

**FACULDADE DE SETE LAGOAS - FACSETE**

**USO DA TERAPIA FOTODINÂMICA NO TRATAMENTO ENDODÔNTICO**

NATALIA MOREIRA MARQUES

Monografia apresentada ao Centro de Pós Graduação *Lato Sensu* da Faculdade Sete Lagoas - Facsete, para obter o Título de Especialista em Endodontia.

São Paulo – 2018

## **FACULDADE DE SETE LAGOAS - FACSETE**

### **USO DA TERAPIA FOTODINÂMICA NO TRATAMENTO ENDODÔNTICO**

Monografia apresentada ao Centro de Pós Graduação *Lato Sensu* da Faculdade Sete Lagoas - Facsete, para obter o Título de Especialista em Endodontia. Orientador: Prof<sup>o</sup> Nilton Cavalcante Cunha.

São Paulo – 2018

## FACULDADE SETE LAGOAS - FACSETE

Monografia intitulada "*Uso da terapia fotodinâmica no tratamento endodôntico,*" de autoria da aluna Natalia Moreira Marques aprovada pela banca examinadora constituída pelos seguintes professores:

---

Prof. Nilton Cavalcante Cunha - Esfera Centro de Ensino Odontológico

---

Prof., Dr.Sérgio T. Maeda - Esfera Centro de Ensino Odontológico

---

Prof., Ms.Sérgio K. Kamei - Esfera Centro de Ensino Odontológico

São Paulo 14, de Dezembro, 2018

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço ao meu orientador, Prof. Nilton Cavalcante Cunha pela paciência e ajuda no compartilhamento de seus conhecimentos.

Aos professores da especialização, pela persistência e disponibilidade durante estes anos.

Aos meus amigos, que fizeram desta jornada mais leve e divertida.

A minha família, pelo apoio e amor de sempre.

Ao Raphael Dias, pelo companheirismo em mais uma etapa acadêmica.

## RESUMO

A utilização da terapia fotodinâmica está cada dia mais acessível, tornando o tratamento endodôntico mais eficaz e seguro. O interesse crescente na PDT é devido a sua efetividade bactericida e por trata-se de uma técnica de fácil realização, indolor e que não produz resistência bacteriana. A técnica da PDT envolve a combinação de um fotossensibilizador, uma fonte de luz e o oxigênio. Os fotossensibilizadores mais utilizados são: azul de metileno, azul de toluidina, verde malaquita, indocianina verde e rosa bengala. A fonte de luz utilizada é o laser de diodo de baixa intensidade. A combinação destes elementos modifica a parede celular das bactérias presentes no canal radicular, levando à morte celular por apoptose. A terapia fotodinâmica apresenta grande número de variáveis como utilização de laser de diferentes potências, comprimentos de ondas e usando também diferentes fotossensibilizadores. Ainda que não exista uma padronização de protocolo bem definida, a PDT mostra-se como um método complementar na desinfecção dos canais radiculares, devendo ser utilizada após irrigação com NaOCl, clorexidina e agentes quelantes. Mais estudos são necessários para padronização quanto ao comprimento de onda, potência, tempo e fotossensibilizador para o melhor desempenho desta técnica.

Palavras chaves: Terapia fotodinâmica, laser, limpeza do canal radicular.

## **ABSTRACT**

The access to the photodynamic therapy is increasingly every day, making endodontic treatment more effective and safer. The growing interest in PDT is due to its bactericidal effectiveness and because it is an easy-to-perform, painless technique that does not produce bacterial resistance. The PDT technique involves the combination of a photosensitizer, a light source, and oxygen. The most commonly used photosensitizers are: methylene blue, toluidine blue, malachite green, indocyanine green and rose bengal. The light source used is the low-intensity diode laser. The combination of these elements modifies the cell wall of the bacteria present in the root canal, leading to cell death by apoptosis. Photodynamic therapy presents a large number of variables such as the use of laser of different powers, wavelengths and also using different photosensitizers. Although there is no well-defined protocol standardization, PDT is a complementary method in the disinfection of root canals and should be used after irrigation with NaOCl, chlorhexidine and chelating agents. More studies are needed to standardize wavelength, power, time and photosensitizer for the best performance of this technique.

Keywords: Photodynamic therapy, laser, root canal cleaning.

## ABREVIATURAS E SIGLAS

Nm – Nanometros

Ppm – Partes Por Milhão

Co<sub>2</sub> - Dióxido de Carbono

Nd: YAG: Neodimio : ítrio alumínio granada

W: Watt

Mw: MegaWatt

J/cm<sup>2</sup> – Jaule por centímetro quadrado

Hz - Hertz

µm – Micrometros

mL – Mililitro

## Sumário

<b>1 INTRODUÇÃO .....</b>	<b>9</b>
<b>2 REVISÃO DE LITERATURA .....</b>	<b>10</b>
<b>3 PROPOSIÇÃO .....</b>	<b>27</b>
<b>4 DISCUSSÃO .....</b>	<b>28</b>
<b>5 CONCLUSÃO .....</b>	<b>37</b>
<b>REFERÊNCIAS.....</b>	<b>38</b>

# 1 INTRODUÇÃO

Um dos principais objetivos do tratamento endodôntico é a desinfecção dos canais radiculares. Para isto, são utilizados: irrigante como hipoclorito de sódio, agentes quelantes, irrigação ultrassônica, medicação intracanal, além da instrumentação mecânica. Apesar de realizados estes processos, a desinfecção bacteriana nem sempre é completa, podendo provocar retratamentos endodônticos.

A terapia fotodinâmica (PDT) tem sido apontada como importante coadjuvante na eliminação bacteriana. Para que a PDT seja utilizada, é necessária a escolha de um fotossensibilizador, uma fonte de luz e oxigênio. É uma técnica de fácil reprodução, indolor, de baixo custo e não produz resistência bacteriana.

A fonte de luz utilizada na PDT é o laser de baixa potência sendo o laser de diodo o mais comumente utilizado, porém há divergência quanto ao comprimento de onda, potência e o tempo usado.

O fotossensibilizador (FS) é utilizado para que os microrganismos presentes no canal radicular sejam corados, atraindo a luz de laser. A absorção da luz excita o FS que reage com o oxigênio, produzindo substâncias tóxicas e radicais livres (GARCEZ e HAMBLIN, 2017), levando a morte celular por apoptose (AMARAL, DE SÁ e MENEZES, 2015) (XHEVDET *et al.*, 2014).

A PDT é um procedimento seguro, pois os fotossensibilizadores são altamente seletivos e atóxicos para o hospedeiro. O FS mais conhecido e mais utilizado é o azul de metileno (AM). O AM é utilizado devido a sua efetividade, sua alta capacidade de gerar espécies reativas importantes na atividade antimicrobiana e alto poder de absorção no espectro de luz visível (FIRMINO *et al.*, 2016).

Recentemente, estudos estão utilizando nanopartículas associadas ao FS e demonstraram resultados satisfatórios. Elas proporcionam maior seletividade e maior concentração do FS nas células bacterianas, podendo resultar na eliminação mais eficaz de bactérias resistentes no canal radicular.

Na terapia fotodinâmica antibacteriana aplicada no tratamento dos canais radiculares ainda há divergências quanto a padronização da técnica.

O objetivo deste trabalho é estudar, o uso da terapia fotodinâmica e os corantes mais utilizados para a desinfecção final após preparo do canal radicular, através da revisão da literatura.

## 2 REVISÃO DE LITERATURA

Garcez *et al.* (2008a), realizaram um estudo *in vivo* para analisar o efeito antimicrobiano da terapia fotodinâmica (PDT) em pacientes com polpas necróticas e lesão periapical. Usaram 20 dentes anteriores, de pacientes entre 21 e 35 anos. Realizaram radiografias para comprovação de canal único e presença de lesão apical. Foram retiradas três amostras: a primeira logo após o acesso ao canal radicular, a segunda após a instrumentação manual até a lima #40, utilizando como irrigantes hipoclorito de sódio a 2,5% e 10 ml de peróxido de hidrogeno a 3%, e a terceira amostra foi retirada em seguida da utilização da PDT com laser de diodo por 240 segundos o fotossensibilizador utilizado foi um conjugado entre polietilenimina (PEI) e clorina (e6). Utilizaram como medicamento de demora hidróxido de cálcio por 07 dias. Na segunda sessão foram realizados todos os passos descritos anteriormente e retiradas novamente as três amostras. Os canais foram obturados e o dente foi restaurado com resina composta. Como resultado, foi obtido na primeira amostra um valor médio de 55,214 UFC, após a endodontia inicial, a carga infecciosa foi reduzida para 7.193 UFC, após a PDT a média foi de 2.033 UFC. A redução média foi de 98,5%. Após uma semana, todos os canais foram recolonizados pelas bactérias e a primeira amostra teve valor médio de 24.280 UFC, após a segunda terapia endodôntica convencional obtiveram uma redução de 92% e a terceira amostra retirada após a realização da PDT atingiu 97% de redução bacteriana. A redução global atingida foi de 99,9%, sendo que 5 canais ficaram totalmente livres de bactérias após as duas terapias combinadas. Supõe-se que o segundo PDT é mais eficaz do que o primeiro, provavelmente pela recolonização de microrganismos em um ambiente menos complexo e pela alteração do pH realizado pelo hidróxido de cálcio que poderia melhorar a fotoreação. Conclui-se que uso de TFD como coadjuvante leva a um aumento da redução da carga bacteriana, e um segundo PDT é ainda mais eficaz do que a primeira sessão.

Garcez *et al.* (2008b), realizaram um estudo *in vivo* para analisarem o efeito da terapia fotodinâmica (PDT) em dentes com periodontite apical acompanhados em 6 meses. Foram selecionados 15 pacientes que apresentavam sintomas de periodontite periapical e lesão óssea apical. Foram tratados os dentes anteriores. Os pacientes foram divididos em dois grupos, o primeiro grupo (n=5) recebeu apenas o tratamento

endodôntico e o segundo (n=10) que além do tratamento endodôntico recebeu também a PDT. Após a abertura da câmara pulpar, foi retirada a primeira amostra nos dois grupos. Os canais foram instrumentados através de limas manuais tipo K, a 1 mm do comprimento de trabalho até a lima #40. Utilizaram como irrigante o hipoclorito de sódio a 2,5% e peróxido de hidrogênio a 3%. A segunda amostra microbiológica foi removida após a instrumentação. No grupo 2, após a instrumentação manual, foi inserida a solução de fotossensibilizador, conjugado entre polietilenoimina e clorina, e o canal radicular foi irradiado com o laser de diodo acoplado à fibra óptica por 240 s (energia total de 9,6 J). Após a aplicação da PDT, a terceira amostra foi retirada. Utilizaram como medicação de demora pasta de hidróxido de cálcio por sete dias. Na segunda sessão, realizaram novamente as etapas descritas anteriormente. Os canais foram obturados e restaurados. Após 6 meses, os pacientes retornaram para a realizarem a radiografia de controle para avaliar se obteve regressão da lesão periapical. Os autores observaram que a primeira amostra confirma o diagnóstico de necrose pulpar e lesão periapical. Após a terapia endodôntica inicial, a carga infecciosa foi reduzida para 87% no grupo 1 e 88% no grupo 2. Após a aplicação da PDT, a carga infecciosa reduziu para 95%. Seis meses após o tratamento, todos os pacientes estavam assintomáticos e houve diminuição na área da lesão periapical, indicando a cicatrização, no entanto, a diminuição foi maior no grupo 2. Os autores concluíram que o uso da PDT como adjuvante ao tratamento endodôntico, promove a redução mais significativa na carga bacteriana.

Pagonis *et al.* (2009), realizaram um estudo *in vitro* para avaliar os efeitos das nanopartículas de PLGA (ácido láctico-co-glicólico) associado ao fotossensibilizador azul de metileno e ao laser contra *Enterococcus faecalis*. Para isto, utilizaram nanopartículas de PLGA (10% p / p) misturadas ao poliéster com Copolímero tribloco Pluronic® F-108, utilizados por 2,5, 5 e 10 minutos para avaliar a captação e distribuição de nanopartículas em *E. faecalis*. Foi utilizado *E. faecalis* em fase planctônica e trinta e dois dentes unirradiculares recentemente extraídos armazenados em hipoclorito de sódio durante 2 semanas. Os dentes foram separados em três grupos; grupo 1 Sem luz / sem nanopartículas de azul de metileno (controle), grupo 2 tratado apenas com nanopartículas carregadas com azul de metileno e grupo 3 tratado com nanopartículas carregadas com azul de metileno. Os autores observaram em ambos os grupos, que os níveis médios de log<sub>10</sub> UFC foram

significativamente menores que os controles e que utilizaram somente as nanopartículas sem laser. Foi concluído que a utilização de nanopartículas de PLGA associado ao PDT pode ser uma opção promissora na eliminação bacteriana no tratamento endodôntico.

Souza *et al.* (2009), realizaram um estudo *in vitro* para analisar os efeitos antimicrobianos da terapia fotodinâmica (PDT) com azul de metileno (MB) ou azul de toluidina (TB) 15 mg / mL usando laser diodo com uma potência total de 40 mW e 660 nm de comprimento de onda, logo após a instrumentação dos canais radiculares. Para isto, foram selecionados 70 dentes de raiz única. Os dentes foram contaminados com a bactéria *Enterococcus faecalis*, após 07 dias de contaminação, 68 dentes continuaram no estudo e dois foram seccionados e desidratados para visualização em microscópio eletrônico de varredura. Os dentes foram divididos em quatro grupos. Grupo 1 utilizaram azul de metileno com NaOCl a 2,5 %: PDT com 15 mg / mL de azul de metileno, Grupo 2 utilizaram azul de toluidina com NaOCl a 2,5%: PDT com 15mg / mL de azul de toluidina, Grupo 3 azul de metileno com NaCl a 0,85%: PDT com 15 mg / mL de azul de metileno e Grupo 4 azul de toluidina com NaCl a 0,85%: PDT com 15 mg / mL de azul de toluidina. Os canais foram instrumentados com lima ProTaper 1 mm do forame apical. Os autores observaram que houve redução bacteriana significativa do Grupo 1 para o Grupo 2, bem como no Grupo 1 para Grupo 3. Não houve diferenças significativas no uso do azul de metileno e azul de toluidina. Houve diferença significativa nos grupos 1 e 3 devido a concentração da NaOCl, o mesmo foi observado nos grupos 2 e 4. Estes resultados indicaram que os protocolos de PDT não obteve efeitos antimicrobianos significativos e o NaOCl como irrigante é o principal antimicrobiano contra *E.faecalis*.

Silva *et al.* (2010), realizaram o estudo *in vitro* para avaliar a eficácia da terapia fotodinâmica na eliminação de biofilme de *Enterococcus faecalis*. Para isto, foram utilizados 20 dentes humanos unirradicular, dividiram igualmente entre grupo teste e controle. Todos os elementos foram instrumentados até o diâmetro 30 e irrigados com solução fisiológica. Para analisar a eficácia da PDT, os elementos foram contaminados com *E. faecalis*. Após infectados, foram instrumentados até a lima tipo K nº 80, irrigando com solução fisiológica. Logo após, preencheram os elementos com no grupo teste e realizaram a terapia fotodinâmica com laser de baixa potência (laser de ArGaAl) e comprimento de onda 685nm por 3 minutos. Os resultados foram

comparados através de coleta para contagem de UFC/ml de *E. faecalis*, na coleta 1, realizada para confirmação da contaminação bacteriana não houve diferenças significativas, já na coleta 2, realizada imediatamente após ao tratamento, verificaram redução de *E. faecalis* quando associaram PDT. Na coleta 3, realizada após 7 dias de incubação, demonstraram que o tratamento com instrumentação associada à PDT não impediu o aumento *E. faecalis*. Nas coletas 4, realizada após 14 dias de medicação intracanal e coleta 5, realizada 7 dias após a remoção da medicação intracanal não houve diferenças significativa dos grupos controle e teste. Os autores concluíram que PDT é eficiente na eliminação bacteriana, porém não totalmente e quando utilizou a medicação intracanal clorexidina gel 2% associada à polimixina B, não houve diferença no número de *E. faecalis* com o grupo tratado com PDT.

Silva *et al.* (2011), realizaram um estudo *in vitro* para avaliar a eficácia antibacteriana da terapia fotodinâmica (PDT) em *E. faecalis*. Usou-se fotosensibilizador malaquita verde (VM), que tem facilidade de transitar pela membrana celular de bactérias Gram-positivo e Gram-negativo, atraindo a luz do laser. Os autores coletaram cepas de dentes com periodontite apical crônica, obtendo a *E. faecalis*. Foram divididos em quatro grupos, sendo o grupo controle que não recebeu VM ou laser, grupo 1L, grupo 2L e grupo 3L, que receberam 0,01% de VM e foram expostos 1 min com dose de energia de 60J/cm<sup>2</sup>, 2 min a 120J /cm<sup>2</sup> e 3 min a 180 J / cm<sup>2</sup>, respectivamente. Os autores observaram que os grupos 1L, 2L e 3L reduziram em 99,88%, 99,86% e 99,92% respectivamente a quantidade de *E. faecalis*, porém não houve diferenças significativas entre esses grupos. O laser utilizado neste estudo é de baixa potência com comprimento de onda de 660 nm e 40 mW de potência. Os autores concluíram que a PDT é uma alternativa eficaz na eliminação de microrganismos persistentes, porém são necessários mais estudos para padronização da PDT.

DiVito *et al.* (2012), realizaram um estudo para avaliar o uso do laser na endodontia. Na preparação dos canais radiculares, o padrão ouro para modelagem é através da utilização de instrumentos de NiTi. O laser de érbio, conhecido pelo efeito em tecidos duros e sua eficácia na preparação dos canais radiculares atualmente não corresponde com a eficácia dos instrumentos de NiTi. Os lasers de érbio têm aprovação da FDA para limpeza, modelagem e ampliação dos canais. Os lasers foram introduzidos na endodontia inicialmente para aumentar a descontaminação dos canais

radiculares, pelo comprimento de onda que tem efeito bactericida através do efeito térmico. O dano na bactéria ocorre na parede celular, provocando mudança no gradiente osmótico, levando ao inchaço que resulta na morte celular. A descontaminação através do laser infravermelho é realizada após a preparação endodôntica convencional, utilizando fibra óptica de 200 µm de diâmetro, colocada a 1 mm do ápice e removida com movimentos helicoidais durante 10 segundos. Dentre dos lasers infravermelhos, os mais estudados são de diodo e Lasers Nd: YAG, que atingiram até 100% de descontaminação do canal radicular, com maiores efeitos nas bactérias *E.coli* e *E.faecalis*.

Garcez *et al.* (2012), analisou a relevância da necessidade do uso de uma fibra óptica / difusor na terapia fotodinâmica (PTD) associada à terapia endodôntica. Para isso, foram selecionados 50 dentes, única raiz e canal reto. Em 20 dos dentes, as coroas foram removidas e as raízes foram encurtadas para um comprimento de 13 mm. Após a instrumentação, os dentes foram autoclavados. Os dentes foram contaminados com *Enterococcus faecalis*. O PTD foi realizado preenchendo os canais com azul de metileno. Foram separados em cinco grupos. No grupo 1 (G1), todos os dentes tinham as coroas removidas e a irradiação foi realizada com a ponta do laser com área 00.04 cm<sup>2</sup> localizado na porção cervical da raiz. O grupo 2 (G2) seguiu a mesma metodologia do grupo 1, mas a irradiação foi realizada pelo laser com uma ponta menor área 00.028 cm<sup>2</sup>. O terceiro grupo (G3) era composto de dentes com coroa, e a irradiação foi realizada com a ponta do laser área de 0,4 cm<sup>2</sup> o mais profundo possível na câmara pulpar. O grupo 4 (G4) seguiu a mesma metodologia que o grupo 3, mas a irradiação foi realizada pelo laser com ponta menor área de 0,28 cm<sup>2</sup>. O grupo 5 (G5) era formado de dentes com coroa e utilizou um diâmetro de 200 mm fibra/difusor acoplado ao laser do diodo. O laser usado tinha um comprimento de onda de 660 nm e emitiu uma potência total de 40 MW usando a fibra/difusor ou a ponta para irradiação, resultando em uma energia total de 9,6 J. Os autores concluíram que a PDT é adjuvante eficaz para o tratamento endodôntico convencional e reduz o biofilme bacteriano. A distribuição de luz ao longo do canal radicular foi mais uniforme quando a fibra foi utilizada. Em dentes com coroa, a irradiação sem a fibra/difusor não permitiu uma boa distribuição da luz dentro do canal radicular, diminuindo a eficácia.

Lins *et al.* (2013), compararam *in vitro* os efeitos antimicrobianos da terapia fotodinâmica na presença de peróxido de hidrogênio em canais radiculares infectados com *Candida albicans*, *Staphylococcus aureus*, *Pseudomonas aeruginosas*, e *Enterococcus faecalis*. As culturas foram divididas em três grupos experimentais; grupo 1 L-P-H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>-: grupo 2 L + P + H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>-: associado ao laser de baixa potência ( $\lambda = 660\text{nm}$ , 100mW e 9J com azul de metileno 0,01% e grupo 3 L + P + H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> +: com PDT associada a peróxido de hidrogênio a 1 M. Os autores observaram que a combinação do peróxido de hidrogênio com PDT produziu uma maior redução dos microrganismos testados, sendo significativamente maior para *E. faecalis* e *P. aeruginosas*. Em relação a *C. Albicans*, os autores observaram que foi a mais resistente à PDT associada ao peróxido de hidrogênio. Entre os microrganismos testados, *P. aeruginosa* apresentou a redução mais significativa de UFC / mL, possivelmente devido ao contato prévio do peróxido de hidrogênio no período pré-irradiação. Os autores observaram que a adição de peróxido de hidrogênio melhorou a eficiência do PDT, levando a uma maior absorção do fotossensibilizador pelo microrganismo.

Komine e Tsujimoto (2013), avaliaram a concentração eficaz do agente fotossensibilizador para geração de <sup>1</sup>O<sub>2</sub> através da ressonância de spin eletrônico (ESR) e investigar a relação entre a quantidade de <sup>1</sup>O<sub>2</sub> e os efeitos bactericidas em *E. faecalis*. Para isto, foi utilizado um laser de diodo entregue sem contato e com a distância da ponta da fibra à superfície de suspensão bacteriana de 3 cm, com o tempo de irradiação de 300, 600 e 900 segundos, e as densidades de potência 53, 106 e 159 J / cm<sup>2</sup>, respectivamente. Foram realizados 2 experimentos. O primeiro foi para mensurar a quantidade de <sup>1</sup>O<sub>2</sub>, para isto, concentrações de 0,0002%, 0,002%, 0,02%, 0,2% e 2,0% de azul de metileno solução aquosa e água foi usada como controle. Cada concentração de azul de metileno e o grupo controle foram irradiados com o laser de diodo por 300, 600 e 900 segundos. A quantidade de <sup>1</sup>O<sub>2</sub> gerado foi medida usando ESR espectroscopia. O segundo experimento teve intuito de observar os efeitos bactericidas induzidos por <sup>1</sup>O<sub>2</sub> em *E. faecalis*, para isto, as concentrações foram irradiadas com laser, L (+); sem irradiação a laser, L (-); incluindo MB, M (+); e não incluindo MB, M (-). Estes foram combinado para formar 4 grupos: L (+) M (+), L (+) M (-), L (-) M (+) e L (-) M (-). Após o tratamento, *E. faecalis* foi incubado por 48 horas a 37 ° C, e o bactericida efeito de <sup>1</sup>O<sub>2</sub> em *E. faecalis* foram determinados com

base no número de unidades formadoras de colônias por mililitro. Os autores concluíram que a concentração entre 0,001% e 0,01% azul de metileno são os melhores para a aplicação da PDT e a quantidade de  $^1O_2$  gerada necessária para atingir a esterilização *E. faecalis* a uma taxa de > 99,9% foi de pelo menos 35,2 mmol/L.

Yildirim *et al.* (2013), avaliaram a influência de diferentes tempos de exposição da terapia fotodinâmica (PDT) no efeito antimicrobiano. Para isto, foram selecionados 60 dentes unirradiculares. Esses elementos foram encurtados em um tamanho padrão de 15 mm. Foram instrumentados com limas manuais até a #45, 1 mm antes do comprimento de trabalho, utilizaram como irrigante a solução de NaOCl a 1% e ácido etilenodiamino-tetraacético a 17% para remoção da smear layer. Os elementos foram autoclavados e infectados com *Enterococcus faecalis* por 21 dias. Os 60 elementos foram divididos em 5 grupos. O grupo 1 formado por dentes não tratados, grupo 2 tratados convencionalmente, o grupo 3 tratado com PDT em 1 min, grupo 4 PDT em 2 min, grupo 5 PDT em 4 min. No grupo 1 foi utilizado o protocolo de irrigação padronizado. Nos grupos que utilizaram PDT, foram preenchidos com azul de metileno e a irradiação foi realizada com laser de diodo de 660 nm usando a fibra óptica intracanal. Os autores observaram que todos os procedimentos de desinfecção reduziram a contagem bacteriana, exceto no grupo controle, que foi aumentada. No grupo 3 foi observado menor percentual de redução bacteriana 99,8%, nos demais grupos que utilizaram a PDT o percentual foi de 99,9%. Os autores concluíram que em relação à eficiência contra *E. faecalis*, a PDT é tão eficaz quanto a irrigação com NaOCl a 5% e a irradiação eficiente para alcançar efeito antimicrobiano é de 1 min.

Shrestha e Kishen (2014) testaram *in vitro* a PDT (terapia fotodinâmica) usando como fotossensibilizador o recém desenvolvido rosa bengala funcionalizado com nanopartículas de quitosana (CSRBnps) a sua eficácia antibiofilme em um modelo de biofilme multiespecífico. Utilizaram amostra da bactéria *E. faecalis* e biofilmes multiespécies de *Streptococcus oralis*, *Prevotella intermedia*, e *Actinomyces naeslundii* foram cultivados em dentina e para registro foi utilizado microscopia eletrônica. Para avaliar a eficácia antibiótica, foi utilizada a parte central de molares extraídos. As bactérias foram tratadas com CSRBnps (0,3 mg / mL) ou RB (10 mmol / L) e expostas a PDT em diferentes doses. A sensibilização foi realizada usando de 1 mL de fotossensibilizador a 37 ° C por 15 minutos, laser 540 nm , com fibra e energia

de 60 J / cm<sup>2</sup>. Como resultado, após a aplicação de PDT com CSRBnps, essas partículas aderiram à superfície resultando na ruptura bacteriana. Após CSRBnps e PDT o biofilme foi desorganizado. Foi concluído que a combinação de CSRBnps com o PDT mostrou a eliminação significativa da estrutura do biofilme de multiespecies, devido a maior penetração da molécula fotossensibilizadora na estrutura do biofilme, porém são necessários estudos adicionais para otimizar os parâmetros que influenciam a entrega de nanopartículas no sistema de canais radiculares.

Tennert *et al.* (2014), avaliaram *in vitro* o efeito da terapia fotodinâmica (PDT) no biofilme de *Enterococcus faecalis* em infecções primárias e secundárias. Foram selecionados 170 dentes unirradiculares, instrumentados com a lima ProTaper, irrigados com hipoclorito de sódio a 3%. Os elementos foram seccionados na junção cimento-esmalte e autoclavados por 18 minutos, 70 dentes foram obturados e outros setenta não. Os dentes obturados após 24 horas foram desobturados, seccionados longitudinalmente e esterilizados. Após a esterilização, as duas secções foram fixadas com adesivo e infectadas com *E.faecalis* por 72 horas. Para o grupo controle foram selecionados 10 dentes q não obturados e 10 dentes sem infecção por *E.faecalis*. Para avaliar a eficiência da PDT nas infecções primárias foram selecionados 70 dentes e divididos em três grupos com 20 dentes cada. Grupo I (PDT), fonte de luz a 635 nm, fotossensibilizador solução azul de toluidina a 13-15 mg / ml. O grupo II (NaOCl), foi irrigado com 10 mL de NaOCl a 3% e o grupo III (NaOCl-PDT) com hipoclorito de sódio e PDT. Em um grupo controle, 10 canais radiculares foram irrigados com 10 mL de solução de Ringer. Para avaliar a eficiência da PDT nas infecções secundárias, os 70 elementos foram divididos da mesma forma que das infecções primárias. Os autores observaram na infecção primária, que o tratamento utilizando NaOCl a 3% ou PDT reduziram significativamente *E.faecalis* na dentina. A utilização de PDT sozinho reduziu em 92,7% a carga bacteriana e quando associado ao NaOCl a 3% a redução foi de 99,9%. O NaOCl a 3% reduziu 80% a carga bacteriana. Na infecção secundária, a irrigação com NaOCl diminuiu em 55% a cultura bacteriana. A combinação de irrigação com NaOCl e PDT, diminui em 30%. PDT não é uma alternativa, mas um complemento eficaz desinfecção de canais radiculares, especialmente em casos de retratamentos.

Xhevdet *et al.* (2014), realizaram um estudo *in vitro* para analisar a eficácia de desinfecção em canais radiculares utilizando a terapia fotodinâmica (PDT), irrigação

ultrassônica passiva (PUI) e hipoclorito de sódio (NaOCl) a 2,5%. Foram selecionados 156 dentes unirradiculares extraídos, que foram infectados com *Enterococcus faecalis* e *Candida albicans*. Os canais foram instrumentados com sistema mecanizado até a lima #35, durante a instrumentação a irrigação foi feita com NaOCl a 2,5% e EDTA a 17% quando finalizado. Os dentes foram divididos em 2 grupos testes, um infectado com *E. faecalis* e o outro com *C. albicans*. Os dois grupos foram divididos em 6 grupos, sendo eles: PDT por 1 min, PDT por 3 min, PDT por 5 min, irrigação com NaOCl 2,5%, PUI 10 segundos com NaOCl a 2,5% e grupo controle. Nos três primeiros grupos, o fotossensibilizador escolhido foi cloreto de fenotiazina 10 mg / ml. E laser 670 nm (HELBO®Endo, HELBO Photodynamic SystemsnGmbH,Austria) Os autores observaram que a mortalidade foi maior na *C. albicans* em comparação ao *E. faecalis* nos grupos PDT, em exceção no grupo PUI. O grupo PUI foi significativamente mais eficaz em comparação aos outros grupos, seguindo por PDT 5 min, PDT 3 min, irrigação com NaOCl. No grupo PDT 1 min, foi detectado o maior número de bactérias. O PDT 5 min resultou na recessão e dispersão das bactérias, enquanto PUI causou na eliminação das bactérias nas paredes dentinárias. Os autores concluíram que o PDT é indicado para desinfecção das bactérias *E. faecalis* e *C. albicans*, porém não foram totalmente erradicados e a utilização do PUI foi mais eficiente na redução bacteriana.

Amaral, de Sá, Menezes (2015) realizou revisão de literatura, utilizando os descritores: microrganismos, terapia fotodinâmica e tratamento endodôntico, nas bases de dados do Pubmed, Lilacs, Scielo e Bireme. O objetivo do estudo foi avaliar a previsibilidade de sucesso no tratamento endodôntico convencional associado à terapia fotodinâmica. Foi encontrado resultado positivo, variando de 77,5% a 99,9% em relação à diminuição microbiana no sistema de canais radiculares. Em relação à eficácia da PDT em canais com infecção polimicrobiana, canais com necrose pulpar e lesão periapical, os resultados foram superiores comparados ao tratamento endodôntico convencional. Em relação à bactéria *Enterococcus faecalis*, utilizando a PDT, houve diminuição de até 97%. Em relação à eficácia da PDT, foi observado que é aumentada quando associada ao peróxido de hidrogênio e produz maior redução bacteriana. Os autores concluíram que a terapia fotodinâmica poderá ser utilizada como coadjuvante ao tratamento endodôntico, após o preparo químico-mecânico para

aumentar o índice de sucesso, porém não há padronização para estabelecer parâmetros entre a luz, tempo de exposição e fotossensibilizadores.

Eduardo *et al.* (2015), realizaram uma revisão de literatura sobre a terapia fotodinâmica como benefício complementar na clínica odontológica. Para isto, foram selecionados estudos *in vitro*, *in vivo* e clínicos relacionados à terapia fotodinâmica na Odontologia foram buscados nas bases ISI, EMBASE, LILACS, SCOPUS E PUBMED. Os autores não restringiram quanto ao período de publicação. Utilizaram os seguintes termos para a pesquisa: “Photodynamic Therapy, Antimicrobial Photodynamic Therapy, Photodynamic Antimicrobial Chemotherapy, Photosensitization, Photoinactivation, PDT e Terapia Fotodinâmica”. Com base na revisão de literatura realizada pelos autores, foi concluído que a terapia fotodinâmica como coadjuvante é promissora para a aplicação na odontologia. Tem baixo custo e aplicação clínica fácil para a realização, porém é desconhecida pela maioria dos cirurgiões-dentistas.

Mathew *et al.* (2015), realizaram estudo *in vivo* para comparar a eficiência antimicrobiana da terapia fotodinâmica, solução salina e NaOCl a 0,5%. Para isso, foram selecionados 38 pacientes, diagnosticados com doença periapical na Clínica Dentária da Universidade de Ajman, Fujairah. Foram divididos em três grupos, no grupo A, foi utilizado solução salina combinado com o laser de diodo, no grupo B foi utilizado NaOCl a 0,5% e no grupo C foi utilizado NaOCl a 0,5% combinado com laser de diodo, Todos os elementos foram instrumentados com o sistema rotatório I Race , nos grupos A e C foi usado laser SIRO (SIRONA USA) com comprimento de onda de 970 nm foi 1,5 w de potência frequência: 15 Hz, energia: 21,2 J, potência média: 0,7 w após a aplicação de corante indocianina (periogreen® elixion AG Radolfzell, Alemanha), a aplicação do laser foi com ponta flexível de fibra óptica de tamanho 200 µm por 3-5 min. e foram retiradas amostras, antes e após as intervenções. Como resultados, a combinação de NaOCl e a terapia fotodinâmica foi mais eficaz que o NaOCl ou o laser sozinho. Os autores concluíram que houve redução de bactérias Gram-positivas *Streptococcus sp*, após o uso de laser de diodo combinado com NaOCl a 0,5%, porém são necessários mais estudos para padronização da intensidade, tempo e comprimento de ondas da terapia fotodinâmica.

Asnaashari *et al.* (2016), realizaram um estudo comparativo entre o laser de diodo de alta potência e o de baixa potência na redução da flora microbiana do canal radicular no retratamento endodôntico em pacientes com lesões perirradiculares. Para

isto, foram selecionados 20 pacientes em que era necessário o retratamento devido a lesões periradiculares persistentes há 2 anos. Os pacientes foram submetidos ao retratamento, que inclui acesso aos canais, irrigação com hipoclorito de sódio a 2,5% e instrumentação até a lima #30.04. Após essas etapas, amostras foram retiradas. A segunda amostra foi retirada após a inserção da solução azul de metileno (MB) a 0,01% e aplicação do laser de diodo com comprimento de onda de 810 nm durante 40 segundos (0,2 W). Para o laser de diodo de alta potência realizaram os preparos endodônticos convencionais e secaram os canais, a irradiação foi realizada com o comprimento de onda de 810 nm por 30 segundos (0,2 W) por um cone de fibra óptica com um diâmetro de 300 µm, após esta etapa foram retiradas amostras. Os autores observaram que houve redução significativa da flora bacteriana após aplicação do PDT e do laser de alta potência, porém não houve diferenças significativas entre os lasers de alta e baixa potência. Os autores concluíram que a PDT é mais vantajosa que o laser de alta potência, devido aos menores efeitos colaterais.

Firmino *et al.* (2016), realizam estudo *in vivo* para demonstrar a eficiência da Terapia Fotodinâmica (PTD). Uma paciente do sexo feminino, de 16 anos apresentava no exame físico intraoral fístula na região dos dentes 11 e 12. Foram diagnosticados com abscesso dento alveolar crônico, foi realizado tratamento endodôntico utilizando hipoclorito de sódio a 2,5% até a lima #60, após finalizado, os canais foram irrigados com EDTA, em seguida foi realizada terapia fotodinâmica, utilizando cerca de 2,0 ml de fotossensibilizador de azul de metileno 0,005% dentro de cada canal, onde permaneceu por cinco minutos e foi inserida fibra óptica com laser de diodo durante 120 segundos. A fibra óptica foi posicionada a uma distância de 2,0 mm aquém do comprimento de trabalho e movimentos helicoidais em direção a coroa-ápice e ápice-coroa foram realizadas dentro do canal radicular. Após a terapia fotodinâmica, os canais foram irrigados com hipoclorito de sódio 2,5% e preenchidos com Callen PMCC e restaurados com cimento de ionômero de vidro. Após 15 dias, a paciente retornou à clínica sem queixas. O curativo intracanal foi removido e uma nova sessão de PTD foi realizada seguindo o mesmo protocolo da sessão anterior, em seguida foram obturados. Observou-se selamento adequado dos canais radiculares e neoformação óssea no local onde previamente tinha lesão. Os autores concluíram que a associação da PTD com o tratamento endodôntico convencional foi eficiente no caso, pois

permitiu a formação de estruturas periapicais em menor tempo quando comparado tratamentos endodônticos convencionais.

Lacerda *et al.* (2016), avaliaram *in vitro* as alterações na permeabilidade dos túbulos e estrutura dentinária após a aplicação da terapia fotodinâmica (PDT). Para isto, foram selecionados 40 dentes unirradiculares, instrumentados com o sistema ProTaper NiTi, irrigados com 5 ml de hipoclorito de sódio a 5,25%. Utilizaram 5 ml de EDTA a 17% após a instrumentação. Os elementos foram divididos aleatoriamente em dois grupos. O grupo 1 utilizou os protocolos descritos acima e ao grupo 2 além dos procedimentos descritos foi adicionado a PDT, os dentes foram preenchidos com corante azul de toluidina 6 µg / mL por 5 minutos, foi utilizado laser ASGaAl (arsenieto, gálio, alumínio) com: comprimento de onda de 600 nm, largura de aproximadamente 10nm, potência de 100 mW e energia de 12 J, por 5 minutos. Em seguida os elementos foram analisados quanto à morfologia e ao vazamento apical com microscopia de varredura. Dez elementos de cada grupo foram obturados e imersos em solução de corante Rodamina B a 0,5% por 48 horas. As raízes foram seccionadas longitudinalmente e o material obturador foi removido. Os autores observaram que os elementos do grupo 1 apresentaram maior quantidade de detritos. O grupo 2 apresentou maior incidência de túbulos dentinários abertos. Quanto à ocorrência de erosões e trincas, não foram detectadas diferenças significativas entre os grupos. Houve presença de vazamento apical no grupo 2. Os autores concluíram que a PDT associada ao preparo químico mecânico resulta na redução de smear layer e abertura dos túbulos dentinários e não induz alterações morfológicas.

Kosarieh *et al.* (2016), realizaram um estudo *in vitro* para comparar a penetração de dois diferentes fotossensibilizadores em canais com smear layer e sem smear layer. Para isto, foram selecionados 40 dentes unirradiculares extraídos por razões periodontais. Foram escolhidos como fotossensibilizadores TCH e ICG. Os dentes foram seccionados para o tamanho padrão de 12 mm e o comprimento de trabalho foi escolhido a 0,5 mm do forame apical. Foram instrumentados com instrumento rotatório, utilizando hipoclorito de sódio a 2,5%. Os dentes foram divididos aleatoriamente em quatro grupos. Em dois grupos, foram irrigados com EDTA 17% por 2 min seguidos por irrigação com soro fisiológico, e nos outros dois grupos foram irrigados apenas com soro fisiológico. Os elementos foram esterilizados em autoclave. Em dois grupos, (grupo EDTA e grupo não-EDTA), foi inserida solução TCH e em

outros dois grupos, a solução ICG foi usada. Portanto, os grupos foram: Grupo A: Solução TCH em canais radiculares sem a camada de smear layer. Grupo B: Solução TCH em canais radiculares com smear layer. Grupo C: solução ICG em canais radiculares sem smear layer. Grupo D: solução ICG em canais radiculares com smear layer. Os autores observaram que a profundidade de penetração lateral foi maior no grupo que utilizaram ICG, 224,04 m enquanto nos grupos TCH (solução de cloreto de tolônio) foi de 70,15 m, independente do uso do EDTA. Nos grupos TCH, houve diferenças significativas na penetração das porções coronal e média, porém na porção apical não teve diferença. A influência do EDTA foi observada no grupo ICG, porém não foi significativa. Já no grupo TCH, com o uso do EDTA foi melhorada a profundidade de penetração lateral significativamente. Neste estudo, pode-se supor que o ICG poderia penetrar em regiões mais profundas da parede do canal radicular e acessar os microrganismos em partes mais profundas da parede do canal radicular. Portanto, pode-se supor que o ICG possa acessar os microrganismos em partes mais profundas da parede do canal radicular.

Afkhami, Akbari e Chiniforush (2017) compararam, *in vitro*, a eficácia das nanopartículas de prata (AgNPs), laser de diodo 810-nm (DL), terapia fotodinâmica convencional (PDT) com o uso de fotossensibilizador verde de indocianina (ICG) e PDT modificada com o uso de AgNPs para a desinfecção de canais radiculares infectados com *E. faecalis*. Foram utilizados 65 dentes humanos recém-extraídos de canal único. Os dentes foram autoclavados por 15 minutos. Culturas de *E. faecalis* foram adicionadas aos dentes estéreis, que foram divididos em 4 grupos: grupo DL: Irradiação DL 810 nm (1 W, 4 vezes por 10 segundos), grupo AN: 5 minutos de irrigação com 5 mL de AgNPs (100 ppm), o grupo ICG / DL: PDT convencional com ICG (1 mg / mL) / DL de 810 nm (200 mW, 30 segundos) e o grupo AN / ICG / DL: PDT modificada com AgNPs / ICG / 810 nm (200 mW, 30 segundos). O grupo controle, consistiu em 5 minutos de irrigação com 5 mL de hipoclorito de sódio a 2,5% . Foi concluído que a aplicação de 100ppm de AgNPs equivale a irrigação convencional com NaOCl a 2,5% em relação a diminuição bacteriana. A aplicação de DL / ICG não teve adequada ação antimicrobiana para uso como adjuvante nos tratamentos endodônticos. A associação do AgNPs / ICG / DL obteve sucesso em diminuir a contagem intracanal de *E. faecalis*; portanto, este método tem alto potencial de eliminação de bactérias em tratamentos endodônticos.

Ahangari *et al.* (2017), em seu estudo *in vivo* compararam a eficácia antimicrobiana do hidróxido de cálcio como medicação intracanal e da terapia fotodinâmica (PDT) contra as bactérias *Enterococcus faecalis* e *Candida albicans* em dentes com periodontite periapical crônica. Para isto, foram selecionados 20 pacientes com pré-molares inferiores previamente tratados, após 2 anos do tratamento endodôntico primário não ser satisfatório. Os canais foram instrumentados com instrumentação mecanizada com limas Protaper NiTi e irrigados com 5ml de NaOCl a 2,5%. Em 10 pacientes, utilizaram PDT com 0,5 mL de azul de metileno a 5% e laser de diodo com 810 nm de comprimento de onda, 0,2 W de potência e fibra óptica com diâmetro de 200 µm. Nos outros 10 pacientes, utilizaram pasta de hidróxido de cálcio por 7 dias, para remoção do hidróxido de cálcio, utilizaram solução salina. Os autores observaram que houve diminuição de bactérias nos dois grupos, porém não houve diferenças significativas entre os grupos.

Garcez e Hamblin (2017) realizaram estudo com o objetivo de parametrizar a concentração do fotossensibilizador (PS), irradiação de energia mínima e avaliar o uso de peróxido de hidrogênio (H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>). Para analisarem a concentração ideal de azul de metileno foram utilizadas soluções aquosas de 50, 100, 150 e 300 µ. Foi utilizada câmera digital para mensurar a penetração da luz em comparação com o comprimento óptico do laser de diodo. Foram utilizados 30 dentes de canais retos. As raízes foram encurtadas para 13 mm, os canais foram ampliados com a lima 30.4 e irrigados com hipoclorito de sódio a 2,5%, antes da inoculação os dentes foram autoclavados. Os elementos foram contaminados com as bactérias *Enterococcus faecalis* e *Pseudomonas aeruginosa*. Foi utilizado laser de diodo, entregando 660 nm de luz a uma potência total de 40 MW fora da fibra. Cada irradiação durou 1 minuto. Os autores observaram que a concentração de 50 µm de azul de metileno foi a mais adequada, nesta concentração a luz passou por todo o percurso óptico sem atenuação significativa. Em relação à eficiência antibacteriana, a irradiação de energia foi de 9,6 J (4 min), quando a entrega de luz mais adicional deixou de ter um efeito perceptível. Além disso, o uso da solução H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> antes da PDT de *E. faecalis* atingiu melhores resultados na diminuição bacteriana. Os autores concluíram que a concentração do fotossensibilizador de cerca de 50 µm, utilização de H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> por 1 min e irradiação de energia em torno de 10 J, representam um protocolo eficaz para PDT endodôntica.

Janani *et al.* (2017), realizaram um estudo *in vitro*, para comparar a eficácia na eliminação da bactéria *E. faecalis* utilizando PDT e irrigação com NaOCl a 2,5%. Para isto, selecionaram 60 incisivos centrais, extraídos por razões periodontais, os dentes foram seccionados para o tamanho de aproximadamente 12 mm e instrumentados a 1 mm aquém do forame apical utilizando lima rotatória até # 35.04. Utilizaram como irrigante solução salina. A smear layer foi removida com NaOCl a 5,25% por 3 minutos e EDTA 17% por mais 3 minutos. Os dentes foram autoclavados e infectados com *E. faecalis*. Os dentes foram divididos em três grupos iguais. O grupo 1 foi o controle, no grupo 2 utilizaram PDT e no grupo 3 utilizaram 5 mL NaOCl a 2,5%. No grupo 2 foi utilizado como fotossensibilizador o cloreto de tolônio e a irradiação com ponta flexível medindo 15 mm de comprimento e 300 µm de diâmetro por 120 segundos. Laser de diodo foi utilizado no comprimento de onda de 635 nm a uma potência de saída de 100 mW. Foi realizado extração de DNA por tempo real, através da técnica de multiplicação da fita de DNA (PCR). Os autores observaram que houve diferenças entre o grupo controle em comparação com o grupo 2 e 3. Os grupos 2 e 3 tiveram diferenças significativas, o mais eficaz foi grupo 3, que utilizou o NaOCl a 2,5%. Foi concluído que O NaOCl a 2,5% foi mais eficaz na eliminação do *E. faecalis* do canal radicular infectado em comparação com a terapia fotodinâmica

Pizza e Vivan (2017), realizaram uma revisão de literatura sobre o uso do laser na endodontia. Nesta revisão, foi descrito a utilização do laser nos seguintes aspectos: auxílio do diagnóstico pulpar, capeamento pulpar, pulpotomia, preparo e limpeza do canal radicular, esterilização dos canais radiculares e PDT, irrigação dos canais radiculares, remoção de smear layer e cirurgia parendodôntica. Os autores concluíram que a utilização do laser na endodontia é promissora e pode ser utilizado para complementar o tratamento endodôntico convencional.

Santos *et al.* (2017), realizaram um estudo para descrever o uso da terapia fotodinâmica (PDT) na endodontia no Brasil, analisaram sua eficácia e protocolos utilizados na desinfecção do sistema de canais radiculares. Para isto, foi realizada uma pesquisa documental na Sociedade Brasileira de Pesquisa Odontológica, de artigos que abordassem a terapia fotodinâmica no tratamento endodôntico *in vivo* e *in vitro*, entre os anos 2013 e 2016. Dos 97 trabalhos avaliados, 37,1% foram publicados no ano de 2016. A maior prevalência foi em *in vitro* com dentes de humanos. Sobre a finalidade, 68% usaram como efeito antibacteriano. As bactérias mais estudadas

foram *Enterococcus faecalis* 38,1%, seguida por *Candida albicans* e a interação entre elas. A substância química mais utilizada hipoclorito de sódio associado a outras substâncias 25,8%. O agente fotossensibilizador mais utilizado foi azul de metileno, 20,6%. O laser de baixa intensidade foi utilizado em 27,8%, já o de alta intensidade foi utilizado em 12,4% e o LED (Light Emitter Diode) utilizado em 15,5%. O comprimento de onda mais prevalente estava na faixa entre 600 a 700 nm com uma porcentagem de 38,1%. Comprimento de ondas maiores que 700 nm foram descritos em 2,1% e maiores que 800 nm em 3,1%. O tempo estabelecido nos protocolos descritos varia de menos de um minuto a 30 minutos. Os autores concluíram que é necessário mais estudos para parametrizar a relação da luz, tempo de exposição e fotossensibilizadores.

Sebrão *et al.* (2017), realizaram um estudo *in vitro* para compararem a eficiência antimicrobiana dos fotossensibilizadores azul de metileno e rosa bengala. Para isto, foram utilizados tubos cilíndricos infectados com *Enterococcus faecalis*, divididos em três grupos: grupo controle com solução salina, grupo rosa bengala e grupo azul de metileno. Foi utilizado o laser vermelho como fonte de excitação do grupo azul de metileno e laser verde para o grupo rosa bengala. A densidade de energia efetiva que atingiu a amostra foi de 204 J / cm<sup>2</sup>. A fibra do laser foi imersa e realizados movimentos helicoidais para cima e para baixo durante 3 minutos. Os autores observaram que houve redução em 95,67% de bactérias no grupo rosa bengala. O grupo azul de metileno não obteve diminuição bacteriana significativa em relação ao grupo controle. Os autores concluíram que a terapia fotodinâmica pode ser melhorada se utilizado o rosa de bengala como fotossensibilizador associado a uma fonte de luz verde para a inativação de *E. faecalis*.

Purhajbagher *et al.* (2018), realizaram um estudo para comparar o efeito do hipoclorito de sódio e clorexidina com a terapia fotodinâmica para eliminar o *E. faecalis* na formas planctônicas e de biofilme no canal. Para isto, o experimento foi dividido em seis grupos: (1) fotossensibilizador curcumina associado ao PDT, (2) fotossensibilizador indocianina verde associado ao PDT, (3) clorexidina a 0,2%, (4) clorexidina 2,0%, (5) NaOCl a 5,25% e (6) controle. O laser utilizado no PDT foi o de diodo por 1 minuto com 31,2 J / cm<sup>2</sup>. Os autores observaram que em todos os grupos apresentaram uma redução significativa na contagem de *E. faecalis*, quando comparados com o grupo controle. Não houve diferenças significativas entre os

grupos 5 e 2. Os grupos que tiveram melhores resultados foram 4 e 5 seguido do grupo 2. Os autores concluíram que a PDT deve ser utilizada para efeito antimicrobiano adicional após a irrigação do canal radicular, principalmente em microrganismos resistentes e as soluções de irrigação convencional foram capazes de eliminar biofilme de *E. faecalis*.

### **3 PROPOSIÇÃO**

O objetivo deste trabalho é a descrição através da revisão da literatura, da eficácia da realização da PTD com os diferentes fotossensibilizadores mais utilizados em relação a desinfecção dos canais radiculares.

## 4 DISCUSSÃO

A utilização do laser (Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation) na odontologia foi iniciada em 1964 com Stern & Sognnaes e Goldman e colaboradores. Estes pesquisadores utilizavam o laser de rubi. Na endodontia, iniciou-se em 1971 por Weichman & Jhonson com a utilização do laser de CO<sub>2</sub>, para o selamento de canais radiculares (PIAZZA e VIVAN 2017).

Em 1986, Zakariasen utilizou o laser de CO<sub>2</sub> com objetivo de desinfecção dos canais radiculares. Devido à alta energia no laser de CO<sub>2</sub>, os pesquisadores começaram a utilizar o laser de Nd: YAG, e os resultados eram satisfatórios. É acoplado neste laser, um dispositivo que facilita a dispersão da luz no canal radicular, a fibra óptica (PIAZZA e VIVAN 2017).

Para diminuir os efeitos indesejáveis como o derretimento das paredes e enfraquecimento da estrutura dental, iniciou-se a utilização do laser adicionado a um corante inserido no canal radicular. Este procedimento é denominado como terapia fotodinâmica (PIAZZA e VIVAN 2017).

A utilização da terapia fotodinâmica (PDT) está cada dia mais acessível, tornando o tratamento endodôntico mais eficaz e seguro, recentemente, os estudos da utilização do laser como principal ou coadjuvante no processo de descontaminação dos canais radiculares estão mais frequentes devido a sua efetividade bactericida.

A utilização do laser de alta potência difere da terapia fotodinâmica, pois não utiliza fotossensibilizador e o laser utilizado na PDT é o de baixa potência.

Asnaashari *et al.* (2016), compararam o laser de alta potência e a PDT e não encontraram diferenças significativas na eliminação bacteriana, mas indicam a realização da PDT, por ser mais seguro, considerando os riscos mais prováveis do laser de alta potência, que são: aumento de calor, queima e recessão da raiz.

Um dos principais objetivos na endodontia é a descontaminação dos canais radiculares. Para isto, é realizada a instrumentação mecânica e irrigação com agentes químicos. No entanto, a persistência de infecções pode resultar na falha do tratamento, mesmo quando os procedimentos foram realizados satisfatoriamente (GARCEZ e HAMBLIN, 2017).

Uma das bactérias mais comumente encontrada nos canais radiculares é a *Enterococcus faecalis*, que é um microrganismo anaeróbico facultativo e Gram-

positivo (JANANI *et al.* 2017). Tem a capacidade de penetrar no canal radicular e é resistente aos antimicrobianos usados na endodontia, como hidróxido de cálcio e algumas concentrações de hipoclorito de sódio (SANTOS *et al.* 2017). As técnicas convencionais de tratamento de canais radiculares como instrumentação mecânica e debridamento químico com irrigantes antimicrobianos, como hipoclorito de sódio (NaOCl), clorexidina e hidróxido de cálcio, nem sempre são suficientes para tornar os canais radiculares isentos de bactérias (ASNAASHARI *et al.*, 2016)

A utilização da PDT na eliminação de bactérias relacionadas a infecções endodônticas vem aumentando consideravelmente nos últimos anos. Os índices de descontaminação alcançados com a PDT atingem os 97-100%, (Tennert *et al.* 2014) e são equivalentes aqueles conseguidos com os lasers de alta potência. O efeito antimicrobiano da PDT em patógenos endodônticos (*P. gingivalis*, *P. intermedia*, *F.nucleatum*, *P. micros*, *P. endodontalis*) foi observado tanto *in vitro* quanto *in vivo* (EDUARDO *et al.* 2015).

O interesse pela realização da terapia fotodinâmica é crescente, pois trata-se de uma técnica de fácil realização, indolor e não produz resistência bacteriana (SILVA *et al.* 2010).

A terapia fotodinâmica na endodontia envolve a combinação de um fotossensibilizador, uma fonte de luz e oxigênio.

A técnica consiste na escolha do laser de baixa intensidade, sendo observado que na maioria dos artigos estudados o laser escolhido é o de diodo, e um fotossensibilizador, como azul de metileno, azul de toluidina, verde malaquita, indocianina verde e rosa bengala.

A maioria dos microrganismos presentes na cavidade oral, não absorve a luz visível do laser de baixa potência, devido a isto, é necessário o uso do corante que é fixado no microrganismo, atraindo a luz de laser (SILVA *et al.* 2011).

Os fotossensibilizadores possuem um elevado grau de seletividade para atingir os microrganismos sem provocar danos às células (SANTOS *et al.* 2017).

A absorção da luz excita o fotossensibilizador que reage com o oxigênio, produzindo substâncias tóxicas e radicais livres (GARCEZ e HAMBLIN, 2017), que atuam na parede celular bacteriana modificando seu metabolismo através da alteração de lipídios, proteínas e ácidos nucleicos, levando à morte por apoptose (AMARAL, DE SÁ e MENEZES, 2015) (XHEVDET *et al.*, 2014).

A produção dessas formas altamente reativas decorre da excitação do corante pela luz, seguida de duas reações principais 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-radicais, que tendem a reagir com o oxigênio no estado fundamental, resultando em produtos oxidados, como peróxido de hidrogênio, íons hidroxila, radicais hidroxila e ânion superóxido, que são tóxicos aos microrganismos. 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 (AMARAL, DE SÁ e MENEZES, 2015).

O fotossensibilizador (FS) mais conhecido e utilizado é o azul de metileno (AM), que é derivado de fenotiazina. O AM é utilizado devido a sua efetividade, sua alta capacidade de gerar espécies reativas importantes na atividade microbiana e alto poder de absorção no espectro de luz visível (FIRMINO *et al.* 2016).

O azul de metileno tem uma absorção máxima em 664 nm, devendo a PDT com o AM ser utilizada em fontes de luz emitindo fótons na faixa do vermelho visível, como os lasers vermelhos de baixa potência e os LEDs (Light Emitting Diode) vermelhos. GARCEZ e HAMBLIN, 2017 em um estudo *in vitro* analisaram a concentração de azul de metileno ideal para eliminação bacteriana. Os autores concluíram que a concentração 50 a 100 µm foi eficaz. Nesta concentração, é produzido o oxigênio singleto, que é tóxico para as células bacterianas.

O AM é comercializado em duas concentrações para uso odontológico: 0,005% e 0,01%. A primeira é indicada nos casos que não haja exsudato, sangue, fluido gengival, saliva e qualquer outro tipo de diluente ou conteúdo proteico, como após o preparo protético ou cavitário, nos canais radiculares e superfície dental. Na presença destas substâncias, opta-se pelo AM a 0,01%, mais concentrado (EDUARDO *et al.* 2015).

O verde de malaquita é corante catiônico pertence à família do trifênil metano e é capaz de interagir com diversas substâncias orgânicas, principalmente com a microbiota oral. Ele apresenta alta absorção da luz vermelha, sendo fácil transitar pelas membranas celulares de bactérias Gram-positivos e Gram-negativos, promovendo a dissipação do potencial na membrana celular sendo que a concentração utilizada foi de 0,01% (SILVA *et al.* 2011).

O azul de toluidina é um derivado de fenotiazina, assim como azul de metileno (TENNERT *et al.* 2014). Ele é absorvido no comprimento de onda de 625 nm, apresenta baixo nível de toxicidade escura e alta toxicidade seletiva contra as células alvo após a ativação da luz laser. Foi utilizada a concentração de 1,2 MG/L, 6 MG/L e 15000 MG/L (SOUZA *et al.* 2009).

Souza *et al.* 2009, em seu estudo *in vitro* compararam a efetividade bactericida do fotossensibilizador azul de metileno e azul de toluidina. Foi utilizado 15 mg/mL dos dois corantes e ambos obtiveram o mesmo resultado bactericida.

A indocianina verde apresenta baixa toxicidade no hospedeiro, alta absorção da luz próximo ao infravermelho 810nm (AFKHAMI *et al.* 2017). Apresenta eficácia contra fungos e bactérias, devido a sua facilidade de penetração. Acredita-se que sua ação tenha um efeito fototérmico e não fotoquímico (Afkhami *et al.* 2017), em um estudo *in vivo* concluiu que PDT com fotossensibilizador indocianina verde pode ser um excelente adjuvante na erradicação bacteriana nos canais radiculares.

Mathew *et al.* 2015 em seu estudo *in vivo* concluíram que PDT com fotossensibilizador indocianina verde associado ao NaOCl foram responsáveis pela erradicação das bactérias Gram-positivas aeróbicas (grupo *Streptococcus*).

A rosa de bengala é um corante derivado de um xanteno aniônico, que é composto cristalinos vermelho-escuro e está entre os fotossensibilizadores mais ativos e produz até 80% de oxigênio singleto (SEBRÃO *et al.*, 2017). Tem sido usado em combinação com esferas de poliestireno ou nanopartículas para PDT e tem sido utilizado como fotossensibilizador, devido à tirar boa absorção da luz visível, na faixa de 500nm a 800nm (SHRESTHA e KISHEN 2014).

Atualmente as nanopartículas têm sido usadas associadas aos fotossensibilizadores: como as nanopartículas de prata (AgNPs), Nanopartícula de poli(ácido lático-co-glicólico) (PLGA) e nanopartículas quitosana (CSnps), essas partículas que têm o tamanho entre 1 e 100 nanômetros, associadas ao fotossensibilizador oferecem diversas vantagens como maior seletividade e maior concentração de captação do fotossensibilizador na célula alvo, permitem maior interação com as células devido a carga superficial e maior estabilidade das moléculas do fotossensibilizador (SHRESTHA e KISHEN 2014), (PAGONIS *et al.*, 2009).

A quitosana é um derivado da quitina, com de atividade antimicrobiana, biocompatível, biodegradável. Tem sido usada para potencializar a desinfecção dos

canais radiculares, podendo ser utilizada sozinha ou associada ao fotossensibilizador (SHRESTHA e KISHEN 2014).

Estudos usando as nanopartículas associadas ao fotossensibilizadores demonstraram resultados satisfatórios.

Shrestha e Kishen 2014, estudaram em *in vitro* a efetividade da nanopartícula de quitosana associada ao fotossensibilizador rosa bengala e concluíram que esta associação obteve melhor capacidade para desinfecção bacteriana multiespécie no canal radicular, assim como Pagonis *et al.*, (2009), usando das nanopartículas de (POLG) associadas ao fotossensibilizador azul de metileno e Afkhami, Akbari e Chiniforush (2017) usando as nanopartículas de prata (AgNPs) com o fotossensibilizador verde de indocianina (ICG). Podendo estas associações serem promissoras no combate ao *E. faecalis*.

As clorinas são porfirinas reduzidas. A clorina e6 é uma forma derivada da clorofila, que apresenta duas importantes propriedades: maior rendimento quântico de formação de oxigênio singlete e intensa banda de absorção em comprimentos de onda (650-660 nm). Este fotossensibilizador é capaz de penetrar nas bactérias Gram-positivas e Gram-negativas, mas não é prejudicial às células de mamíferos (Garcez *et al.* 2008a).

Dos artigos estudados *in vitro* de PDT, em que o azul de metileno foi usado como fotossensibilizador em sua maioria houve redução do *E. faecalis*, Silva *et al.* (2010) realizaram a terapia fotodinâmica associada à instrumentação do canal radicular usando solução salina como irrigante e usando laser de baixa potência (laser de ArGaAl) comprimento de onda 685nm por 3 minutos com corante azuleno a 25% associado ao endo-ptc e tempo pré-irradiação durante 5 minutos sendo eficiente na eliminação bacteriana, porém não totalmente.

Em outro estudo em que foi usada a Instrumentação mecanizada com irrigação NaOCl a 2,5% e EDTA a 17% e pré-irradiação com fotossensibilizador cloreto de fenotiazina 10 mg / ml. e laser 670 nm, para eliminar *Enterococcus faecalis* e *Candida albicans* o PDT de 5 min eliminou melhor a *Candida albicans* que o *Enterococcus faecalis* (XHEVDET *et al.* 2014).

Para Souza *et al.* (2009), a terapia fotodinâmica utilizando azul de metileno e azul de toluidina logo após a instrumentação dos canais radiculares não reduziu significativamente *E. faecalis*. Foram usados vários grupos com concentração de azul

de metileno (MB) ou azul de toluidina (TB) 15 mg / mL de concentrações de solução salina (NaCl) a 0,85% e NaOCl (hipoclorito de sódio a 2,5%) com laser diodo a uma potência total de 40 mW e 660 nm de comprimento de onda. Embora o uso adicional de PDT promovesse alguma redução nas populações intracanal de uma cepa endodôntica de *E. faecalis* após instrumentação / irrigação, os efeitos não alcançaram significado estatístico.

Lins *et al.* (2013) compararam *in vitro* os efeitos antimicrobianos da terapia fotodinâmica na presença de peróxido de hidrogênio de canais radiculares infectados usando azul de metileno 0,01% associado H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> e ao laser de baixa potência ( $\lambda = 660\text{nm}$ , 100mW e 9J obtendo redução dos microrganismos *E. faecalis* e *P. aeruginosas* . Resultado semelhante foi obtido por Garcez e Hamblin (2017) mas usando H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> como irrigante.

Também foram realizados estudos *in vitro* usando azul de toluidina, Tennert *et al.* (2014) realizou um estudo para verificar a ação da PDT no biofilme de *Enterococcus faecalis* nas infecções primárias e secundárias. Foram usados no estudo fonte de luz a 635 nm, fotossensibilizador solução azul de toluidina a 13-15 mg / ml, uma ponta Endo do PACT Light Guide posicionada do WL quando possível e ativado por 120 segundos, a PDT sozinha reduziu em 92,7% a carga bacteriana e quando associada ao NaOCl a 3% a redução foi de 99,9% e NaOCl a 3% reduziu em 80% a carga bacteriana. Na infecção secundária, a irrigação com NaOCl diminuiu em 55% a cultura bacteriana. A combinação de irrigação com NaOCl e PDT, diminuiu em 30%. PDT não é uma alternativa, mas um complemento eficaz na desinfecção de canais radiculares, especialmente em casos de retratamentos.

Em outro estudo comparando a eficácia na eliminação da bactéria *E. faecalis* utilizando PDT e irrigação com NaOCl a 2,5%, onde foi usado Laser de diodo de 635 nm a uma potência de saída de 100 mW tendo como fotossensibilizador o cloreto de tolônio e a irradiação com ponta flexível medindo 15 mm de comprimento e 300  $\mu\text{m}$  de diâmetro por 120 segundos foi concluído que O NaOCl a 2,5% foi mais eficaz na eliminação do *E. faecalis* do canal radicular infectado em comparação com a terapia fotodinâmica (JANANI *et al.* 2017). Kosarieh *et al.* (2016), em estudo *in vitro*, verificou a permeabilidade dentinária e a penetração de fotossensibilizador. Compararam a penetração de dois diferentes fotossensibilizadores TCH (solução de cloreto de tolônio) e ICG (solução verde de indocianina) em canais radiculares com e sem a

camada de smear layer removidos pelo uso de EDTA. Pode-se supor que o ICG poderia penetrar em regiões mais profundas da parede do canal radicular e acessar os microrganismos em partes mais profundas da parede do canal radicular. Portanto, poderia ser uma boa alternativa para o TCH para uso em PDT.

Em outro estudo avaliando *in vitro* as alterações na permeabilidade dos túbulos e estrutura dentinária após a aplicação da terapia fotodinâmica (PDT) em dentes que foram preenchidos com corante azul de toluidina 6 µg / mL por 5 minutos, utilizando um laser ASGaAl (arsenieto, gálio, alumínio) com comprimento de onda de 600 nm, largura de aproximadamente 10nm, potência de 100 mW e energia de 12 J, por 5 minutos, resultou na redução de smear layer e abertura dos túbulos dentinários e não induziu alterações morfológicas (LACERDA *ET AL.* 2016).

Shrestha e Kishen (2014), nos estudos com fotossensibilizadores rosa de bengala (RB), avaliaram a eficácia da rosa de bengala funcionalizada com nanopartículas de quitosana (CSRBnps), em biofilme de *E. faecalis* e biofilmes multiespécies. Foram tratadas com CSRBNPS (0,3 mg / ml) ou RB (10 mmol / l) A sensibilização foi realizada usando de 1 mL de fotossensibilizador a 37 ° C por 15 minutos, laser 540 nm, com fibra e energia de 60 J / cm<sup>2</sup>. Como resultado, a aplicação de PDT com CSRBNPS, apresentou maior afinidade à membrana celular bacteriana, maior penetração na estrutura do biofilme, e maior capacidade de eliminar biofilme bacteriano multiespécie, com potencial relevante para a desinfecção do canal radicular.

Em outro estudo Sebrão *et al.* (2017) comparou a eficiência antimicrobiana dos fotossensibilizadores azul de metileno e rosa bengala. Neste estudo, o AM foi utilizado a 0,01% (31,2mol / L) em associação com um laser vermelho (660 nm). Alternativamente, o mesmo teste foi realizado com RB (25mol / L) associado a uma fonte de luz laser verde (532nm) no grupo RB (RBG). O tempo de pré-irradiação foi estabelecido em 5 min e uso de fibra ótica (diâmetro de 300µm de diâmetro). Foi concluído que a inativação de *E. faecalis* pode ser melhorada com a utilização do fotossensibilizador rosa de bengala associado a uma fonte de luz verde.

Dos 29 artigos selecionados, em apenas 6 foram realizados *in vivo*. Nestes estudos, a utilização da PDT obteve sucesso na diminuição das bactérias existentes no canal radicular.

Garcez *et al.* (2008)a, utilizou o seguinte protocolo clínico: fotossensibilizador conjugado entre polietilenimina (PEI) e clorina (e6), com o laser de diodo de 660 nm a uma potência total de 40 mW da fibra óptica, durante 1, 2, 3 e 4 minutos. Os autores notaram reparação óssea após 6 meses de tratamento.

Garcez *et al.* (2008)b, utilizou o seguinte protocolo: fotossensibilizador conjugado entre polietilenimina (PEI) e clorina (e6), com o laser de diodo de 660 nm a uma potência total de 40 mW durante 240 segundos. Os autores realizaram duas aplicações de PDT e concluíram que na segunda sessão é mais efetiva na diminuição bacteriana.

Firmino *et al.* (2016), utilizou o seguinte protocolo: fotossensibilizador 2,0 ml de azul de metileno a 0,005%, com o laser de diodo de 660 nm a uma potência de 100 mW durante 120 segundos. Os autores relataram sucesso na reparação óssea de um paciente.

Asnaashari *et al.* (2016), utilizou o seguinte protocolo: 0,5 ml de fotossensibilizador azul de metileno a 0,01%. Em relação ao laser, os autores compararam o laser de alta com o de baixa potência e concluíram que o laser de baixa potência é tão eficaz quanto o de alta potência.

Ahangari *et al.* (2017), utilizou como fotossensibilizador 0,5 ml de azul de metileno a 5%, com laser de diodo a 810 nm com 0,2 W de potência a 5 minutos e comparou com a eficácia do medicamento de demora hidróxido de cálcio. Os autores concluíram que não houve diferenças significativas entre PDT e o hidróxido de cálcio. O PDT mais vantajoso tanto para o paciente quanto para o profissional, devido ao menor número de consultas e menos tempo de cadeira.

Mathew *et al.* (2015) utilizou indocianina verde (periogreen®), com laser de diodo a 970 nm com 1,5 W de potência, durante 3-5 minutos. Os autores concluíram que este protocolo foi eficaz na erradicação das bactérias Gram-positivas aeróbicas.

Nesta revisão de literatura sobre terapia fotodinâmica aplicada após o preparo mecânico do canal radicular, dos autores que informaram o comprimento de onda da luz do laser utilizado, 52% foram de 660 nm e 21% utilizaram 810 nm. O maior comprimento de onda utilizado foi de 970 nm, utilizado por apenas um autor.

Quanto ao fotossensibilizador o tempo em que permaneceu no interior do canal variou de 1 a 5 minutos após a preparação mecânica do canal radicular para a pré-irradiação. Após este tempo, utilizou-se a fibra óptica a 1 milímetro do ápice realizando

movimentos em espiral no sentido ápice-coroa e coroa-ápice, repetidos dez vezes por minuto (GARCEZ *et al.*, 2008b) pois Garcez *et al.*, (2012), em seu estudo, concluiu que com a utilização da fibra óptica, existe maior irradiação perto do ápice, melhorando os resultados da PDT na endodontia.

Entre os autores que informaram a utilização da fibra óptica, o diâmetro utilizado foi de 200 µm até 400 µm. O diâmetro utilizado foi diretamente proporcional ao diâmetro do canal radicular. Para que a fibra óptica seja eficaz, é necessário inserir no canal radicular próximo ao ápice.

Em relação à potência usada, 36% usaram 40 mw de potência, a segunda maior porcentagem foi de 31% que usaram 100 mw, dos autores que informaram este dado.

O tempo de aplicação informado pelos autores variou de 30 segundos até 5 minutos, sendo mais usual a utilização por 3 minutos.

Com base nos artigos estudados, a terapia fotodinâmica apresenta grande numero de variáveis como utilização de laser de diferentes potências, comprimentos de ondas e usando também diferentes fotossensibilizadores.

Ainda que não exista uma padronização de protocolo bem definida, a PDT mostra-se como um método complementar na desinfecção dos canais radiculares, devendo ser utilizada após irrigação com NaOCl, clorexidina e agentes quelantes. Mais estudos são necessários para padronização quanto ao comprimento de onda, potência, tempo e FS para o melhor desempenho desta técnica.

## 5 CONCLUSÃO

Pelos trabalhos estudados pode-se concluir que:

- 1- O PDT não é um método totalmente eficaz no combate a infecção dos canais radiculares, podendo ser uma alternativa complementar.
- 2- A utilização do PDT é indicada após a irrigação química com NaOCl.
- 3- O fotossensibilizador associado às nanopartículas parece ter um futuro promissor.
- 4- Mais estudos são necessários para se padronizar um protocolo de realização da PDT.

## REFERÊNCIAS

Afkhami, F.; Akbari, S.; Chiniforush, N.; Enterococcus faecalis Elimination in Root Canals Using Silver Nanoparticles, Photodynamic Therapy, Diode Laser, or Laser-activated Nanoparticles: An In Vitro Study. **J Endod.**, v. 43, p.279-282, February 2017.

Ahangari, Z.; Bidabadi, M.M.; Asnaashari, M.; Rahmati, A.; Tabatabaei, F.S.; Comparison of the antimicrobial efficacy of calcium hydroxide and photodynamic therapy against *enterococcus faecalis* and *candida albicans* in teeth with periapical lesions; an in vivo study. **J Lasers Med Sci.** v.8, n.2, p.72-78, March 2017.

Amaral, R.R.; Sá, D.M.; Menezes, A.J.A.D.C.; Terapia fotodinâmica antimicrobiana na endodontia: revisão de literatura. **Pós em Rev do Centro Universitário Newton Paiva**, n.11 p. 39-41, 2015.

Asnaashari, M.; Godiny, M.; Azari-Marhabi, S.; Tabatabaei, F.S.; Barati, M. Comparison of the antibacterial effect of 810 nm diode laser and photodynamic therapy in reducing the microbial flora of root canal in endodontic retreatment in patients with periradicular lesions. **J Lasers Med Sci.**, Mumbai, v. 7, n 2, p.99-104, March 2016.

DiVito, E.; Crippa R.; Iaria G.; Kaitsas, V.; Benedicenti, S.; Olivi G. Lasers in endodontics international, **Edition of endodontology**, v. 7, n. 2, 2011.

Eduardo, C.P.; Bello-Silva, M.S.; Ramalho, K.M.; Lee, E.M.R.; Aranha, A.C.C.; A terapia fotodinâmica como benefício complementar na clínica odontológica. **Rev Assoc Paul Cir Dent**, v. 69, n. 3, p. 226-235, 2015

Firmino, R. T.; Brandt, L. M. T.; Ribeiro, G. L.; Santos, K. S. A.; Catão, M. H. C. V.; Gomes, D. Q. C. Endodontic treatment associated with photodynamic therapy: case report. **Photodiagnosis and Photodynamic Therapy.** v. 15. P. 105-108, September 2016.

Garcez, A.S.; Hamblin, M.R.; Methylene blue and hydrogen peroxide for photodynamic inactivation in root canal - A new protocol for use in endodontics. **J Eur Endod**, v. 2, n.1, p. 3-7, 2017.

Garcez, A.S.; Nunez, S.C.; Hamblin, M.R.; Ribeiro, M. S. Antimicrobial comparison on effectiveness of endodontic therapy and endodontic therapy combined to photodisinfection on patients with periapical lesion: a 6 month follow-up. **Prog. Biomed. Opt. Imag**, San Jose v.68460- 68460G February 2008.

Garcez, A.S.; Nunez, S.C.; Hamblin, M.R.; Ribeiro, M.S. Antimicrobial effects of photodynamic therapy on patients with necrotic pulps and periapical lesion. **J. Endod.**, Chicago;v. 34 n. , p. 138-42, February 2008.

Garcez, A.S; Fregnani, E.R.; Rodriguez, H.M.; Nunez, S.C.; Sabino, C.P.; Suzuki, H.; Ribeiro , M.S., The use of optical fiber in endodontic photodynamic therapy. Is it really relevant? **Lasers in Medical Science**, v. 18, p. 79-85, January 2013.

Janani, M.; Jafari, F.; Samie, M.; Lotfipour, F.; Nakhband, A.; Ghasemi, N.; Salari, T.; Evaluation of antibacterial efficacy of photodynamic therapy vs. 2.5% NaOCl against E. faecalis- infected root canals using real-time PCR Technique. **J Clin Exp Dent**. v. 9, n. 4, 2017.

Komine, C.; Tsujimoto, Y. A small amount of singlet oxygen generated via excited methylene blue by photodynamic therapy induces the sterilization of enterococcus faecalis. **J Endod.**;Chicago v. 39, n 3, p, 411–414, march 2013.

Kosarieha, E.; Khavas S.S.; Rahumi, A.; Chiniforush, N.; Gutknecht N.; The comparison of penetration depth of two different photosensitizers in root canals with and without smear layer: An in vitro study. **Photodiagnosis and Photodynamic Therapy**, v.13, p. 10-14, March 2016.

Lacerda, M.F.L.S.; Lima C.O.; Lacerda, G.P.; Campos, C.N. Evaluation of the dentin changes in teeth subjected to endodontic treatment and photodynamic therapy. **Rev odontol UNESP**. v. 45, n. 6, Nov./ Dec. 2016.

Lins, C.C.S.A.; Oliveira, B.P.; Oliveira, J.B.; Castro, C.M.M.B.; Diniz, F.A.; Melo, L.L.; Enhancement of antimicrobial action of photodynamic therapy in the presence of hydrogen peroxide. **Microbial pathogens and strategies for combating them: science, technology and education**, Spain v. 1, p. 367-371, 2013

Mathew, A.; Lajevardi, M.; Juboori, H. A. A. A.; Mukhaimer, N. A. H. A., Al-Radaideh, A. A. M., Thomas, S. An in vivo study on comparison of disinfection of root canal with chemical disinfectants and disinfectant-diode laser-photodynamic treatment combined system. **J of Dental LaserS.**, Mumbai, v. 9 2. n.1, January – June 2015.

Pagonis, T.C; Chen J; Fontana C.R; Nanoparticle-based endodontic antimicrobial photodynamic therapy. **J. Endod.**, v. 36, p. 322-328, February 2010.

Pourhajibagher, M.; Chiniforush, N.; Shahabi, S.; Palizvani, M.; Bahador, A.; antibacterial and antibiofilm efficacy of antimicrobial photodynamic therapy against intracanal *Enterococcus faecalis*: an *in vitro* comparative study with traditional endodontic irrigation solutions. **J. Dent (Tehran)**, v. 15, n. 4, p. 197-204, Jul 2018.

Santos, C.; Brito M.G.; Neves, L.N.S.M.; Azevedo, M.S.; Santos T.K.G. Análise do uso da terapia fotodinâmica no tratamento endodôntico com base em um congresso odontológico. **Rev da Faculdade de Odontologia UPF**, v. 22, n. 1, 2017.

Sebrão, C. C. N.; Bezerra, Jr, A. G.; França, P. H. C.; Ferreira, L. E.; Westphalen, V. P. D. Abstract comparison of the efficiency of rose bengal and methylene blue as photosensitizers in photodynamic therapy techniques for *Enterococcus faecalis* inactivation. **Photomedicine and Laser Surgery**. v. 35. n 1, p. 18–23, january 2017.

Shrestha , A.; Kishen A. Antibiofilm Efficacy of Photosensitizer-functionalized Bioactive Nanoparticles on Multispecies Biofilm. **J Endod.**, Chicago, v. 40, n. 10, p. 1604-1610, October 2014.

Silva, E.J.N.L.; Coutinho-Filho, W. P.; Andrade, A.O.; Herrera, D.R.; Hirata-Junior, R.; Coutinho-Filho, T.S. Krebs. R.L. Efecto antimicrobio de la terapia fotodinámica sobre *Enterococcus faecalis*, estudio *in vitro*. **Rev Estomatol Herediana**, Lima, v. 21, v.4, p.185-189, Octubre-diciembre 2011.

Silva, F. C.; Freitas, L. R. P.; Lourenço A. P. A.; Braga Junior A. C.R.; Jorge, A. O. C.; Oliveira, L. D.; Koga-ito, C. Y. Análise da efetividade da instrumentação associada à terapia fotodinâmica antimicrobiana e a medicação intracanal na eliminação de biofilmes de *Enterococcus faecalis*. **Braz Dent Sci.**; São José dos Campos- SP v. 13, n. 5, p. 31-38 , jan./jun. 2010.

Souza, L.C; Brito P.R.R, Oliveira J.C.M., Alves F.R.F, Moreira E.J.L, Sampaio-Filho H.R, Rôças I.N, Siqueira S.F, Photodynamic therapy with two different photosensitizers as a supplement to instrumentation/irrigation procedures in promoting intracanal reduction of *enterococcus faecalis*, **J. Endod.**,v 36, p. 292-296, February 2010.

Tennert, C.; Feldmann, K.; Haamann E.; Al-Ahmad, A.; Follo, M., Wrbas, T. K.; Hellwig, E.; Altenburger, M. Effect of photodynamic therapy (PDT) on *Enterococcus faecalis* biofilm in experimental primary and secondary endodontic infections. **BMC Oral Health**. v. 14, n.1, p. ?, 2014.

Xhevdet, A.; Stubljar, D; Kriznar, I.; Jukic, T.; Skvarc, M.; Veranic, P.; Ihan, A,. The disinfecting efficacy of root canals with laser photodynamic therapy. **J. Laser Med Sci**, v. 5, n.1, p.. 19-26, 2014.

Yildirim, C.; Karaarslan, E. S.; Ozsevik, S.; Zer, Y.; Sari, T.; Usumez, A. Antimicrobial efficiency of photodynamic therapy with different irradiation durations. **Eur. J. Dent**, v.34, n. 2, p. 469-473, Oct-Dec 2013.