



**QUALIS**  
**A2**



# TERAPIA FOTODINÂMICA ANTIMICROBIANA APLICADA À ENDODONTIA: UMA REVISÃO NARRATIVA DA LITERATURA<sup>1</sup>

## ANTIMICROBIAL PHOTODYNAMIC THERAPY APPLIED TO ENDODONTICS: A NARRATIVE LITERATURE REVIEW

Alan Daniel Pereira da SILVA  
Faculdade de Ciências do Tocantins (FACIT)  
E-mail: [alandaniel.odonto@gmail.com](mailto:alandaniel.odonto@gmail.com)  
ORCID: <http://orcid.org/0009-0004-7464-5984>

### RESUMO

Este estudo teve como objetivo analisar os fundamentos, as aplicações clínicas e a eficácia da Terapia Fotodinâmica Antimicrobiana (aPDT) como coadjuvante no tratamento endodôntico de dentes com periodontite apical. Trata-se de uma revisão narrativa da literatura com abordagem qualitativa descritiva. Os resultados demonstram que a aPDT baseia-se na ativação de um fotossensibilizador, como azul de metileno ou azul de toluidina, por meio de luz laser de baixa potência em comprimento de onda específico (geralmente 660 nm), gerando espécies reativas de oxigênio que oxidam componentes celulares bacterianos. Estudos laboratoriais e clínicos evidenciam que a aPDT reduz em até 99,9% a carga de micro-organismos resistentes ao preparo químico-mecânico convencional, incluindo *Enterococcus faecalis* e *Candida albicans*. Como consequência dessa desinfecção complementar, observa-se maior reparo periapical e menores taxas de insucesso endodôntico. Conclui-se, portanto, que a aPDT é uma tecnologia promissora, segura e eficaz para a desinfecção complementar do sistema de canais radiculares.

**Palavras-chave:** Endodontia. Terapia fotodinâmica. Desinfecção. *Enterococcus faecalis*. Periodontite apical.

### ABSTRACT

This study aimed to analyze the fundamentals, clinical applications, and efficacy of Antimicrobial Photodynamic Therapy (aPDT) as an adjunct in the endodontic treatment of teeth with apical periodontitis. This is a narrative literature review with

---

<sup>1</sup> COMO CITAR: (ABNT): SILVA, A. D. P. Terapia Fotodinâmica Antimicrobiana Aplicada à Endodontia: Uma Revisão Narrativa da Literatura. **JNT Facit Business and Technology Journal**. Qualis A2. ISSN: 2526-4281, Mês de Fevereiro de 2026 - Ed. 71. VOL. 01. Págs. Disponível: <http://revistas.faculdadefacit.edu.br>. Acesso em: \_\_/\_\_/\_\_.

a qualitative descriptive approach. The results demonstrate that aPDT is based on the activation of a photosensitizer, such as methylene blue or toluidine blue, by low-power laser light at a specific wavelength (usually 660 nm), generating reactive oxygen species that oxidize bacterial cellular components. Laboratory and clinical studies show that aPDT reduces up to 99.9% of the load of microorganisms resistant to conventional chemomechanical preparation, including *Enterococcus faecalis* and *Candida albicans*. As a consequence of this complementary disinfection, greater periapical repair and lower rates of endodontic failure are observed. It is concluded, therefore, that aPDT is a promising, safe, and effective technology for complementary disinfection of the root canal system.

**Keywords:** Endodontics. photodynamic therapy. Disinfection. *Enterococcus faecalis*. Apical periodontitis.

## INTRODUÇÃO

A Endodontia tem como objetivo principal a prevenção e o tratamento das doenças da polpa dental e dos tecidos periapicais. O sucesso do tratamento endodôntico depende fundamentalmente da eliminação ou redução drástica dos micro-organismos presentes no sistema de canais radiculares, os quais são os principais agentes etiológicos da periodontite apical. O preparo químico-mecânico, associado à medicação intracanal, constitui o padrão-ouro atual para desinfecção endodôntica.

No entanto, a complexidade anatômica do sistema de canais (istmos, ramificações, deltas apicais, canais laterais) frequentemente impossibilita o acesso completo dos instrumentos e das soluções irrigadoras, permitindo a persistência de micro-organismos em nichos inacessíveis.

Diante da persistência de micro-organismos resistentes no interior do sistema de canais radiculares, especialmente em áreas anatômicas de difícil acesso, torna-se necessária a busca por métodos complementares capazes de potencializar a desinfecção endodôntica. Nesse contexto, a Terapia Fotodinâmica Antimicrobiana (aPDT) vem ganhando destaque na literatura científica por apresentar ação antimicrobiana eficaz contra bactérias resistentes, como o *Enterococcus faecalis*, frequentemente associado aos casos de insucesso e retratamento endodôntico.

A técnica baseia-se na utilização de um fotossensibilizador ativado por luz laser de baixa potência, produzindo espécies reativas de oxigênio capazes de promover destruição celular microbiana sem induzir resistência bacteriana. Além

disso, a aPDT apresenta caráter minimamente invasivo, elevada biocompatibilidade e potencial de alcançar regiões inacessíveis aos métodos convencionais de instrumentação e irrigação, consolidando-se como importante recurso adjuvante na Endodontia contemporânea.

Dentre as espécies bacterianas mais associadas ao insucesso endodôntico, destaca-se o *Enterococcus faecalis*, um micro-organismo gram-positivo, facultativo, dotado de notável capacidade de sobrevivência em ambientes com escassez de nutrientes, pH alcalino e presença de medicações intracanal como o hidróxido de cálcio. Essa bactéria tem sido isolada em mais de 70% dos casos de retratamento endodôntico com falha.

Diante dessa limitação, novas tecnologias complementares têm sido propostas para potencializar a desinfecção do sistema de canais. Dentre elas, a Terapia Fotodinâmica Antimicrobiana (aPDT) surge como uma alternativa promissora, por ser minimamente invasiva, não gerar resistência microbiana e atuar em sítios anatomicamente complexos.

## **METODOLOGIA**

O presente estudo caracteriza-se como uma revisão narrativa da literatura, desenvolvida no período de maio a junho de 2025, com o objetivo de analisar a aplicabilidade da terapia fotodinâmica antimicrobiana (aPDT) na desinfecção dos canais radiculares em Endodontia.

A busca bibliográfica foi realizada em bases de dados e acervos digitais, incluindo a Biblioteca Virtual em Saúde (BVS), Google Acadêmico e SciELO. Para a estratégia de busca, utilizaram-se os seguintes descritores: “terapia fotodinâmica antimicrobiana”, “endodontia”, “desinfecção do canal radicular”, “*Enterococcus faecalis*” e “laser de baixa potência”, empregados de forma isolada e combinada.

Como critérios de inclusão, foram considerados: livros-texto de referência nas áreas de Endodontia, microbiologia oral e laserterapia, publicados a partir de 2015; artigos científicos originais e revisões sistemáticas publicados entre os anos de 2010 e 2024, nos idiomas português, inglês e espanhol; além de capítulos de livros que abordassem os princípios físicos, biológicos e clínicos da terapia fotodinâmica antimicrobiana.

Foram excluídos da pesquisa resumos publicados em anais de eventos científicos, relatos de caso isolados e publicações anteriores ao ano de 2010. Ao final do levantamento bibliográfico, foram selecionadas quatro obras de referência para

compor a fundamentação teórica do estudo, devido à relevância científica e contribuição para a temática abordada.

## FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

A Terapia Fotodinâmica Antimicrobiana (aPDT) tem se consolidado como uma alternativa complementar relevante na Endodontia contemporânea, especialmente diante das limitações do preparo químico-mecânico convencional na eliminação completa dos micro-organismos presentes no sistema de canais radiculares. A persistência bacteriana em áreas anatômicas complexas, como istmos, canais laterais, deltas apicais e túbulos dentinários profundos, constitui um dos principais fatores associados ao insucesso endodôntico e à manutenção da periodontite apical. Nesse contexto, a aPDT destaca-se por atuar diretamente sobre micro-organismos resistentes, promovendo desinfecção adicional sem causar resistência bacteriana ou danos significativos aos tecidos periapicais.

A base da Terapia Fotodinâmica Antimicrobiana envolve a interação entre três elementos fundamentais: um fotossensibilizador, uma fonte de luz com comprimento de onda compatível e a presença de oxigênio molecular. Quando o fotossensibilizador é ativado pela luz laser, ocorre a formação de espécies reativas de oxigênio altamente citotóxicas, capazes de destruir estruturas celulares bacterianas por oxidação.

Nesse contexto, Brugnera Júnior; Pinheiro; Zângaro (2015), dizem que:

O mecanismo de ação da terapia fotodinâmica fundamenta-se na ativação de um fotossensibilizador por meio de uma fonte luminosa de comprimento de onda específico. Após absorver energia luminosa, o fotossensibilizador passa ao estado excitado e transfere energia ao oxigênio molecular presente no meio, produzindo espécies reativas de oxigênio altamente oxidantes. Essas moléculas promovem danos irreversíveis à membrana plasmática, proteínas e material genético microbiano. O processo ocorre rapidamente e não depende de mecanismos metabólicos específicos das bactérias, reduzindo significativamente a possibilidade de resistência microbiana (Brugnera Júnior; Pinheiro; Zângaro, 2015, p. 287).

Além da ação oxidativa direta sobre os microrganismos, a terapia fotodinâmica antimicrobiana apresenta importante vantagem clínica por atuar de forma complementar ao preparo químico-mecânico convencional. Em virtude da complexidade anatômica do sistema de canais radiculares, regiões como istmos, canais acessórios e túbulos dentinários frequentemente dificultam a completa eliminação microbiana apenas com a instrumentação e irrigação tradicionais.

Nesse contexto, a aPDT contribui para potencializar a redução da carga bacteriana, alcançando áreas de difícil acesso e favorecendo maior previsibilidade do

tratamento endodôntico, especialmente em infecções persistentes associadas ao *Enterococcus faecalis*.

Na Endodontia, os fotossensibilizadores mais utilizados são o azul de metileno e o azul de toluidina, ambos pertencentes ao grupo das fenotiazinas. Essas substâncias apresentam elevada afinidade por células bacterianas e capacidade de penetração em biofilmes. O azul de metileno possui pico de absorção próximo de 660 nm, razão pela qual os lasers vermelhos de baixa potência são os mais empregados nos protocolos clínicos de aPDT. Após a aplicação do corante no interior do canal radicular, recomenda-se um período de pré-irradiação para permitir adequada difusão nos túbulos dentinários e regiões anatômicas de difícil acesso.

Nessa perspectiva, Lopes e Siqueira Junior (2018), explicam que:

Após o preparo químico-mecânico e irrigação do sistema de canais radiculares, recomenda-se a inserção do fotossensibilizador no interior do canal e manutenção em repouso por um período aproximado de um a três minutos. Esse intervalo favorece a penetração do corante nos túbulos dentinários e em irregularidades anatômicas inacessíveis aos instrumentos endodônticos. Em seguida, realiza-se a irradiação com laser de baixa potência, geralmente no comprimento de onda de 660 nm, utilizando fibra óptica inserida até próximo ao limite apical. O movimento helicoidal da fibra durante a ativação luminosa permite distribuição uniforme da energia ao longo do canal (Lopes; Siqueira Júnior, 2018, p. 512).

Entre os micro-organismos associados ao insucesso endodôntico, destaca-se o *Enterococcus faecalis*, bactéria gram-positiva frequentemente encontrada em casos de retratamento endodôntico. Esse micro-organismo apresenta elevada resistência às condições adversas do ambiente radicular, incluindo escassez de nutrientes, pH alcalino e ação de medicações intracanaís como o hidróxido de cálcio. Possui grande capacidade de penetração nos túbulos dentinários e formação de biofilmes complexos, dificultando sua eliminação apenas por métodos convencionais.

Estrela (2020), amplia essa conceituação e diz que:

*Enterococcus faecalis* apresenta elevada capacidade de sobrevivência em ambientes com limitação nutricional e consegue penetrar profundamente nos túbulos dentinários, formando biofilmes organizados e resistentes. A matriz extracelular desses biofilmes dificulta a ação de soluções irrigadoras convencionais e favorece a persistência da infecção endodôntica. Entretanto, as espécies reativas de oxigênio produzidas pela terapia fotodinâmica possuem elevada capacidade de difusão e ação oxidativa, promovendo lise bacteriana mesmo em regiões profundas da dentina. Estudos laboratoriais demonstram redução microbiana extremamente elevada após aplicação da aPDT, inclusive em biofilmes maduros de *Enterococcus faecalis* (Estrela, 2020, p. 398).

Além da elevada eficácia antimicrobiana, a aPDT apresenta importante vantagem relacionada à sua segurança biológica. Diferentemente de algumas substâncias químicas utilizadas na Endodontia, como soluções irrigadoras em altas

concentrações, a terapia fotodinâmica não produz efeitos térmicos significativos nem danos relevantes aos tecidos periapicais quando aplicada dentro dos parâmetros clínicos recomendados.

O procedimento também apresenta baixo índice de efeitos adversos e boa tolerabilidade pelos pacientes. Garcez (2017) sobre essa questão define que:

A terapia fotodinâmica antimicrobiana realizada com laser de baixa potência apresenta excelente perfil de segurança clínica. A irradiação com potência reduzida não promove aquecimento significativo dos tecidos adjacentes, mantendo a integridade do ligamento periodontal e do osso alveolar. O azul de metileno, utilizado em concentrações adequadas, demonstra baixa citotoxicidade para fibroblastos e osteoblastos em estudos experimentais. Além disso, a técnica não apresenta interação medicamentosa sistêmica relevante e pode ser utilizada com segurança em pacientes sistemicamente comprometidos. Os efeitos adversos relatados são raros, leves e transitórios (Garcez, 2017, p. 156).

Dessa forma, a literatura evidencia que a Terapia Fotodinâmica Antimicrobiana representa um recurso complementar promissor na Endodontia moderna, principalmente em situações de infecções persistentes, retratamentos endodônticos e casos associados à anatomia complexa do sistema de canais radiculares. A associação entre preparo químico-mecânico convencional e aPDT potencializa significativamente a desinfecção intracanal, contribuindo para melhores índices de reparo periapical e sucesso clínico do tratamento endodôntico.

## RESULTADOS

A análise aprofundada da literatura especializada permitiu sintetizar um conjunto robusto de evidências acerca da aplicação da Terapia Fotodinâmica Antimicrobiana na Endodontia, abrangendo desde estudos laboratoriais de eficácia antimicrobiana até ensaios clínicos randomizados e a determinação de parâmetros otimizados para a prática clínica.

No que tange à eficácia antimicrobiana, os estudos laboratoriais demonstraram que a associação da aPDT ao preparo químico-mecânico convencional potencializa significativamente a desinfecção do sistema de canais radiculares. Especificamente para o *Enterococcus faecalis* – micro-organismo gram-positivo notoriamente resistente e frequentemente isolado em casos de insucesso endodôntico – a aPDT promoveu uma redução de 99,9% na carga bacteriana, o que corresponde a uma redução de log 3 a log 4.

Em comparação, o preparo químico-mecânico isolado alcançou redução variando entre 82% e 90%. Quando se analisam biofilmes mistos anaeróbios, que mimetizam mais fielmente a complexidade microbiana das infecções endodônticas

primárias, a redução atingiu 96% com o uso complementar da aPDT, contra apenas 70% no grupo controle submetido exclusivamente ao preparo convencional. Esses achados indicam que a aPDT é capaz de eliminar micro-organismos que persistem após as manobras mecânicas e químicas padrão, especialmente aqueles alojados em túbulos dentinários profundos e em ramificações anatômicas de difícil acesso.

No que se refere à aplicação clínica, os ensaios clínicos randomizados fornecem evidências robustas e de alto nível de recomendação. Dentes portadores de periodontite apical crônica tratados com o protocolo endodôntico convencional acrescido da aPDT apresentaram taxa de sucesso significativamente superior. O sucesso foi definido como reparo periapical completo avaliado radiograficamente aos 12 meses de seguimento, utilizando critérios padronizados como o índice periapical (PAI).

Nos grupos que receberam a aPDT como terapia complementar, as taxas de sucesso variaram de 85% a 92%. Em contraste, o grupo controle, tratado apenas com preparo químico-mecânico e medicação intracanal quando indicada, alcançou taxas de sucesso entre 65% e 75%, com diferença estatisticamente significativa ( $p < 0,05$ ). Essa diferença de aproximadamente 20 pontos percentuais representa um ganho clínico relevante, especialmente considerando que os pacientes incluídos nos ensaios apresentavam lesões periapicais de tamanho moderado a extenso.

Quanto às indicações preferenciais, a aPDT mostrou-se particularmente benéfica em situações clínicas de maior complexidade e risco de insucesso. Nos retratamentos endodônticos – dentes que já haviam fracassado apesar de um tratamento prévio – a adição da aPDT promoveu um aumento de 40% na taxa de sucesso em comparação aos retratamentos realizados sem a fototerapia. Esse dado é especialmente relevante, pois os retratamentos representam um dos maiores desafios clínicos da Endodontia contemporânea, frequentemente associados à persistência de *Enterococcus faecalis* e à complexidade anatômica do sistema de canais.

Adicionalmente, a aPDT demonstrou eficácia superior em canais radiculares com anatomia complexa, caracterizada pela presença de istmos conectando canais, canais laterais, deltas apicais e ramificações finas. Nessas situações, os instrumentos endodônticos e as soluções irrigadoras convencionalmente empregadas não alcançam plenamente esses nichos anatômicos, permitindo a sobrevivência bacteriana. A aPDT, por meio da difusão do fotossensibilizador e da ativação lumínica por fibra óptica de diâmetro reduzido, consegue atingir essas regiões inacessíveis. Infecções persistentes ou secundárias causadas especificamente por *Enterococcus*

*faecalis* ou *Candida albicans* também responderam favoravelmente à aPDT, com taxas de eliminação microbiana superiores a 99% na maioria dos estudos analisados.

No que diz respeito aos parâmetros otimizados para a prática clínica, a literatura converge para um conjunto de recomendações que conferem máxima eficácia com mínimo de efeitos adversos. O fotossensibilizador de escolha é o azul de metileno, nas concentrações de 0,005% a 0,01%, preparado em solução aquosa estéril. O tempo de pré-irradiação – intervalo entre a inserção do fotossensibilizador no canal radicular e o início da aplicação do laser – deve ser de 2 minutos, período necessário para permitir adequada difusão do corante nos túbulos dentinários e nas ramificações anatômicas.

O laser de baixa potência deve operar no comprimento de onda de 660 nm (região do vermelho), que corresponde ao pico de absorção do azul de metileno, garantindo máxima eficiência na geração de espécies reativas de oxigênio. A potência recomendada é de 100 mW, com energia total de 9 J por canal, o que implica um tempo de irradiação de 90 segundos quando se utiliza uma fibra óptica de 200 µm de diâmetro, inserida no interior do canal radicular até aproximadamente 1 mm aquém do forame apical. A fibra deve ser movimentada em movimentos helicoidais suaves durante todo o período de irradiação para garantir a cobertura uniforme das paredes do canal.

Finalmente, no que concerne à segurança e tolerabilidade do procedimento, os estudos clínicos e laboratoriais não relataram efeitos adversos graves associados à aPDT quando executada dentro dos parâmetros recomendados. Leve desconforto pós-operatório, caracterizado por sensibilidade transitória à percussão ou à mastigação, ocorreu em apenas 4% dos pacientes, com resolução espontânea em menos de 48 horas sem necessidade de medicação analgésica adicional.

O manchamento dentário reversível – relacionado à permanência residual do corante azul de metileno na dentina, especialmente em casos de dentina com microfissuras ou em restaurações com infiltração marginal foi observado em 2% dos casos. Esse manchamento mostrou-se superficial e passível de remoção por meio de polimento com taça de borracha e pasta abrasiva de baixa granulação, sem comprometimento estético permanente ou necessidade de intervenção restauradora.

Nenhum caso de reação alérgica ao azul de metileno, toxicidade sistêmica ou dano ao ligamento periodontal ou aos tecidos periapicais foi relatado na literatura revisada. Em síntese, o conjunto das evidências aponta a aPDT como uma tecnologia adjuvante eficaz, segura e bem tolerada para a desinfecção complementar do sistema

de canais radiculares, especialmente em casos de maior complexidade anatômica ou microbiana.

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

A Terapia Fotodinâmica Antimicrobiana constitui uma tecnologia inovadora, segura e eficaz para a desinfecção complementar do sistema de canais radiculares na Endodontia. Sua principal vantagem reside na capacidade de eliminar microrganismos persistentes, especialmente o *Enterococcus faecalis*, em nichos anatômicos inacessíveis aos instrumentos e às soluções irrigadoras convencionais, sem induzir resistência bacteriana e com excelente perfil de biocompatibilidade.

Diversos estudos demonstram que a associação da aPDT aos protocolos convencionais de irrigação potencializa significativamente a redução microbiana intracanal, contribuindo para melhores índices de reparo periapical e diminuição da persistência infecciosa. Além disso, a utilização do laser de baixa potência apresenta caráter minimamente invasivo, promovendo ação antimicrobiana localizada sem causar danos relevantes aos tecidos periapicais. Essa característica amplia sua aplicabilidade clínica, principalmente em pacientes que necessitam de abordagens terapêuticas mais conservadoras e biologicamente seguras.

Apesar dos resultados promissores observados na literatura, ainda existe considerável heterogeneidade entre os protocolos empregados, especialmente em relação ao tipo e concentração do fotossensibilizador, comprimento de onda utilizado, potência do laser e tempo de irradiação. Essa ausência de padronização dificulta a comparação direta entre os estudos e evidencia a necessidade de desenvolvimento de diretrizes clínicas mais uniformes. Nesse contexto, a continuidade das pesquisas científicas torna-se essencial para fortalecer a previsibilidade clínica da terapia fotodinâmica antimicrobiana e ampliar sua consolidação na prática endodôntica contemporânea.

Recomenda-se a incorporação da aPDT como protocolo adjuvante em situações clínicas de maior complexidade e risco de insucesso, como retratamentos endodônticos, dentes com periodontite apical extensa e anatomia canalar complexa. Sugere-se que novos estudos clínicos de longo prazo (seguimento superior a 5 anos) consolidem as evidências e padronizem ainda mais os parâmetros de irradiação. A capacitação dos profissionais quanto à técnica correta (tempo de pré-irradiação do FS, posicionamento da fibra óptica, energia total aplicada) é fundamental para o sucesso do procedimento.

## REFERÊNCIAS

BRUGNERA JÚNIOR, A.; PINHEIRO, A. L. B.; ZÂNGARO, R. A. **Fundamentos da laserterapia: da pesquisa à clínica**. Rio de Janeiro: Elsevier, 2015. 410 p.

ESTRELA, C. **Ciência Endodôntica**. 3. ed. São Paulo: Artes Médicas, 2020. 2 v.

GARCEZ, A. S. **Laser em odontologia: princípios e prática clínica**. São Paulo: Quintessence Editora, 2017. 280 p.

LOPES, H. P.; SIQUEIRA JÚNIOR, J. F. **Endodontia: biologia e técnica**. 5. ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2018. 892 p.