

**FACULDADE DE SETE LAGOAS**

**DAYANE RAMOS PEREIRA DRUMOND**

**TERAPIA FOTODINÂMICA NA ENDODONTIA:  
REVISÃO DE LITERATURA**

**MONTES CLAROS**

**2018**

**DAYANE RAMOS PEREIRA DRUMOND**

**TERAPIA FOTODINÂMICA NA ENDODONTIA:  
REVISÃO DE LITERATURA**

Monografia apresentada ao curso de Especialização da Faculdade de Sete Lagoas como requisito parcial para a obtenção do título de Especialista em Endodontia.

Orientador: Prof. Dr. Rafael Rodrigues Soares de Magalhães

**MONTES CLAROS**

**2018**

## FICHA CATALOGRÁFICA

Drumond, Dayane Ramos Pereira.

Terapia fotodinâmica na endodontia : revisão de literatura / Dayane Ramos Pereira Drumond. - 2018.

25 f. ; il.

Orientador: Rafael Rodrigues Soares de Magalhães.

Monografia (especialização) - Faculdade de Tecnologia de Sete Lagoas, 2018.

1. Terapia fotodinâmica. 2. Tratamento endodôntico.

I. Título.

II. Rafael Rodrigues Soares de Magalhães.

Faculdade de Tecnologia de Sete Lagoas

Monografia intitulada "**Terapia Fotodinâmica na Endodontia: revisão de literatura**"  
de autoria da aluna Dayane Ramos Pereira Drumond, aprovada pela banca  
examinadora constituída pelos seguintes professores:

---

Rafael Rodrigues Soares de Magalhães –Faculdade de Sete Lagoas – Orientador

---

Nome do examinador - Instituição a qual pertence

Montes Claros, 29 de março de 2018

## **DEDICATÓRIA**

Dedico este trabalho aos meus pais, ao meu marido Caio e a minha filha Maria Luiza, ao meu amigo Felipe, por sempre estarem ao meu lado, me apoiando durante toda essa caminhada.

## RESUMO

A terapia fotodinâmica (TFD) tem recebido atenção na terapia endodôntica por ser uma abordagem que garante a remoção de microrganismos envolvidos nas infecções, alcançando regiões que as técnicas convencionais não permitem. A TFD é um tópico recente das pesquisas na área odontológica, apresentando poucos estudos *in vivo* para consolidar seu uso na clínica diária. Com isso, o presente trabalho teve como objetivo realizar uma revisão da literatura com a finalidade de fornecer uma abordagem crítica de vários aspectos relevantes na TFD com fins endodônticos. Informações existentes sobre as fontes de luz, comprimentos de ondas, fotossensibilizadores e resultados *in vivos* foram revisados para melhor entendimento dessa terapia promissora. A terapia fotodinâmica mostrou-se efetiva na redução de vários microrganismos envolvidos nas patologias endodônticas, sendo extremamente promissora como abordagem coadjuvante ao tratamento convencional. No entanto, a sua utilização isolada é questionável, sendo encorajado a sua combinação com um protocolo de irrigação.

**Palavras-chaves:** Terapida fotodinâmica; tratamento endodôntico.

## **ABSTRACT**

Photodynamic therapy (PDT) has received attention in endodontic treatment because it is an approach that guarantees the removal of microorganisms involved in infections, reaching regions that conventional techniques do not allow. This is a recent topic of research in the dentistry area, presenting few *in vivo* studies to consolidate its use in the daily clinic. Thus, the present study aimed to review the literature in order to provide a critical report of several relevant aspects of PDT used in endodontics. Existing information on light sources, wavelengths, photosensitizers and *in vivo* results were revised to better understand this promising therapy. Photodynamic therapy has shown to be effective in reducing the number of microorganisms involved in endodontic infections, and it is extremely promising as an adjunct to conventional treatment. However, its isolated use is questionable, being encouraged the combination with an irrigation protocol.

**Keywords:** Photodynamic therapy; endodontic treatment.

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Estudos *In vivo* com terapia fotodinâmica.

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

$^1\text{O}_2$	Oxigênio singleto
AM	Azul de metileno
AT	Azul de toluidina
EDTA	Ácido etilendiamino
EROS	Espécies reativas de oxigênio secundários
FS	Fotossensibilizador
NaClO	Hipoclorito de sódio
RB	Rosa bengala
TFD	Terapia fotodinâmica
TMPyP	Porfirina sintética
UFC	Unidades formadoras de colônias
Zn(II)e <sub>6</sub> Me	Éster metílico de clorina

## SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	11
2	PROPOSIÇÃO.....	13
3	REVISÃO DE LITERATURA.....	14
	3.1 FOTOSSENSIBILIZADORES.....	14
	3.2 TIPOS DE LUZES .....	16
	3.3 COMPRIMENTOS DE ONDA.....	17
	3.4 ESTUDOS IN VIVO COM FTD .....	18
4	DISCUSSÃO.....	19
5	CONCLUSÃO .....	22
	REFERÊNCIAS.....	23

## 1 INTRODUÇÃO

O tratamento endodôntico tem como principal objetivo a redução ou eliminação da microflora patológica do sistema radicular (Ahangari *et al.*, 2017; Beltes, Sakkas, *et al.*, 2017). A técnica químico-mecânica é o passo mais importante no controle da infecção do canal (Arneiro *et al.*, 2014), consistindo da instrumentação mecânica e irrigação química utilizando agentes antimicrobianos, tais como hipoclorito de sódio (NaClO) e clorexidina (Asnaashari *et al.*, 2017; Beltes, Sakkas, *et al.*, 2017). Posteriormente, os canais são preenchidos com medicamentos (geralmente hidróxido de cálcio) com o intuito de eliminar as bactérias remanescentes entre consultas (Ahangari *et al.*, 2017; Asnaashari *et al.*, 2017). No entanto, a anatomia dos canais radiculares é complexa, com áreas de difícil alcance pelos procedimentos mecânico-químicos convencionais (Ahangari *et al.*, 2017), podendo haver a manutenção de 40% a 60% das bactérias após irrigação de soluções salinas e NaClO (Asnaashari *et al.*, 2017). As bactérias remanescentes geralmente não são acessíveis ao sistema imunológico do hospedeiro, o que pode permitir a propagação e recolonização do canal radicular com consequente reinfecção endodôntica (Diogo *et al.*, 2017). Além disso, muitos microrganismos, como o *Enterococcus faecalis*, têm se mostrado significativamente resistentes aos agentes antimicrobianos utilizadas, devido sua capacidade de penetrar os túbulos dentinários e formar biofilme (Akbari *et al.*, 2017; Asnaashari *et al.*, 2017).

Considerando a limitação da técnica mecânica-química na eliminação de bactérias, e a ocorrência de falhas terapêuticas associadas a infecções endodônticas persistentes (Miranda, de e Colombo, 2017), a busca de estratégias suplementares para otimizar a desinfecção do canal radicular tem sido encorajada. A terapia fotodinâmica (TFD) tem recebido destaque por ser um tratamento seguro que pode ser usado com o intuito de diminuir efetivamente os microrganismos intracanaís, acessando as regiões de difícil acesso (Ahangari *et al.*, 2017). Entre outros tratamentos, a TFD tornou-se uma opção viável por ser uma técnica que além de desinfetar o canal radicular, também mantém ou até melhora a estabilidade química/mecânica da dentina (Akbari *et al.*, 2017). Além disso, seu uso garante a desinfecção do canal em uma única

sessão quando comparado ao hidróxido de cálcio, que é amplamente utilizado como medicação intracanal (Ahangari *et al.*, 2017).

O princípio da TFD é baseado em um fotossensibilizador (FS) não tóxico que é ativado por uma fonte de luz visível em um comprimento de onda específico ( SOARES *et al.*, 2016; AKBARI *et al.*, 2017; ASNAASHARI *et al.*, 2017; DIOGO *et al.*, 2017; TRINDADE *et al.*, 2017). Após ser estimulado pela luz, o FS libera sua energia ou elétrons para a formação de espécies reativas de oxigênio secundários (EROS), como o oxigênio singleto ( $^1O_2$ ), que induzem danos à estruturas e componentes moleculares das bactérias, com consequente morte dos microrganismos sem afetar as células hospedeiras (Akbari *et al.*, 2017; Diogo *et al.*, 2017).

Apesar de vários protocolos da TFD estarem sendo sugeridos, garantindo sua eficácia como um tratamento adjunto à terapia endodôntica padrão (Ahangari *et al.*, 2017), poucos estudos testaram esse tratamento *in vivo* para consolidar seu uso. Além disso, a utilização dessa abordagem ainda é bastante experimental, havendo a necessidade de novos estudos que consigam padronizar as metodologias e comprovar sua eficiência no tratamento das infecções endodônticas.

## 2 PROPOSIÇÃO

O presente trabalho teve como objetivo revisar a literatura fornecendo um resumo crítico de vários aspectos relevantes na TFD com fins endodônticos. Informações existentes sobre as fontes de luz, comprimentos de ondas, fotossensibilizadores e resultados *in vivos* foram revisados para melhor entendimento dessa terapia promissora.

### 3 REVISÃO DE LITERATURA

A TFD é uma modalidade de tratamento que vem se desenvolvendo rapidamente dentro de várias especialidades desde a década de 1960 (Gursoy *et al.*, 2013). Recentemente, muitos estudos têm sido desenvolvidos com TFD devido à excelente resposta antibacteriana adquirida, sendo difundida em várias áreas, não apenas na endodontia. Os primeiros relatos da sua utilização foram no tratamento de câncer, apresentando vantagens sobre os tratamentos convencionais, como cirurgia, radioterapia e quimioterapia, sendo inclusive aprovada como tratamento clínico no Estados Unidos, Canada, Japão, entre outros (Konopka e Goslinski, 2007). Além do tratamento de câncer, a TFD também tem sido utilizada em infecções bacterianas e fúngicas, psoríase, periodontite, queratose actínica, artrite reumatoide e degeneração macular relacionada à idade (Konopka e Goslinski, 2007; Gursoy *et al.*, 2013).

O mecanismo da reação fotodinâmica é complicado e depende intrinsecamente do entendimento dos protocolos e parâmetros utilizados (Akbari *et al.*, 2017; Prazmo, Godlewska e Mielczarek, 2017). Ela baseia-se em uma correlação mútua de três fatores: luz, fotossensibilizante e oxigênio (Prazmo, Godlewska e Mielczarek, 2017), devendo-se levar em consideração o tipo e concentração do fotossensibilizador, o tipo de luz, o seu comprimento de onda, densidade, potência e tempo de irradiação (Akbari *et al.*, 2017).

#### 3.1 Fotossensibilizadores

O uso de um FS para atingir o efeito antimicrobiano durante a TFD é indispensável. Eles sofrem uma reação química quando ativados pela luz, que geram radicais livres ou íons superóxido através do hidrogênio (Soares *et al.*, 2016). Existem fatores importantes que fazem um FS ideal para TFD, incluindo baixos níveis de toxicidade, alta interação com células microbianas, e a presença de bandas de absorção na chamada janela óptica (600-900 nm) para uma penetração suficiente da luz nos tecidos (Akbari *et al.*, 2017). Sendo assim, os fotossensibilizadores antimicrobianos precisam produzir um nível elevado e persistente de EROS em bactérias. No entanto, é interessante que as espécies reativas aumentem apenas

transitoriamente em células mamíferas, mantendo assim um bom índice terapêutico (maximizando a eficácia e minimizando a toxicidade) (Bouillaguet *et al.*, 2008).

Dentre os FSs descritos na literatura, o azul de metileno (AM) e o azul de toluidina (AT) são as opções mais comuns (ARNEIRO *et al.*, 2014). Curcumina (Sivieri-Araujo *et al.*, 2017), eritrosina (Borba *et al.*, 2017), quitosana (Camacho-Alonso *et al.*, 2017), indocianina verde (Beltes, Sakkas, *et al.*, 2017; Pourhajibagher e Bahador, 2017), rosa bengala (RB), porfirina sintética (TMPyP) e um éster metílico de clorina (Zn(II)e<sub>6</sub>Me) obtido a partir da clorofila (Diogo *et al.*, 2017) também tem sido relatados na literatura.

O estudo de Diogo *et al.* (2017) comparou a maioria destes FS com soluções irrigadoras amplamente utilizadas, como: NaClO, clorexidina e ácido etilenodiamino tetra-acético (EDTA). Dentre eles, Zn(II)e<sub>6</sub>Me merece destaque por ter tido uma melhor eficácia antimicrobiana contra *E. faecalis* e *C. albicans* quando comparado com os FSs clinicamente utilizados, como AT e RB. Zn(II)e<sub>6</sub>Me e TMPyP tiveram eficiências semelhantes na redução da biomassa do biofilme de *C. albicans* com 90s de irradiação, no entanto Zn(II)e<sub>6</sub>Me apresentou uma maior remoção de biofilme misto. Quando comparado com os irrigantes clássicos, este FS não foi tão efetivo quanto ao NaClO, mas superou a clorexidina e o EDTA na remoção de *E. faecalis*. Um ponto importante que deve ser levado em consideração refere-se ao fato do Zn(II)e<sub>6</sub>Me ser preparado a partir de fontes naturais, apresentando uma menor toxicidade na ausência total de luz do que os demais FSs (Diogo *et al.*, 2017).

Outros estudos (Pourhajibagher e Bahador, 2017; Pourhajibagher, Ghorbanzadeh e Bahador, 2018) compararam três FSs (AM, AT e a indocianina verde) no que diz respeito à regulação de genes envolvidos na virulência e formação de biofilme de *P. gingivalis*. Eles observaram que a indocianina verde apresentou o maior potencial em reduzir a expressão gênica de fimA e rgpA, seguido pela AT e AM. Este mesmo FS mostrou-se eficiente em inibir a formação de biofilmes e, conseqüentemente, na diminuição de unidades formadoras de colônias (UFC) de *P. gingivalis*, sendo que essa diminuição foi proporcional ao aumento na concentração da indocianina verde, bem como com o tempo de irradiação do laser (Pourhajibagher *et al.*, 2017). Já o estudo de Borba *et al.* (2017) destacou a eritrosina como um FS promissor,

devido à sua ativação com o comprimento de onda proporcional às luzes usadas nas rotinas diárias de clínicas dentárias (400-600 nm), ao contrário de outros corantes que requerem ativação com um comprimento de onda de 620-700 nm, equivalente a lasers de baixo nível, que são aparelhos que não figuram na rotina clínica.

A variedade de fotossensibilizadores e a complexidade de sua aplicação torna difícil comparar os resultados disponíveis na literatura e estabelecer o protocolo terapêutico mais eficiente para uso clínico (Pražmo, Godlewska e Mielczarek, 2017).

### 3.2 Tipos de luzes

A escolha da fonte de luz deve estar atrelada ao fotossensibilizador escolhido, uma vez que o seu comprimento de onda deve coincidir ao pico de absorção do FS (Asnaashari *et al.*, 2017). Quando usadas em baixa potência, espera-se um efeito antimicrobiano da luz devido a essa associação com os FSs. Diferentes fontes de luz, com energias e meios de ativações diferentes, podem ser usadas na TFD endodôntica, tais como: lasers de Argônio, lasers de Hélio-Neon, lasers de vapor metálico e lasers de Diodo (Arneiro *et al.*, 2014; Cheng *et al.*, 2012).

A maioria dos estudos tem considerado a utilização de lasers como a fonte de luz (Asnaashari *et al.*, 2017). Os lasers de diodo são os mais utilizados, possivelmente porque estão disponíveis no mercado (Arneiro *et al.*, 2014) e apresentarem papel efetivo na inibição do crescimento de diferentes espécies de bactérias envolvidas nas infecções endodônticas (Asnaashari *et al.*, 2017), permitindo ainda o alcance de áreas anteriormente indisponíveis, como os túbulos dentinários (Asnaashari, Homayuni e Paymanpour, 2016). As fontes de luz azul (380-500 nm) que são rotineiramente usadas para curar materiais à base de resina tem se mostrado menos caras e mais compactas do que as lâmpadas de luz vermelha que atualmente são usadas para TFD (Bouillaguet *et al.*, 2008). Além disso, devido ao seu comprimento de onda mais curto, a luz azul traz mais energia para promover a formação de espécies reativas de oxigênio após tempos de exposição mais curtos (Bouillaguet *et al.*, 2008).

A duração da aplicação da luz é uma variável que deve ser considerada, sendo possível sua variação de acordo com o FS escolhido. É interessante que a duração seja a menor possível sem alterar consideravelmente a ação antibacteriana. Por exemplo, o estudo de Diogo *et al.* (2017) mostrou que não há diferenças entre a aplicação de luz

por 90 s e 30 min, sendo indicada a utilização clínica de 90 s. Enquanto que já foi observado que o aumento da concentração do FS diminui o tempo necessário de aplicação da luz ao utilizar a eritrosina, o que torna mais aplicável na prática (Borba *et al.*, 2017). Outro estudo (Beltes, Sakkas, *et al.*, 2017), também mostrou que diferentes potências de irradiações, alta e média intensidade, são capazes de exercer efeito bactericida efetivo e influenciar o tempo de ativação pela luz.

O uso da luz com taxa de irradiação de alta intensidade pode causar uma redução mínima nas unidades formadoras de colônias, principalmente em função da geração de calor (efeito fototérmico) (Attiguppe, 2017; Beltes, Economides, *et al.*, 2017). Apesar disso, a utilização de um irrigante ou de um corante fotossensível é extremamente necessária para uma desinfecção significativa (Attiguppe, 2017). Sendo que o uso de luzes de alta potência devem ser utilizados com cuidado, pois podem causar danos irreversíveis aos tecidos bucais (Beltes, Economides, *et al.*, 2017).

### 3.3 Comprimentos de onda

Nos tratamentos que envolvem a utilização de fontes de luz, a aplicação de um comprimento de onda adequado é de suma importância. Com relação a TFD, os comprimentos de ondas utilizados na literatura se encontram entre 600-1200 nm (Ahangari *et al.*, 2017; Arneiro *et al.*, 2014), sendo que a escolha deve ser diretamente correlacionada com o comprimento de onda a ser absorvido pelo fotossensibilizador, para se produzir a cascata fotoquímica esperada (Arneiro *et al.*, 2014; Prazmo, Godlewska e Mielczarek, 2017).

No que diz respeito ao AM e AT, ambos são ativados por luz na região visível (vermelha) do espectro, 660 and 634 nm, respectivamente (Beltes, Sakkas, *et al.*, 2017). Alguns fotossensibilizadores como o TMPyP e o Zn(II)e<sub>6</sub>Me podem ser irradiados com comprimentos de ondas de 627 nm, enquanto que o RB precisa do comprimento de onda de 557 nm para ser ativado (Diogo *et al.*, 2017). Já a indocianina verde absorve melhor a luz no espectro invisível (infra-vermelho), com comprimentos de ondas entre 800–810 nm (Beltes, Sakkas, *et al.*, 2017).

Atualmente, encontra-se disponível algumas fontes de luzes com comprimentos de ondas específicos, como os lasers Hélio-Neon (633 nm) de radiação visível, os

lasers de Argônio (488-514 nm) de radiação também visível (azul-verde) e os lasers de diodo consistido de Arsenato de Gálio-Alumínio (630-690-830- ou 906 nm) com radiação invisível (Akbari *et al.*, 2017). Em comparação com os comprimentos de onda inferiores da luz (<700 nm) utilizados na maioria das modalidades atuais de TFD, o infravermelho (> 800 nm) permite uma penetração mais profunda do tecido (Beltes, Sakkas, *et al.*, 2017).

### 3.4 Estudos *In vivo* com TFD

A tabela 1 mostra alguns dos estudos *in vivo* realizados utilizando a terapia fotodinâmica. De uma forma geral, pode-se observar que o tratamento com a TFD é eficaz na redução de vários microrganismos envolvidos nas infecções endodônticas primárias e secundárias. No entanto, todos os estudos avaliados mostraram que esta técnica não apresenta resultados com diferenças significativas quando comparado com métodos convencionais de instrumentação mecânica-química ou utilização de hidróxido de cálcio como medicação intracanal, por exemplo. O que se percebe é que existe uma falta de padronização dos protocolos utilizados na TFD, permanecendo em um estágio ainda experimental (Arneiro *et al.*, 2014; Beltes, Sakkas, *et al.*, 2017). Por exemplo, mesmo quando utilizado o mesmo tipo de luz (laser de diodo) e FS (azul de metileno), existe diferenças metodológicas quanto ao comprimento de onda, tempo de irradiação e concentração do FS. Além disso, a maioria dos estudos utilizam apenas algumas espécies bacterianas, quando é sabido que as infecções endodônticas têm uma natureza polimicrobiana (Foschi *et al.*, 2007; Pourhajibagher e Bahador, 2017).

Tabela 1. Estudos *In vivo* com terapia fotodinâmica

Amostra	Microrganismo	Protocolo TFD utilizado	Grupo controle	Resultado	Autores
20 pacientes com lesão periapical em pré-molar mandibular (canal único) com tratamento endodôntico previamente falhado	<i>Enterococcus faecalis</i> <i>Candida albicans</i>	laser de diodo (808 nm) + 50 mg / mL de azul de metileno	Hidróxido de Ca (PA) por 1 semana	Redução significativa das UFC para ambos grupos, sem diferença entre os tratamentos	(Ahangari <i>et al.</i> , 2017).
20 pacientes com lesão periapical	<i>Enterococcus faecalis</i>	Laser de diodo (635 nm) por	Hidróxido de Ca	Redução significativa das UFC para ambos	(Asnaashari <i>et al.</i> , 2017)

em molar com tratamento endodôntico a mais de 2 anos		60 s + 0,5 mL de 0,1 mg/mL de azul de toluidina	(PA) por 2 semanas	grupos, sem diferença entre os tratamentos	
20 pacientes com lesão periapical em dentes com tratamento endodôntico a mais de 2 anos	<i>Enterococcus faecalis</i> <i>Mitissalivarius</i> <i>Fusobacterium nucleatum</i> <i>Porphyromonas gingivalis</i> <i>Streptococci e Prevotella</i>	Laser de diodo (810 nm, 0.2 W) por 40 s. ou (810 nm, 1.2 W) por 30 s. + 0,5 mL de azul de metileno à 0.01%	Não houve	Ambos tratamentos foram efetivos, mas sem diferenças significantes em qualquer tipo de espécie bacteriana cultivada	(Asnaashari <i>et al.</i> , 2016)
9 pacientes com dentes necrosados	<i>Enterococcus faecalis</i> <i>Candida ssp.</i>	Laser InGaAIP (660 nm) por 40 s + 0.1 g/mL de azul de metileno	Tratament o-mecânico o-químico	Ambos tratamentos foram efetivos, especialmente quando usados em conjunto	(Silva, da <i>et al.</i> , 2018)
24 pacientes com dentes (uniradiculares)necrosados e com lesão periapical	Não foram cultivadas bactérias específicas	Laser de diodo (660nm) por 120 s + 0,1 mg/mL de azul de metileno	Hidróxido de Ca (PA) por 2 semanas	Ambos grupos mostraram efetividade em diminuir as UFC. O tratamento por duas semanas com hidróxido de CA mostrou-se mais eficiente em diminuir endotoxinas	(Rabello <i>et al.</i> , 2017)
32 pacientes com dentes necrosados e com lesão periapical	<i>Candida albicans</i> <i>Dialister pneumosintes</i> <i>Prevotella nigrescens</i> <i>Prevotella tanneriae</i> <i>Peptostreptococcus anaerobius</i>	Laser de diodo (660 nm) + 0,5 mL de azul de metileno (25 µg/mL)	Tratament o mecânico -químico	Ambos tratamentos foram eficazes na redução da carga microbiana. No entanto, FDT adjuvante proporciona uma melhor cicatrização periapical durante após 6 meses	(Miranda, de e Colombo, 2017)

#### 4 DISCUSSÃO

No tratamento endodôntico convencional, a redução da carga bacteriana é conseguida através de uma combinação de instrumentação mecânica, vários procedimentos de irrigação e o uso de drogas antimicrobianas ou preparações colocadas no canal radicular (Camacho-Alonso *et al.*, 2017; Garcez *et al.*, 2007). No entanto, existem numerosos estudos relatando que a eliminação completa das bactérias que colonizam o canal radicular não pode ser sempre alcançada com nenhum dos agentes quimioterapêuticos atualmente utilizados (Beltes, Sakkas, *et al.*, 2017). A

complexidade anatômica dos canais radiculares, que contam com a presença de canais acessórios, estenoses e rachaduras dentinárias, dificultam o debridamento completo do mesmo, o que pode levar à falha do tratamento endodôntico devido a presença de bactérias remanescentes (Attiguppe, 2017; Prazmo, Godlewska e Mielczarek, 2017). Além disso, a resistência bacteriana aos agentes antimicrobianos é um fator que tem contribuído para impedir o sucesso dos tratamentos (Pourhajibagher e Bahador, 2017), especialmente em casos de retratamento endodôntico (Asnaashari, Homayuni e Paymanpour, 2016). Por exemplo, o *E. faecalis* é capaz de sobreviver por longos períodos sem nutrientes e invadir os túbulos dentinários em profundidades superiores a 300 µm, o que o protege contra os irrigantes usuais (Camacho-Alonso *et al.*, 2017).

Dito isso, a TFD tem se mostrado uma alternativa aos meios convencionais de desinfecção de canais radiculares, especialmente por permitir a desinfecção de áreas que são impossíveis de alcançar com as técnicas tradicionais (Attiguppe, 2017). Os lasers utilizados tem a capacidade de penetrar melhor na estrutura do dentes em comparação com as soluções irrigantes, o que pode contribuir para a redução do número de falhas dos tratamentos endodônticos (Ahangari *et al.*, 2017; Camacho-Alonso *et al.*, 2017). Essa terapia tem-se mostrado eficiente na atuação de uma ampla gama de características morfológicas e fisiológicas bacterianas, bem como em fatores de virulência (incluindo a formação de biofilmes) associados à infecção do sistema de canais radiculares (Pourhajibagher e Bahador, 2017).

Dentre as vantagens observadas na utilização da TFD, destaca-se a facilidade e segurança de aplicação, menor produção de calor (Borba *et al.*, 2017), atividade antibacteriana de amplo espectro e baixo risco de resistência microbiana (Borba *et al.*, 2017; Rabello *et al.*, 2017), uma vez que a fotossensibilização da TFD baseia-se em reações fotoquímicas que não são específicas à um tipo de bactéria. Geralmente, a absorção da luz desencadeia a excitação do fotosensibilizador, que pode agir matando as células bacterianas diretamente através da formação de radicais livres altamente reativos (mecanismo do tipo I), ou reagindo com oxigênio molecular para criar espécies reativas de oxigênio secundário que interrompem a função celular (mecanismo do tipo II) (Bouillaguet *et al.*, 2008).

Apesar da literatura relatar uma alta efetividade da TFD contra inúmeros microrganismos, parece existir um consenso no que diz respeito à necessidade de um meio de desinfecção adicional. Por exemplo, estudos (Beltes, Economides, *et al.*, 2017; Beltes, Sakkas, *et al.*, 2017; Foschi *et al.*, 2007; Hoedke *et al.*, 2018) demonstraram que quando usada sozinha, a TFD não compete com soluções de NaClO ou Clorexidina, mas seu uso combinado com essas soluções resulta na redução significativa ou eliminação total de bactérias. Hoedke *et al.* (2018) demonstraram que a utilização de clorexidina pode afetar positivamente a penetração ou ligação do FS dentro do canal radicular, e, portanto, aumentar o efeito antibacteriano da TFD. Estes fatos justificam o uso da TFD como uma abordagem adjuvante ao tratamento químico-mecânico, que pode melhorar o sucesso dos procedimentos endodônticos (Akbari *et al.*, 2017; Attiguppe, 2017). De forma controversa, já foi reportado que a TFD suplementar à medicação intracanal com hidróxido de Cálcio durante 14 dias não levou à uma melhora significativa na redução bacteriana (Rabello *et al.*, 2017). Por outro lado, há também relatos na literatura quanto à superioridade da TFD quando comparado à irrigação com NaClO 2,5% (Bonsor *et al.*, 2006; Camacho-Alonso *et al.*, 2017; Garcez *et al.*, 2007) e a medicação com hidróxido de cálcio (Borba *et al.*, 2017). As diferenças na eficácia antimicrobiana da TFD estão relacionados às diferenças nos protocolos, particularmente no uso de diferentes fotosensibilizadores e/ou concentrações (Miranda, de e Colombo, 2017).

Apesar disso, alguns resultados tornam a TFD uma opção promissora no tratamento endodôntico que deve ser utilizada não apenas devido sua atividade antibacteriana. Destaca-se um possível efeito bioestimulador dos tecidos apicais devido a diminuição ligeira de células inflamatórias (neutrófilos e eosinófilos), sugerindo que o uso da TFD pode otimizar o reparo tecidual, modulando o processo inflamatório (SILVA, *et al.*, 2012; TRINDADE *et al.*, 2017). Além disso, a terapia fotodinâmica se mostrou mais biocompatível do que a solução de NaClO 5%, e com resposta semelhante à solução salina (Sivieri-Araujo *et al.*, 2017), sem prejudicar células na região periapical (Xu *et al.*, 2009). Os autores observaram que o hipoclorito de sódio desencadeou uma reação tecidual mais intensa, com inflamação celular persistente após 14 dias de aplicação. Outro ponto levantado é a possibilidade de realizar a desinfecção do canal

previsivelmente em uma consulta, reduzindo o número de sessões de terapia (Asnaashari, Homayuni e Paymanpour, 2016; Borba *et al.*, 2017). O uso do curativo intracanal obriga o clínico a ter várias visitas, o que pode causar a recontaminação microbiana entre consultas, além de aumentar o tempo de cadeira e elevar o custo para os pacientes e clínicos (Ahangari *et al.*, 2017; Borba *et al.*, 2017).

Apesar de todos os benefícios relatados, as informações clínicas disponíveis são limitadas e pouco robustas, o que gera a necessidade de mais estudos *in vitro* e *in vivo* neste campo (Beltes, Sakkas, *et al.*, 2017). Algumas questões envolvendo as características físicas e químicas dos FSs, bem como a presença de efeitos adversos, tolerância dos microrganismos, e a determinação da concentração ideal para se conseguir um poder antibacteriano efetivo devem ser investigadas (Camacho-Alonso *et al.*, 2017). Estudos com o intuito de aumentar a eficácia e melhorar a profundidade de penetração dos lasers e FSs usados na TFS devem ser encorajados, como por exemplo a utilização de quelantes (AHANGAR I *et al.*, 2017) e de vibração ultrassônica antes da aplicação da luz para aumentar a penetração da substância fotoativada na estrutura do biofilme (Pražmo, Godlewska e Mielczarek, 2017), além da utilização de uma fibra óptica para melhor distribuição da luz em 360° por todo o comprimento do canal radicular (Beltes, Economides, *et al.*, 2017; Fimple *et al.*, 2008; Foschi *et al.*, 2007).

## 5 CONCLUSÃO

Com base nesta revisão de literatura, pode-se concluir que a terapia fotodinâmica é efetiva na redução de vários microrganismos envolvidos nas patologias endodônticas, mostrando-se extremamente promissora como abordagem coadjuvante ao tratamento convencional. Diferentes protocolos de aplicação, variando-se as fontes de luz, comprimentos de ondas e fotossensibilizadores são relatados, o que evidencia a necessidade de padronização das metodologias para se concluir quais parâmetros são ideais para a sua utilização no tratamento endodôntico.

## REFERÊNCIAS

AHANGARI, Z. *et al.* Comparison of the Antimicrobial Efficacy of Calcium Hydroxide and Photodynamic Therapy Against *Enterococcus faecalis* and *Candida albicans* in Teeth With Periapical Lesions; An In Vivo Study. **Journal of lasers in medical sciences**, v. 8, n. 2, p. 72–78, 28 mar. 2017.

AKBARI, T. *et al.* The effect of indocyanine green loaded on a novel nano-graphene oxide for high performance of photodynamic therapy against *Enterococcus faecalis*. **Photodiagnosis and Photodynamic Therapy**, v. 20, n. June, p. 148–153, dez. 2017.

ARNEIRO, R. A. S. *et al.* Efficacy of antimicrobial photodynamic therapy for root canals infected with *Enterococcus faecalis*. **Journal of oral science**, v. 56, n. 4, p. 277–85, dez. 2014.

ASNAASHARI, M. *et al.* Comparison of the antibacterial effect of 810 nm diode laser and photodynamic therapy in reducing the microbial flora of root canal in endodontic retreatment in patients with periradicular lesions. **Journal of Lasers in Medical Sciences**, v. 7, n. 2, p. 99–104, 2016.

\_\_\_\_\_. A comparison between effect of photodynamic therapy by LED and calcium hydroxide therapy for root canal disinfection against *Enterococcus faecalis*: A randomized controlled trial. **Photodiagnosis and Photodynamic Therapy**, v. 17, p. 226–232, mar. 2017.

ASNAASHARI, M.; HOMAYUNI, H.; PAYMANPOUR, P. The Antibacterial Effect of Additional Photodynamic Therapy in Failed Endodontically Treated Teeth: A Pilot Study. **Journal of Lasers in Medical Sciences**, v. 7, n. 4, p. 238–242, 27 out. 2016.

ATTIGUPPE, P. R. Comparative Evaluation of Different Modes of Laser Assisted Endodontics in Primary Teeth: An In vitro Study. **Journal of Clinical and Diagnostic Research**, v. 11, n. 4, p. 124–127, 2017.

BELTES, C.; SAKKAS, H.; *et al.* Antimicrobial photodynamic therapy using Indocyanine green and near-infrared diode laser in reducing *Enterococcus faecalis*. **Photodiagnosis and Photodynamic Therapy**, v. 17, p. 5–8, mar. 2017.

BELTES, C.; ECONOMIDES, N.; *et al.* Evaluation of Antimicrobial Photodynamic Therapy Using Indocyanine Green and Near-Infrared Diode Laser Against *Enterococcus faecalis* in Infected Human Root Canals. **Photomedicine and Laser Surgery**, v. 35, n. 5, p. 264–269, maio 2017.

BONSOR, S. J. *et al.* An alternative regimen for root canal disinfection. **British Dental Journal**, v. 201, n. 2, p. 101–105, 22 jul. 2006.

BORBA, A. S. M. *et al.* Photodynamic therapy with high-power LED mediated by erythrosine eliminates *Enterococcus faecalis* in planktonic forms. **Photodiagnosis and**

**Photodynamic Therapy**, v. 19, n. March, p. 348–351, set. 2017.

BOUILLAGUET, S. *et al.* Intracellular reactive oxygen species in monocytes generated by photosensitive chromophores activated with blue light. **Dental Materials**, v. 24, n. 8, p. 1070–1076, ago. 2008.

CAMACHO-ALONSO, F. *et al.* Bactericidal Efficacy of Photodynamic Therapy and Chitosan in Root Canals Experimentally Infected with *Enterococcus faecalis* : An In Vitro Study. **Photomedicine and Laser Surgery**, v. 35, n. 4, p. 184–189, abr. 2017.

CHENG, X. *et al.* Evaluation of the bactericidal effect of Nd:YAG, Er:YAG, Er,Cr:YSGG laser radiation, and antimicrobial photodynamic therapy (aPDT) in experimentally infected root canals. **Lasers in Surgery and Medicine**, v. 44, n. 10, p. 824–831, 2012.

DIOGO, P. *et al.* Antimicrobial Photodynamic Therapy against Endodontic *Enterococcus faecalis* and *Candida albicans* Mono and Mixed Biofilms in the Presence of Photosensitizers: A Comparative Study with Classical Endodontic Irrigants. **Frontiers in Microbiology**, v. 8, n. MAR, p. 1–11, 30 mar. 2017.

FIMPLE, J. L. *et al.* Photodynamic Treatment of Endodontic Polymicrobial Infection In Vitro. **Journal of Endodontics**, v. 34, n. 6, p. 728–734, jun. 2008.

FOSCHI, F. *et al.* Photodynamic inactivation of *Enterococcus faecalis* in dental root canals in vitro. **Lasers in Surgery and Medicine**, v. 39, n. 10, p. 782–787, dez. 2007.

GARCEZ, A. S. *et al.* Antimicrobial photodynamic therapy combined with conventional endodontic treatment to eliminate root canal biofilm infection. **Lasers in Surgery and Medicine**, v. 39, n. 1, p. 59–66, jan. 2007.

GURSOY, H. *et al.* Photodynamic therapy in dentistry: a literature review. **Clinical Oral Investigations**, v. 17, n. 4, p. 1113–1125, 27 maio 2013.

HOEDKE, D. *et al.* Effect of photodynamic therapy in combination with various irrigation protocols on an endodontic multispecies biofilm ex vivo. **International Endodontic Journal**, v. 51, p. e23–e34, jan. 2018.

KONOPKA, K.; GOSLINSKI, T. Photodynamic Therapy in Dentistry. **Journal of Dental Research**, v. 86, n. 8, p. 694–707, 12 ago. 2007.

MIRANDA, R. G. DE; COLOMBO, A. P. V. Clinical and microbiological effectiveness of photodynamic therapy on primary endodontic infections: a 6-month randomized clinical trial. **Clinical Oral Investigations**, 7 nov. 2017.

POURHAJIBAGHER, M. *et al.* Photo-activated disinfection based on indocyanine green against cell viability and biofilm formation of *Porphyromonas gingivalis*. **Photodiagnosis and Photodynamic Therapy**, v. 17, p. 61–64, mar. 2017.

POURHAJIBAGHER, M.; BAHADOR, A. Gene expression profiling of *fimA* gene

encoding fimbriae among clinical isolates of *Porphyromonas gingivalis* in response to photo-activated disinfection therapy. **Photodiagnosis and Photodynamic Therapy**, v. 20, n. June, p. 1–5, dez. 2017.

POURHAJIBAGHER, M.; GHORBANZADEH, R.; BAHADOR, A. Investigation of arginine A-specific cysteine proteinase gene expression profiling in clinical *Porphyromonas gingivalis* isolates against photokilling action of the photo-activated disinfection. **Lasers in Medical Science**, v. 33, n. 2, p. 337–341, 15 fev. 2018.

PRAŽMO, E. J.; GODLEWSKA, R. A.; MIELCZAREK, A. B. Effectiveness of repeated photodynamic therapy in the elimination of intracanal *Enterococcus faecalis* biofilm: an in vitro study. **Lasers in Medical Science**, v. 32, n. 3, p. 655–661, 10 abr. 2017.

RABELLO, D. G. D. *et al.* Does supplemental photodynamic therapy optimize the disinfection of bacteria and endotoxins in one-visit and two-visit root canal therapy? A randomized clinical trial. **Photodiagnosis and Photodynamic Therapy**, v. 19, n. May, p. 205–211, 2017.

SILVA, C. C. DA *et al.* Antimicrobial Photodynamic Therapy Associated with Conventional Endodontic Treatment: A Clinical and Molecular Microbiological Study. **Photochemistry and Photobiology**, 19 jan. 2018.

SILVA, L. A. B. *et al.* Antimicrobial photodynamic therapy for the treatment of teeth with apical periodontitis: a histopathological evaluation. **Journal of endodontics**, v. 38, n. 3, p. 360–6, mar. 2012.

SIVIERI-ARAUJO, G. *et al.* Rat tissue reaction and cytokine production induced by antimicrobial photodynamic therapy. **Photodiagnosis and Photodynamic Therapy**, v. 18, n. March, p. 315–318, jun. 2017.

SOARES, J. A. *et al.* Monitoring the effectiveness of photodynamic therapy with periodic renewal of the photosensitizer on intracanal *Enterococcus faecalis* biofilms. **Photodiagnosis and Photodynamic Therapy**, v. 13, p. 123–127, mar. 2016.

TRINDADE, A. C. *et al.* Histopathological, Microbiological, and Radiographic Analysis of Antimicrobial Photodynamic Therapy for the Treatment of Teeth with Apical Periodontitis: A Study in Rats' Molars. **Photomedicine and Laser Surgery**, v. 35, n. 7, p. 364–371, jul. 2017.

XU, Y. *et al.* Endodontic Antimicrobial Photodynamic Therapy: Safety Assessment in Mammalian Cell Cultures. **Journal of Endodontics**, v. 35, n. 11, p. 1567–1572, nov. 2009.