

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA GRANDE  
CENTRO DE SAÚDE E TECNOLOGIA RURAL  
CURSO DE BACHARELADO EM ODONTOLOGIA**

**ANDREZA KARLA ALVES DE BESSA**

**APLICAÇÃO DA TERAPIA FOTODINÂMICA NA DESINFECÇÃO DO SISTEMA  
DE CANAIS RADICULARES**

**Patos- PB**

**2014**

**ANDREZA KARLA ALVES DE BESSA**

**APLICAÇÃO DA TERAPIA FOTODINÂMICA NA DESINFECÇÃO DO SISTEMA  
DE CANAIS RADICULARES**

**Trabalho de Conclusão de Curso (TCC)  
apresentado à coordenação do Curso de  
Odontologia da Universidade Federal de  
Campina Grande - UFCG, como parte dos  
requisitos para obtenção do título de Bacharel  
em Odontologia**

**Orientadora: Prof<sup>ª</sup>. Dra. Luciana Ferraz  
Gominho**

**Patos- PB  
2014**

FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA PELA BIBLIOTECA DO CSRT DA UFCG

B557a Bessa, Andreza Karla Alves de  
Aplicação da terapia fotodinâmica na desinfecção do sistema de canais radiculares / Andreza Karla Alves de Bessa. – Patos, 2014.  
53f.: il., color.

Trabalho de Conclusão de Curso (Odontologia) – Universidade Federal de Campina Grande, Centro de Saúde e Tecnologia Rural, 2014.

"Orientação: Profa. Dra. Luciana Ferraz Gominho"

Referências.

1. Fotoquimioterapia. 2. Canal Radicular. 3. Endodontia I. Título.

CDU 616

ANDREZA KARLA ALVES DE BESSA

**APLICAÇÃO DA TERAPIA FOTODINÂMICA NA DESINFECÇÃO DO SISTEMA  
DE CANAIS RADICULARES**

**Trabalho de Conclusão de Curso (TCC)  
apresentado à coordenação do Curso de  
Odontologia da Universidade Federal de  
Campina Grande - UFCG, como parte dos  
requisitos para obtenção do título de Bacharel  
em Odontologia**

Aprovado em: \_\_\_/\_\_\_/\_\_\_

**BANCA EXAMINADORA**

---

Prof<sup>ª</sup>. Dra. Luciana Ferraz Gominho – Orientadora  
Universidade Federal de Campina Grande – UFCG

---

Prof<sup>ª</sup>. Msc. Tássia Cristina de Almeida Pinto Sarmiento – 1º Membro  
Universidade Federal de Campina Grande – UFCG

---

Prof<sup>ª</sup>. Msc. Rosana Araújo Rosendo – 2º Membro  
Universidade Federal de Campina Grande – UFCG

*Dedico*

***A Deus,***

*Pela sua presença constante iluminando o meu caminhar.*

***Ao meu marido Nélio,***

*Por toda compreensão, afeto, estímulo para que a construção e término deste trabalho se tornasse possível.*

*Apesar da distância, sempre buscando incentivar meus sonhos e torcendo sempre pelo meu sucesso profissional e pessoal. Muito obrigado por existir e fazer parte de minha vida.  
Simplesmente Te Amo!*

***À minha filha Maria Cecília,***

*Que acompanha essa etapa de minha vida desde o ventre até hoje.*

*Ter você como minha filha é meu eterno estímulo para vencer. Essa conquista é nossa.  
Te amo!*

***À minha mãe Antonia,***

*Por ser minha amiga e companheira.*

*Por sua incansável dedicação comigo e preocupação com meus passos ao longo desta vida.*

***À minha irmã Ana Flávia,***

*Pela sua amizade e por estar ao meu lado sempre.*

***Ao meu pai Flávio,***

*Por todo incentivo, confiança e ajuda durante toda essa jornada.*

***Aos meus amigos e familiares,***

*Que torceram e acompanharam de perto toda minha caminhada em busca de meu objetivo.*

## Agradecimentos

À minha orientadora *Professora Dra. Luciana Gominho*,  
Por todo apoio, dedicação, ensinamento e pela sua conduta ética e profissional.

À *Maria Isabel, Naiara e Mara Luana*, amigas da faculdade. Obrigado por estarem sempre comigo, em todos os momentos.

Aos meus amigos *Samuel, Kenny e Ivelton* que sempre foram atenciosos, respeitosos e tornaram-se os irmãos que não tive.

Ao meu vizinho e dupla trabalhosa de clínica, *Francisco Paulo*. Que apesar dos estresses sempre prevaleceu entre nós a amizade e o companheirismo.

Ao *professor Dr. Rodrigo Rodrigues*, pelos ensinamentos e incentivos que me passou durante os momentos de monitoria.

À *Prof<sup>a</sup>. Msc. Rosana Rosendo* e à *Prof<sup>a</sup>. Msc. Tássia Pinto Sarmento*, por terem se disponibilizado em colaborar com este trabalho. É uma honra tê-las na banca examinadora.

Por fim, a *todos os docentes desta casa* que contribuíram de alguma forma para o meu crescimento pessoal e profissional, incutindo-me o gosto pela Medicina Dentária e mostrando-me que se pode ir muito mais além do que se espera.

## *Vida*

*Quando se vê, já são seis horas!  
Quando se vê, já é sexta-feira...  
Quando se vê, já terminou o ano...  
Quando se vê, passaram-se 50 anos!*

*Agora, é tarde demais para ser reprovado...  
Se me fosse dado, um dia, outra oportunidade,  
eu nem olhava o relógio.  
Seguia sempre em frente e iria jogando, pelo  
caminho, a casca dourada e inútil das horas...  
Dessa forma eu digo:*

*Não deixe de fazer algo que gosta devido à falta  
de tempo, a única falta que terá, será desse tempo  
que infelizmente não voltará mais.*

*Mário Quintana*

## RESUMO

A variedade e a complexidade da anatomia interna dental permitem que microrganismos e remanescentes teciduais persistam em túbulos dentinários, canais acessórios, istmos e deltas apicais, dificultando assim a eliminação pela instrumentação e pela medicação intracanal. Neste contexto, a terapia fotodinâmica (PDT) desponta como uma nova terapia, coadjuvante ao tratamento endodôntico, na tentativa de eliminar microrganismos persistentes ao preparo químico-mecânico. Foi realizada uma busca na literatura sobre a atividade antimicrobiana da terapia fotodinâmica no sistema de canais radiculares, em livros didáticos, periódicos nacionais e internacionais disponíveis nas bases de dados PubMed, Lilacs, Scielo no período 2003 a 2013. Na PDT, a radiação utilizada é a de baixa intensidade com protocolos de potência próximos a 100mW. Dentre os estudos realizados, os comprimentos de onda variam de 685nm a 625nm. Em relação aos fotossensibilizadores (FS) observa-se que uma parte expressiva dos estudos utiliza o azul de metileno e o azul de toluidina com tempos de pré-irradiação variando de 1 a 5 minutos. Essas observações geram a reflexão de que o uso da PDT é promissor no tratamento endodôntico. Nos últimos 3 anos pode-se verificar a definição da utilização da luz de laser com comprimento de onda vermelho, do uso do azul de metileno e do azul de toluidina como fotossensibilizadores de eleição, mesmo que ainda apresentem concentrações variáveis na literatura. Porém, fatores como potência, energia, tempo de pré-irradiação e irradiação da luz de laser ainda se encontram com variações amplas.

**Palavras- chave:** Fotoquimioterapia. Tratamento do canal radicular. Endodontia.



## ABSTRACT

The variety and complexity of internal dental anatomy allows microorganisms and tissue remnants persist in dentinal tubules , accessory canals , isthmuses and apical deltas, thus hindering the elimination by the instrumentation and intracanal medication. In this context, photodynamic therapy (PDT) is emerging as a new therapy adjunct to endodontic treatment in an attempt to eliminate persistent microorganisms to chemical-mechanical preparation. A literature search on the antimicrobial activity of photodynamic therapy in the root canal system, textbooks , national and international periodicals available in PubMed , Lilacs , SciELO data in the period 2003 to 2013 was performed. In PDT, the radiation used is of low intensity with low power protocols near to 100mW. Among the studies, the wavelength range from 685nm to 625nm. Regarding photosensitizers (FS), it is observed that a significant proportion of the studies using the methylene blue and toluidine blue with times ranging from pre-irradiation of 1 to 5 minutes. These observations generate the reflection that the use of PDT is a promising therapy to be associated with endodontic treatment . In the past 3 years, it can be verified the setting of the use of laser light with red wavelength , the use of Methylene Blue and Toluidine Blue as photosensitizers of choice, although still present in varying concentrations literature. However, factors such as power, energy, time, pre-irradiation and irradiation of laser light are still with wide variations.

**Key-word:** Photochemotherapy. Root canal therapy. Endodontics.

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 – Esquema do Mecanismo de Ação da PDT .....	20
Figura 2 – Reação do Tipo I .....	20
Figura 3 – Reação do Tipo II .....	21

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Relação do comprimento de onda ( $\lambda$ ), das potências entregues pelo laser e da energia utilizada.....	43
Tabela 2: Relação dos tipos e concentrações dos fotossensibilizadores utilizados, tempo de pré- irradiação e tempo de irradiação.....	44

## LISTA DE ABREVIATURAS

AD	Água destilada
AM	Azul de metileno
AT	Azul de toluidina
AsGaAl	Gallium-Aluminum-Arsenide
CLSM	Confocal laser scanning microscopy
DI	Água desionizada
DQM	Debridamento químico- mecânico
DNA	Ácido desoxirribonucleico
E	Densidade de energia
EDTA	Ácido etilenodiamino tetra-acético
E. faecalis	Enterococcus faecalis
ERO's	Espécies reativas de oxigênio
Er: YAG	Érbio-Ítrio-Alumínio-Granada
Er: Cr: YAG	Érbio-Cromio-Ítrio-Escândio-Gálio-Granada
FS	Fotossensibilizador
He- Ne	Helium–neon
InGaAlP	Indium Gallium Aluminum Phosphide
KTP	Potassium-titanyl-phosphate
LAD	Desinfecção ativada pela luz
MIX	Glicerol: etanol: água
mTHPC	m-tetrahydroxyphenylchlorin
Nd: YAG	Neodímio-Ítrio-Alumínio-Granada
P	Potência
PAD	Desinfecção fotoativada

PEI- Ce6	polietilamina e clorina
PDT	Terapia fotodinâmica
PLGA	poli- ácido glicólico lático
pH	Potencial de hidrogênio
PQM	Preparo químico- mecânico
SCR	Sistema de canais radiculares
SS	Solução salina
TBO	Azul de toluidina O
TENC	Tratamento endodôntico convencional
MET	Microscopia eletrônica de transmissão
UFC	Unidades formadoras de colônias

## LISTA DE SÍMBOLOS

$\lambda$	Comprimento de onda
%	Porcentagem
Nm	Nanômetro
W	Watt
J	Joules
W/cm <sup>2</sup>	Densidade de potência
J/cm <sup>2</sup>	Densidade de energia
H <sub>2</sub> O <sub>2</sub>	Peróxido de hidrogênio
OH	Hidroxila
µg/ml	Micrograma por mililitro
min.	Minuto
NaOCl	Hipoclorito de sódio
mW	Miliwatt
µm	Micrometro
µM	Micromolar
s	Segundos
h	Hora
Ca(OH) <sub>2</sub>	Hidróxido de cálcio
µmol/L	Micromol por litro
Log	Logarítimo
NaCl	Cloreto de sódio
®	Marca registrada
°C	Grau Celsius
Hz	Hertz
mJ	Micro-joules

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO</b> .....	15
<b>2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA</b> .....	17
2.1 HISTÓRICO .....	17
2.2 FONTES DE LUZ.....	17
<b>2.2.1 Aspectos físicos da luz laser</b> .....	18
2.3 FOTOSSENSIBILIZADORES .....	19
2.4 MECANISMO DE AÇÃO .....	19
2.5 ESTUDOS DA TERAPIA FOTODINÂMICA EM ENDODONTIA .....	21
2.6 LASERTERAPIA VS. PDT .....	32
<b>REFERÊNCIAS</b> .....	34
<b>3 ARTIGO CIENTÍFICO</b> .....	40
<b>4 CONSIDERAÇÕES FINAIS</b> .....	49
<b>ANEXO A- NORMAS DE PUBLICAÇÃO DA REVISTA BRASILEIRA DE CIÊNCIAS DA SAÚDE</b> .....	50

## 1 INTRODUÇÃO

A Endodontia é a ciência que estuda a morfologia da câmara pulpar, a fisiologia e patologia da polpa bem como a prevenção, tratamento e recuperação das suas implicações nos tecidos periapicais (SOARES; GOLDBERG, 2005).

Um dos principais fundamentos desta arte consiste na correta conformação do sistema de canais radiculares (SCR) e sua total desinfecção a fim de obter um ambiente livre de bactérias, as principais responsáveis pela dor e doença pulpo-periapical (COHEN, 2007).

Entretanto, a variedade e a complexidade da anatomia interna dental permitem que microrganismos e remanescentes teciduais persistam em túbulos dentinários, canais acessórios, istmos e deltas apicais, dificultando assim a eliminação pela instrumentação e pela medicação intracanal. Apesar da efetividade dessas técnicas, ainda existem vários casos de insucesso do processo de limpeza e desinfecção dos canais radiculares (DUNAVANT et al., 2006).

Uma das principais razões de insucesso no tratamento endodôntico é a colonização de *Enterococcus faecalis* (*E. faecalis*). Peciulien et al. (2000) isolaram este microrganismo em 70% dos casos que apresentavam fracasso do tratamento endodôntico. Este é resistente à maioria dos medicamentos intracanal, inclusive ao hidróxido de cálcio, tolerando um pH de até 11,5 (SIQUEIRA; LOPES 1999), podendo crescer como uma monoinfecção, sendo sua erradicação extremamente dificultada por métodos convencionais. O *E. faecalis* tem a capacidade de recuperar-se de um período prolongado de escassez de nutrientes, com baixa atividade metabólica, em canais radiculares tratados, e até mesmo florescer quando a fonte de nutrientes é restabelecida, mantendo sua viabilidade por um período de 12 meses. Sua presença no momento da obturação do canal radicular pode prover infecção subsequente por um longo prazo (FIGDOR et al., 2003; SEDGLEY et al., 2005).

Neste contexto, a terapia fotodinâmica (PDT) desponta como uma nova terapia, coadjuvante ao tratamento endodôntico, na tentativa de eliminar microrganismos persistentes ao preparo químico-mecânico (PQM), sendo de fácil e rápida aplicação clínica, não desenvolvendo resistência microbiana, podendo ser indicada em tratamentos endodônticos em sessão única ou em múltiplas sessões (AMARAL et al., 2010).

A terapia fotodinâmica, originalmente desenvolvida como um tratamento para o câncer, associa luz de um determinado comprimento de onda ( $\lambda$ ) emitida por um laser que ativa um agente fotossensibilizador (FS). Esse agente, por sua vez, interage com o substrato, composto por oxigênio molecular e água sensibilizando as bactérias alvo. A sensibilização é



citotóxica e ocorre de duas maneiras distintas: através de um sistema de oxidação- redução, gerando radicais livres e morte celular bacteriana ou através da libertação de energia que transforma o oxigênio molecular em oxigênio singleto sendo citotóxico e letal para os microrganismos (FONSECA et al., 2008).

Entretanto, a seleção e concentração do corante, o tempo de pré- irradiação, o tempo de irradiação, a potência e o modo de operação utilizados nos estudos, entre outros, constituem ainda uma gama de variáveis, as quais não permitiram estabelecer um protocolo ideal para o uso da terapia fotodinâmica. Deste modo, julga-se necessário o desenvolvimento de pesquisas adicionais que aumentem sua efetividade, visto que tem se mostrado recentemente como uma alternativa de tratamento (NUNES, 2008).

Com base no exposto, o propósito deste estudo foi, através de uma revisão da literatura científica existente, realizar um levantamento da aplicação de protocolos clínicos da terapia fotodinâmica na desinfecção do sistema de canais radiculares.

## 2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

### 2.1 HISTÓRICO

A tecnologia laser apresenta-se, atualmente, como uma alternativa para o diagnóstico e tratamento tanto na Medicina como na Odontologia. Muitos experimentos vêm buscando inserir esta tecnologia no dia-a-dia da prática clínica, com o objetivo, não de substituir, mas de aprimorar as técnicas convencionais (GARCEZ, 2002)

O conceito da PDT é conhecido por mais de 100 anos, quando Oscar Raab (1900) publicou o primeiro artigo sobre os efeitos fotodinâmicos, quando observou que baixas concentrações do corante de acridina na presença de luz podiam ser letais aos paramecios, o protozoário, causador da malária. A primeira aplicação na Medicina é atribuída a Tappeiner & Jesionek, em 1903, que utilizaram a aplicação tópica do corante eosina e exposição à luz para tratamento de câncer cutâneo. Em 1907, Von Tappeiner denominou este fenômeno de ação fotodinâmica. Desde então, as pesquisas nesta área buscam novos fotossensibilizantes e novas fontes de luz (ACKROYD et al., 2001).

### 2.2 FONTES DE LUZ

As primeiras fontes de luz utilizadas em PDT foram lâmpadas convencionais, emitindo luz não coerente e policromática, com um forte componente térmico associado. O desenvolvimento dos lasers de diodo de baixa intensidade com luz monocromática e coerente facilitou a associação dos fotossensibilizadores com banda de absorção ressonante com o comprimento de onda emitido pelo laser (ACKROYD et al., 2001).

A PDT requer uma fonte de luz de baixa potência, situada na porção visível do espectro eletromagnético, e com comprimento de onda específico ressonante ao corante. Atualmente as fontes mais utilizadas com seus respectivos comprimentos de onda são: laser He-Ne (632,8 nm); laser de diodo AsGaAl (620- 690nm); laser de diodo InGaAlP (635-685nm) e laser argônio (488-514nm) (KONOPKA & GOSLINSKI, 2007). Os lasers de diodo são os mais utilizados por possuírem as seguintes vantagens: apresentar maior profundidade de penetração no tecido biológico, possuir comprimento de onda ressonante à banda de absorção da maioria dos corantes atualmente utilizados, atua de forma contínua, são menores e portáteis, e de baixo custo (RIBEIRO et al., 2005; TAKASAKI et al., 2009).

Com relação aos lasers de alta intensidade, os mais utilizados na área da Endodontia são os da família YAG (STABHOLZ et al., 2004). O Nd: YAG utiliza os íons de neodímio com comprimento de onda de 1.060 nm e possui boa capacidade de corte, vaporização e coagulação, atuando de forma efetiva na esterilização de canais radiculares. Está situado fora da faixa visível do espectro eletromagnético, na faixa infravermelha e com uma potência que varia entre os 4 e 10 W (BACH, 2006). No Er: YAG, os íons utilizados são de érbio e apresentam um comprimento de onda de 2.940 nm e possuem uma grande afinidade para com os tecidos dentários, sendo as suas indicações na Endodontia a preparação de canais radiculares e apicectomias. A potência dos aparelhos pode variar de 4 a 12 W (Laser pulsado) e o sistema de distribuição é feito através de uma fibra óptica flexível. O  $\lambda$  do Er-Cr-YSGG é de 2780 nm, sendo uma variante do Er:YAG, com comprimento de onda menor (SCHOOP et al., 2007).

### 2.2.1 Aspectos físicos da luz laser

De acordo com Genovese (2007), os aspectos físicos, importantes no uso do laser, são:

- Energia (J): representa a quantidade de luz que está sendo depositada no tecido. Representada pela fórmula: Potência (W) X Tempo (s).
- Potência (W): é a energia capaz de provocar maior ou menor reação fotobiológica. Representada pela fórmula: Energia (J) / Tempo (s).
- Densidade de potência, Irradiância (W/cm<sup>2</sup>): é a potência óptica útil do laser. É através dessa que o operador pode cortar, vaporizar, coagular, quando da utilização de laser cirúrgico, e gerar fotoativação no caso do laser terapêutico. Representada pela fórmula: Potência (W) / Área (cm<sup>2</sup>).
- Densidade de energia (J/cm<sup>2</sup>): é a taxa de energia que está sendo aplicada no tecido biológico, refere-se à unidade de superfície irradiada e não a totalidade de energia emitida, sendo o critério de verificação da eficácia e referência terapêutica. Representada pela fórmula: Irradiância (J/cm<sup>2</sup>) X Tempo (s).
- Comprimento de onda: é uma característica extremamente importante, pois é quem define a profundidade de penetração no tecido alvo. Diferentes comprimentos de onda apresentam diferentes coeficientes de absorção para um mesmo tecido. Dependendo do comprimento de onda, o tecido absorve energia mais superficialmente ou mais profundamente, agindo na intimidade tecidual, geralmente na membrana celular.

### 2.3 FOTOSSENSIBILIZADORES

O fotossensibilizador deve possuir uma banda de absorção ressonante com o comprimento de onda da fonte de luz a ser utilizada, deve possuir estabilidade biológica, eficiência fotoquímica, seletividade pela célula-alvo e mínimo efeito tóxico às células normais (WAINWRIGHT, 1997). Na endodontia, os fotossensibilizadores derivados das fenotiazinas têm sido amplamente empregados nas pesquisas envolvendo PDT (SEAL, 2002; FONSECA et al., 2008).

O azul de metileno (AM) e o azul de toluidina (AT) são os FS mais estudados para a desinfecção do SCR contra espécies bacterianas gram- positivas e gram- negativas, na PDT (SOUZA et al., 2010).

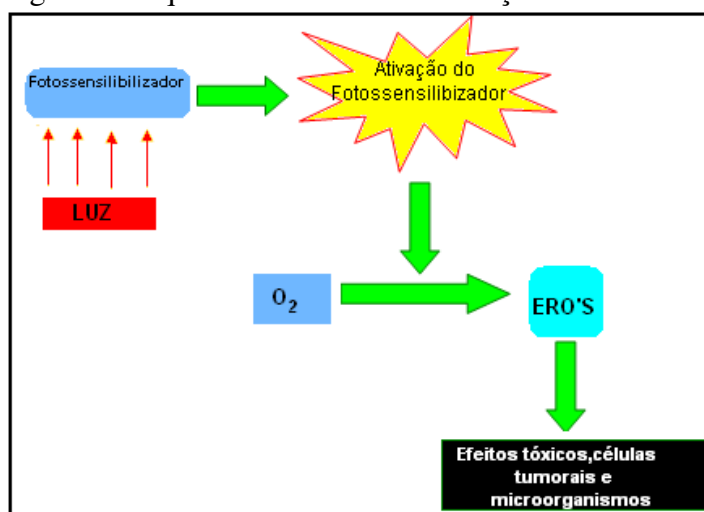
O AM é um corante orgânico, pertencente à família das fenotiazidas cujas propriedades hidrófilas, baixo peso molecular e carga positiva permitem exercer um potencial fototóxico na membrana celular bacteriana e no seu DNA (SOUKOS et al., 2006). Este corante funciona num espectro de luz que se ativa por volta de 656nm e possui a capacidade de se infiltrar nos túbulos dentinários (FIMPLE et al., 2008).

Já o AT é um agente FS usado na PDT com laser de espectro de luz vermelha absorvendo a luz com comprimento de onda que varia entre os 620 e 660nm desencadeando a libertação de espécies reativas de oxigênio (SOUKOS et al., 2006).

### 2.4 MECANISMO DE AÇÃO

A PDT baseia-se em um princípio simples em que a eliminação de microrganismos está relacionada com a associação de um agente fotossensibilizador com uma fonte de luz que produz espécies reativas de oxigênio (ERO's) e que, em altas concentrações, são tóxicas para bactérias, fungos e vírus (MAROTTI et al., 2008).

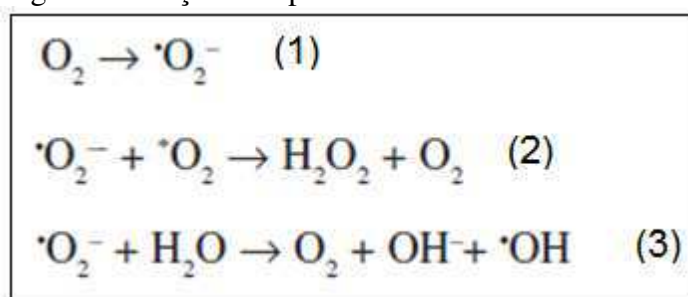
Figura 1: Esquema do mecanismo de ação da PDT



Fonte: Modificado de Paoli 2005

Segundo Machado (2000), a reação envolvida decorre, primariamente, da excitação eletrônica do corante pela luz, seguida de dois mecanismos principais de reação a partir do seu estado excitado. Na reação do tipo I ocorre transferência de elétron entre o fotossensibilizador, no estado tripleto excitado, e componentes do sistema, gerando íons-radicaís, que tendem a reagir com o oxigênio no estado fundamental, resultando em produtos oxidados, como peróxido de hidrogênio ( $H_2O_2$ ), íons hidroxila ( $OH$ ), radicais hidroxila e ânion superóxido, que são tóxicos aos micro-organismos, conforme esquematizado nas equações 1, 2 e 3 da figura 2.

Figura 2: Reação do tipo I

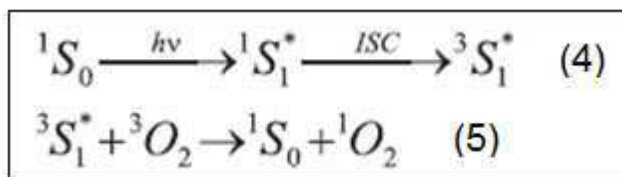


Fonte: Perussi 2007

De acordo com Amaral et al. (2010) esta reação (tipo I) com água em meio microbiano pode elevar a presença dos radicais hidroxila, os quais podem reagir com biomoléculas ou se combinar para formação de  $H_2O_2$  no local. Pode ocorrer ainda citotoxicidade devido à remoção de hidrogênio de fosfolipídios da membrana citoplasmática de bactérias, por exemplo, ocasionando danos à integridade e impermeabilidade da mesma; além disso, as inativações de enzimas da membrana e de receptores também podem ocorrer.

Na reação do tipo II ocorre a transferência de energia do fotossensibilizador no estado tripleto, com a geração de oxigênio singleto, um agente altamente citotóxico, conforme ilustrado nas equações 4 e 5 da figura 3. A habilidade da molécula em formar reação redox ou oxigênio singleto depende da produção suficiente de moléculas no estado tripleto, que, por sua vez, depende da taxa de decaimento de ambos os estados, tripleto e singleto, inicialmente formados (MACHADO, 2000).

Figura 3: Reação do tipo II



Fonte: Perussi 2007

Na reação do tipo II o oxigênio singleto pode reagir com a parede celular, ácido nucléico, peptídeos e moléculas do alvo. Estas trabalham para manutenção da parede celular e membrana celular (AMARAL et al., 2010).

## 2.5 ESTUDOS DA TERAPIA FOTODINÂMICA EM ENDODONTIA

O uso do laser e posteriormente da PDT como terapias coadjuvantes no tratamento endodôntico convencional ganhou destaque nos últimos dez anos, e têm demonstrado resultados promissores.

Na endodontia, muitos protocolos diferentes quanto ao tipo e a intensidade de luz do laser, concentrações dos fotossensibilizadores e métodos de ativação ainda estão sendo testados, demonstrando diferentes resultados e suscetibilidades das espécies bacterianas ao tratamento.

Soukos et al. (2006) avaliaram a terapia fotodinâmica na desinfecção de patógenos endodônticos na fase planctônica, bem como de *E. faecalis* em canais radiculares de dentes extraídos, infectados experimentalmente. As cepas utilizadas no estudo foram as *Porphyromonas gengivalis*, *P.intermedia*, *Fusobacterium nucleatum*, *Peptostreptococcus micros*, *Porphyromonas endodontalis* e *E. faecalis*. Esses microrganismos foram sensibilizados com azul de metileno (25 µg / mL) por 5 minutos (min.), seguido de exposição à luz vermelha do laser de diodo de 665 nm com uma fluência de energia de 30 J/cm<sup>2</sup> e uma fibra óptica com vários difusores cilíndricos distribuindo a luz uniformemente em 360 graus durante 5min. O azul de metileno eliminou totalmente as espécies bacterianas com a exceção

de *E. faecalis* (eliminou 53%). A mesma concentração de azul de metileno em combinação com luz vermelha ( $222 \text{ J/cm}^2$ ) foi capaz de eliminar 97% dos *E. faecalis* do biofilme nos canais radiculares. Os autores concluíram que a PDT pode ser utilizada como procedimento coadjuvante na eliminação das bactérias residuais do sistema de canais radiculares após o tratamento endodôntico convencional.

Garcez et al. (2006), investigaram *in vitro* a eficiência do hipoclorito de sódio (NaOCl) e a ação do laser associado a um fotossensibilizador na redução de *E. faecalis* no canal radicular. Foram preparados 30 dentes com canal único e contaminados com *E. faecalis*. O grupo químico foi irrigado com NaOCl 0,5% e ficaram inundados por 30 min. No grupo do laser, uma pasta-base de FS azuleno foi mantida nos canais radiculares por 5 min. e, em seguida irradiados com laser diodo, utilizando uma fibra óptica com 685nm, potência (P) de 10mW e energia (E) de 1,8J durante 3 min. Após o tratamento, o conteúdo do canal foi coletado para determinar o número de unidades formadoras de colônia (UFC). Os autores verificaram que o FS sozinho ou a luz laser isoladamente, não tem qualquer efeito bactericida. A solução química reduziu bactérias viáveis em 93,25%. A luz laser + FS resultou em uma redução de 99,2%, significativamente mais alta que a redução bacteriana alcançada pelo NaOCl. Em conclusão: a PDT foi mais eficaz ao reduzir o *E. faecalis* nos canais radiculares e poderia ser um coadjuvante eficaz ao tratamento endodôntico.

Garcez et al. (2007) compararam a eficácia da terapia fotodinâmica associada ao tratamento endodôntico convencional na eliminação de bactérias em canais radiculares infectados. Dez dentes unirradiculares recém extraídos foram inoculados com bactérias estáveis bioluminescentes gram- negativas, *Proteus mirabilis* e *Pseudomonas aeruginosa*. O fotossensibilizador utilizado foi um conjugado de polietilamina (PEI) e clorina (ce6) por 10 min., seguido pela luz laser de diodo com comprimento de onda de 660 nm e P= 40mW através de uma fibra de 200 $\mu\text{m}$  para tempos definidos correspondente à entrega de E= 5, 10, 20 e 40 J /  $\text{cm}^2$ . Este foi comparado e combinado com o tratamento endodôntico convencional (TENC). Como resultados obtiveram que o TENC sozinho reduziu a bioluminescência bacteriana em 90%, enquanto a PDT sozinha reduziu em 95%. A combinação reduziu a bioluminescência mais de 98%, e o mais importante, um novo crescimento de bactérias observado 24 horas após o tratamento foi muito menor para a associação. Concluíram que a PDT pode ter um papel importante a desempenhar na otimização da terapia endodôntica.

Para analisar as características físicas, químicas e biológicas do AM na desinfecção do canal radicular, George & Kishen (2007), testaram diferentes concentrações variando de 1, 5, 15, 20, 25, 50 e 100  $\mu\text{M}$  em diferentes solventes: água; água+ glicerol; Polietilenoglicerol

70% em água e a mistura de glicerol: etanol: água (MIX). Os testes foram: produção de oxigênio singlete, quantidade de corante absorvido pelas bactérias (*E. faecalis* e *Aggregatibacter actinomycetemcomitans*), penetração em túbulos dentinários e poder bactericida em biofilme. Os parâmetros da PDT foram: laser de diodo de  $\lambda = 664\text{nm}$ , tempo de pré-irradiação de 10 e 30 min., tempo de irradiação de 10 e 30 min., total de energia de 18 e 36J, para biofilme em mini poços e em raízes dentais, respectivamente. Os autores encontraram melhores resultados com a solução MIX, na concentração de  $100\mu\text{M}$  e maior ação contra *E. faecalis*.

Foschi et al. (2007) investigaram os efeitos da PDT sobre espécies de *E. faecalis* em canais radiculares de dentes extraídos. Os dentes foram sensibilizados com AM ( $6,25\mu\text{g/mL}$ ) por 5 min. Os canais foram irradiados por meio de fibra ótica com luz vermelha de comprimento de onda de  $665\text{nm}$  e  $E = 60\text{J/cm}^2$ . A PDT alcançou uma redução de 77,5% na viabilidade do *E. faecalis*, o AM e luz isoladamente, reduziram a viabilidade bacteriana em 19,5 e 40,5%, respectivamente.

Tendo por objetivo a investigação da eficácia da PDT em patógenos endodônticos, Fonseca et al. (2008), avaliaram a redução de *E. faecalis* em canais de dentes humanos extraídos. Quarenta e seis dentes foram instrumentados e irrigados com  $\text{NaOCl}$  0,5%, e a smear layer removida com EDTA a 17%. Em seguida, os dentes foram autoclavados e contaminados com *E. faecalis* por 48h. Dividiram-se as amostras em dois grupos, um controle, onde não foi executado nenhum procedimento e um teste, onde se fez a PDT com AT a 0,0125% por 5min. e laser diodo na  $P = 50\text{mW}$ ,  $\lambda = 660\text{nm}$  e  $E = 400\text{J/cm}^2$  durante 320s. Foram feitas duas coletas, sendo uma antes e outra depois do procedimento de cada grupo, e procedeu-se à contagem de UFC. Os resultados mostraram que houve no grupo teste uma redução de 99,9% enquanto no controle houve um aumento de 2,6%. Concluíram que a PDT é um eficaz agente bactericida.

Fimple et al. (2008), em estudo in vitro, avaliaram os efeitos fotodinâmicos do azul de metileno em biofilmes de multiespécies como *Actinomyces israelii*, *Fusobacterium nucleatum*, Subspecies *nucleatum*, *Porphyromonas gingivalis* e *Prevotella intermedia* em canais radiculares de dentes humanos extraídos, infectados experimentalmente. Para o estudo, foi escolhido como FS o azul de metileno puro  $25\mu\text{g/mL}$  por 10min., seguido da aplicação de laser diodo em  $665\text{nm}$  com  $E = 30\text{J/cm}^2$ . Foi acoplada uma fibra ótica com  $250\mu\text{m}$  de diâmetro e a luz foi aplicada por 2,5 min seguida de um intervalo de 2,5min e uma nova irradiação de 2,5min. A PDT reduziu até 80% das UFC. Os autores concluíram que a PDT quando



otimizada, pode ser coadjuvante efetivo no tratamento endodôntico convencional agindo como agente antimicrobiano.

Em estudo in vivo, Garcez et al. (2008) analisaram o efeito antimicrobiano da terapia fotodinâmica associada com o tratamento endodôntico convencional em 20 canais de incisivos e caninos com lesão perirradicular confirmada radiograficamente. Os canais foram instrumentados e irrigados com NaOCl a 2,5%, sendo a smear layer removida com EDTA 17%. A PDT foi realizada com o PEI- ce6 como FS e com o laser diodo de 660nm de  $\lambda$  com  $P= 40\text{mW}$  e  $E= 9,6\text{J}$  por 240s. As amostras microbiológicas foram tomadas antes e depois da instrumentação, posteriormente à PDT, após uma semana com hidróxido de cálcio ( $\text{Ca(OH)}_2$ ) e após uma segunda aplicação do laser. Os estudos demonstraram que houve uma redução significativa da carga bacteriana, e que a segunda PDT é ainda mais eficaz.

Bergmans et al. (2008) testaram o efeito da desinfecção foto-ativada em patógenos endodônticos ex vivo. Os experimentos avaliados foram a PDT, o laser isolado, o AT isolado e um grupo controle. O AT utilizado numa concentração de 12,7mg/mL por 1min., em seguida o laser diodo semicondutor com comprimento de onda de 635nm,  $P= 100\text{mW}$  e  $E= 15\text{J}$ , durante 150s. Os resultados mostraram uma redução significativa da carga bacteriana, resultando na morte de 93,8% de *S. anginosus*, 88,4% de *E. faecalis* e 98,5% de *F. nucleatum*. Quando comparados os grupos laser e AT isolados, os mesmos não apresentaram diferenças significativas, nem efeitos significativos sobre a carga. Logo, os autores concluíram que a PDT não é uma alternativa, mas um possível complemento aos protocolos já existentes para a desinfecção do canal radicular proporcionando um efeito de largo espectro.

Com o objetivo de avaliar a terapia fotodinâmica em dentes decíduos com necrose pulpar, Pinheiro et al. (2009) utilizaram a quantificação de bactérias viáveis, antes e após a instrumentação e depois do uso da PDT. Culturas de canais radiculares foram realizadas: a primeira foi realizada logo após o acesso e localização do canal radicular, a segunda foi realizada após a conclusão do PQM, e o último, após a PDT. Na terapia fotodinâmica utilizou-se como agente FS o AT 0,005% por 3 min. e o laser de luz vermelha de comprimento de onda de 660nm,  $P= 100\text{mW}$  e  $E= 4\text{J/cm}^2$  por 40s. Os resultados foram submetidos a uma análise UFC e teste de Wilcoxon. A instrumentação resultou numa redução de 82,59% de células viáveis e, após PDT, a redução microbiana observada foi 98,37%. Os autores concluíram que a terapia fotodinâmica é recomendada como terapia adjuvante para a redução microbiana em dentes decíduos com polpa necrótica.

Lim et al. (2009) em seus estudos testaram a desinfecção com luz ativada melhorada em biofilme de *E. faecalis* em dois diferentes estágios de maturação, após 4 dias e após 4

semanas. Cinco grupos foram analisados: o controle, a PDT (AM por 20min.), a PDT melhorada (AM associado ao MIX), a instrumentação/modelagem (NaOCl 5,25% e EDTA 17%) e a instrumentação/modelagem associada a PDT melhorada. O laser diodo de  $\lambda = 660\text{nm}$  foi utilizado como fonte de luz acoplado a uma fibra óptica emitindo  $P = 30\text{mW}$  e energia total de  $36\text{J}$ , durante 20min. Os resultados mostraram que nenhum tratamento foi capaz de eliminar totalmente as bactérias. A sobrevivência das bactérias após o tratamento, em ordem decrescente dos grupos, foi: controle, PDT, PDT melhora, instrumentação/ modelagem e instrumentação/ modelagem associada a PDT melhorada. A PDT melhorada produziu maior redução no número de UFC do que a PDT convencional. A limpeza e modelagem produziram uma morte bacteriana de 99,96% e quando combinada com a PDT melhorada gerou uma redução significativa de 99,99%. Mostrando que a combinação gera melhores resultados bactericida.

Silva et al. (2010) fizeram uma análise da efetividade da instrumentação associada à PDT e a medicação intracanal na eliminação de *E. faecalis*. Dez raízes dentárias humana foram utilizadas no grupo teste, em que os canais foram preenchidos com corante azuleno 25% e Endo-PTC por 5min. e irradiadas com laser diodo de  $\lambda = 685\text{nm}$  por 3min. utilizando-se sistema de fibra óptica de diâmetro de  $365\ \mu\text{m}$ ; as outras dez foram utilizadas no grupo controle, em que houve apenas a fase de instrumentação. Foram feitas duas coletas, uma imediatamente ao tratamento e outra após sete dias. Em seguida, as raízes receberam medicação (polimixina B com clorexidina gel 2%) por 14 dias. Então, uma nova coleta foi realizada após sete dias da remoção da medicação. Os autores concluíram que a instrumentação associada à PDT foi mais efetiva que somente a instrumentação, não eliminando totalmente o biofilme da monoespécie. Após o uso de medicação intracanal com clorexidina gel 2% associada à polimixina B, não houve diferença no número de UFC de *E. faecalis* entre o grupo tratado com PDT e aquele em que foi utilizada apenas a instrumentação.

Garcez et al. (2010), em estudo in vivo, relataram o efeito antimicrobiano da terapia fotodinâmica associada ao tratamento endodôntico convencional em pacientes com necrose pulpar infectada com uma microflora resistente a terapia antibiótica prévia. Trinta dentes anteriores de 21 pacientes com lesões periapicais que receberam o tratamento endodôntico convencional e terapia antibiótica, foram selecionados. Amostras microbiológicas foram tomadas (1) depois de acessar o canal, (2) após terapia endodôntica, e (3) após PDT. Na PDT utilizou-se como fotossensibilizador PEI- Ce6  $60\ \mu\text{mol/L}$  por 2min. e, para irradiação, o laser diodo de  $\lambda = 660\text{nm}$ ,  $P = 40\text{mW}$  e  $E = 9,6\text{J/cm}^2$  durante 4min. Os resultados mostraram que

todos os pacientes apresentaram pelo menos um microrganismo resistente a antibióticos. A Terapia endodôntica sozinha produziu uma redução significativa no número de espécies microbianas, mas apenas três dentes foram livres de bactérias, enquanto que a combinação de terapia endodôntica e PDT eliminaram todas as espécies resistentes aos medicamentos e todos os dentes estavam livres de bactérias. Os estudos demonstraram que a utilização da PDT adicionada ao tratamento endodôntico convencional leva a uma redução ainda maior da carga microbiana e, que a PDT é um tratamento eficaz para eliminar microrganismos resistentes a multi- drogas.

De modo a testar a PDT utilizando dois FS diferentes como suplemento aos procedimentos de irrigação/instrumentação para promover a redução de *E. faecalis* em canais radiculares, Souza et al. (2010), utilizaram 70 dentes extraídos divididos em quatro grupos experimentais, onde testaram os agentes irrigantes NaOCl a 2,5% e o NaCl 0,85% em associação à PDT usando AM ou AT (ambos em 15µg/mL). Para PDT, o fotossensibilizador permaneceu no canal por 2 min., seguida da exposição da luz vermelha emitida a partir do laser de diodo com uma P= 40 mW e  $\lambda= 660$  nm por 4 min. O sistema foi acoplado a uma fibra óptica com um diâmetro de 300 µm. O resultado, obtido a partir da contagem UFC, mostrou que, independente do agente irrigante, a instrumentação reduziu significativamente a contagem de bactérias. O NaOCl como irrigante foi mais eficaz do que o NaCl e, esta diferença persistiu após a PDT, independente do fotossensibilizador. Não foram observadas diferenças significativas entre os dois FS. Logo, esses não exercem efeito suplementar significativo na desinfecção de canais radiculares. Outros ajustes no protocolo da PDT podem ser requeridos, para aumentar a previsibilidade na eliminação de bactérias, antes do seu uso clínico.

Upadya & Kishen (2010) estudaram a eficácia da desinfecção ativada pela luz (LAD) de bactérias gram- positivas e gram- negativas em diferentes modos de crescimento e a influência de diferentes formulações de FS em AM mediada pela LAD. A desinfecção ativada pela luz usando AM foi testada em suspensão planctônica de *E. faecalis*, suspensão co- agregada e biofilme mono- espécies, e em suspensão planctônica de *Pseudomonas aeruginosa* e biofilme mono- espécies. Assim como, a diferença na suscetibilidade dos biofilmes de *E. faecalis* e *P. aeruginosa* a LAD com formulações modificadas do FS foi avaliada por métodos convencionais de cultura e de microscopia de varredura com laser confocal (CLSM). AM dissolvido em água desionizada (DI) ou numa mistura de glicerol: etanol: água (MIX) foi utilizada como o FS por 15min. AM numa emulsão produzida pela mistura de peróxido de hidrogênio e um detergente foi usada no meio de irradiação. Uma fonte de luz não coerente de

$\lambda = 660\text{nm}$ , foi utilizada. A potência total obtida a partir do feixe de fibra óptica foi  $0,106\text{ W}$  e as energias utilizadas foram  $15$  e  $40\text{J/cm}^2$ . Os resultados mostraram que uma dose de energia superior foi necessária para LAD de bactérias em suspensão e em co-agregação, em comparação com os seus homólogos planctônicos. O modo de crescimento de biofilme ofereceu maior resistência para LAD em ambas as estirpes de patógenos testadas. *E. faecalis* foi mais susceptível a LAD do que o *P. aeruginosa* e, o uso de FS com formulações modificadas mostrou melhor eficácia na LAD para destruir o biofilme. Sendo o MIX associado à emulsão mais eficiente. Os autores concluíram que os modos de crescimento de bactérias desempenham um importante papel para influenciar a susceptibilidade à LAD numa maneira dose-dependente. A natureza das formulações do FS influencia na susceptibilidade de biofilmes.

Pagonis et al. (2010), pesquisaram os efeitos in vitro de nanopartículas carregadas do poli-ácido glicólico láctico (PLGA) com o fotossensibilizador AM e da luz contra *E. faecalis*. A captação e distribuição de nanopartículas em suspensão de *E. faecalis* foi investigada por microscopia eletrônica de transmissão (MET), após incubação com complexo PLGA com partículas coloidais de ouro por 2,5; 5 e 10 min. Espécies *E. faecalis* foram sensibilizadas em fase planctônica e em canais radiculares de dentes humanos extraídos e infectados experimentalmente, com AM-carregado de nanopartículas durante 10 min., seguida pela exposição à luz vermelha de um laser diodo com  $P = 1\text{W}$  e  $\lambda$  de  $665\text{ nm}$  por 10 min. O laser acoplado a uma fibra óptica teve uma  $E = 60\text{J/cm}^2$ . Os resultados obtidos por contagem UFC, mostraram as nanopartículas concentradas principalmente nas paredes celulares dos microrganismos em todos os três momentos. O sinergismo de luz e AM-carregado de nanopartículas gerou cerca de 2 e 1  $\log_{10}$  de redução de UFC, em fase planctônica e canais radiculares, respectivamente. Em ambos os casos, a média de  $\log_{10}$  de níveis de UFC foram significativamente mais baixos do que os controles e AM-carregado com nanopartículas sem luz. Os autores concluíram que a utilização de PLGA nanopartículas encapsuladas com drogas fotoativas pode ser um complemento promissor na terapia antimicrobiana endodôntica.

Ng et al. (2011), avaliaram em ex vivo a utilização de terapia fotodinâmica com azul de metileno quanto ao seu potencial antimicrobiano. Cinquenta e dois dentes recém-extraídos com necrose e lesão periapical discernível em radiografia. Foram realizadas três coletas: 1ª coleta no acesso, 2ª coleta imediatamente após o PQM e 3ª coleta após a PDT. Metade dos dentes receberam PQM com NaOCl 6% e os outros vinte e seis foram submetidos a PDT com AM a uma concentração de  $50\text{ }\mu\text{m/mL}$  por 5 min., seguido por uma exposição de luz com o laser de diodo  $\lambda$  de  $665\text{ nm}$  e  $P = 1\text{mW}$ , com  $E = 30\text{J/cm}^2$ , acoplado a uma fibra óptica de

250µm de diâmetro, aplicada por 2,5 min., seguido por uma pausa de 2,5 min. e uma segunda aplicação por 2,5 min. Após a análise por contagem UFC e hibridização de DNA antes e depois do tratamento, o resultado mostrou melhor desempenho do PQM+PDT sobre o PQM sozinho, indicando que a PDT reduz as bactérias residuais dos canais e que, se melhorada sua técnica, é uma promessa significativa como coadjuvante do tratamento endodôntico convencional.

Rios et al. (2011) avaliaram a terapia fotodinâmica utilizando emissor de luz diodo contra *E. faecalis*. Dentes unirradiculares extraídos foram limpos e vedados o ápice antes da incubação com *E. faecalis* por 2 semanas. As raízes foram divididas em cinco grupos experimentais e três grupos controle que receberam os seguintes tratamentos: (1) NaOCl: canais foram irrigados NaOCl 6% por 30s; (2) azul de toluidina O (TBO): colocado no canal e deixado por 30s; (3) luz: canais foram preenchidos com solução salina estéril e irradiados com luz do laser diodo com comprimento de onda de 628nm por 30s; (4) TBO /luz: canais foram preenchidos com FS TBO e mantido por 30s, em seguida a luz foi ativada por 30s; e (5) NaOCl / TBO / luz: canais foram irrigados NaOCl 6% durante 30s e depois tratou-se como o grupo TBO / luz. Raspas de dentina foram coletadas dos canais radiculares de todos os grupos com um instrumento rotativo # 50, as UFCs foram determinadas e a taxa de sobrevivência das bactérias foi calculada para cada tratamento. Os resultados mostraram que a taxa de sobrevivência bacteriana do grupo de NaOCl / TBO / luz (0.1%) foi significativamente mais baixa do que o hipoclorito de sódio (0,66%) e o grupo TBO / luz (2,9%). Os estudos demonstraram que a PDT utilizando TBO e uma lâmpada de diodo emissor de luz tem o potencial de ser usada como um procedimento antimicrobiano coadjuvante na terapia endodôntica convencional.

Inovando os estudos em PDT, Kranz et al. (2011) investigaram o efeito do 5,10,15,20-tetra m-hidroxifenil- clorina (mTHPC) enriquecido em lipossomas como FS na PDT contra *E. faecalis*. A suspensão bacteriana foi cultivada por 24h, em seguida pipetada para uma placa de microtitulação e incubada durante 15 min. no escuro com mTHPC em várias concentrações (10, 30 e 50 mM). As suspensões fotossensibilizadas foram submetidas ao laser diodo 652nm de comprimento de onda em uma  $E= 100J/cm^2$  (Grupo teste A). Além disso, a suspensão sensibilizada com mTHPC 50 mM foi irradiada com 25, 50, e 75  $J/cm^2$  (Grupo de teste B). Os grupos controles foram: suspensão bacteriana não irradiado na ausência de mTHPC (grupo C); suspensão bacteriana irradiada na ausência de mTHPC (grupo D); suspensão bacteriana não irradiada incubada com mTHPC (grupo E). Após 4 dias, as UFCs foram determinadas. Os resultados mostraram que a *E. faecalis* foi completamente suprimida após incubação com

50mM mTHPC e iluminação com 100J/cm<sup>2</sup>. O tratamento endodôntico com 10 e 30mM mTHPC causou redução de 5,8 e 6,7 unidades logarítmicas. A incubação do FS sem irradiação provocou uma redução de 1,5 unidades logarítmicas. Os autores concluíram que a PDT usando o FS mTHPC incorporados em lipossomas pode ser uma nova abordagem adjuvante para o tratamento de infecções endodônticas com *E. faecalis*.

Shahram et al. (2012) compararam a eficácia bactericida da PDT, da clorexidina 2%, do NaOCl 2,5% e da PDT+ NaOCl 2,5% contra *E. faecalis*. Foram utilizados 70 dentes com seus canais radiculares contaminados, divididos em grupos tratados diferentemente: um foi submetido à clorexidina 2%, outro a NaOCl 2,5%, outro a PDT (AT de 15 µm/ml + Luz de diodo acoplado à fibra óptica com P= 200mW e λ= 625 nm por 60s) e o último a PDT+ NaOCl 2,5%. Além de grupo controle positivo que não recebeu tratamento e o negativo, sem inoculação de bactérias. Na contagem UFC, o resultado mostrou uma redução bacteriana significativa em todos os grupos. Porém, a combinação PDT+ NaOCl 2,5% alcançou a redução máxima de bactérias, sendo eficaz na eliminação do *E. faecalis*.

Em estudo in vivo, Silva et al. (2012) avaliaram a resposta dos tecidos apicais e periapicais de dentes de cães com periodontite apical após tratamento endodôntico sessão única, com e sem terapia fotodinâmica antimicrobiana. Sessenta canais radiculares com periodontite apical experimentalmente induzida foram instrumentados e divididos em quatro grupos: (1) que receberam PDT e os canais foram obturados e restaurados na mesma sessão; (2) que receberam a PDT e foram restaurados sem a obturação. Na PDT, um composto fenotiazínico (10mg/ml) foi utilizado como FS por 3min. e irradiado por 1min. com laser diodo de λ= 660nm e P= 60mW/cm<sup>2</sup>. Grupo 3 sem PDT, os canais foram obturados e restaurados na mesma sessão; e no grupo 4 sem PDT, restaurados sem obturação. Seções das maxilas e mandíbulas foram coradas com HE e tricrômico de Mallory e examinadas sob microscopia de luz. Foi realizada análise microscópica descritiva e quantitativa. Os resultados mostraram que nos grupos tratados com PDT, tinha um aumento moderado/ grave da região periapical, sem células inflamatórias, neovascularização e fibrogênese moderada e lesões periapicais menores. Concluíram que embora o fechamento apical por deposição de tecido mineralizado não foi alcançado, a ausência de células inflamatórias, neoangiogênese e fibrogênese moderada na região periapical nos grupos tratados com PDT indicam que este pode ser um complemento promissor para os procedimentos de limpeza e modelagem no tratamento endodôntico em dentes com periodontite apical em sessão única.

Recentemente, Brait et al. (2013) avaliaram in vivo a eficácia da terapia fotodinâmica após a limpeza e modelagem do canal radicular. Foram selecionados 24 dentes anteriores com

lesão periapical visível em radiografia, divididos em dois grupos de 12 dentes cada. De cada espécime, de ambos os grupos, foram colhidas três amostras em momentos estratégicos do tratamento. No grupo G1, foi realizado o preparo endodôntico utilizando um sistema rotatório de níquel/titânio, sendo a primeira amostra colhida na abertura cirúrgica; a segunda, após o preparo endodôntico; e a terceira, sete dias após o preparo do canal. No grupo G2, as amostras foram colhidas do mesmo modo que o grupo G1; exceto que a segunda amostra foi realizada após a instrumentação e aplicação da terapia fotodinâmica (PDT). A terceira amostra foi feita sete dias após a aplicação da PDT. Foi utilizado na pesquisa o NaOCl 5,25% como substância irrigadora, sendo esse neutralizado com o tiosulfato de sódio a 5% em determinado momento da pesquisa. O aparelho de laser usado foi o Photon Laser com uma irradiação de luz vermelha e fibras ópticas de  $\lambda = 660\text{nm}$ ,  $P = 100\text{mW}$  e  $E = 140\text{J/cm}^2$ , durante 40s, usando o AM a 0,005%, como FS, que ficou por 5min. dentro do canal, tempo de pré-irradiação. Todas as amostras dos dois grupos foram encaminhadas ao laboratório de análises clínicas para a verificação da contaminação, ou não, do sistema de canais radiculares. Os resultados demonstraram que não houve diferença estatística relevante entre os dois grupos, mas são necessários maiores estudos randomizados para demonstrar a eficácia da terapia fotodinâmica.

Stojicic et al. (2013), na comparação da eficácia da desinfecção fotoativada convencional e modificada, utilizou AM misturado com  $\text{H}_2\text{O}_2$  a 0,5% e clorexidina 0,05%; ou com  $\text{H}_2\text{O}_2$  0,5% e EDTA 0,05% ou com clorexidina 0,05% e EDTA 0,05%, que foram irradiados de 10s a 5min. pelo laser diodo 660nm e 40mW de potência, para análise da PDT modificada. Para análise da PDT convencional foram comparadas diferentes concentrações de AM em diferentes tempos. Os experimentos envolveram biofilme, *E. faecalis* e placa mistas de biofilme que foram cultivados em discos de hidroxiapatita estéril. Os resultados mostraram que na PDT convencional a concentração de AM de 15  $\mu\text{mol/L}$  foi mais eficaz nos tempos testados e na PDT modificada a mistura clorexidina 0,05% e EDTA 0,05% mostrou melhor eficácia bactericida tanto sem como com o laser. A PDT convencional eliminou de 90,76% para 100% *E. faecalis* por 3 min., mas não conseguiu eliminar toda placa bacteriana mesmo após 5 min. de irradiação laser. Em PDT modificada, até 100% do suspenso *E. faecalis* e mistos da placa bacteriana foram eliminados depois de 1 min. e 30 s de irradiação. Os autores concluíram que melhorando a concentração de AM adicionando baixas concentrações de EDTA, peróxido de hidrogênio ou clorexidina, seguida por irradiação do laser resultou na erradicação de bactérias planctônicas em um tempo muito mais curto e melhorou muito a redução de bactérias do biofilme. Os resultados do estudo comprovaram que a PDT modificada obteve melhores resultados do que a PDT convencional.

Atualmente, as pesquisas relataram novas abordagens para a desinfecção do sistema de canais radiculares. Incluindo o uso de sistemas de irrigação ultra-sônicos na terapia endodôntica convencional ou associado à terapia fotodinâmica.

Miranda et al. (2013) avaliaram em experiência *ex vivo* a eficácia do EndoVac® e da terapia fotodinâmica como coadjuvantes ao debridamento químico-mecânico (DQM) associado com hidróxido de cálcio na redução de *E. faecalis* intracanal. Cento e vinte e cinco dentes pré-molares estéreis foram acessados, preparados e, em seguida, contaminados com *E. faecalis* durante 30 dias. Foram divididos aleatoriamente em 4 grupos: Controle (DQM com irrigação convencional); Endovac (debridamento biomecânico com sistema EndoVac®), PDT (DQM com irrigação convencional e PDT) e Endovac + PDT (debridamento biomecânico com EndoVac® e PDT). Os irrigantes utilizados em todos os grupos foram NaOCl 5,25% e EDTA 17%. Na PDT utilizou-se AM como FS por 5min., em seguida o canal foi irradiado com o laser diodo de 660nm de  $\lambda$  e P= 40mW através de uma fibra óptica de 0,3mm de diâmetro, durante 5min. Após o tratamento, aplicou-se um curativo de demora (Ca(OH)<sub>2</sub>) em todos os canais, durante 7 dias. As amostras foram obtidas antes e após o procedimento terapêutico e, após a medicação intra-canal; semeados em meios BHI e incubadas (37 ° C, 48 h) para determinar as UFCs. Os resultados mostraram uma redução significativa na contagem de *E. faecalis* para ambas as amostragens pós-tratamento, não foram detectadas diferenças entre os grupos. Os estudos demonstraram que o uso adjuvante da EndoVac® e da PDT, combinados ou não, são tão eficazes quanto o DQM convencional associado com Ca(OH)<sub>2</sub> na redução das contagens de *E. faecalis* intracanal.

Bago et al. (2013) avaliaram o efeito antimicrobiano da irradiação do laser diodo, da desinfecção fotoativada (PAD), da irrigação convencional e ultra- sônica com NaOCl 2,5% contra *E. faecalis*. Cento e vinte dentes humanos unirradiculares extraídos com canais retos esterilizados, contaminados com *E. faecalis* e incubados por 7 dias. Foram distribuídos em seis grupos: (1) irradiados com laser diodo de alta potência com  $\lambda= 975\text{nm}$  P= 2W, durante 60s em três tempos; (2) PDT que utilizou AT por 1min., seguida de irradiação com laser diodo de  $\lambda= 660\text{nm}$  e P= 100mW por 60s; (3) PDT, que utilizaram como FS o cloreto de fenotiazina por 2min. e irradiação com laser diodo, com Endoprobe 3D por 60s; (4) irrigação com seringa de NaOCl 2,5% por 60s; (5) agitação ultra- sônica do NaOCl 2,5% com sistema EndoActivator por 60s; (6) irrigação com seringa de NaCl por 60s. O padrão de colonização foi visualizado por microscopia eletrônica de varredura. O número de bactérias em cada canal foi determinado por contagem em placas. A presença e a ausência de *E. faecalis* em canais radiculares também foram demonstrados por reação em cadeia da polimerase. Os resultados



mostraram que houve uma redução significativa na população bacteriana depois de todos os tratamentos. A PDT, usando ambos os sistemas a laser, e a irrigação de NaOCl ativada com ultra- sônico, foram significativamente mais eficazes na redução das UFCs. O laser diodo de alta potência e a irrigação simples do NaOCl tiveram o mesmo efeito antibacteriano. Os autores concluíram que o sistema PDT e EndoAtivador foram mais bem sucedidos na redução de infecção do canal radicular do que o laser de diodo e NaOCl sozinhos.

## 2.6 LASERTERAPIA VS. PDT

Meire et al. (2009) testaram a ação antibacteriana da irradiação dos lasers Nd:YAG, o KTP, da PDT e do NaOCl 2,5% contra *E. faecalis* em experimentos in vivo e ex vivo. Sessenta canais radiculares retos de dentes humanos foram preparados, autoclavados, inoculados com *E. faecalis* e incubados por 48h. Foram distribuídos em quatro grupos e um controle. Depois dos tratamentos, o número de bactérias sobreviventes em cada canal foi determinado por contagem em placas. Assim como, nos experimentos em suspensão aquosa dos *E. faecalis*. Os resultados em suspensão aquosa demonstraram que a PDT (FS= AT 12,7mg/mL por 2min. e irradiação com laser diodo  $\lambda= 635\text{nm}$  P= 100mW e E= 15J por 150s) e o NaOCl 2,5% houve uma redução significativa no número de *E. faecalis*, enquanto Nd: YAG ( $\lambda= 1064\text{nm}$  P= 1,5W E= 37,5J) ou KTP ( $\lambda= 532\text{nm}$  P=1W E= 25J) não teve qualquer efeito. No modelo de dente infectado, só a PDT e os dentes tratados com NaOCl produziram resultados significativamente diferentes em relação aos controles não tratados. Os autores concluíram que os sistemas de laser, bem como PDT foram menos eficazes do que o NaOCl na redução dos *E. faecalis*, tanto em suspensão aquosa como no modelo de dente infectado.

Cheng et al. (2012), avaliaram o efeito bactericida dos lasers de radiação Nd:YAG, Er: YAG, Er: Cr:YSGG e a terapia fotodinâmica em canais radiculares infectados experimentalmente em comparação com o tratamento endodôntico padrão. Duzentos e vinte canais radiculares de dentes humanos foram infectados com *E. faecalis*, divididos em cinco grupos: Nd:YAG laser de  $\lambda= 1064\text{nm}$ , potência de 1,5W e fibra óptica de 200 $\mu\text{m}$  de diâmetro irradiados por 4s repetido 4 vezes, Er: YAG +NaOCl+solução salina+ água destilada (Er:YAG/NaOCl/SS/AD) laser de  $\lambda= 2940\text{nm}$ , 0,3W de potência e 300 $\mu\text{m}$  de diâmetro da fibra óptica ativados por 20s, Er:YAG/SS/AD (mesmo protocolo de irradiação do anterior), Er: Cr:YSGG laser com 2780nm de  $\lambda$ , P= 1W e fibra óptica com 415 $\mu\text{m}$  de diâmetro irradiado por 1s a cada 1mm do comprimento de trabalho e PDT: canais preenchido com AM e irradiados com laser diodo de  $\lambda= 660\text{nm}$  e potência 0,2W acoplada a fibra óptica de 2mm de

diâmetro ativado por 60s, além de dois grupos controles: NaOCl 5,25% controle positivo e SS 0,9% controle negativo. Após o tratamento, a partir da contagem UFC verificaram que as reduções dos grupos experimentais e controle positivo foram significativamente maiores do que a do controle negativo. No entanto, apenas o grupo Er: YAG/NaOCl/SS/AD mostrou nenhum crescimento bacteriano, parecendo ser um protocolo ideal para a desinfecção de canais radiculares durante o tratamento endodôntico.

Com o objetivo de comparar a eficácia antimicrobiana dos lasers de alta potência Nd: YAG e Er:YAG e dois sistemas comerciais de PDT com a ação do NaOCl contra *E. faecalis*, Meire et al. (2012), utilizaram biofilmes de *E. faecalis* cultivados em discos de dentina numa placa de microtitulação, incubados durante 24 h e submetidos aos seguintes tratamentos: (1) PDT (Denfotex e sistema Helbo): utilizou-se como FS o AT a 12,7 mg/mL durante 2min., seguida de irradiação com laser diodo de 635nm de  $\lambda$ , P= 100mW por 150s; (2) Irradiação com Er: YAG de  $\lambda= 2940$  nm, com dois pulso energias: 50 e 100 mJ (frequência: 15 Hz) irradiados quatro vezes por 5 s cada vez (energia total: 30 e 60 J); (3) Nd: YAG irradiação a 1064 nm foi realizada utilizando uma P= 2 W e frequência de 15 Hz irradiados quatro vezes por 5 s cada vez (Energia total: 80 J); (4) e imersão em NaOCl 2,5% por 1, 5, 10 e 30 min. O número de UFC foi determinado por disco por contagem de placa. Os resultados mostraram reduções significativas em PDT (Helbo) (2  $\log_{10}$  redução), Er: YAG utilizando irradiação 100 mJ (4,3  $\log_{10}$  redução) e todos os tratamentos de NaOCl (> 6  $\log_{10}$  redução). O NaOCl 2,5% durante 5 min. eficazmente eliminou todas as bactérias. Os tratamentos PDT (Denfotex), irradiação Er: YAG utilizando 50 mJ e Nd: YAG causaram uma redução nas contagens viáveis de <1  $\log_{10}$  unidade, entretanto, estes resultados não foram significativamente diferentes dos controles não tratados. Conclusão: O hipoclorito de sódio foi o mais eficaz na eliminação do biofilme de *E. faecalis*, enquanto que Er: YAG tratamento (100 mJ pulsos) também resultou em altas reduções nas contagens viáveis. A utilização de ambos os comerciais sistemas de PDT resultou numa fraca redução do número de *E. faecalis*. Nd: YAG foi a irradiação menos eficaz.

## REFERÊNCIAS

- ACKROYD, R.; KELTY, C.; BROWN, N. et al. The history of photodetection and photodynamic. **Photochemistry and Photobiology**, v. 74, n. 5, p. 656-669, 2001.
- AMARAL, R.R. ; AMORIM, J.C.F.; NUNES, E.; SOARES, J.A.; SILVEIRA, F.F. Terapia fotodinâmica na endodontia- Revisão da literatura. **Revista da Faculdade de Odontologia**, v. 15, n. 2, p. 207-211, 2010.
- BACH, G. Use of Laser Systems in Endodontics. **Roots International Magazine of Endodontology**, v. 1, p. 53-57, 2006.
- BAGO, I., PLECKO, V., PANDURIC, D., SCHAUPERL, Z. et al. Antimicrobial efficacy of a high-power diode laser, photo-activated disinfection, conventional and sonic activated irrigation during root canal treatment. **International Endodontic Journal**, v. 46, p. 339–347, 2013.
- BERGMANS, L.; MOISIADIS, P.; HUYBRECHTS, B. et al. Effect of photo-activated disinfection on endodontic pathogens ex vivo. **International Endodontics Journal**, v. 41; p. 227-239, 2008.
- BRAITT, A.H.; MURTA, H.P.; RODRIGUES, E.A.; BUENO, C.E.S. Evaluation of the effectiveness of the use of photodynamic therapy (PDT) after cleaning and shapping the root canal: An in vivo study. **Dental Press Endodontics**, v. 3, n. 2, p. 41- 45, 2013.
- CHENG, X.; SUMIN, G.; HONG, L. 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. 4, p. 824–831, 2012.
- COHEN, S.; HARGREAVES K. **Pathways of the pulp**. 9<sup>a</sup> ed. St. Louis: Mosby Elsevier; 2007.
- DUNAVANT, T. R.; REGAN, J. D.; GLICKMAN, G. N. et al. Comparative evaluation of endodontic irrigants against *Enterococcus faecalis* biofilms. **Journal of Endodontics**, v.32, n. 6, p. 527-531, 2006.
- FIGDOR, D., DAVIES, J., SUNDQVIST, G. Starvation survival, growth and recovery of *Enterococcus faecalis* in human serum. **Oral Microbiology Immunology**, v.18, p. 234-39, 2003.

FIMPLE, J., FONTANA, C., FOSCHI, F. et al. Photodynamic treatment of endodontic polymicrobial infection in vitro. **Journal of Endodontics**, v. 34, n. 6, p. 728-34, 2008.

FOSCHI, F.; FONTANA, C.; RUGGIERO, K.; RIAHI, R. et al. Photodynamic inactivation of *Enterococcus faecalis* in dental root canals in vitro. **Lasers Surgery Medical**, v. 39, n. 10, p.782-7, 2007.

FONSECA, M.; JÚNIOR, P.; PALLOTA, R.; FILHO, H.; et al. Photodynamic therapy for root canals infected with *Enterococcus faecalis*. **Photomedicine and Laser Surgery**, v. 26, n.3, p. 209-213, 2008.

GARCEZ, A.S. **Laser em baixa intensidade associado à fotossensibilizador para redução bacteriana intracanal comparado ao controle químico** [dissertação]. São Paulo (SP): Universidade de São Paulo, 2002.

GARCEZ, A.S; NÚÑEZ, S.C.; LAGE-MARQUES, J.L.; JORGE, A.O.C.; RIBEIRO, M.S. Efficiency of NaOCl and laser-assisted photosensitization on the reduction of *Enterococcus faecalis* in vitro. **Oral Surgery Oral Medical Oral Pathology Oral Radiology Endodontics**, v. 102, p. 93-98, 2006.

GARCEZ, A.S.; RIBEIRO, M. S.; TEGOS, G.P.; NÚÑEZ, S.C.; et al. Antimicrobial photodynamic therapy combined with conventional endodontic treatment to eliminate root canal biofilm infection. **Lasers Surgery Medical**, v. 39, p. 59-66, 2007.

GARCEZ, A.; NUÑEZ, S.; HAMBLIN, M.; RIBEIRO, M. Antimicrobial effects of photodynamic therapy on patients with necrotic pulps and periapical lesion. **Journal of Endodontics**, v.34, n. 2, p. 138-42, 2008.

GARCEZ, A.S.; NUNEZ, S.C.; HAMBLIM, M.R.; SUZUKI, H.; RIBEIRO, M. Photodynamic therapy associated with conventional endodontic treatment in patients with antibiotic-resistant microflora: A preliminary report. **Journal of Endodontics**, v.36; p.1463–1466, 2010.

GEORGE, S.; KISHEN, A. Photophysical, photochemical, and photobiological characterization of methylene blue formulations for light-activated root canal disinfection. **Journal of Biomedical Optics**, v.12, n.3, 2007.

GENOVESE, W. J. **Laser de baixa intensidade – aplicações terapêuticas em odontologia**. São Paulo: Ed. Santos, 2007.

LIM, Z.; CHENG, J.L.; LIM, T.W. Light activated disinfection: an alternative endodontic disinfection strategy. **Aust Dent Journal**, v. 54, p. 108–114, 2009.

KRANZ, S.; GUELLMAR, A.; VOLPEL, A; GITTER, B. et. al. Photodynamic Suppression of *Enterococcus faecalis* Using the Photosensitizer mTHPC. **Lasers in Surgery and Medicine**, v. 43, p. 241–248, 2011

KONOPKA, K.; GOSLINSKI, T. Photodynamic therapy in dentistry. **Journal Dental Research**, v. 86, n. 8, p. 964- 707, 2007

MACHADO, A.E.H. Terapia fotodinâmica: princípios, potencial de aplicação e perspectivas. **Química nova**, Uberlândia; v. 23, n.2, p. 237-243, 2000.

MAROTTI, J.; PIGOZZO, M. N.; NAKAMAE, E. D. M. et al. Terapia fotodinâmica no tratamento da periimplantite. **Implant News**, v.5, n.4, p. 401-405, 2008.

MEIRE, M.A; DE PRIJCKS, K.; COENYE, T.; NELIS, H.J.; DE MOOR, J.G. Effectiveness of different laser systems to kill *Enterococcus faecalis* in aqueous suspension and in an infected tooth model. **International Endodontics Journal**, v. 42, p. 351-359, 2009.

MEIRE, M.A.; COENYE, T.; NELIS, H.J.; DE MOOR, R.J. Evaluation of Nd:YAG and Er:YAG irradiation, antibacterial photodynamic therapy and sodium hypochlorite treatment on *Enterococcus faecalis* biofilms. **International Endodontics Journal**, v. 45, n. 5, p. 482–491, 2012.

MIRANDA, R.G.; SANTOS, E.B.; SOUTO, R.M.; GUSMAN, H.; COLOMBO, A.P.V. Ex vivo antimicrobial efficacy of the EndoVac® system plus photodynamic therapy associated with calcium hydroxide against intracanal *Enterococcus faecalis*. **International Endodontic Journal**, v.46, p.499–505, 2013.

NUNES, M.R. **Diferentes parâmetros da terapia fotodinâmica na redução de enterococcus faecalis em canais radiculares** [dissertação de mestrado]. Taubaté: Universidade de Taubaté, Faculdade de odontologia, 2008, 79p.

NG, RAYMOND; FIZA, S.; DESPINA, A. et al. Endodontic Photodynamic Therapy Ex Vivo. **Journal of Endodontics**, v. 37, n. 1, p. 217-222, 2011.

PAOLI, VANIA M. **Terapia Fotodinâmica Aplicada à Erradicação de *Escherichia coli* e *Staphylococcus aureus*: Avaliação In Vitro da Eficiência de Diferentes Fármacos Fotossensíveis**. Tese (doutorado em ciências, área Química). Ribeirão Preto: Universidade de

São Paulo – Faculdade de Filosofia, Ciências e Letras de Ribeirão Preto–Departamento de Química–Programa de Pós-Graduação em Química, 2005, 162p.

PAGONIS, T. C.; CHEN, J.; FONTANA, C.R. et al. Nanoparticle-based Endodontic Antimicrobial Photodynamic Therapy. **Journal of Endodontics**, v. 36, p. 322–328, 2010.

PECIULIENE, V.; BALCIUNIENE, I.; ERIKSEN, H.; HAAPASALO, M. Isolation of *Enterococcus faecalis* in previously root-filled canals in a Lithuanian population. **Journal of Endodontics**, v. 26, p. 593-95, 2000.

PERUSSI, J. R. Inativação fotodinâmica de microrganismos. **Química Nova**, v. 30, n. 4, p. 988-994, 2007.

PINHEIRO, S.L.; SCHENKA, A.A.; ALVES NETO, A.; DE SOUZA, C.P. et al. Photodynamic therapy in endodontic treatment of deciduous teeth. **Lasers Medical Science**, v. 24, n. 4, p. 521-6, 2009

RIBEIRO, M.S.; GROTH, E.B; YAMADA, A.M.; GARCEZ, A.S. et. al. Terapia fotodinâmica antimicrobiana. **Aplicações na odontologia**. 23º CIOSP, São Paulo, 2005.

RIOS, A.; GLICKMAN, G.N.; SPEARS, R.; SCHNEIDERMAN, E.D.; HONEYMAN, A.L. Evaluation of photodynamic therapy using a light-emitting diode lamp against *Enterococcus faecalis* in extracted human. **Journal of Endodontics**, v. 37, n. 6, p. 856–859, 2011.

SEAL, G.; NG, Y.; SPRATT D.; BHATTI M.; GULABIVALA K. An *in vitro* comparison of the bactericidal efficacy of lethal photosensitization or sodium hypochlorite irrigation on *Streptococcus intermedius* biofilms in root canals. **International Endodontic Journal**, v. 35, n. 3, p. 268-274, 2002.

SEDGLEY, C.; LENNAN, S.; APPELBE, O. Survival of *Enterococcus faecalis* in root canals *ex vivo*. **International Endodontics Journal**, v. 38, p. 735-42, 2005.

SIQUEIRA, J.F. JR; LOPES, H. Mechanisms of antimicrobial activity of calcium hydroxide: a critical review. **International Endodontics Journal**, v. 32, p. 361-69, 1999.

SILVA, F. C.; FREITAS, L.R.P.; LOURENÇO, A.P.A. et al. Análise da efetividade da instrumentação associada à Terapia fotodinâmica antimicrobiana e a medicação intracanal na eliminação de biofilmes de *Enterococcus faecalis*. **Braz Dental Science**, v. 13, n.5, p. 31-38, 2010.

SILVA, L.A.B; NOVAES, A.; OLIVERIA, R.R. et al. Antimicrobial Photodynamic Therapy for the Treatment of Teeth with Apical Periodontitis: A Histopathological Evaluation. **Journal of Endodontics**, v. 38, n. 3, p. 360-366, 2012.

SOARES, GOLDBERG. **Endodontia: Técnica e fundamentos**. 2ª edição. Porto Alegre: Artmed, p. 21, 2005.

SOUKOS, N.; CHEN, P.; MORRIS, J.; RUGGIERO, K.; ABERNETHY, A.; SOM, S. et al. Photodynamic therapy for endodontic disinfection. **Journal of Endodontics**, v. 32, n. 10, p. 979-84, 2006.

SOUZA, L.C.; BRITO, P.R.R.; OLIVEIRA, J.C.; ALVES, R.F.; MOREIRA, J.L. et al. Photodynamic Therapy with Two Different Photosensitizers as a Supplement to Instrumentation/Irrigation Procedures in Promoting Intracanal Reduction of *Enterococcus faecalis*. **Journal of Endodontics**, v. 36, n. 2, p. 292-296, 2010.

SHAHRAM, V.; ALI, K.; RAZIEH, S.; AMIN, N.N.; MANDANA, N. Comparison of the bactericidal efficacy of photodynamic therapy, 2.5% sodium hypochlorite, and 2% chlorhexidine against *Enterococcus faecalis* in root canals; an *in vitro* study. **Dental Research Journal**, v. 9, n. 5, p. 613-618, 2012.

STABHOLZ, A., SAHAR-HELFT, S. E MOSHONOV, J. Lasers in Endodontics. **The Dental Clinics of North America**, v.48, n. 4, p. 809-832, 2004.

STOJICIC, S.; AMORIM, H.; SHEN, Y.; HAAPASALO, M. Ex vivo killing of *Enterococcus faecalis* and mixed plaque bacteria in planktonic and biofilm culture by modified photoactivated disinfection. **International Endodontic Journal**, v. 46, p. 649–659, 2013.

SCHOOP, U. et al. The impact of an erbium, chromium: yttrium-scandiumgallium- garnet laser with radial-firing tips on endodontic treatment. **Lasers in Medical Science**. v. 22, n. 3, p. 175-182, 2007.

TAKASAKI, A.A; AOKI, A.; MIZUTANI, K.; SCHWARZ, A.S.; WANG, C.; et al. Application of antimicrobial therapy in periodontal and peri- implant diseases. **Periodontol** **2000**, v.51, p. 1-32, 2009.

UPADYA, M.H.; KISHEN, A. Influence of bacterial growth modes on the susceptibility to light-activated disinfection. **International Endodontic Journal**, v. 43, p. 978–987, 2010.

WAINWRIGHT, M.; PHOENIX, D.; MARLAND, J.; WAREING, D.; BOLTON, F. A study of photobactericidal activity in the phenothiazinium series. **Immunology Medicine Microbiology**, v.19, n.1, p.75-80, 1997.



### 3 ARTIGO

Título: Aplicação da Terapia Fotodinâmica na desinfecção do sistema de canais radiculares

Title: Application of Photodynamic Therapy on root canal disinfection

BESSA, AKA<sup>1</sup>, GOMINHO, LF<sup>2</sup>, ROSENDO, RA<sup>3</sup>, SARMENTO, TCA<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Graduanda do curso de Odontologia da Universidade Federal de Campina Grande

<sup>2</sup> Professora adjunta do curso de Odontologia da Universidade Federal de Campina Grande

<sup>3</sup> Professora assistente do curso de Odontologia da Universidade Federal de Campina Grande

#### RESUMO

**Introdução:** A variedade e a complexidade da anatomia interna dental permitem que microrganismos e remanescentes teciduais persistam em túbulos dentinários, canais acessórios, istmos e deltas apicais, dificultando assim a eliminação pela instrumentação e pela medicação intracanal. Neste contexto, a terapia fotodinâmica (PDT) desponta como uma nova terapia, coadjuvante ao tratamento endodôntico, na tentativa de eliminar microrganismos persistentes ao preparo químico-mecânico. **Método:** Foi realizada uma busca na literatura sobre a atividade antimicrobiana da Terapia fotodinâmica no sistema de canais radiculares, em livros didáticos, periódicos nacionais e internacionais disponíveis nas bases de dados PubMed, Lilacs, Scielo no período 2010 a 2013. **Desenvolvimento:** Na PDT, a radiação utilizada é a de baixa intensidade com protocolos de potência próximos a 100mW. Dentre os estudos analisados, os comprimentos de onda variam de 685nm a 625nm. Em relação aos fotossensibilizadores (FS) observa-se que uma parte expressiva dos estudos utiliza o azul de metileno e o azul de toluidina com tempos de pré-irradiação variando de 1 a 5 minutos. **Conclusão:** Essas observações geram a reflexão de que o uso da PDT é uma terapia promissora a ser associada ao tratamento endodôntico. Nos últimos três anos pode-se verificar a definição da utilização da luz de laser com comprimento de onda vermelho, do uso do azul de metileno e do azul de toluidina como fotossensibilizadores de eleição, mesmo que ainda apresentem concentrações variáveis na literatura. Porém, fatores como potência, energia, tempo de pré-irradiação e irradiação da luz de laser ainda se encontram com variações amplas.

**DESCRITORES:** Fotoquimioterapia, Tratamento do canal radicular, Endodontia.

## ABSTRACT

**Introduction:** The variety and complexity of internal dental anatomy allows micro-organisms and tissue remnants persist in dentinal tubules , accessory canals , isthmuses and apical deltas, thus hindering the elimination by the instrumentation and intracanal medication. In this context , photodynamic therapy (PDT) is emerging as a new therapy adjunct to endodontic treatment in an attempt to eliminate persistent micro-organisms to chemical-mechanical preparation. **Methods:** A literature search on the antimicrobial activity of photodynamic therapy in the root canal system, textbooks , national and international periodicals available in PubMed , Lilacs , SciELO data in the period 2010 to 2013 was performed. **Development :** In PDT, the radiation used is of low intensity with low power protocols near to 100mW . Among the studies, the wavelength range from 685nm to 625nm. Regarding photosensitizers (FS), it is observed that a significant proportion of the studies using the methylene blue and toluidine blue with times ranging from pre-irradiation of 1 to 5 minutes. **Conclusion :** These observations generate the reflection that the use of PDT is a promising therapy to be associated with endodontic treatment . In the past 3 years, it can be verified the setting of the use of laser light with red wavelength , the use of Azuld Methylene and Toluidine Blue as photosensitizers of choice, although still present in varying concentrations literature. However, factors such as power, energy, time, pre-irradiation and irradiation of laser light are still with wide variations .

**DESCRIPTORS: Photochemotherapy, Root canal therapy, Endodontics.**

## 1. INTRODUÇÃO

A Endodontia é a ciência que estuda a morfologia da câmara pulpar, a fisiologia e patologia da polpa bem como a prevenção, tratamento e recuperação das suas implicações nos tecidos periapicais<sup>1</sup>.

Um dos principais fundamentos desta arte consiste na correta conformação do sistema de canais radiculares (SCR) e sua total desinfecção a fim de obter um ambiente livre de bactérias, as principais responsáveis pela dor e doença pulpo-periapical<sup>2</sup>.

Entretanto, a variedade e a complexidade da anatomia interna dental permitem que microrganismos e remanescentes teciduais persistam em túbulos dentinários, canais acessórios, istmos e deltas apicais, dificultando assim a eliminação pela instrumentação e pela medicação intracanal. Apesar da efetividade dessas técnicas, ainda existem vários casos de insucesso do processo de limpeza e desinfecção dos canais radiculares<sup>3</sup>.

Neste contexto, a terapia fotodinâmica (PDT) desponta como uma nova terapia, coadjuvante ao tratamento endodôntico, na tentativa de eliminar microrganismos persistentes ao preparo químico-mecânico (PQM). Sendo de fácil e rápida aplicação clínica, não desenvolvendo resistência microbiana, podendo ser indicada em tratamentos endodônticos em sessão única ou em múltiplas sessões<sup>4</sup>.

A primeira aplicação na Medicina é atribuída a Tappeiner & Jesionek, em 1903, que utilizaram a aplicação tópica do corante eosina e exposição à luz para tratamento de câncer cutâneo. Em 1907, Von Tappeiner denominou este fenômeno de ação fotodinâmica. Desde então, as pesquisas nesta área buscam novos fotossensibilizantes e novas fontes de luz<sup>5</sup>.

Entretanto a seleção e concentração do corante, o tempo de pré-irradiação, o tempo de irradiação, a potência e o modo de operação utilizados nos estudos, entre outros, constituem ainda uma gama de variáveis, as quais não permitiram estabelecer um protocolo ideal para o uso da terapia fotodinâmica.

Com base no exposto, o propósito deste estudo foi de, através de uma revisão da literatura científica existente, realizar um levantamento da aplicação de protocolos clínicos da terapia fotodinâmica na desinfecção do sistema de canais radiculares.

## **2. MÉTODOS**

A pesquisa teve consistência em uma revisão da literatura sobre a atividade antimicrobiana da terapia fotodinâmica no sistema de canais radiculares. Foi realizada uma busca na literatura em livros didáticos, periódicos nacionais e internacionais disponíveis nas bases de dados PubMed, Lilacs, Scielo.

Para tanto, foi pesquisado o período 2010 à 2013, nos idiomas inglês e português.

Os critérios de inclusão dos artigos foram baseados naqueles que continham informações suficientes sobre os protocolos clínicos da PDT, como tipo de fotossensibilizador, fonte de luz, tempo de irradiação, comprimento de onda, potência e que se utilize de fibra óptica intracanal, independente do elemento dental tratado e da patologia que o acomete.

Os artigos que não relacionaram a PDT à endodontia, apresentarem dados incompletos, utilizarem apenas da irradiação da câmara pulpar e que não estejam enquadrados no período determinado foram excluídos.

## **3. DESENVOLVIMENTO**

Atualmente, mesmo com o avanço técnico-científico presenciado na endodontia, casos de insucesso do tratamento endodôntico, causados pela persistência de microrganismos no interior dos túbulos dentinários, ainda são relatados.

Diante disso, existe uma grande preocupação, por parte dos pesquisadores, em desenvolver procedimentos que possam aumentar a efetividade do tratamento endodôntico, atingir melhores resultados, diminuir o tempo de trabalho e, conseqüentemente, resultarem em maior qualidade de tratamento. Sua principal vantagem é uma maior garantia de desinfecção do canal radicular, que é imprescindível para o sucesso do tratamento. O grande problema é como utilizar a PDT e quais os parâmetros mais adequados para o seu sucesso. São inúmeras as publicações que abordam esse assunto, diversificando o tipo de laser, potência, tempo de irradiação, corante, entre outros<sup>7,8,12,16,17</sup>.

O uso do laser e posteriormente da PDT como terapias coadjuvantes no tratamento endodôntico convencional ganhou destaque nos últimos dez anos, e têm demonstrado resultados promissores<sup>9-11,20</sup>.

Na endodontia, muitos protocolos diferentes quanto ao tipo e a intensidade de luz do laser, concentrações dos fotossensibilizadores e métodos de ativação ainda estão sendo testados, demonstrando diferentes resultados e suscetibilidades das espécies bacterianas ao tratamento.

Os estudos pesquisados apresentaram os seguintes dados durante os protocolos de utilização na endodontia (Tabelas 1 e 2).

**Tabela 1: Relação do comprimento de onda ( $\lambda$ ), das potências entregues pelo laser e da energia utilizada.**

Artigo	$\lambda$	Potência	Energia
Garcez et al. 2010 <sup>9</sup>	660nm	40mW	9J
Sousa et al. 2010 <sup>8</sup>	660nm	40mW	-
Upadya & Kishen 2010 <sup>17</sup>	660nm	0,106W	15J/cm <sup>2</sup> e 40J/cm <sup>2</sup>
Pagonis et al. 2010 <sup>7</sup>	665nm	1W	60/cm <sup>2</sup>
Ng et al. 2011 <sup>10</sup>	665nm	1W	30J/cm <sup>2</sup>
Rios et al. 2011 <sup>11</sup>	628nm	-	-
Kranz et al. 2011 <sup>12</sup>	652nm	2W	25,50,75 e 100J/cm <sup>2</sup>
Shahram et al. 2012 <sup>13</sup>	625nm	200mw	-
Silva et al. 2012 <sup>20</sup>	660nm	60mW/cm <sup>2</sup>	-
Braitt et al. 2013 <sup>16</sup>	660nm	100mW	140J/cm <sup>2</sup>
Stojicic et al. 2013 <sup>21</sup>	660nm	40mW	-
Miranda et al. 2013 <sup>18</sup>	660nm	40mW	-
Bago et al. 2013 <sup>19</sup>	660nm	2W	-
Meire et al. 2009 <sup>27</sup>	635nm	100mW	15J
Cheng et al. 2012 <sup>14</sup>	660nm	0,2W	-
Meire et al. 2012 <sup>15</sup>	635 nm	100mW	-
	660 nm	75mW	-

**Tabela 2: Relação dos tipos e concentrações dos fotossensibilizadores utilizados, tempo de pré-irradiação e tempo de irradiação.**

Artigo	Tipo e concentração do FS	Pré-irradiação	Tempo de irradiação
Garcez et al. 2010 <sup>9</sup>	PEI- Ce6 60µmol/L	2min.	4min.
Sousa et al. 2010 <sup>8</sup>	AM e AT 15µg/mL	2min.	4min.
Upadya & Kishen 2010 <sup>17</sup>	AM+MIX	15min.	
Pagonis et al. 2010 <sup>7</sup>	AM+PLGA	10 min.	10 min.
Ng et al. 2011 <sup>10</sup>	AM 50 µg/mL	5min.	2,5min/pausa/ 2,5min
Rios et al. 2011 <sup>11</sup>	AT	30 s	30 s
Kranz et al. 2011 <sup>12</sup>	mTHPC 10, 30 e 50 mM	15min.	
Shahram et al. 2012 <sup>13</sup>	AT de 15 µm/ml		1min.
Silva et al. 2012 <sup>20</sup>	composto fenotiazínico 10mg/ml	3min.	1min.
Braitt et al. 2013 <sup>16</sup>	AM a 0,005%	5 min.	40 s
Stojicic et al. 2013 <sup>21</sup>	AM de 15 µmol/L	variado	10 s a 5min.
Miranda et al. 2013 <sup>18</sup>	AM	5min.	5min.
Bago et al. 2013 <sup>19</sup>	AT	1min.	1min.
Meire et al. 2009 <sup>27</sup>	AT 12,7mg/mL	2min.	2,5min.
Cheng et al. 2012 <sup>14</sup>	AM		1min.
Meire et al. 2012 <sup>15</sup>	AT 12,7 mg/mL AM 10 mg/mL	2min. 3min.	1,5min. 2min.

Pode-se observar na literatura que os lasers apresentam efeito bactericida e a potência desse efeito está diretamente relacionada ao aparelho de laser utilizado. Entre os dispositivos existentes, o laser diodo foi o mais testado<sup>6-16</sup>.

O laser diodo tem um comprimento de onda variando de 620 a 950nm. Na PDT, a radiação utilizada é a de baixa intensidade em baixa potência com protocolos próximos a 100mW. Dentre os estudos, os comprimentos de onda utilizados foram 660nm<sup>8,9,14</sup>; 665nm<sup>7,10</sup>; 685nm<sup>6</sup>; 652nm<sup>12</sup>; 635nm<sup>15,27</sup>; 628nm<sup>11</sup> e 625nm<sup>13</sup>.

Em relação aos Fotossensibilizadores (FS) mais empregados comumente na PDT, observa-se que uma parte expressiva dos estudos utilizam o Azul de Metileno<sup>7,10,14,15,17,18</sup> e o Azul de Toluidina<sup>11,13,15,19</sup>. Outros corantes menos utilizados são: os derivados do PEI-Ce6<sup>9</sup>, pasta de azuleno<sup>6</sup>, composto fenotiazínico<sup>20</sup> e mTHPC<sup>12</sup>.

Ainda relacionado ao uso do FS, tem-se observado uma tendência nos estudos para que o tempo de pré-irradiação seja valorizado com o objetivo de uma melhor ação frente aos microrganismos. Bago et al. (2013)<sup>19</sup>, incubaram com 1 minuto sob agitação; Garcez et al. (2010)<sup>9</sup> e Souza et al. (2010)<sup>8</sup> incubaram por 2 min.; Meire et al. (2012)<sup>15</sup> por 2 min. o AT e 3 min. o AM; Silva et al. (2010)<sup>6</sup>, Ng et al. (2011)<sup>10</sup>, Braitt et al. (2013)<sup>16</sup> e Miranda et al. (2013)<sup>18</sup>, por 5 min. Diferente de estudos de anos anteriores que previam uma pré-irradiação de até 10 min. com o Azul de Metileno.

Estes fotosensibilizadores são corantes fenotiazínicos que têm uma absorção de comprimento de onda máximo de 656nm (AM) e 625nm (AT). Porém, a eficácia antibacteriana da terapia fotodinâmica também pode depender da concentração do fotosensibilizador, que pode variar de µg a mg<sup>8</sup>.

Na literatura, encontramos a utilização de diversas concentrações do azul de metileno, variando de 6,25 µg/ml a 50 µg/ml, bem como do azul de toluidina, variando de 10 µg/ml a 100 µg/ml. Em estudo, Stojicic et al. (2013)<sup>21</sup> testando várias concentrações do AM em variados tempos de irradiação, verificou-se que quanto maior a concentração do AM maior o tempo de irradiação necessária para desinfecção e, que na concentração de 15 µmol/L necessitou pouco tempo de irradiação para atingir a máxima redução bacteriana.

Segundo Harris et al. (2005)<sup>22</sup>, o AM é o corante mais comumente utilizado na PDT por causa da sua hidrofiliabilidade, seu baixo peso molecular e da sua capacidade para atingir ambos os microrganismos gram- positivos e gram- negativos. Por outro lado, foi demonstrado que o AM sozinho não obteve efeito bactericida significativo contra *E. faecalis*<sup>23,24</sup>, mas quando dissolvido em uma mistura composta de glicerol, etanol e água (MIX) obteve-se um maior efeito bactericida, correspondendo à PDT modificada<sup>17,25</sup>.

Para a PDT modificada, a eficiente combinação de FS e luz, bem como condições específicas do tecido devem se obtidas<sup>25</sup>. A natureza "Hipoxigênica" dos locais infectados por bactérias podem afetar a eficácia da morte na PDT, porque o oxigênio molecular é um pré-requisito para a geração de oxigênio singlete. Upadya & Kishen (2010)<sup>17</sup> e Stojicic et al. (2013)<sup>21</sup> testaram fotossensibilizadores de diferentes formulações contendo AM combinado com peróxido de hidrogênio e puderam verificar que houve melhora na morte bacteriana. George & Kishen (2008)<sup>25</sup> testaram quatro fotossensibilizantes de diferentes formulações contendo AM e oxigênio transportado sozinho (Perfluoro-decahidronaftaleno) ou em combinação com oxidante (H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>) ou emulsões formadas com os não- detergente iônico (Triton-X100) em diferentes proporções. Eles encontraram uma melhor PDT, mais eficaz contra biofilmes de *E. faecalis* comparado com a PDT convencional.

Os estudos concluíram que a PDT promoveu uma significativa redução do número de *E. faecalis* intracanal, mas ressaltam que essa terapia, apesar da sua eficácia, não erradica completamente a microbiota do canal<sup>9,10,16</sup>. A comparação direta entre o tratamento endodôntico convencional e a PDT demonstrou resultados contrários dependendo do estudo, ora a favor do primeiro<sup>8</sup>, ora do segundo<sup>26</sup>.

#### 4. CONCLUSÃO

A máxima desinfecção do sistema de canais radiculares é ao mesmo tempo o objetivo e um desafio para a terapia endodôntica. Assim, destaca-se o interesse destas

terapias coadjuvantes na Endodontia. Contudo, de acordo com o observado nesta revisão, não foi possível obter a completa erradicação dos microrganismos, mas pode-se observar que a ação conjunta do tratamento endodôntico e a PDT, reduziu a carga microbiana dentro do sistema de canais radiculares.

Muito embora tais achados não possam ser considerados definitivos, esses resultados geram a reflexão de que o uso da PDT é uma terapia promissora a ser associada ao tratamento endodôntico. Nos últimos três anos pôde-se verificar a definição da utilização da luz de laser com comprimento de onda vermelho, do uso do Azul de Metileno e do Azul de Toluidina como fotossensibilizadores de eleição, mesmo que ainda apresentem concentrações variáveis na literatura.

Fatores como potência, energia, tempo de pré-irradiação e irradiação da luz de laser ainda se encontram com variações amplas de uso nos estudos analisados.

## REFERÊNCIAS

1. Soares, Goldberg. Endodontia: Técnica e fundamentos. 2ª ed. Porto Alegre: Artmed; 2005.
2. Cohen S, Hargreaves K. Pathways of the pulp. 9ª ed. St. Louis: Mosby Elsevier; 2007.
3. Dunavant TR; Regan JD; Glickman GN; *et al.* Comparative evaluation of endodontic irrigants against *Enterococcus faecalis* biofilms. J Endod 2006; 32 (6): 527-31.
4. Amaral RR; Amorim JCF; Nunes E; Soares JA; Silveira FF. Terapia fotodinâmica na endodontia- Revisão da literatura. Rev Facul Odont 2010; 15 (2): 207-211.
5. Ackroyd R, Kelty C, Brown N, Reed M. The history of photodetection and photodynamic therapy. Photochem Photobiol 2001; 74(5):656-69.
6. Silva FC; Freitas LRP; Lourenço APA; *et al.* Análise da efetividade da instrumentação associada à Terapia fotodinâmica antimicrobiana e a medicação intracanal na eliminação de biofilmes de *Enterococcus faecalis*. Braz Dent Sci 2010; 13 (5): 31-38.
7. Pagonis TC; Chen, J; Fontana, CR; *et al.* Nanoparticle-based Endodontic Antimicrobial Photodynamic Therapy. J Endod 2010; 36: 322–328.
8. Sousa L, Brito P, Siqueira Jr JF. Terapia fotodinâmica com dois fotossensibilizadores diferentes como suplemento na promoção intracanal de redução de *Enterococcus faecalis*. J Endod 2010; 36: 292-6.
9. Garcez AS, Nunez SC, Hamblim MR, Suzuki H, Ribeiro M. Photodynamic therapy associated with conventional endodontic treatment in patients with antibiotic-resistant microflora: A preliminary report. J Endod 2010; 36: 1463–66.
10. Ng R, Singh F, Papamanou DA, Song X, Patel C, Holewa C, *et al.* Endodontic photodynamic therapy Ex vivo. J Endod 2011; 37(2): 217-22.

11. Rios A, He J, Glickman GN, Spears R, Schneiderman ED, Honeyman AL. Evaluation of photodynamic therapy using a light-emitting diode lamp against *Enterococcus faecalis* in extracted human teeth. *J Endod* 2011; 37: 856–9.
12. Kranz, S; Guellmar, A.; Volpel, A; Gitter, B. et. al. Photodynamic Suppression of *Enterococcus faecalis* Using the Photosensitizer mTHPC. *Laser Surg Med* 2011; 43: 241–8.
13. Shahram, V; Ali, K; Razieh, S; Amin, NN; Mandana, N. Comparison of the bactericidal efficacy of photodynamic therapy, 2.5% sodium hypochlorite, and 2% chlorhexidine against *Enterococcus faecalis* in root canals; an *in vitro* study. *Dent Research J* 2012; 9 (5): 613-18.
14. Cheng, X; Sumin, G; Hong, L; 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. *Laser Surg Med* 2012; 44(4): 824–31.
15. Meire MA, Coenye T, Nelis HJ, De Moor RJ. Evaluation of Nd:YAG and Er:YAG irradiation, antibacterial photodynamic therapy and sodium hypochlorite treatment on *Enterococcus faecalis* biofilms. *Int Endod J* 2012; 45(5):482–91.
16. Braitt, AH; Murta, HP; Rodrigues, EA.; Bueno, CES. Evaluation of the effectiveness of the use of photodynamic therapy (PDT) after cleaning and shaping the root canal: An *in vivo* study. *Dental Press Endod* 2013 May; 3(2): 41- 5.
17. Upadya MH, Kishen A. Influence of bacterial growth modes on the susceptibility to light-activated disinfection. *Int Endod J* 2010; 43: 978–87.
18. Miranda RG, Santos EB, Souto RM, Gusman H, Colombo APV. Ex vivo antimicrobial efficacy of the EndoVac® system plus photodynamic therapy associated with calcium hydroxide against intracanal *Enterococcus faecalis*. *Int Endod J* 2013; 46: 499–505.
19. Bago, I, Plecko, V, Panduric, D, Schauerperl, Z, et al. Antimicrobial efficacy of a high-power diode laser, photo-activated disinfection, conventional and sonic activated irrigation during root canal treatment. *Int Endod J* 2013; 46: 339–47.
20. Silva LAB, Novaes A, Oliveria RR, et al. Antimicrobial Photodynamic Therapy for the Treatment of Teeth with Apical Periodontitis: A Histopathological Evaluation. *J Endod* 2012; 38(3): 360-66.
21. Stojicic S, Amorim H, Shen Y, Haapasalo M. Ex vivo killing of *Enterococcus faecalis* and mixed plaque bacteria in planktonic and biofilm culture by modified photoactivated disinfection. *Int Endod J* 2013; 46: 649–59.
22. Harris F, Chatfield LK, Phoenix DA. Phenothiazinium based photosensitizers: photodynamic agents with a multiplicity of cellular targets and clinical applications. *Current Drug Targets* 2005; 6: 615–27.
23. Soukos N, Chen P, Morris J, Ruggiero K, Abernethy A, Som S, et al. Photodynamic therapy for endodontic disinfection. *J Endod* 2006; 32(10):979-84.
24. Bergmans L, Moisiadis P, Huybrechts B, Van Meerbeek B, Quirynen M, Lambrechts P. Effect of photo-activated disinfection on endodontic pathogens *ex vivo*. *Int Endod J* 2008; 41: 227-39.
25. George S, Kishen A. Influence of photosensitizer solvent on the mechanisms of photoactivated killing of *Enterococcus faecalis*. *Photochem Photobiol* 2008; 84: 734-40.



26. Garcez AS, Núñez SC, Lage-Marques JL, Jorge AOC, Ribeiro MS. Efficiency of NaOCl and laser-assisted photosensitization on the reduction of *Enterococcus faecalis* in vitro. Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod 2006; 102: e93-e98.
27. Meire MA, De Prijcks K, Coenye T, Nelis HJ, De Moor JG. Effectiveness of different laser systems to kill *Enterococcus faecalis* in aqueous suspension and in an infected tooth model. Int Endod J 2009; 42: 351-359.

#### **4 CONSIDERAÇÕES FINAIS**

A máxima desinfecção do sistema de canais radiculares é ao mesmo tempo o objetivo e um desafio para a terapia endodôntica. Assim, destaca-se o interesse destas terapias coadjuvantes na Endodontia. Contudo, de acordo com o observado nesta revisão, não foi possível obter a completa erradicação dos microrganismos, mas pode-se observar que a ação conjunta do tratamento endodôntico e a PDT, reduziu a carga microbiana dentro do sistema de canais radiculares.

Muito embora tais achados não possam ser considerados definitivos, esses resultados geram a reflexão de que o uso da PDT é uma terapia promissora a ser associada ao tratamento endodôntico. Nos últimos três anos pôde-se verificar a definição da utilização da luz de laser com comprimento de onda vermelho, do uso do Azul de Metileno e do Azul de Toluidina como fotossensibilizadores de eleição, mesmo que ainda apresentem concentrações variáveis na literatura.

Fatores como potência, energia, tempo de pré-irradiação e irradiação da luz de laser ainda se encontram com variações amplas de uso nos estudos analisados.

## ANEXO A- NORMAS DE PUBLICAÇÃO DA REVISTA BRASILEIRA DE CIÊNCIAS DA SAÚDE

Recomendações, Informações e Instruções aos Autores Atualizadas em 25/01/2013.

A Revista Brasileira de Ciências da Saúde - RBCS é uma publicação científica dirigida à produção acadêmica, na área de Ciências da Saúde. Publica, preferencialmente, estudos científicos inseridos na realidade brasileira e divulga contribuições visando a melhoria da qualidade do Ensino, da Investigação Científica e da Assistência à Saúde no Brasil. Atualmente está indexada na Base Lilacs/BVS.

Poderão ser submetidos para avaliação, artigos para publicação nas seguintes seções:

- a) Pesquisa,
- b) Revisões,
- c) Relato de Caso,
- d) Ensino,
- e) Metodologia,
- f) Carta ao Editor.

Independente da seção é necessário anexar os seguintes documentos:

1. Carta de Transferência de Direitos Autorais (conforme modelo);
2. Cópia do Parecer do CEP (quando for o caso);
3. Lista de Autores e Afiliação (Nomes completos, sem abreviaturas. Deve estar na ordem a ser usada na publicação. Indicar para autores nacionais entre parênteses a forma abreviada adotada na Plataforma Lattes, para fins de inclusão no DOI. Afiliação: Indicar a formação profissional, o maior título e o vínculo profissional detalhando função/cargo, Programa, Departamento e Instituição com Cidade, Estado e País.
4. Endereço postal completo do autor a ser indicado como contato na publicação. (Rua, número, complemento, Bairro, Cidade, Estado, País e CEP, bem como endereço eletrônico (email).
5. Declaração de Conflitos de Interesse

### MODELO DE DECLARAÇÃO DE CONFLITO DE INTERESSES

Ao Editor Científico da Revista Brasileira de Ciências da Saúde

Declaração de Conflitos de Interesse

Eu, Nós (nome (nomes) por extenso), autor (es) do manuscrito intitulado (título), declaro (amos) que possuo (imos) ( ) ou não possuo (imos) ( ) conflito de interesse de ordem:

- ( ) financeiro,
- ( ) comercial,
- ( ) político,
- ( ) acadêmico e,
- ( ) pessoal,

Declaro (amos) também que o apoio financeiro e (ou) material recebido para o desenvolvimento deste trabalho estão claramente informados no texto.

As relações de qualquer tipo que possam levar a conflito de interesse estão completamente manifestadas abaixo.

Local, data:

....., ..... de ..... de 201...

Autores: (nomes e assinaturas)

### Aspectos Éticos:

Todo artigo que envolver indivíduos humanos deve vir acompanhado de Cópia de Parecer de Comitê de Ética em Pesquisa - CEP. Não deve ser usado nome do paciente, iniciais, números de registros, inclusive registro hospitalar, no texto e em nenhuma ilustração.

Artigos envolvendo experimentação animal devem explicitar que estão de acordo com a legislação internacional ou normas nacionais e da instituição para de uso de animais em pesquisa.

### Seções

**Pesquisa:** Esta seção consta de artigos inéditos, contribuições originais resultante de observações experimentais, de estudos de natureza epidemiológica, ou outros, representando novos resultados ou o progresso nos diversos campos das Ciências da Saúde. Os artigos enviados para esta seção terão prioridade sobre os demais. Esta seção está formalmente dividida nos seguintes itens: Introdução, Metodologia, Resultados, Discussão, Conclusão, Referências, além de Resumo e Abstract.

**Relato de Caso:** Relato de caso altamente informativo ou incomum constando de três itens: Introdução, Relato e Comentários. As Referências devem ser restritas às essenciais, no máximo a dez.

**Metodologia:** Seção dedicada a artigos descritivos sobre métodos estatísticos, físicos, químicos, citológicos etc., aplicados à pesquisa científica na área de Ciências da Saúde. Esta seção consta de três itens: Introdução, sobre os fundamentos teóricos do método; Método, descrição do método propriamente dito e Aplicação, sobre as aplicações práticas do mesmo.

**Ensino:** Seção composta de artigos descritivos de relevância sobre aspectos técnicos e avaliativos do ensino ou sobre propostas educacionais inovadoras na área de Ciências da Saúde. Esta seção consta de três itens: Introdução, sobre fundamentos teóricos e contexto da proposta; Proposta, descrição do objeto e Aplicação, contando comentários sobre a aplicabilidade e resultados (quando houver).

**Carta ao Editor:** Seção reservada ao comentário crítico e opinativo exclusivamente sobre artigo publicado na Revista Brasileira de Ciências da Saúde. Os Editores avaliarão a pertinência da crítica e sendo considerada de interesse geral, será dada aos autores do artigo em questão, o direito de réplica, a qual será publicada no mesmo número da Revista. A Carta não deverá ultrapassar a uma página (300 palavras de texto).

### Itens da seção Pesquisa

**Introdução:** Neste item são caracterizados, de modo sumário, o problema estudado, as hipóteses levantadas, a importância do estudo e os objetivos.

**Metodologia:** Descrição da amostra e processo de amostragem, especificando o número de observações, variáveis, métodos de averiguação e de análise estatística dos dados .

**Resultados:** A apresentação dos resultados deve ser de maneira sequencial e racional, usar tabelas, quadros e figuras (ilustrações/gráficos). As ilustrações devem ser inseridas no texto submetido.

**Discussão:** Os resultados mais importantes devem ser analisados criticamente, interpretados e quando for possível, comparados com dados semelhantes aos da literatura. Informações citadas nos itens anteriores só devem ser mencionadas quando absolutamente necessárias.

**Conclusão:** As conclusões devem responder de modo sucinto e direto aos objetivos propostos. Recomendações quando apropriadas podem ser incluídas no final deste item.

### Dimensões

O texto completo (título, autores, resumo, abstract, corpo do trabalho com figuras e referencias) deve estar contido em 20 páginas, digitadas em word com margens de 2,5, espaço 1,5 e fonte arial 11.

### Julgamento

Todo artigo submetido à Revista será primeiramente apreciado pela Comissão Editorial nos seus aspectos gerais e normativos. Havendo alguma irregularidade será devolvido aos autores para correção, não havendo, será encaminhado aos consultores externos para apreciação especializada do conteúdo. Os pareceres dos consultores serão encaminhados aos respectivos autores para eventuais ajustes. Excepcionalmente quando se tratar de assunto muito especializado, os autores poderão sugerir, à Comissão Editorial da Revista, dois consultores com reconhecimento nacional ou internacional e que sejam externos às suas respectivas instituições.

**Resumo e Abstract:** O Resumo/Absctract deverá, obrigatoriamente, ser estruturado, isto é, ser subdividido nos seguintes itens descritos como necessários para cada cessão, como por exemplo: Pesquisa: Objetivo, Metodologia, Resultados e Conclusão, descritos, de modo claro e objetivo. O Resumo/Abstract deve ser escrito em espaço simples, sem parágrafos, citações bibliográficas ou notas e ter entre 200 e 250 palavras.

**Descritores e Descriptors:** A base de escolha dos Descritores poderá ser a área e sub-área de trabalho originadas a partir do título, tipo de abordagem e tipo de resultado, os mais relevantes para indexação. A escolha dos Descritores deverá seguir, obrigatoriamente, o DeCS (Descritores de Ciências da Saúde) da BIREME, o qual poderá ser acessado na Internet, através do site [www.bireme.org](http://www.bireme.org) ou [www.bireme.br](http://www.bireme.br) O número mínimo obrigatório de Descritores será de três e o máximo de seis, podendo ou não colocar qualificadores de cada descritor.

**Agradecimentos:** Quando houver este item, deve ser reservado para citação de pessoas que prestaram ajuda técnica, mas que não foram caracterizadas como co-autoras, ou instituições financiadoras e de apoio material.

**Figuras:** São consideradas Figuras todas as ilustrações do tipo fotografias, gráficos, mapas, desenhos profissionais etc. As Figuras e seus títulos devem ser inseridos no texto submetido, no local definido pelo autor. Devem ser numeradas em algarismos arábicos, de modo consecutivo na ordem em que aparecerem no texto. Fotografias do rosto ou do corpo inteiro de pacientes quando indispensáveis devem vir acompanhadas de permissão por escrito do paciente ou do seu responsável legal, além do Parecer da Comitê de ética em Pesquisa. Como

norma do periódico, apenas fotos inéditas, não publicadas, serão aceitas como ilustrações. Quando forem usados números, letras e setas nas ilustrações, estas devem ser mencionadas devidamente no título das mesmas. Os títulos das Figuras devem ser, também, auto-explicativos. Os gráficos devem ser apresentados sempre referidos em função de eixos cartesianos.

**Citação Bibliográfica:** O sistema de citação adotado é o numérico, isto é, uma numeração única, consecutiva, em algarismos arábicos, sobrescrita em relação ao texto, e que remetendo à relação de referências ao final do trabalho.

Exemplos de citação numérica: Atenção: Números sobrescritos ao texto.

Esta condição é influenciada pela idade<sup>11</sup> - (uma referência)

Esta condição é influenciada pela idade<sup>11,12</sup> - (duas referências consecutivas)

Esta condição é influenciada pela idade<sup>11,13</sup> - (duas referências não consecutivas)

Esta condição é influenciada pela idade<sup>11-13</sup> - (mais de duas referências consecutivas)

Em casos específicos poderá ser usada a citação do autor.

**Referências Bibliográficas:** Usar entre 20 e 30 referências.

As referências devem ser normalizadas com base no estilo conhecido como Normas de “Vancouver”, o Uniform Requirements for Manuscripts Submitted to Biomedical Journals: Writing and Editing for Biomedical Publication, ordenadas por ordem de entrada e numeradas.

Para publicações com até seis autores, todos devem ser citados; quando estiver acima de seis, somente citar os seis primeiros, acrescido da expressão “et al”. Quando possível inserir o DOI do documento citado, de acordo com os exemplos abaixo.

**Artigo:**

13. Costa ACO, Moimaz SAS, Garbin AJI, Garbin CAS. Plano de carreira, cargos e salários: ferramenta favorável à valorização dos recursos humanos em saúde pública. *Odontol. Clín.-Cient.* 2010; 9(2):119-23. DOI: 10.4034/PBOCI.2012.124.08

**Livro:**

13. Tobar F, Yalour MR. Como fazer teses em saúde pública. 2ª.ed. Rio de Janeiro: Editora Fiocruz; 2001.

**Dissertações e Teses:** Autor(es), título, [Dissertação de Mestrado] ou [Tese de Doutorado]. Cidade: Universidade (ou Instituição); ano. Número de páginas total seguido da letra p(300p).

**Referência em meio eletrônico:** deve-se mencionar todos os elementos essenciais disponíveis na homepage. Além disso, deve-se acrescentar a expressão Disponível em / Available in: seguida da expressão Acesso em / Access in: data do acesso: dia, mês e ano.

**Obs.:** Informações mais detalhadas poderão ser obtidas em normas específicas da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) ou no Uniform Requirements for Manuscripts Submitted to Biomedical Journals do ICMJE - International Committee of Medical Journal Editors (*Ann Intern Med*126(1):36-47,1997).

Também pode ser usada para consulta às Normas Vancouver  
<http://www.bu.ufsc.br/ccsm/vancouver.html>

Título abreviado - lista de abreviaturas de periódicos da Index Medicus (base de dados Medline), pode ser consultada no endereço:  
<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/entrez/query.fcgi?db=journals>

Lista de abreviaturas dos títulos de periódicos nacionais e latino-americanos consulte o site:  
<http://portal.revistas.bvs.br>