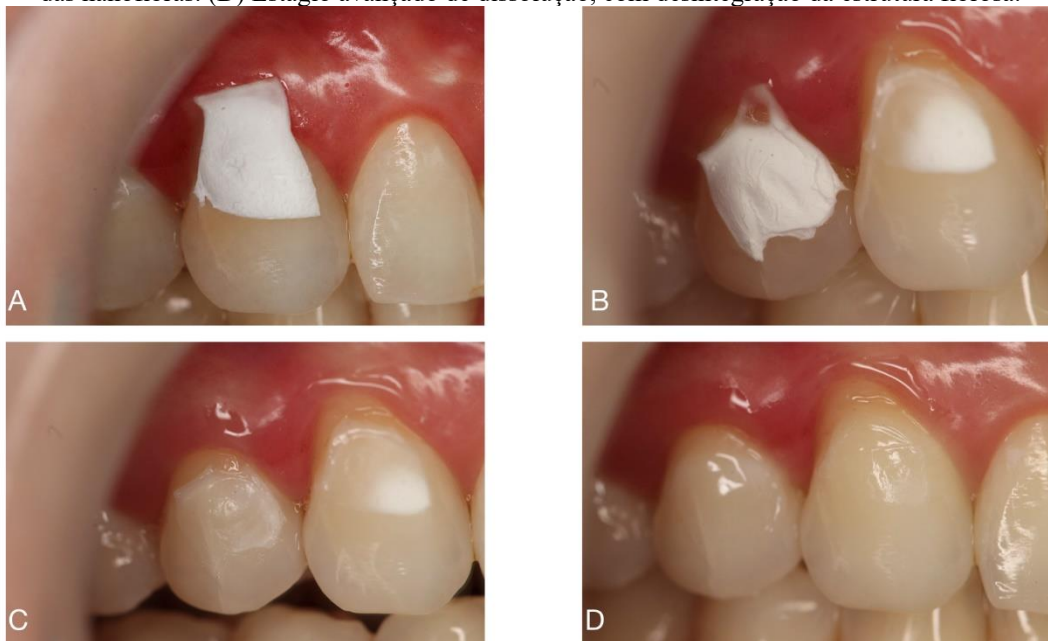
campo operatório com afastador labial, seguido de secagem suave das superfícies dentárias, evitando dissecação excessiva. As membranas foram recortadas individualmente, de acordo com a dimensão de cada lesão cervical, garantindo cobertura completa da área de dentina exposta. A aplicação foi realizada diretamente sobre a superfície cervical vestibular dos dentes acometidos. O posicionamento da membrana abrangeu a margem cervical exposta, com extensão aproximada de 2 a 3 mm além da margem e progressão em direção ao terço médio da coroa dental. Após adaptação, o material permaneceu em contato com a superfície dentinária até sua completa dissolução, o que ocorreu em aproximadamente 5 minutos em ambiente oral, em função da umidade dental. Nenhum agente adicional foi aplicado durante esse período.

Figura 1. Caso 1. (A) Aspecto clínico inicial em vista frontal, evidenciando lesões cervicais não cariosas nas faces vestibulares dos dentes avaliados. (B) Padronização do estímulo evaporativo por meio de dispositivo plástico direcionador acoplado à seringa tríplice, posicionado a 1 cm da superfície dentinária. (C) Detalhe das lesões cervicais não cariosas nos dentes 13 e 14 antes da aplicação da membrana.



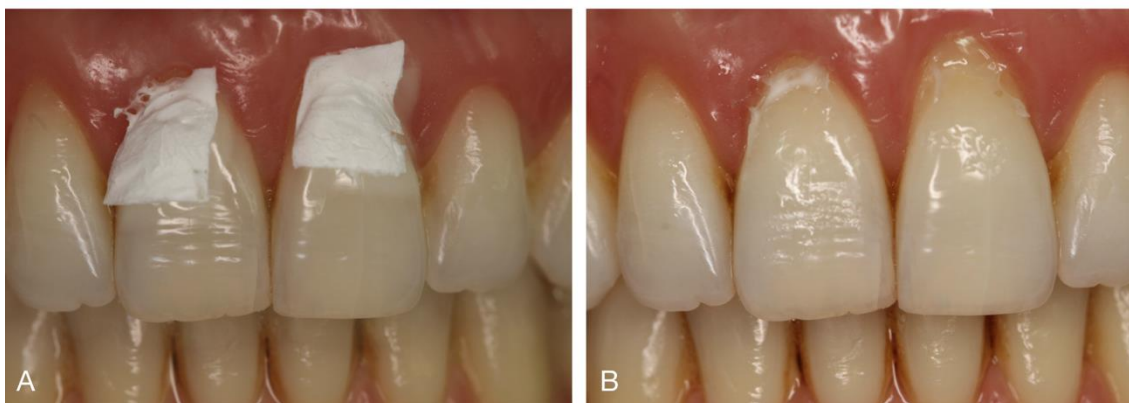
Fonte: Acervo próprio.

Figura 2. Caso 1. Sequência clínica da aplicação da membrana de nanofibras eletrofiadas co-carregada com ibuprofeno 10% e glutaraldeído 1%. (A) Membrana íntegra sobre o dente 13 imediatamente após aplicação. (B) Membrana íntegra sobre o dente 14. (C) Início do processo de dissolução da membrana nos dentes 13 e 14, com fragmentação progressiva das nanofibras. (D) Estágio avançado de dissolução, com desintegração da estrutura fibrosa.



Fonte: Acervo próprio.

Figura 3. Caso 2. (A) Membranas de nanofibras eletrofiadas co-carregadas com ibuprofeno 10% e glutaraldeído 1% aplicadas simultaneamente nos dentes 11 e 21, e adaptadas às lesões cervicais. (B) Aspecto avançado da dissolução.



Fonte: Acervo próprio.

2.4 AVALIAÇÃO DOS DESFECHOS

A sensibilidade dentinária foi reavaliada imediatamente após a dissolução completa da membrana, utilizando o mesmo protocolo de estímulo evaporativo. Em ambos os casos, observou-se

ausência imediata de resposta dolorosa ao estímulo evaporativo, com escore EVA reduzido de 10 para 0 em todos os dentes tratados.

2.5 DESFECHOS E SEGUIMENTO

Não foram observados efeitos adversos locais ou sistêmicos durante ou após a intervenção. As pacientes foram reavaliadas clinicamente após 7, 15 e 30 dias, utilizando o mesmo protocolo de estímulo evaporativo e análise por Escala Visual Analógica (EVA). Durante o período de acompanhamento, manteve-se ausência de resposta dolorosa nos dentes tratados, sem recidiva dos sintomas de hipersensibilidade dentinária. Além disso, ambas as pacientes relataram melhora do desconforto durante ingestão de líquidos frios e procedimentos de higiene oral.

3 DISCUSSÃO

O presente relato de caso mostrou que a aplicação da nanofibra eletrofiada contendo ibuprofeno a 10% e glutaraldeído a 1% esteve associada à redução imediata da dor relacionada à hipersensibilidade dentinária (HD), com início de ação rápido e manutenção da ausência de resposta dolorosa durante o período de acompanhamento clínico. Embora tenha sido observada variabilidade no tempo de resposta entre diferentes elementos dentais, esse achado é consistente com a heterogeneidade estrutural da dentina e com diferenças no estado inflamatório pulpar, fatores reconhecidamente associados à intensidade da dor (Kaur et al., 2026).

À luz das terapias disponíveis, os resultados sugerem um potencial diferencial da abordagem proposta. Dessensibilizantes convencionais, como fluoretos e nitrato de potássio, atuam predominantemente por meio da obliteração dos túbulos dentinários ou da modulação neural e, em geral, requerem uso contínuo, com eficácia variável entre os indivíduos (Naghsh et al., 2023). Outras intervenções, como o laser terapêutico, podem promover alívio em curto prazo, porém dependem de aplicação profissional e apresentam resultados heterogêneos (Sgolastra et al., 2013). Adicionalmente, materiais utilizados para oclusão tubular, como oxalatos e compostos à base de cálcio, podem apresentar durabilidade limitada em condições clínicas desafiadoras (Cummins, 2010). Nesse contexto, a principal lacuna na literatura reside na ausência de estratégias que combinem, de forma integrada, barreira física associada a modulação farmacológica local da inflamação.

A nanofibra eletrofiada proposta neste estudo busca preencher essa lacuna ao reunir, em uma única plataforma, dois agentes terapêuticos com mecanismos de ação complementares: o ibuprofeno a 10% e o glutaraldeído a 1%. O glutaraldeído atua pela coagulação das proteínas presentes no fluido tubular, promovendo obliteração dos túbulos dentinários e redução do fluxo de fluido, em

concordância com a teoria hidrodinâmica (West et al., 2013; Orchardson; Gilliam, 2006). O ibuprofeno, por sua vez, por meio da inibição da síntese de prostaglandinas, atua sobre o componente inflamatório subjacente, reduzindo a sensibilização neural (Kaur et al., 2026). Evidências indicam que a HD envolve não apenas o mecanismo hidrodinâmico, mas também processos inflamatórios que contribuem para a amplificação da dor (Asnaashari; Moeini, 2013). Dessa forma, a associação entre obliteração tubular promovida pelo glutaraldeído e a ação anti-inflamatória do ibuprofeno, ambos incorporados à estrutura da nanofibra e incorporados a uma plataforma potencialmente capaz de promover liberação localizada, sugere ação terapêutica complementar que vai além do que cada agente seria capaz de oferecer isoladamente. Embora o glutaraldeído apresente reconhecida ação dessensibilizante por obliteração tubular, seus efeitos biológicos dependem da concentração e do tempo de exposição. Nesse sentido, a aplicação localizada por meio de nanofibras pode representar uma estratégia promissora para minimizar a exposição tecidual e potencializar o efeito terapêutico.

Do ponto de vista clínico, essa abordagem pode representar uma alternativa minimamente invasiva para o manejo da HD, especialmente em casos refratários às terapias convencionais. A possibilidade de aplicação localizada, associada à liberação localizada de agentes terapêuticos, está alinhada às estratégias contemporâneas baseadas em biomateriais funcionais (Xie et al., 2025). No entanto, essas implicações devem ser interpretadas com cautela, considerando as limitações do presente estudo.

Entre as principais limitações, destacam-se o número reduzido de casos avaliados, a ausência de grupo controle e período de acompanhamento ainda limitado. Esses fatores restringem a generalização dos achados e impedem comparações diretas com outras terapias descritas na literatura, que frequentemente utilizam desenhos metodológicos mais robustos, como ensaios clínicos randomizados. Diante dessas limitações, estudos futuros devem empregar ensaios clínicos randomizados com amostras maiores e acompanhamento em longo prazo para validar a eficácia da técnica e a durabilidade do efeito observado. Além disso, características físico-químicas detalhadas e parâmetros de fabricação das membranas não foram explorados no presente estudo clínico.

Comparações diretas com terapias convencionais também são necessárias para determinar o real posicionamento clínico dessa abordagem.

4 CONCLUSÃO

O presente relato de casos sugere que a aplicação de nanofibras eletrofiadas carregadas com ibuprofeno a 10% e glutaraldeído a 1% esteve associada à redução imediata e sustentada da HD. A combinação entre a obliteração tubular promovida pelo glutaraldeído e a ação anti-inflamatória local

do ibuprofeno, ambos incorporados à mesma plataforma e liberados de forma controlada, representa um diferencial terapêutico em relação às abordagens convencionais, que em geral contemplam apenas um desses mecanismos. No entanto, considerando as limitações inerentes ao delineamento do estudo, os resultados devem ser interpretados com cautela. Estudos clínicos controlados, com amostras maiores e seguimento em longo prazo, são necessários para validar a eficácia e a aplicabilidade clínica dessa abordagem.

REFERÊNCIAS

- ADDY, M. **Dentine hypersensitivity: new perspectives on an old problem.** *International Dental Journal*, v. 52, n. 5, p. 367–375, 2002.
- ASNAASHARI, M.; MOEINI, M. **Effectiveness of lasers in the treatment of dentin hypersensitivity.** *Journal of Lasers in Medical Sciences*, v. 4, n. 1, p. 1–7, 2013.
- BRÄNNSTRÖM, M. **The hydrodynamic theory of dentinal pain: sensation in preparations, caries and dentinal cracks.** *Journal of Endodontics*, v. 12, n. 10, p. 453–457, 1986.
- CUMMINS, D. **Recent advances in dentin hypersensitivity: clinically proven treatments for instant and lasting sensitivity relief.** *American Journal of Dentistry*, v. 23, n. Spec A, p. 3A–13A, 2010.
- GROSSMAN, L. I. **A systematic method for the treatment of hypersensitive dentin.** *Journal of the American Dental Association*, v. 22, n. 4, p. 592–602, 1935.
- HU, M. L. et al. **Effect of desensitizing toothpastes on dentine hypersensitivity: a systematic review and meta-analysis.** *Journal of Dentistry*, v. 75, p. 12–21, 2018.
- KAUR, A. et al. **Dentin hypersensitivity, an enigma revisited: mechanisms, diagnosis and therapeutic advances.** *Journal of Conservative Dentistry and Endodontics*, v. 29, n. 4, p. 339–347, 2026.
- KIMURA, Y. et al. **Treatment of dentine hypersensitivity by lasers: a review.** *Journal of Clinical Periodontology*, v. 27, n. 10, p. 715–721, 2000.
- MARKOWITZ, K. **The mechanism of action of desensitizing toothpastes.** *Journal of Clinical Dentistry*, v. 24, n. 2, p. 39–43, 2013.
- NAGHSH, N. et al. **Dentin hypersensitivity: a review of its mechanism, etiology and management strategies.** *Journal of Clinical and Diagnostic Research*, v. 17, n. 2, p. 1–5, 2023.
- NGO, V. T.; BAJAJ, T. **Ibuprofen.** Treasure Island: StatPearls Publishing, 2024.
- ORCHARDSON, R.; GILLIAM, D. G. **Managing dentin hypersensitivity.** *Journal of the American Dental Association*, v. 137, n. 7, p. 990–998, 2006.
- SABRA, S. et al. **Recent advances in electrospun nanofibers for some biomedical applications.** *European Journal of Pharmaceutical Sciences*, v. 144, p. 105224, 2020.
- SETHURAM, L.; THOMAS, J. **Therapeutic applications of electrospun nanofibers impregnated with various biological macromolecules for effective wound healing strategy: a review.** *Biomedicine and Pharmacotherapy*, v. 157, p. 114004, 2023.
- SGOLASTRA, F. et al. **Effectiveness of laser in dentin hypersensitivity treatment: a systematic review and meta-analysis.** *Journal of Endodontics*, v. 39, n. 6, p. 675–682, 2013.

WEST, N. X. et al. **Dentine hypersensitivity: pain mechanisms and aetiology of exposed cervical dentine.** *Clinical Oral Investigations*, v. 17, p. S9–S19, 2013.

XIE, Y. et al. **Photothermal-triggered NO-releasing nanofiber membrane mitigates intervertebral disc degeneration via inflammation inhibition and matrix stabilization.** *Bioactive Materials*, v. 43, p. 302–316, 2025.