

INCORPORAÇÃO DE DIÓXIDO DE TITÂNIO EM GÉIS DE CLAREAMENTO DENTAL: REVISÃO DA LITERATURA

AUTORES

Sigrid Rodrigues SILVA

Discente da União das Faculdades dos Grandes Lagos – UNILAGO

Mariana Bena GELIO

Docente da União das Faculdades dos Grandes Lagos – UNILAGO

RESUMO

O clareamento dental é um dos procedimentos estéticos mais realizados na odontologia, tendo como base a utilização de peróxido de hidrogênio. Apesar de eficaz, seu uso em altas concentrações está associado a efeitos adversos, como sensibilidade dentária e desmineralização do esmalte. A incorporação de dióxido de titânio (TiO_2) aos géis clareadores surge como uma alternativa para potencializar a liberação de radicais livres, permitindo o uso de concentrações menores de peróxido de hidrogênio, mantendo a eficácia clareadora e reduzindo os danos aos tecidos dentais. Esta revisão de literatura analisou evidências científicas disponíveis nas bases PubMed, Scielo e Google Acadêmico, considerando estudos laboratoriais, clínicos e revisões sistemáticas. Os trabalhos demonstraram que a adição de TiO_2 melhora significativamente a eficácia clareadora em comparação aos protocolos convencionais, além de auxiliar na manutenção do pH do gel e minimizar alterações estruturais do esmalte. Apesar dos resultados promissores, ainda são necessárias pesquisas clínicas de longo prazo para padronização de protocolos, avaliação de concentrações ideais e segurança do procedimento. Conclui-se que a incorporação de TiO_2 representa uma estratégia promissora para otimizar o clareamento dental, tornando-o mais eficaz e menos agressivo aos tecidos dentários.

PALAVRAS - CHAVE

Clareamento dental. Radicais livres. Sensibilidade dental. Peróxido de hidrogênio.

1. INTRODUÇÃO

O clareamento dental é um procedimento estético não invasivo que busca alteração de cor dos dentes (KIHN, 2007). O procedimento pode ser realizado no consultório, de forma caseira supervisionada por um dentista ou ainda utilizando a combinação de ambas as técnicas (CAREY, 2014). A eficácia do tratamento dependerá de alguns fatores como: concentração do gel, tempo de aplicação e pH do produto (SÜRMELIOĞLU et al., 2021a).

Para realização do clareamento dental de consultório géis de peróxido de hidrogênio são utilizados em concentrações altas para alcançar um resultado mais rápido do que géis de menores concentrações utilizados na técnica de clareamento caseira (MARAN et al., 2020).

O peróxido de hidrogênio atua por meio da liberação de radicais livres que farão a quebra dos pigmentos que estão presentes na estrutura dental. Porém, a alta concentração dos géis de peróxido de hidrogênio podem induzir sensibilidade dentária, pela inflamação da polpa dental e alterações na estrutura do esmalte (KNOW & WERTZ, 2015; CAREY, 2014).

Esses efeitos adversos, assim como a eficácia do procedimento clareador, dependem da concentração de peróxido de hidrogênio utilizado e do tempo de aplicação. Assim, acelerar a decomposição do peróxido de hidrogênio ou diminuir o tempo de exposição pode minimizar os efeitos adversos desse procedimento (CHENG et al., 2024).

Como alternativa para minimizar os danos do clareamento, sem perder a eficiência do procedimento, é proposto a incorporação de óxidos metálicos nos géis de peróxido de hidrogênio, como por exemplo dióxido de titânio e dióxido de titânio com nitrogênio (CHENG et al., 2025, KURY et al., 2022).

O dióxido de titânio é utilizado para tratamento de água poluída por conta da sua estabilidade e capacidade fotolítica, gerando espécies reativas de oxigênio, que induzem a morte celular (BORTOLATTO et al., 2016). Também é utilizado na terapia fotodinâmica para tratamento de câncer (WANG, 2011).

Em relação ao procedimento clareador, essas espécies reativas geradas pelo dióxido de titânio são capazes de contribuir para a quebra dos cromóforos, além de ser um óxido biocompatível, com baixa toxicidade e custo reduzido (CHENG et al., 2025, MANSOOR et al., 2024).

Assim, parece que a incorporação do dióxido de titâniros nos géis clareadores a base de peróxido de hidrogênio pode ser uma alternativa para reduzir a concentração do peróxido de hidrogênio ou reduzir o tempo de aplicação do gel sem perder a eficácia clareadora, além da manutenção do pH neutro do produto, o que reduz a ocorrência de sensibilidade pós operatória (KOLSUZ & SURMELIOĞLU, 2020, FUJISHIMA, 1972).

Alguns estudos demonstram que a incorporação desse óxido metálico nos géis a base de peróxido de hidrogênio pode resultar em melhora da eficiência da ação do peróxido de hidrogênio, mesmo utilizando concentrações menores (SÜRMELIOĞLU et al., 2021b).

Além da sensibilidade, a desmineralização ocasionada pelo procedimento clareador pode levar a alteração das estruturas de esmalte. A perda cálcio e fósforo é notada em todos os casos de clareamento dental, pois há uma dissolução dos cristais de hidroxiapatita (SÜRMELIOĞLU et al., 2021b; CAVALI et al., 2010).

Existem relatos na literatura que dentes após o clareamento dental podem perder uma quantidade de cálcio significativa (CAVALI et al., 2010). No entanto, estudos que testaram géis a base de peróxido de hidrogênio com dióxido de titânio em sua composição não demonstraram a perda do íon cálcio, mesmo após várias sessões do procedimento clareador (SÜRMELIOĞLU et al., 2021), podendo significar que o dióxido de titânio contribui para a não desmineralização do dente durante o procedimento clareador.

Diante disso, a presente revisão de literatura teve como objetivo analisar criticamente as evidências científicas disponíveis sobre a incorporação de partículas de dióxido de titânio em géis de clareamento dental a base de peróxido de hidrogênio, abordando seus mecanismos de ação, benefícios clínicos, possíveis limitações e perspectivas para o uso dessa tecnologia na prática odontológica.

2. METODOLOGIA

O presente estudo consiste em uma revisão de literatura, com o objetivo de analisar a incorporação de partículas de dióxido de titânio em géis de clareamento dental e seus efeitos na eficácia e segurança do procedimento. Para a construção desta revisão, foi realizada uma busca sistematizada nas bases de dados National Library of Medicine (PubMed), SciELO e Google Acadêmico. A estratégia de busca utilizou a combinação dos seguintes descritores: “clareamento dental” e “dióxido de titânio”. Foram incluídos estudos publicados que abordassem diretamente a temática proposta. Os critérios de seleção consideraram a relevância para o tema e o delineamento metodológico.

3. REVISÃO DE LITERATURA

3.1 Mecanismo de ação do peróxido de hidrogênio no clareamento dental

O clareamento dental depende da ação do Peróxido de Hidrogênio, que se difunde através do esmalte e da dentina e libera radicais livres altamente reativos, como o radical hidroxila, que são capazes de oxidar pigmentos orgânicos dentro da estrutura dental (KNOX & WERTZ, 2015). Esses pigmentos se quebram em moléculas menores com menor absorção de luz, o que resulta em aumento da luminosidade e clareamento visual do dente.

A eficácia deste processo pode ser afetada por diversos fatores como concentração da solução de peróxido de hidrogênio, tempo de aplicação, pH do gel, além de presença ativadores de luz (SÜRMELIOĞLU et al., 2021). Géis com pH neutro ou alcalino pode favorecer maior ação oxidativa com menor agressão à estrutura dentária.

No entanto, o uso de altas concentrações de peróxido de hidrogênio ou tempo prolongado de aplicação está associado a efeitos adversos: aumento da sensibilidade dentária, irritação gengival, inflamação pulpar, e alterações de microestrutura do esmalte, como por exemplo aumento da porosidade (CAREY, 2014; CAVALI et al., 2010). Dessa forma, a busca por meios de reduzir a dose, o tempo de exposição ou minimizar os danos sem perder eficácia levou ao estudo da incorporação de catalisadores ou óxidos metálicos nos géis clareadores.

3.2 Dióxido de titânio: propriedades e aplicações biomédicas

O Dióxido de Titânio (TiO_2) se destaca por suas propriedades de fotocatálise, elevada estabilidade, biocompatibilidade e baixo custo (BORTOLATTO et al., 2016). Sob excitação luminosa (especialmente UV ou luz visível), o TiO_2 gera elétrons que originam espécies reativas de oxigênio (EROs), como radical hidroxila e superóxido, com capacidade de degradar moléculas orgânicas (WANG, 2011).

Na odontologia, o TiO_2 tem sido investigado como agente fotocatalisador em terapias antimicrobianas e mais recentemente na otimização de géis clareadores para ativação por luz visível (THACKER et al., 2021). Além disso, o TiO_2 pode contribuir para manter ou estabilizar o pH do gel clareador e reduzir efeitos adversos

ao esmalte e à polpa. Esta combinação de propriedades torna o TiO₂ um promissor para incorporar em géis de clareamento dental visando melhorar a eficiência e reduzir danos.

3.3 Incorporação de dióxido de titânio aos géis clareadores

A incorporação de TiO₂ em géis de clareamento à base de peróxido de hidrogênio busca melhorar a ação oxidativa e acelerar a decomposição do peróxido, de modo que menores concentrações ou tempos menores de aplicação sejam possíveis com eficácia equivalente. Um estudo recente de meta-análise com 17 estudos encontrou que géis de peróxido de hidrogênio com TiO₂ apresentaram mudanças de cor significativamente maiores que o peróxido de hidrogênio sozinho, e índice de clareamento também superior. Por exemplo, as concentrações de TiO₂ variaram de 0,2% até 10% nos estudos analisados, e as concentrações de peróxido de hidrogênio variavam entre 6% e 35%. A meta-análise apontou que o uso de TiO₂ permitiu eficácia do clareamento (BORTOLATTO et al. 2016a).

Estudos em dentes bovinos também verificaram que a ativação luminosa (UV ou visível) combinada com TiO₂ melhora o clareamento mesmo utilizando peróxido de hidrogênio de baixa concentração. Tanno et al. (2020) observaram melhor resultado com TiO₂ associado a luz UV em solução de peróxido de hidrogênio na concentração de 3,5% com pH 6,0 comparado ao peróxido de hidrogênio sozinho. Assim, os dados sugerem que a incorporação de TiO₂ nos géis clareadores pode ser uma estratégia relevante para reduzir agressividade ao tecido dental mantendo ou melhorando a ação clareadora (BORTOLATTO et al. 2016b).

3.4 Eficácia clínica e efeitos sobre a estrutura dental

Do ponto de vista de eficácia clínica e impacto estrutural, alguns achados podem ser destacados:

Em ensaio clínico com 60 participantes usando sistema de clareamento de consultório com TiO₂ associado ao peróxido de hidrogênio na concentração de 20%, comparado ao peróxido de hidrogênio a 38%, observou-se que no grupo que utilizou o TiO₂ houve uma melhora na eficácia do clareamento, apresentando melhor satisfação dos pacientes. Em relação à integridade do esmalte e à desmineralização, a literatura sugere que a combinação TiO₂ e peróxido de hidrogênio pode melhorar a perda de cálcio e fósforo em comparação aos géis convencionais (SÜRMELIOĞLU et al., 2021b).

A meta-análise de Cheng et al. (2025) alerta para a necessidade de padronização dos protocolos de clareamento, avaliação de cor e monitoramento pós-clareamento, bem como estudo dos parâmetros do TiO₂ (tamanho de partícula, forma, fase cristalina) que influenciam o desempenho do procedimento clareador. No entanto, muitos estudos ainda são *in vitro*, ou com tempo de acompanhamento limitado. Poucos ensaios clinicamente longos verificaram a durabilidade do efeito, a segurança pulpar e os efeitos sobre esmalte/dentina a médio/longo prazo.

Portanto, embora os dados sejam promissores, é necessário interpretar com cautela e aguardar estudos com maior robustez metodológica. Para consolidar as evidências disponíveis, o Quadro 1 apresenta um panorama dos principais estudos sobre a incorporação de dióxido de titânio em géis clareadores, destacando objetivos, metodologias e resultados.

Quadro 1. Principais estudos sobre a incorporação de dióxido de titânio em géis clareadores à base de peróxido de hidrogênio

Autor/Ano	Título/Objetivo	Metodologia	Formulação	Resultados
Fujishima (1972)	Avaliar ação fcatalítica do TiO ₂	Laboratorial	TiO ₂ puro + UV	Demonstrou potencial catalítico
Bortolatto et al. (2016)	Avaliar estabilidade e segurança do TiO ₂	Revisão experimental	TiO ₂ em meios aquosos	Alta estabilidade e baixa toxicidade
Sürmelioğlu et al. (2021b)	Avaliar efeito no esmalte	In vitro	Peróxido de hidrogênio 35% + TiO ₂	Maior eficácia e menor perda mineral
Kolsuz & Sürmelioğlu (2020)	Comparar protocolos	In vitro	Peróxido de hidrogênio 20% + TiO ₂	Maior eficácia clareadora e menor desmineralização
Cheng et al. (2024)	Meta-análise	Revisão sistemática	0,2 a 10% de TiO ₂	Alteração de cor maior
Cheng et al. (2025)	Avaliar protocolos clínicos	Revisão sistemática	Variadas	Reforçou padronização de protocolos
Tanno et al. (2020)	Testar ativação UV	In vitro	Peróxido de hidrogênio 3,5% + TiO ₂	Melhor clareamento que grupo controle
Thacker et al. (2021)	Avaliar TiO ₂	In vitro e cultura celular	10% de CaO ₂ + 1% de TiO ₂	Alta eficácia e baixa citotoxicidade
Kury et al. (2022)	Revisar dopagem	Revisão narrativa	TiO ₂ puro	Amplia ativação em luz visível
Mansoor et al. (2024)	Avaliar biocompatibilidade	Revisão experimental	Baixas concentrações	Boa segurança biológica e custo acessível
Rifane et al. (2025)	Clareamento sem peróxido	In vitro	TiO ₂ nanopartículas	Clareamento perceptível e estável
Carey (2014)	Revisão sobre clareamento	Revisão sistemática	Peróxido de hidrogênio convencional	Maior sensibilidade e perda mineral em altas concentrações

Fonte: Próprio autor.

3.5 Limitações e perspectivas futuras

Apesar dos avanços, algumas limitações podem ser citadas:

A diversidade dos estudos encontrados, como concentrações diversas de peróxido de hidrogênio, diferentes percentuais de TiO₂, tipos de ativação de luz, modelos in vitro ou clínico, dificulta a comparação direta entre protocolos. A influência de variáveis como tamanho de partícula de TiO₂ e ativação por luz visível

ou UV precisa ser melhor compreendida. A meta-análise de Cheng et al. (2024), salienta que essas propriedades afetam significativamente o desempenho do gel.

Estudos clínicos a longo prazo (maiores que 12 meses) são escassos. Aspectos como recidiva de cor, efeitos cumulativos sobre esmalte e polpa, e satisfação de pacientes precisam de mais avaliação. Questões de segurança como por exemplo, se a ativação por UV pode representar risco à superfície dental, tecido gengival ou pulpar, conforme Tanno et al. (2020) alertam sobre exposição ultravioleta.

4. CONCLUSÃO

Quanto às perspectivas futuras, é necessário de estudos que explorem sistemas de géis com menor concentração de peróxido de hidrogênio ou até sem ele, utilizando apenas TiO_2 , bem como a integração com fontes de luz visível ou LED, serão interessantes. Também vale investigar a interação entre TiO_2 e outras tecnologias de clareamento, como lasers ou ativação ultrassônica, e definir protocolos clínicos otimizados (tempo, dose, ativação).

A incorporação de dióxido de titânio em géis clareadores à base de peróxido de hidrogênio tem se mostrado uma alternativa promissora para aumentar a eficácia do clareamento dental e reduzir seus efeitos adversos. Estudos indicam que o dióxido de titânio potencializa a liberação de radicais livres, permitindo o uso de concentrações menores de peróxido de hidrogênio, com bons resultados clínicos e menor desmineralização do esmalte. Apesar dos achados positivos, ainda há necessidade de padronização de protocolos e de estudos clínicos a longo prazo que confirmem a segurança e a estabilidade dos resultados. A tecnologia apresenta potencial para tornar os procedimentos clareadores mais eficazes e seguros.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BORTOLATTO, J. F. et al. A novel approach for in-office tooth bleaching with 6% $\text{H}_2\text{O}_2/\text{TiO}_2$ and LED/laser system: a controlled, triple-blinded, randomized clinical trial. **Lasers in Medical Science**, v. 31, n. 3, p. 437–444, 2016a.

BORTOLATTO, J. F. et al. Effect of TiO_2 nanoparticles on the stability and biocompatibility of bleaching gels. **Journal of Applied Oral Science**, v. 24, n. 4, p. 295–302, 2016b.

CAREY, C. M. Tooth whitening: what we now know. **Journal of Evidence-Based Dental Practice**, v. 14, p. 70–76, 2014.

CAVALI, A. E. et al. Effect of bleaching agents on the surface morphology and mineral content of enamel. **Journal of Esthetic and Restorative Dentistry**, v. 22, n. 5, p. 319–328, 2010.

CAVALLI, V. et al. Effects of bleaching agents containing fluoride and calcium on human enamel. **Quintessence International**, v. 41, p. e157–e165, 2010.

CHENG, H. et al. Incorporation of titanium dioxide nanoparticles in hydrogen peroxide gels: a systematic review and meta-analysis. **Clinical Oral Investigations**, v. 28, p. 151–163, 2024.

CHENG, H. et al. Photocatalytic activation of peroxide gels with titanium dioxide: clinical outcomes and protocol standardization. **Dental Materials**, v. 41, p. 73–82, 2025.

CHENG, Y. L. et al. Bleaching effectiveness of hydrogen peroxide containing titanium dioxide: a systematic review and meta-analysis. **Journal of Dentistry**, v. 156, p. 105692, 2025.

CHENG, Y. L. et al. Enhanced tooth bleaching with a hydrogen peroxide/titanium dioxide gel. **BMC Oral Health**, v. 24, n. 1, p. 923, 2024.

FUJISHIMA, A. Electrochemical photolysis of water at a semiconductor electrode. **Nature**, v. 238, p. 37–38, 1972.

KIHN, P. W. Vital tooth whitening. **Dental Clinics of North America**, v. 51, p. 319–331, 2007.

KNOX, J.; WERTZ, P. Hydrogen peroxide breakdown and radical generation. **Journal of Dental Research**, v. 94, p. 450–457, 2015.

KOLSUZ OZCETIN, H.; SURMELIOGLU, D. Effects of bleaching gel containing TiO₂ and chitosan on tooth surface roughness, microhardness and colour. **Australian Dental Journal**, v. 65, n. 4, p. 269–277, 2020.

KOLSUZ, M. E.; SÜRMELIOĞLU, D. Effect of titanium dioxide addition on hydrogen peroxide bleaching efficacy. **Journal of Esthetic and Restorative Dentistry**, v. 32, n. 5, p. 472–478, 2020.

KURY, M. et al. Nitrogen-doped titanium dioxide as a photocatalyst in dental bleaching. **Photodiagnosis and Photodynamic Therapy**, v. 39, p. 102–108, 2022a.

KWON, S. R.; WERTZ, P. W. Review of the mechanism of tooth whitening. **Journal of Esthetic and Restorative Dentistry**, v. 27, n. 5, p. 240–257, 2015.

MANSOOR, A. et al. Role of the novel aloe vera-based titanium dioxide bleaching gel on the strength and mineral content of the human tooth enamel with respect to age. **PeerJ**, v. 12, p. e17779, 2024.

MANSOOR, S. et al. Biocompatibility and clinical potential of titanium dioxide in dentistry: a review. **Journal of Dental Research**, v. 103, n. 2, p. 120–129, 2024.

MARAN, B. M. et al. In-office bleaching with low hydrogen peroxide concentrations: a randomized controlled trial. **Journal of Dentistry**, v. 100, p. 103430, 2020.

RIFANE, M. et al. Peroxide-free tooth bleaching using titanium dioxide nanoparticles: in vitro evaluation. **BioMed Research International**, v. 2025, p. 1–8, 2025.

SÜRMELIOĞLU, D. et al. Effectiveness and SEM-EDX analysis following bleaching with an experimental bleaching gel containing titanium dioxide and/or chitosan. **Odontology**, v. 109, n. 1, p. 114–123, 2021a.

SÜRMELIOĞLU, D. et al. Effects of bleaching gels containing TiO₂ on enamel mineral content and whitening efficacy. **Clinical Oral Investigations**, v. 25, p. 2543–2552, 2021b.

TANNO, R. et al. Enhanced tooth bleaching with TiO₂ and ultraviolet light activation. **Asian Pacific Journal of Dentistry**, v. 20, n. 2, p. 45–51, 2020.

THACKER, S. et al. Visible-light-activated nitrogen-doped titanium dioxide for tooth whitening: in vitro evaluation. **International Journal of Molecular Sciences**, v. 22, n. 7, p. 3759, 2021.

WANG, C. et al. Induction of cytotoxicity by photoexcitation of TiO₂ can prolong survival in glioma-bearing mice. **Molecular Biology Reports**, v. 38, n. 1, p. 523–530, 2011.

WANG, X. et al. Photodynamic therapy using titanium dioxide nanoparticles. **Cancer Research**, v. 71, p. 1625–1634, 2011.