

Jéssica Alexandre Rodrigues de Oliveira

TERAPIA FOTODINÂMICA EM ENDODONTIA

Universidade Fernando Pessoa

Porto, 2016

Jéssica Alexandre Rodrigues de Oliveira

TERAPIA FOTODINÂMICA EM ENDODONTIA

Universidade Fernando Pessoa

Porto, 2016

Jéssica Alexandre Rodrigues de Oliveira

TERAPIA FOTODINÂMICA EM ENDODONTIA

**“Trabalho apresentado à Universidade Fernando Pessoa
como parte dos requisitos para obtenção do grau
de Mestre em Medicina Dentária”.**

RESUMO

A terapia fotodinâmica (PDT) vem sendo pesquisada nos diversos ramos da Medicina Dentária a fim de estabelecer protocolos eficientes de tratamento nas mais diversas especialidades aos pacientes em atendimento odontológico. É uma técnica com poucos efeitos colaterais e que pode reduzir o tempo de reparação tecidual e promover uma desinfecção canalar mais eficiente.

Este trabalho tem como objetivo realizar uma revisão bibliográfica sobre dispositivos da terapia fotodinâmica, procurando entender e analisar o seu papel e validade como opção na desinfecção e seus acometimentos e consequências no Tratamento Endodôntico Não Cirúrgico.

PALAVRAS-CHAVE: “Terapia fotodinâmica”, “endodontia”, “luz”, “fotossensibilizador”, “oxigênio”, “soluções irrigadoras”, “hipoclorito de sódio”, “clorexidina”, “laser”, “EDTA”, “desinfecção”, “*Enterococcus faecalis*”, “oxigênio”, “Photodynamic therapy”, “Endodontics”, “light”, “dye” and “oxygen”.

ABSTRACT

Photodynamic Therapy (PDT) has been researched in Oral Medicine in order to provide effectiveness to patient. This is a technique with very few side effects, that can reduce time repair and promote very accurate root disinfection during endodontic treatment.

The purpose of this literature review is to clarify the use of photodynamic therapy in Endodontics and its appliances, trying to understand and analyse its role and use in canal disinfection in Endodontics.

KEYWORDS: “Photodynamic therapy”, “Endodontics”, “light”, “dye”, “irrigating solution”, “sodium hypochlorite”, “EDTA”, “disinfection”, “*Enterococcus faecalis*”, “chlorhexidine” and “oxygen”.

Dedicatória

Ao meu **Davi**, meu mais profundo e sincero amor nesse mundo, por ter trazido Sol para minha vida e luz para meu caminho, que eu possa te fazer sonhar, e estar sempre ao teu lado quando precise. Quero que chores muito, chore de alegria, de saudades, de felicidade que simplesmente chore de rir. Quero te ver assim, crescendo feliz e com esse sorriso ingênuo e olhar doce que me acalmam a alma.

Ao meu marido, **Márcio**, pela cumplicidade. Pelos momentos em que perdi a paciência e com palavras amenas me acalmou. Pelos momentos em que meu coração estava em pedaços, e cheio de amor me curou. Pelos momentos de alegria que fez questão de dividir comigo. Pelos momentos que com muita esperança, pensou comigo no nosso futuro.

Meu eterno agradecimento a vocês dois.

Agradecimentos

A **Luís Miguel França dos Reis Martins**, que, por trás de seu ofício, um dos mais dignos existentes e que desempenhas tão exemplarmente, há um ser humano admirável e muito acessível. Ética, generosidade, gentileza e humildade são atitudes e qualidades vistas nas suas ações e que ficam de exemplo e inspiração a minha pessoa.

Palavras de gratidão serão insuficientes para enaltecer trabalho feito com tanto entusiasmo, verdade, dedicação e carinho ao lecionar e guiar meus passos.

Ao mestre, meu mais eterno agradecimento.

Por estarem sempre comigo no choro ou no riso. Por me dizerem não o que quero ouvir, mas o que preciso. Por abrirem meus olhos de maneira irreversível e transformar minha maneira de ver o mundo. Pelos ouvidos disponíveis, mesmo quando só quero dizer besteiras. Pelas implicâncias que me fazem refletir e saberem que são amigos verdadeiros, **Genilce Paiva, Heron Éber Stradioto, Jacqueline Campos e Marcilene Arcanjo**. Sou uma pessoa privilegiada por fazer parte dessa equipe tão extraordinária. Mas não, não agradeço terem entrado em minha vida, eu suplico para que decidam permanecer nela.

E, por fim, obrigada, meu **Paizão**, meu melhor amigo, único responsável por colocar o chão embaixo de meus passos.

ÍNDICE GERAL

ÍNDICE DE FIGURAS	i
ÍNDICE DE SIGLAS E ABREVIATURAS	ii
ÍNDICE DE TABELAS	iii
ÍNDICE DE GRÁFICOS	iv
I - INTRODUÇÃO	1
II - DESENVOLVIMENTO	4
1. Materiais e Métodos	4
2. A importância da desinfecção na TENC	5
2.1. Papel do <i>Enterococcus faecalis</i> no insucesso da terapia endodôntica.	6
2.2. Métodos de erradicação do <i>E. faecalis</i>	7
2.3. Soluções Irrigadoras em Endodontia	8
2.3.1. Hipoclorito de Sódio	8
2.3.2. Clorexidina	9
2.4. Agentes Quelantes	10
2.4.1. EDTA	11
2.4.2. Ácido cítrico	11
2.5. Peróxido de hidrogênio	13
2.6. Álcool	14
2.7. Comparação entre as substâncias irrigadoras mais utilizadas	14
3. Técnicas e dispositivos de Irrigação	16
3.1. Irrigação Manual.....	17
3.2. Ativação Dinâmica Manual	19
3.3. Sistemas Passivos	20
3.4. Ativação Sônica (EndoActivator®).....	23
3.5. Pressão Apical Negativa (EndoVac®)	25
3.6. Terapia Fotodinâmica	28
3.6.1. Agentes fotossensibilizantes	30
3.6.2. Fontes de luz	33
II - DISCUSSÃO	35
IV - CONCLUSÃO	40
V - REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	42

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 - Seringa e Agulha	17
Figura 2 - SUP	22
Figura 3 - Desenho esquemático do movimento acústico à volta da lima	23
Figura 4 - Sistema Endoactivator	24
Figura 5 - Sistema EndoVac (Micro e Macrocânula)	26
Figura 6 - Pressão Apical Negativa	27
Figura 7 - Cânula	27
Figura 8 - Esquema de Ativação do Fotossensibilizador	30

ÍNDICE DE SIGLAS E ABREVIATURAS

CHX	Clorexidina
EDTA	Ácido etilenodiamino tetra-acético
GP	Gutta-percha
H2O2	Peróxido de hidrogênio
HOCL	Ácido hipocloroso
MDA	Ativação Manual dinâmica
MO	Microorganismo
NaOCL	Hipoclorito de sódio
PDT	Terapia Fotodinâmica
PS	Agente fotossensibilizante
SCR	Sistema de Canais Radiculares
SUP	Sistema Ultrassônico Passivo
TENC	Tratamento endodôntico não cirúrgico

ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 1 - Comparação entre os irrigantes mais utilizados em TENC	15
---	----

ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico 1 - Porcentagem de cobertura colagênio residual na superfície de um canal em diferentes níveis (apical, médio e coronal) após irrigação com agulha.....	20
--	----

I. INTRODUÇÃO

O sucesso do tratamento endodôntico não cirúrgico (TENC) consiste no preparo químico mecânico, que tem por objetivo a limpeza, ampliação, e a instrumentação do sistema de canais radiculares. Desta forma, favorece a penetração e refluxo das substâncias irrigadoras e permite criar as condições que facilitem um subsequente selamento hermético e tridimensional com a obturação. (Lopes et al, 2011)

Vários estudos sobre o tema em questão também acordam que a principal causa de insucesso é a persistência microbiana na região apical de dentes obturados, causada tanto pela localização em regiões não acessíveis a instrumentação e irrigação ou mesmo pela organização em biofilmes. (Nair, 2005); (Siqueira e Rôças, 2008).

Estudos que acompanharam um período de 5 anos de sua amostra evidenciaram testes microbiológicos negativos no momento da obturação, apresentaram taxas de sucesso mais elevadas (94%) em relação aos que mostraram testes positivos (68%). (Sjogren, 1997)

A infecção desempenha um papel importante no desenvolvimento de necrose na polpa dentária e a formação de lesões periapicais. O objetivo principal do TENC e o que em última análise conduz ao seu sucesso é a eliminação da infecção e inflamação associada presente no interior do sistema tridimensional de canais radiculares. (Clegg, 2006)A complexidade da anatomia interna canalar torna difícil a eliminação completa de microorganismos pelas técnicas de instrumentação disponíveis atualmente. (Clegg, 2006)

Dentre as etapas da TENC, a irrigação constitui uma importante etapa e exerce papel fundamental no alcance da recuperação dos tecidos periapicais (Kandaswamy, Venkateshbabu, 2010). A ação mecânica dos instrumentos endodônticos associada à ação química dos irrigantes e às ações físicas de irrigação e aspiração compreendem as ferramentas utilizadas para eliminar o conteúdo séptico e tóxico dos canais radiculares. (Castagna, 2013)

Várias soluções irrigadoras são empregadas de modo a tentar combater e aniquilar os agentes patológicos resistentes ou de difícil acesso à terapia mecânica, agindo não somente como antimicrobiano como também tentando potencializar a remoção de detritos e aumentar a eficiência dessa instrumentação. (Abraham, 2015)

No tratamento endodôntico, as etapas de instrumentação e irrigação são essenciais para o sucesso do tratamento, mas o melhoramento da técnica, dos medicamentos e materiais utilizados convencionalmente vem ao encontro do objetivo de proporcionar sempre um tratamento de maior qualidade, menos dispendioso, mais confortável para o paciente e para o profissional. (Garcez, 2006)

Para isso elas devem trabalhar e funcionar de modo integrado, pois a eficiência da limpeza e saneamento está na dependência direta da qualidade do preparo mecânico e na qualidade da substância irrigadora. (Clegg, 2006)

Com o passar dos anos a odontologia evoluiu bastante, com novas técnicas e materiais que auxiliam no tratamento, com a endodontia não foi diferente. Pesquisas encontraram novas formas de combater os microrganismos que afetam a polpa dental, principalmente aqueles que resistem ao preparo químico-mecânico, levando ao insucesso o tratamento endodôntico.

Diante disso, a terapia fotodinâmica (PDT) surge como um novo método auxiliar de desinfecção com significativa redução microbiana. Muitos estudos têm demonstrado que a utilização da PDT para efeito bactericida requer algumas variáveis, entre elas, uma luz, um laser, substância irrigadora e um fotossensibilizador. (Bergman et al, 2007)

A Terapia Fotodinâmica em Endodontia aparece como um método auxiliar de desinfecção no tratamento endodôntico por possuir fácil e rápida aplicação e não desenvolver resistência bacteriana, pois se baseia no princípio de que a eliminação de MO (microorganismo) está relacionada com associação de uma fonte de luz específica e um agente fotossensibilizador que produz espécies reativas de oxigênio que em altas concentrações se tornam tóxica para fungos e vírus. (Fimple, 2008)

Essa terapia também é conhecida como fotorradiação, fototerapia ou terapia fotoquímica, e consiste no uso de um corante fotoativo (fotossensibilizador) ativado pela exposição à luz, com comprimento de onda específico, na presença de oxigênio. (Machado, 2010)

A transferência de energia do fotossensibilizador ativado resulta na formação de espécies de oxigênio tóxico, como o oxigênio singleto e radicais livres, capazes de danificar lipídios, ácidos nucleicos e outros componentes celulares. (Machado, 2010)

Esse trabalho tem como objetivo estudar a importância da PDT como coadjuvante no tratamento endodôntico, através da revisão de literatura abordando suas indicações bem como protocolo de utilização e resultados obtidos em diversos estudos.

II. DESENVOLVIMENTO

1. Materiais e Métodos

Para concretização da presente monografia foi realizada uma revisão bibliográfica no presente ano recorrendo-se à biblioteca da Faculdade de Ciências da Saúde da Universidade Fernando Pessoa, biblioteca da Faculdade de Medicina Dentária do Porto e dos diversos motores de busca online, nomeadamente, Pubmed, Scielo e Science Direct, utilizando palavras-chave como: “*irrigação*”, “*terapia fotodinâmica*”, “*endodontia*”, “*oxigênio*”, “*soluções irrigadoras*”, “*hipoclorito de sódio*”, “*clorexidina*”, “*laser*”, “*EDTA*”, “*desinfecção*” e “*Enterococcus faecalis*” que foram associadas de múltiplas combinações.

No levantamento bibliográfico realizado entre junho e julho de 2016, foram utilizadas ainda as seguintes palavras-chave em inglês “*photodynamic therapy*”, “*endodontics*”, “*oxygen*”, “*irrigation solutions*”, “*hypochlorite sodium*”, “*EDTA*”, “*clorexidin*” e “*laser*”.

No total foram escolhidos 78 artigos, 1 tese e um capítulo de livro.

Os critérios escolhidos na pesquisa incluíram bibliografia em português e em inglês publicadas entre 1998 e 2016, citando em combinação duas ou mais palavras-chaves e como critério de exclusão quaisquer artigos em outras línguas e datas.

2. Importância da Desinfecção para sucesso da TENC

O principal objetivo de um tratamento endodôntico é a remoção completa do tecido pulpar e a destruição dos microorganismos residuais achados em canais radiculares infectados (Abraham, 2015). Devemos ter em mente, conseqüentemente, que todo e qualquer tratamento endodôntico deve visar primariamente à desinfecção completa do sistema canal para prevenir também uma reinfecção

Segundo Tuncer e Unal (2014) o sucesso da TENC está diretamente ligado a adequada instrumentação mecânica e debridamento químico. Porém, como evidenciado em seu estudo, cerca de 35% das superfícies radiculares não são passíveis de instrumentação por conta de sua anatomia.

Sabe-se, actualmente, que o sistema canal é muito mais complexo do que imaginado antes há canais laterais, deltas, istmos, canais acessórios, anastomoses, enfim as mais diversas variações possíveis (Soukos, Chen, 2006), sendo o terço apical o mais difícil de alcançar. (Tuncer e Unal, 2014)

Soluções irrigadoras desempenham, então, papel fundamental nesse processo de debridamento e alcance de sítios de difícil acesso à instrumentação, presença de inúmeros túbulos dentinários nas raízes, invasão dos mesmos por microorganismos, formação de *smear layer* durante instrumentação e presença de dentina consistem os maiores obstáculos na completa limpeza, saneamento e modelação dos canais radiculares. (Torabnejad, 2002)

A irrigação durante limpeza e modelagem dos canais radiculares é uma etapa crítica da TENC, pois o canal é constituído por três terços e cada um individualmente apresenta características peculiares e que exigem diferentes abordagens. (Irala, 2012)

Para que as substâncias irrigantes tenham acesso adequado a todo sistema de canais radiculares (SCR) é necessária uma instrumentação e alargamento dos condutos. Segundo Brunson (2010), o aumento da preparação do terço apical resulta em aumento direto da quantidade de volume de irrigante no sítio, o que promove e amplia a eficácia do tratamento.

As soluções irrigadoras desinfectantes usadas na TENC são inúmeras e apresentam as mais diversas vantagens, desvantagens e indicações. (Schoeffel, 2007; George, 2010). Segundo Schaffer, 2007 as soluções irrigantes devem apresentar algumas características dentre elas ser excelente solvente, ter baixa toxicidade, baixa tensão de superfície, ser baixo custo, bom lubrificante, efetuar boa desinfecção, ter amplo espectro antibacteriano, inativar endotoxinas entre outros.

Não existe um único irrigante que consiga satisfazer todos os requisitos mencionados mesmo utilizando métodos de alteração de pH, temperatura ou adição de agentes tensivos. (Gu, 2009)

Um grande número de técnicas e instrumentos para aplicação de agentes irrigantes vem sendo criados com a intenção de promover uma aplicação mais segura e eficaz dessas substâncias (Mitchel, 2010). O método de distribuição do irrigante é outro fator importante. (Tuncer e Unal, 2014)

Atualmente, na prática endodôntica, disponibilizamos de diversos tipos de substâncias irrigantes sendo as mais comumente encontradas hipoclorito de sódio (NaOCl), clorexidina, EDTA, e uma mistura de tetraciclina, ácido e detergente (MTAD). (Abraham, 2015)

2.1. Papel do *Enterococcus faecalis* no insucesso da terapia endodôntica

A literatura descreve o *E. faecalis* como uma das bactérias mais resistentes ao TENC (Soukos, 2006). O microrganismo *Enterococcus faecalis* (*E. faecalis*) tem sido a espécie mais prevalente em casos de insucesso endodôntico. Peculien *et al.* (2000) mostrou em seu estudo que em cerca de 70% dos casos que apresentavam fracasso do tratamento endodôntico, esse microrganismo estava presente. (Peculien *et al.*, 2000)

O *E. faecalis* é resistente à maioria dos medicamentos intracanal, inclusive ao hidróxido de cálcio, tolerando um pH de até 11,5, e têm capacidade de proliferação e desenvolvimento de infecção, sendo sua erradicação extremamente dificultada por métodos convencionais. (Siqueira *et al.*, 1999)

O *E. faecalis* é uma bactéria Gram positiva e anaeróbia facultativa resistente a muitos agentes antimicrobianos e tem sido identificada em canais infectados, abscessos apicais agudos e canais radiculares com infecções persistentes, apresentando baixa sensibilidade aos protocolos de irrigação. (Garcez, 2006)

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 até uma ano. (Peculien, 2000)

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). É um microrganismo anaeróbio facultativo, sendo um saprófita componente da microbiota intestinal. Raramente é encontrado em infecções endodônticas primárias, no entanto é a espécie frequentemente isolada nos casos de insucesso do tratamento endodôntico.

O *E. faecalis* é capaz de invadir os túbulos dentinários e portanto é provável que se sobreviverem ao TENC, tenham capacidade de se multiplicar e reinfestar os canais que se encontram mal instrumentados e mal selados. (Love, 2001)

2.2. Métodos de erradicação do *E. faecalis*

Tem sido relatado que o preparo do terço apical desempenha um papel fundamental para o sucesso da TENC (Haapasalo, 2010). Segundo Stuart, 2006, preparos apicais com maior calibre facilitam a remoção pulpar e aumentam as chances de remoção das bactérias intratubulares ao permitir também que os agentes irrigantes penetrem nessa região.

Apesar da sua contribuição na Endodontia, nenhuma substância usada actualmente tem sido capaz de eliminar bactérias em sua totalidade. Lidar com microorganismos persistentes assim como o *E. faecalis*, é um desafio e uma realidade. (Fonseca, 2008)

Assim, uma forma recente para lidar com esses patógenos, seria incrementar o poder de desinfecção das substâncias irrigadoras associando-as à técnicas de irrigação mais recentes como por exemplo a terapia fotodinâmica e os lasers (Bergmans, 2007).

2.3. Soluções Irrigadoras de Desinfecção

2.3.1. Hipoclorito de Sódio (NaOCl)

Dentre as substâncias químicas o NaOCl é o mais amplamente usado na TENC. Tem excelente efeito antimicrobiano e capacidade de dissolver tecido pulpar adequadamente. Tem baixa viscosidade e portanto, é de fácil aplicação além de ter baixo custo. (Abraham, 2015)

Sua capacidade antimicrobiana e de dissolução tecidual aumenta de acordo com a sua concentração. (Haapasalo, 2005)

Há disponível para o endodontista o NaOCl em concentrações que variam entre 0,5%-5,25% (Zehnder, 2006). Segundo Haapasalo, 2014, apenas concentrações acima de 2% devem ser utilizadas durante a instrumentação. E mais, o mesmo afirma que a velocidade de dissolução dos tecidos aumenta quando da constante renovação do líquido intracanal.

O pH dessa substância varia entre 11-12. E alguns estudos mostram que o aumento de temperatura do hipoclorito aumenta sua capacidade de dissolução de tecido necrótico bem como sua capacidade antibacteriana. (Zehnder, 2005)

As principais desvantagens do hipoclorito dizem respeito a sua toxicidade, paladar desagradável, capacidade de manchar tecidos e roupas assim como ocasionar a corrosão de objetos metálicos. (Sedgley, 2005)

O mecanismo de ação do hipoclorito consiste em após ionização quando em contato com a água, os íons livres de cloro dissolvem o tecido necrótico quebrando sua proteína em dois aminoácidos. (Hargreave, 2016).

Apesar de apresentar componente antimicrobiano de amplo espectro, o NaOCl, é mais eficaz em tecidos necróticos do que em comparação com vitais (Siu,2010).

Outro aspecto importante em relação ao uso desse irrigante é em relação a sua instabilidade, ou seja, ele deve ser preparado pra utilização o mais próximo ou durante a própria TENC, pois sua exposição prolongada a luz, oxigênio e temperatura podem inibir sua eficácia completamente. Logo cuidados extras devem ser feitos no controle do estoque e armazenamento dessa substancia. (Abraham, 2015)

A citotoxicidade dele também deve ser mencionada e levada em conta. Cuidados extras na manipulação e manuseamento dessa substancia química devem sempre ser levados em consideração, uma vez que tem grande potencial de causar danos nos tecidos orgânicos quando acidentalmente entra em contato com olhos, extrusão para tecidos perirradiculares e periapicais pois provocam queimaduras químicas, efeitos tóxicos, reações alérgicas além de dores agudas de difícil contorno. (Nagel, 2005, Schoeffel, 2007)

Alguns estudos reportaram hematomas compreendido entre a região infraorbitária e o ângulo da mandíbula devido a extrusão de NaOCl no tratamento de pré-molar superior. (Bosch-Aranda, 2012)

2.3.2. Clorexidina (CHX)

A CHX é uma bisbiguanida catiônica, e é muito mais estável na sua forma de sal chamado gluconato de clorexidina. É usada na concentração de 2% na TENC, apesar de existirem outras inúmeras concentrações. (ZAMANY, 2003). Tem alto potencial antimicrobiano, especialmente entre pH 5.5-7.0 e é conhecida por eficácia prolongada mesmo após sua remoção e ou interrupção de aplicação além de não causar dissolução de tecido orgânico. Fato esse que sempre necessita sua ação concomitante ao NaOCl, o que promove aumento da eficácia se empregados em conjunção no protocolo de irrigação segundo Abraham, 2015.

É incapaz de dissolver o biofilme, logo onde há casos em que se necessita apenas remoção de matéria orgânica seu uso não deve ser indicado. (Haapasalo, 2014)

Quando comparada ao NaOCl, em relação ao espectro antimicrobiano faz-se relação apenas ao hipoclorito de baixas concentrações como de 1% e 2%, sendo muito menos eficaz do que em concentrações de 5% (Haapasalo, 2014).

Quando NaOCl e CHX são misturadas um precipitado laranja-amarronzado aparece na estrutura do dente, motivo pelo qual as duas substâncias não podem ser utilizadas simultaneamente, a não ser que haja completa eliminação de uma antes da outra. Convém levar em consideração a substantividade da CHX, o que apenas permitiria que essa substância fosse usada apenas em seguida ao NaOCl após completa eliminação e limpeza do SCR.

A CHX apresenta ainda algumas propriedades vantajosas comparando com o NaOCl, dentre elas a substantividade, isto é, a sua capacidade de permanência ativa dentro da cavidade bucal por cerca de 12 horas. Esta vai unir-se à superfície da dentina, e, a medida que a sua concentração diminui, continua a manter o efeito no local por um longo período de tempo. (Gu, 2009)

Apesar das características da CHX ela não pode ser usada indiscriminadamente pela ausência de efetividade contra substâncias orgânicas, ela é ineficaz contra tecido orgânico remanescente e ainda mais ela é menos efetiva em bactérias Gram-negativas. (Abraham, 2015)

2.4. Agentes Quelantes

Agentes quelantes são definidos como uma química combinado com metal pra formar quelato. Agentes quelantes como o EDTA e o ácido cítrico são recomendados a serem utilizados como adjuvantes na TENC. (Zehnder, 2006). O uso de substâncias quelantes na irrigação do canal serve para reduzir a microdureza da dentina (Santiago, 2009)

Mais ainda, os quelantes além de serem eficientes na capacidade de desinfecção e limpeza, conseguem liberar o biofilme das paredes dos condutos. Eles são utilizados porque removem matéria inorgânica, como o resto de dentina, e isso permite que o

hipoclorito a ser usado a seguir alcance sítios antes bloqueados por essa substância. (Abraham, 2015)

Diferentes substâncias irrigadoras têm sido utilizadas como agentes descalcificantes e para remoção do “lama” dentinária (“smear layer”), formado durante a instrumentação dos canais radiculares e que podem reter microorganismos e impedir o imbricamento do cimento obturador. Soluções como EDTA e o ácido cítrico têm sido citados como substâncias de eleição para remoção deste “magma” dentinário. (Santiago, 2009)

2.4.1. EDTA (ácido etileno tetra-acético)

O irrigante EDTA tem efeito dependendo da concentração utilizada e do tempo em que permanece em contato com a dentina. O EDTA tem tempo limite de efeito e juntamente com o cálcio forma um composto estável capaz de dissolver a dentina. (Machado-Silvério, 2004)

Um estudo avaliou a relação entre o tempo de aplicação do EDTA e a capacidade de limpeza da superfície dentinária e pode-se observar que o tempo mínimo de aplicação do EDTA para alcançar seu efeito desejado é de 5 minutos. (Santiago, 2009)

Tal como o NaOCl e a CHX, o EDTA a 17% é uma das soluções mais utilizadas no tratamento endodôntico, com objetivo de preparar mecanicamente o canal, removendo a componente inorgânica, ao permitir assim uma melhor adesão e adaptação dos materiais obturadores nas paredes dentinárias. (Zehnder, et al, 2005)

O EDTA não possui atividade bactericida significativa. O que sucede é que os quelantes, devido a sua propriedade de limpeza, podem destacar o biofilme bacteriano que fica unido às paredes dos canais radiculares. (Gu, 2009)

2.4.2. Ácido cítrico

O ácido cítrico é usado frequentemente em concentrações que variam de 1% a 40% na clínica endodôntica com intuito de remoção da smear layer após a instrumentação. O ácido cítrico a 10% provou ter uma eficácia maior na remoção da smear layer em

relação ao EDTA, além de possuir características antissépticas e antimicrobianas, propriedades essa que não são encontradas no EDTA. (Machado-Silvério, 2004)

Em um experimento o ácido cítrico a 10% começou seu efeito aos 5 segundos e alcançou total desobstrução do túbulo dentinário aos 30 segundos de ação. (Santiago, 2009)

No estudo de Scelza (2003) foi verificado que as soluções de EDTA a 17% e ácido cítrico a 10% proporcionaram extração de cálcio da matriz dentinária de maneira semelhante. Pode-se constatar que a ação do ácido cítrico é tempo-dependente, uma vez que a mensuração da concentração de cálcio aos 10 minutos foi estatisticamente maior em comparação ao período de 3 minutos. Já para o EDTA não houve variação dos níveis de cálcio observados aos 3, 10 e 15 minutos .

Em um estudo comparativo entre o ácido cítrico a 1% e a 10%, EDTA a 17% avaliou-se a capacidade desmineralizante dessas soluções. As amostras de dentina foram submersas por 5, 10 e 15 minutos nas soluções testadas. Os resultados indicaram que o ácido cítrico, quer a 1% ou a 10%, foi mais eficiente que o EDTA a 17% na descalcificação dentinária. (Machado-Silverio, 2004)

Compararam a microdureza dentinária de amostras submetidas ao EDTA a 17%, EDTAC a 17% e ácido cítrico a 10%, durante 1, 3 e 5 minutos e pode-se observar que o EDTA é o agente desmineralizante mais eficiente na redução da microdureza dentinária enquanto que o ácido cítrico mostrou-se o menos efetivo. (Dedeus, 2006)

Avaliaram o efeito do ácido cítrico e do EDTA sobre a microdureza da dentina, utilizando o ácido cítrico a 19% por 150 segundos e o EDTA a 17% por 150 segundos seguidos por irrigação de hipoclorito de sódio a 5,25% por 150 segundos e demonstraram que os dentes tratados com EDTA tiveram menor diminuição da microdureza quando comparados com o grupo que foi tratado com ácido cítrico (Dedeus, 2006). A solução ideal seria aquela que removesse o “magma” dentinário sem afetar a microdureza da dentina.

EDTA e ácido cítrico não devem nunca ser misturados com hipoclorito de sódio porque eles interagem fortemente com essa substância (Abraham, 2015)

Porém a utilização alternada de NaOCl e EDTA esta provada ser capaz de efectuar uma limpeza eficaz (Bolles, 2013).

Para Haapasalo, 2014 o protocolo sugerido de irrigação para o SCR deveria ser inicialmente usado o NaOCl para em seguida, após término de a instrumentação ser realizada irrigação final com EDTA a 15% ou 17% e finalizando novamente com NaOCl a 1 ou 6%.

Ainda menciona que a utilização de CHX como irrigante final depois da utilização de EDTA, não causa uma erosão da dentina tão severa como o NaOCl. Logo, pode ser levada em consideração, porém deve ser utilizada na concentração de 2%. (Haapasalo, 2014).

Quando o ácido cítrico é combinado ao EDTA para remoção do magma dentinário, há resultados fracos e em alguns casos nem se observa qualquer alteração da smear layer. (Haapasalo, 2005)

2.5. Peróxido de hidrogênio

O peróxido de hidrogênio é um líquido claro e de pouco odor. Na prática endodôntica é usado em concentrações de 3%-5%. É uma substância de pouca estabilidade e que sofre muitas reações por causa do calor e da temperatura. Seu mecanismo de ação é baseado na liberação de oxigênio sobre as enzimas teciduais promovendo um efeito efervescente e bactericida contra microorganismos. Isso auxilia na remoção de tecido necrótico e promove um debridamento mais eficaz. Contudo, altas concentrações de peróxido de hidrogênio são tóxicas ao organismo. O peróxido de hidrogênio é eficaz contra bactérias, fungos e vírus, porém com efeitos mais brandos que o NaOCl. (Haapasalo, 2005)

2.6. Álcool

O álcool reduz a tensão superficial da dentina e permite que o agente irrigante penetre mais adequadamente em todo o comprimento do conduto radicular e para sítios de anatomia de difícil acesso, facilitando a ação das soluções de irrigação. Atua, dessa forma como agente adjuvante e de facilitação. (Glassman, 2001)

Esses mesmos autores já haviam evidenciado que a dificuldade de acesso pelos irrigantes ao terço apical do SCR era devido mais a um problema de tensão superficial do que a problemas mecânicos ou anatômicos em si. (Glassman, 2001)

A ação antimicrobiana do álcool ainda não se encontra totalmente definida, contudo a explicação mais aceitável baseia-se no facto de este desnaturar proteínas e solubilizar lípidos, o que vai desencadear a rotura das membranas celulares dos MOs. (Zehnder, et al, 2006)

A aplicação sequencial de 17% de EDTA seguida de aplicação de 95% de álcool para uma limpeza e melhor visualização da câmara pulpar é preconizada, (Hargreaves, 2016)

2.7. Comparação entre as substâncias irrigantes mais utilizadas

Com o objetivo de comparar alguns dos irrigantes mais utilizados em TENC, foi realizada uma pesquisa que buscava analisar as propriedades dessas soluções tais como, ação sobre biofilme, capacidade de dissolução de tecidos, inativação de endotoxinas, ação sobre *smear layer* e ainda seu potencial alergênico, obtendo os seguintes resultados exemplificados no quadro abaixo. (Zehnder, et al, 2006)

Solução Irrigante	Ação sobre o biofilme	Capacidade de dissolução tecidual	Inativação de endotoxinas	Ação sobre o <i>smear layer</i>	Potencial alergénico
NaOCl	++	+++	+	++ em compostos inorgânicos	+
CHX	++	-	+	-	+
EDTA	+	-	-	++ em compostos inorgânicos	-
Ácido Cítrico	-	-	-	++ em compostos inorgânicos	-

Tabela 1 - Comparação entre os irrigantes mais utilizados em TENC

Legenda: (-) ausente; (+) presente; (++) devidamente presente; (+++) forte.

(adaptado de Zehnder (2006))

3. Técnicas e dispositivos de irrigação

Várias técnicas de irrigação estão disponíveis, nas manuais e mais tradicionais ainda consta em levar o agente ao SCR utilizando seringas e ponteiras. Outros métodos incluem a agitação e uso de escovas, agitação manual dinâmica com limas ou cones de guta. (Huffaker, 2010)

A capacidade de o agente irrigante atingir a porção apical do canal depende do tamanho da instrumentação mecânica dispensada, anatomia canalar e sistema de irrigação escolhido, para efeitos mais adequados, os irrigantes devem entrar em contacto direto com as paredes dos condutos (Castagnola, 2014). É importante salientar que os agentes irrigantes, para poderem desempenhar sua acção devidamente, devem estar em contacto direto com o substrato.

Nas técnicas mais recentes, há sistemas mecanizados auxiliares de irrigação amplamente utilizados assim como escovas rotatórias, irrigação contínua durante instrumentação, vibração sônica e ultrassônica e aplicação de pressão negativa durante a TENC.

É sempre aconselhado que durante o TENC, independentemente da técnica de irrigação escolhida, seja utilizado NaOCl para promover limpeza, desinfecção e facilitar o deslizamento do material de instrumentação, melhorando a eficácia do corte. (Abraham, 2015)

Outros dispositivos modernos utilizados são: o uso de laser para induzir fotossensibilização letal na microbiota canalar, irrigação usando água eletroquimicamente ativada e infiltração de gás ozônio no SCR. (Abraham, 2015)

3.1. Irrigação manual

A irrigação manual convencional é a técnica mais utilizada já que na maioria das situações clínicas tem uma eficácia adequada na remoção de detritos e na microbiota.

Nessa técnica é utilizada uma seringa associada a uma agulha na ponta com abertura apical ou lateral. Tem limitado poder de limpeza e desinfecção já que depende diretamente da anatomia e profundidade de alcance da agulha bem como de seu diâmetro. (Irala, 2012)

Seringas plásticas de diversos tamanhos (1-20 ml) são as mais comumente usadas em endodontia. E, embora as seringas de maior volume economizam tempo de trabalho, são de mais difícil controle de pressão e têm mais chance de causar acidentes. Logo, para maximizar segurança e eficácia, são recomendadas seringas de 1-5 ml. . Todas as seringas usadas em TENC devem ter o dispositivo "Luer-Lock". E por conta da interação entre as variadas substâncias irrigantes, cada uma deve ter sua própria seringa. (Haapasalo, 2010)

Em relação às agulhas e embora a de 25 gauge serem as mais usadas, elas ultimamente têm sido substituídas pelas de 27G, 30G e até mesmo 31G. (Haapasalo, 2010)



Figura 1 - Seringa com Agulha
(Adaptado de <http://www.suryadental.com>)

As agulhas dispensam as substâncias irrigantes através de sua extremidade ou lateralmente dependendo de onde se posiciona seu orifício. (Shen, 2010).

Essa técnica possui uma limitação muito grande pelo fato de o agente irrigante não conseguir alcançar e limpar todo o comprimento de trabalho do conduto. Alguns estudos como de Gu, (2009) e Bolles (2013) certificam que os fluidos dispensados não atingem mais que 1 mm além do comprimento da agulha. Fato esse bastante alarmante visto que para sanear completamente o SCR, a agulha deve quase que completamente completar o comprimento de trabalho.

A deposição dos irrigantes até o comprimento de trabalho não é frequentemente atingida. Se o operador usar muito pouca pressão positiva, os irrigantes nem sequer aproximam da totalidade do comprimento. E, ao contrario, se for exercida demasiada pressão positiva, aumentam as chances de haver extravasamento de líquido para os tecidos periapicais causando dor e edema. (Siu, 2010)

Além disso, essa técnica também acarreta um aprisionamento de ar; o efeito “*vapor lock*”, que dificulta o acesso da substância irrigante por todo o canal. (Bolles, 2013)

O efeito “*vapor lock*” tem sido evidenciado quando uma solução irrigante é entregue ao SCR com seringa. De fato, antes da primeira irrigação uma coluna de ar ou mesmo bolhas são formadas no terço apical do canal e atua impedindo o avanço do agente irrigante. Como a raiz dentária é circundada por tecido periapical, e a não ser que o foramen apical esteja aberto, a raiz dentária se comporta como um canal com terminação fechada. Isso produz o efeito “*vapor lock*”, bloqueando a entrada e adequada irrigação e instrumentação do terço apical comprometendo o adequado debridamento do SCR. (Irala, 2012)

Em contrapartida, uma grande vantagem dessa técnica é permitir ao seu operador o controle da profundidade da agulha no interior do canal, bem como saber o volume do agente irrigante que está sendo utilizado. (Gu, 2009)

Podemos citar ainda algumas características que melhoram o desempenho da irrigação com seringa convencional: maior proximidade da seringa com o vértice, maior volume de irrigação e menor calibre das agulhas. (Gu, 2009)

3.2. Ativação dinâmica manual

O reconhecimento da dificuldade de irrigação do terço apical do canal, levou a várias tentativas de novas técnicas para contornar o problema e facilitar a penetração das soluções nesse sítio. Uma delas foi introdução do uso de cones apicais de guta percha (GP) para dentro e para fora do conduto radicular respeitando o comprimento de trabalho. Embora facilite o acesso ao terço apical, o volume de substância utilizada nessa técnica é muito baixo. (Haapasalo, 2010)

A Ativação Dinâmica Manual consiste, basicamente, na gentil movimentação para cima e para baixo de um cone de GP cerca de 2 a 3 mm por vez, num canal previamente instrumentado, criando um efeito hidrodinâmico e uma circulação e distribuição significativa do agente irrigante. Há evidências de que esta técnica de irrigação consegue ser significativamente mais eficiente do que a irrigação estática. (Gu, 2009)

No estudo de Gu (2009), se o cone de GP estiver bem ajustado no canal, deve-se mover o cone pra cima e para baixo, dentro do canal instrumentado de forma a criar um efeito hidrodinâmico e assim melhorar o deslocamento do agente.

Recentemente, estudos feitos por McGill et al (2008) demonstraram (grafico1) que esta técnica era significativamente mais eficaz que o sistema de irrigação dinâmica automatizado (RinsEndo, Durr Dental Co, Bietigheim-Bissigen, Alemanha) e que a irrigação estática.

O movimento de “*push-pull*” da ponta de GP, bem ajustada no canal, gera maiores mudanças de pressão intra-canal, aumentando a eficácia do irrigante nas superfícies que até então não tinham reagido. (McGill, 2008)

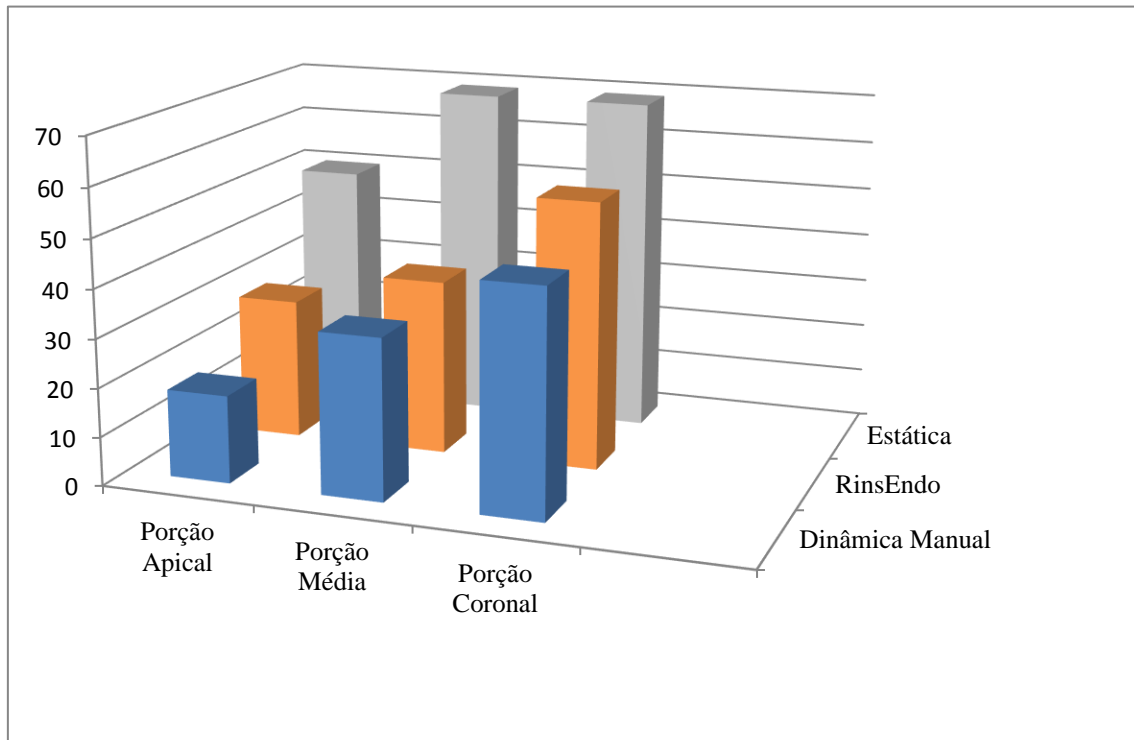


Gráfico I – Porcentagem de cobertura colágeno residual na SCR em diferentes partes (porção apical, média e coronal) após a irrigação. (Adaptado de McGill, 2008).

3.3. Sistemas Ultrassônicos Passivos (SUP)

Os dispositivos ultrassônicos foram introduzidos pela primeira vez na Endodontia em 1957. A irrigação ultrassônica opera numa frequência alta (25-30 KHz), mas de baixa amplitude. (Huffaker, 2010)

Os ultrassons criam quer cavitação quer ondas acústicas pequenas e estão restritos ao elemento vibratório. A cavitação acústica pode ser definida como a criação de novas bolhas ou contração, expansão e/ou distorção de bolhas preexistentes. Desta forma, o irrigante é ativado pela energia ultrassônica transmitida a partir dos instrumentos energizados, produzindo um fluxo acústico e turbilhões. (Huffaker, 2010).

A irrigação do SCR é um aspecto muito importante da TENC, e pelo fato de a irrigação manual não desempenhar limpeza adequada do terço apical, novas técnicas hidrodinâmicas e acústicas têm sido desenvolvidas. (Jiang, 2010)

O Sistema Ultrassônica Passiva (SUP) baseia-se na transmissão de energia acústica ao longo de uma lima, colocada no centro do canal radicular e o mais próximo possível da região apical. A vibração irá permitir que ao irrigante flua, de modo a aumentar a temperatura e a efetividade do irrigante. (Huffaker, 2010)

Esse método consiste na ativação da solução irrigante sem instrumentação ao mesmo tempo em que uma lima esta sendo utilizada. A intensidade do aparelho ultrassônico leva a grande oscilação da lima, gerando a fluidez e movimentação do irrigante dentro do canal. (Curtis, 2014)

Nessa técnica, há distribuição da solução pelo SCR através da agulha que disponibiliza diferentes calibres e pode ser feita de forma passiva ou com agitação. Basta mover a agulha pra cima e para baixo no canal. (Gu, 2009)

O termo "passiva" não descreve adequadamente o processo, uma vez que, a irrigação é ativa, ou seja, o termo "passiva" está sim relacionado com a ação "não cortante" da lima ativada ultrassonicamente. (Jiang, 2010)

O SUP pode potenciar perfurações laterais ou "*striping*" por desgaste excessivo e descontrolado da parede interna do canal. O movimento acústico da lima resulta numa forte corrente produzida ao longo do instrumento ativado. No entanto, o número de vezes que a lima toca nas paredes do canal deve ser mínimo, de forma a não diminuir a eficácia do SUP. (Huffaker, 2010)

Durante a movimentação do irrigante pelo SCR é formado uma tensão de cisalhamento conhecida como "*wall sheer stress*". Essa tensão é formada na parede dos canais e é ela quem será responsável pela eliminação mecânica do debris. (Goode, 2013)



Figura 2 – SUP (Sistemas Ultrassônicos Passivos (SUP))
(Adaptado de <http://www.odontoiatria33.com>)

Quando se associa NaOCL 5,25% ou EDTA 17% a dispositivos ultrassônicos há remoção significativamente maior de magma dentinário e microorganismos. (Haapasalo, 2010)

Durante a técnica de SUP podem-se utilizar dois métodos de lavagem, um contínuo com jato de solução irrigante da peça de mão ultrassônica ou outra usando a deposição da solução com seringa, nessa última a quantidade da substância pode ser controlada, pois a profundidade de penetração e o volume de irrigante são conhecidos. (Gu, 2009)



Figura 3 - Desenho esquemático do movimento acústico à volta da lima.

(Adaptado de <http://www.odontoiatria33.com>)

O SUP apresenta algumas desvantagens como elevação da temperatura pelo movimento ultrassônico e possível dano e necrose a tecidos periodontais como o ligamento periodontal, possível extrusão do irrigante para os tecidos periapicais e perfuração lateral da raiz. (Cachovan, 2013)

Segundo Haapasalo, 2010, em casos mais complexos de canais radiculares, o sistema sônico consegue favorecer enormemente o alcance das soluções irrigantes a regiões anatômicas de difícil acesso e conseqüentemente promover melhor limpeza e desinfecção.

3.4. Ativação Sônica (EndoActivator®)

EndoActivator® (Advanced Endodontics, Santa Barbara, CA, USA) é um novo tipo de facilitador de irrigação. É baseado numa vibração sônica de uma ponteira plástica dentro do canal. O sistema tem três diferentes ponteiras que são facilmente adaptadas a peça de mão responsável pela produção de movimentos sônicos. O EndoActivator® não

faz a entrega de substância irrigadora, apenas facilita a penetração e renovação dessas soluções dentro dos canais. (Haapasalo, 2010)

O EndoActivator® foi recomendado para reforçar a eficácia da irrigação na limpeza do SCR, pois sua capacidade de criar ondas sônicas nas soluções de irrigação ajuda a remover tecido necrótico e microorganismos. (Huffaker, 2010)

O design do EndoActivator® permite a ativação segura de diversos reagentes intracanales e produz a agitação vigorosa do fluido intracanal. Este dispositivo sônico parece ser mais eficaz na remoção de bactérias e smear layer a 4,5 e 2 mm do CT do que a agulha de irrigação convencional. Em conjunto com um agente desmineralizante, EDTA, este sistema consegue remover aglomerados de biofilme em canais curvos de dentes molares. (Gu, 2009)

A irrigação sônica é diferente da irrigação ultrassônica porque opera numa frequência mais baixa (1-6 kHz), mas gera, significativamente, maior amplitude, ou seja, maior movimento de volta-e-vem na ponta da lima. Embora a literatura encare a irrigação sônica eficaz na desinfecção dos canais, vários autores consideram-na inferior à ultrassônica, por não gerar vibrações acústicas nem criar efeito de cavitação. No entanto, uma vantagem da utilização sônica é não produzirem cortes e desvios na dentina radicular. (Huffaker, 2010)



Figura 4 - Sistema EndoActivator®
(Adaptado de <http://www.endoruddle.com>)

Quando se aplica a ponta do EndoAtivator® há produção de nuvem de detritos. O movimento da ponta de agitação combinado com o movimento manual de inserção e desinserção, num movimento vertical curto, em sinergia, leva à produção de um fenômeno hidrodinâmico. Cerca de 1000 ciclos por minuto promovem e otimizam o desbridamento e rompimento do biofilme. (Gu et al, 2009)

A ativação do NaOCl e do EDTA com uma frequência sónica aumenta a eficácia da remoção do smear layer e da capacidade de limpeza dos irrigantes. (Huffaker et al., 2010)

3.5. Pressão Apical Negativa (EndoVac®)

É o dispositivo com sistema de irrigação de pressão apical negativa. Foi desenvolvido para corrigir o efeito “*vapor lock*” e garantir uma melhor e mais segura desinfecção do terço apical em comparação a outras técnicas. (Zehnder, 2006). Consiste em uma ponta para entrega e remoção do irrigante e encontra-se ligado a uma seringa de irrigante e um aparelho de sucção de grande volume. (Miller et al, 2010)

A ponta do EndoVac® (Discuss Dental, Culver City, CA, US) leva a substância irrigadora para dentro do acesso feito no elemento dentário enquanto uma micro e uma macrocânula são usadas para limpar e desinfetar o SCR. Dessa forma o fluido caminha da porção coronária até a porção apical de todo desempenhando sua função. (Siu, 2010)

A “macrocânula” é feita de polipropileno azul transparente que encaixa numa peça de mão de titânio. Utilizada para “lavar à pressão” os dois terços coronais do sistema de canais, é colocada o mais dentro possível no canal. Assim que o fluxo é interrompido significa que os detritos estão a obstruir a “macro-cânula”, logo é necessário removê-los da ponta e recomeçar novamente o processo. Isto irá garantir a remoção completa de todos os restos de dentina dos dois terços coronais, ao qual poderiam comprometer o funcionamento adequado da “micro cânula” (Schoeffel, 2008).

O segundo componente do sistema EndoVac® é mais importante, a “microcânula”. Esta mede 0,32 mm de diâmetro, possui uma ponta esférica fechada que serve de guia e 12

micro furos nos últimos 0,7 mm. Os micros furos servem para puxar os irrigantes a 0,2 mm do CT lentamente (ver figura 9), evitando assim o seu entupimento. A “microcânula” cria um sistema de micro filtração, mas para tal acontecer o canal deve de estar instrumentado até à lima ISO 35, de forma a aumentar a efetividade (Miller e Baumgartner, 2010).

À medida que a macro ou microcânulas do EndoVac® são colocadas no canal, o irrigante é sugado da câmara através de pressão negativa e introduzido no canal com a ponta da cânula, sendo eliminado através do tubo de sucção. (Miller et al, 2010)

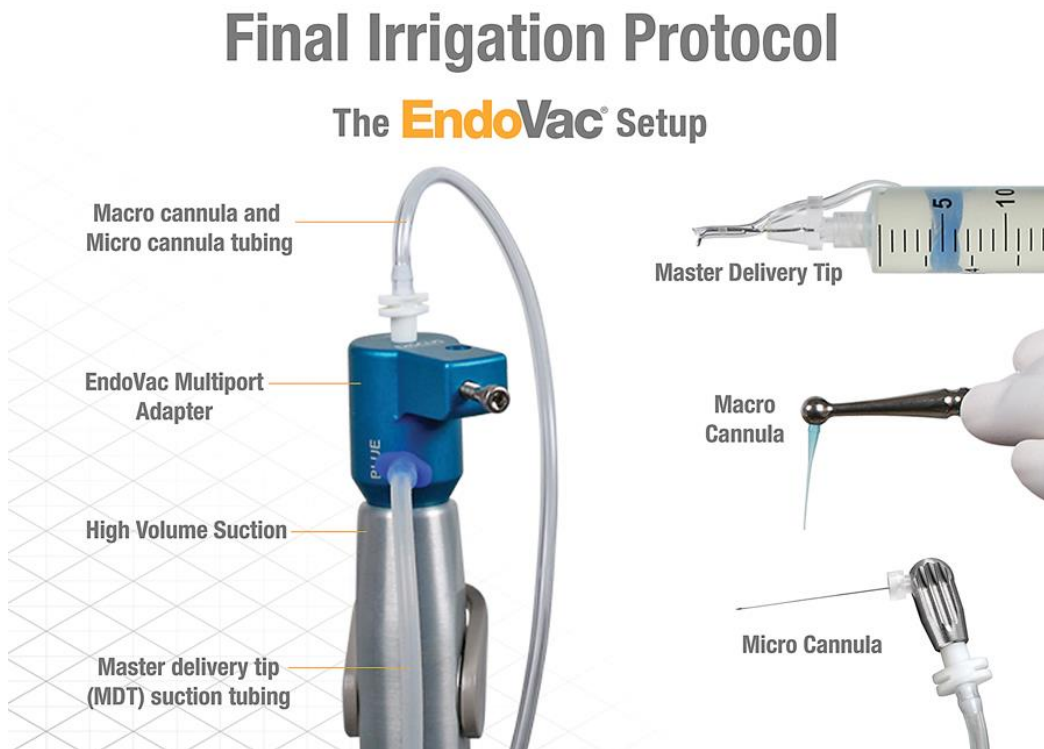


Figura 5 - Sistema EndoVac® (Micro e Macrocânula)

(Adaptado de <http://www.dentalix.com>)

O efeito “*vapor lock*” é bem conhecido como fenômeno físico baseado no aprisionamento de ar pelo avanço do líquido irrigador até o final do SCR, e a capacidade de penetração dos fluidos dependem da profundidade, diâmetro do canal e do ângulo de contato do líquido. (Castagnola, 2014)

Durante a irrigação com pressão positiva na TENC, pode haver aprisionamento de ar no terço apical do canal que interferirá com o processo de avanço dos agentes irrigadores e colocará em risco a desinfecção. Supõe-se que o uso do EndoVac® promova uma solução plausível para esse problema já que o sistema permite uma irrigação segura em todo o comprimento de trabalho com mínima chance de extrusão apical e proporciona um contacto direto das substâncias irrigantes com as superfícies dos condutos radiculares, o que evita o aprisionamento de ar e garante ação efetiva. (Zehnder, 2006)

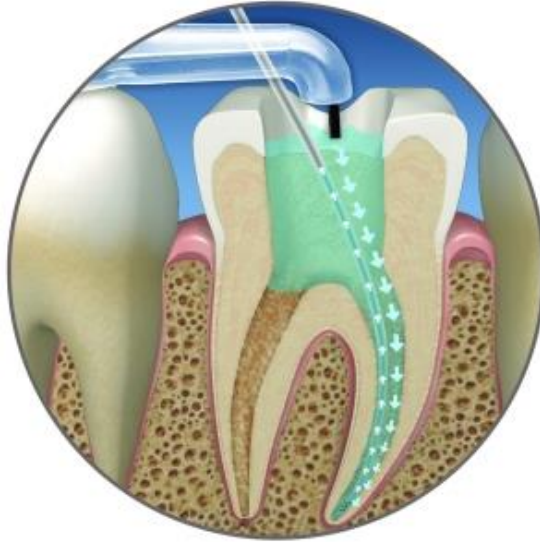


Figura 6 - Pressão apical negativa

(Adaptado de <http://www.odontoiatría33.com>)



Figura 7 - Cânula

(Adaptado de <http://www.odontoiatría33.com>)

Na pesquisa de Castagnola (2014) foi verificado que esse sistema de entrega obteve melhor desempenho na remoção do smear layer em comparação a técnicas manuais de irrigação, e está de acordo com estudos prévios de Parente, 2010 e Saber, 2011.

3.6. Terapia Fotodinâmica (PDT)

A terapia fotodinâmica, também conhecida como PDT, acrônimo de *photodynamic therapy*, surge como uma promissora terapia antimicrobiana. (Bergman, 2007)

A PDT surge como nova estratégia antimicrobiana que envolve a combinação de um fotossensibilizador atóxico (PS) e uma fonte de luz. (Garcez, 2008)

A terapia fotodinâmica deve ser realizada baseada na tríade: fonte de luz, fotossensibilizador e oxigênio, uma vez que a energia absorvida pelo corante é transferida à molécula de oxigênio, dando origem à reação oxidativa. Como o oxigênio reage com qualquer micromolécula, qualquer micro-organismo pode ser alvo da PDT. (Garcez, 2008)

Os *lasers* são a fonte de luz mais utilizadas na PDT, pois permitem a ocorrência de interação fotobiológica, por apresentarem unidirecionalidade, coerência e monocromaticidade, ou seja, emitem um comprimento de onda específico, facilitando, assim, a escolha do fotossensibilizador, bem como a profundidade de penetração de luz no tecido. Para a irradiação de tecidos biológicos, preconiza-se a utilização de comprimento de onda entre 660 nm (vermelho) a 1000 nm (infravermelho). (Fimple, 2008)

Dentre os lasers, os mais utilizados para PDT antimicrobiana são os lasers de diodo emitindo luz no comprimento de onda entre 630-690 nm (vermelho), pois apresentam maior penetração de fótons no tecido biológico e, diferentemente do infravermelho, são mais fáceis de encontrar fotossensibilizadores que apresentem esse pico de absorção. O conceito de morte celular induzido pela interação de luz e substâncias químicas é reconhecido há mais de cem anos. Envolve a utilização de um fotossensibilizador (corante), que é ativado pela luz de um específico comprimento de onda na presença de

oxigênio. A transferência de energia do fotossensibilizador ativado para o oxigênio disponível resulta na formação de espécies tóxicas de oxigênio, conhecida como oxigênio singleto e radicais livres. (Fimple, 2008)

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-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 microorganismos. 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. (Machado, 2000)

As espécies reactivas de oxigênio são compostos químicos resultantes da activação ou redução do mesmo (dioxigênio, O₂) ou derivados dos produtos da redução. As principais espécies reactivas são: radical superóxido, peróxido de hidrogênio, dióxido singuleto, e o radical hidroxila. Elas, são resultantes da transferência de energia do fotossensibilizador para o oxigênio disponível, modificam moléculas celulares como proteínas, ácidos nucleicos, membranas lipídicas. (Souza, 2010)

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). Devido a sua carga catiônica o PS pode ligar-se e penetrar na membrana das células bacterianas e assim elimina-la. (Garcez, 2008)

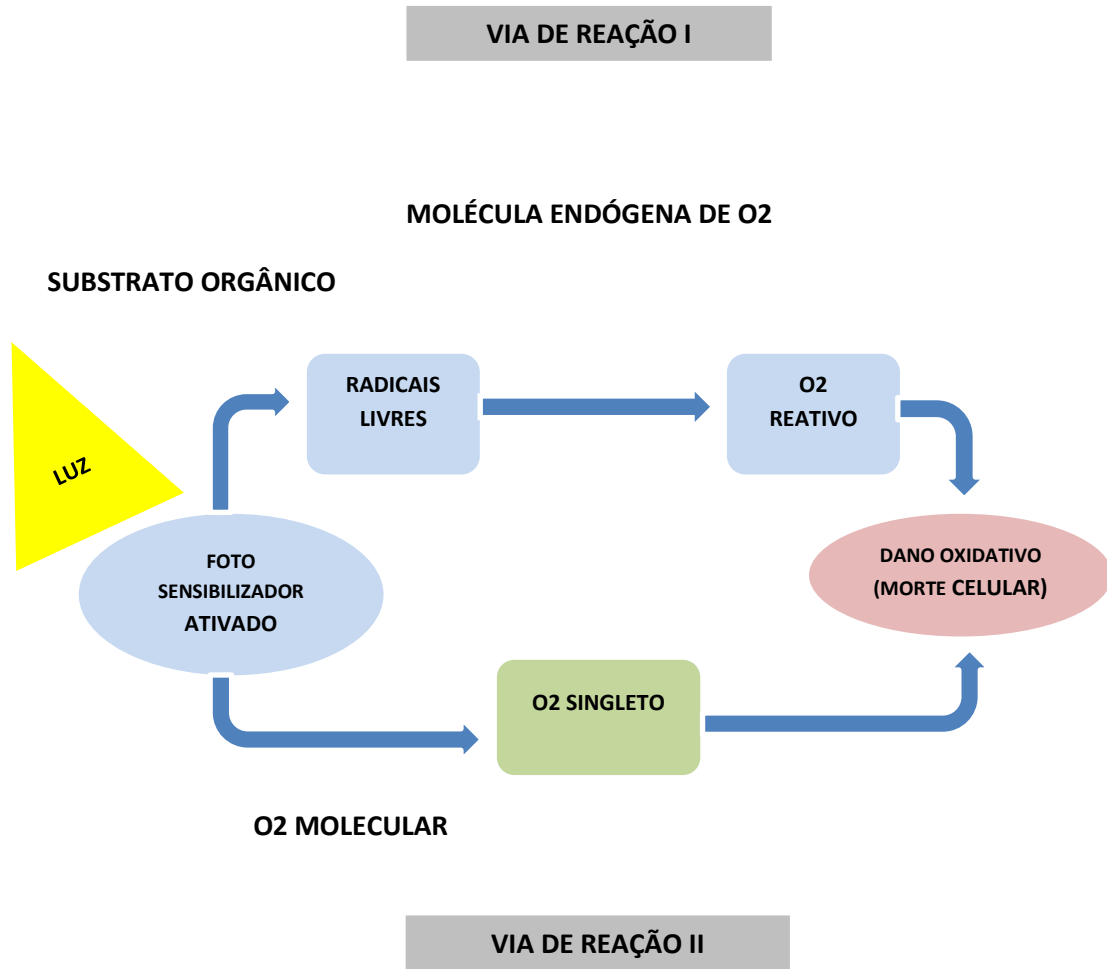


Figura 8 - Esquema de Ativação do Fotossensibilizador

Legenda: O₂ – oxigênio

Em PDT é difícil fazer distinção entre os dois tipos de mecanismos, mas em ambos o mecanismo de dano à célula-alvo é dependente da tensão de oxigênio e concentração do fotossensibilizador.(Garcez, 2008)

3.6.1 - Agentes fotossensibilizantes (PS)

Para produzir efeito antimicrobiano, os fotossensibilizadores devem apresentar picos de absorção próximos ao comprimento de onda da luz utilizada e não devem apresentar toxicidade ao hospedeiro. Cada fotossensibilizador possui um espectro de acção de luz sobre um comprimento de onda de máxima absorção e deve absorver luz de

comprimento de onda ressonante, ou seja, a banda de absorção do fotossensibilizador deve coincidir com a banda de emissão da fonte de luz. (Souza, 2010)

Atualmente, vários fotossensibilizantes estão sendo empregados nos estudos da PDT, dentre os quais, destacam-se os fotossensibilizadores classe fenotiazinas, como azul de metileno, azul de toluidina, clorinas, e forfirina, que absorvem luz de comprimento de onda entre 550 e 700 nm, coincidente com a luz emitida pelo laser de diodo. A banda de absorção do azul de toluidina e do azul de metileno está situada entre 620 nm e 700 nm, o que possibilita a fotossensibilização bacteriana através da utilização de laser diodo atuando com luz de espectro vermelho situado em banda de 660 nm, que é ressonante à luz do laser diodo. (Soukos, 2006)

Diversas são as concentrações do fotossensibilizador utilizado e dos fotossensibilizadores em geral, que podem variar de 0,1 µg/ml a 200 µg/ml²⁶⁻²⁸. A concentração do fotossensibilizador recomendada para uso em PDT antimicrobiana é de 6 µg/ml a 15 µg/ml, de modo a se obter eficaz fotossensibilização dos micro-organismos. A concentração do fotossensibilizador mais utilizada é de 6 µg/ml, pois nessa concentração o corante não causa manchamento da coroa e não permite a ocorrência de escudo óptico - em altas concentrações toda a luz é absorvida pelo fotossensibilizador, não atingindo áreas mais profundas do sistema de canais radiculares, reduzindo a ação da PDT. (Souza, 2006)

O PS deve, idealmente, apresentar baixos níveis de toxicidade na ausência de luz e exibir uma toxicidade seletiva contra as células, ou tecido alvo após ativação. (Souza, 2010)

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. (Machado, 2010)

Na endodontia, os fotossensibilizadores derivados das fenotiazinas têm sido amplamente empregados nas pesquisas envolvendo PDT. As fenotiazinas são compostos heteroaromáticos tricíclicos, corantes azuis, como o corante azul de toluidina

e o azul de metileno. Em baixas concentrações não produzem ação citotóxica e a dose necessária para a morte bacteriana é menor que a dose para causar danos a células, como queratinócitos e fibroblastos. (Machado, 2010)

A fotossensibilização de bactérias está relacionada com a carga do fotossensibilizador. Em geral, os de carga neutra ou positiva interagem eficientemente e inativam bactérias Gram-positivas, ao passo que interagem em alguma extensão na membrana externa de bactérias Gram-negativas. Vários relatos clínicos sugerem que os PS são eficazes contra estirpes resistentes à antibióticos e podem actuar mais rápido que os actuais desinfectantes endodônticos (Garcez, 2007)

As fenotiazinas são mais efetivas contra espécies de microrganismos Gram-positivos do que contra espécies Gram-negativas. O azul de metileno tem sido utilizado como alvo para microrganismos da microbiota endodôntica. Em razão de sua natureza hidrofílica, acompanhada de baixo peso molecular e carga positiva, permite a passagem através dos canais de proteína-porina na membrana externa de bactérias Gram-negativas. O azul de metileno interage predominantemente com macromoléculas lipopolissacárides aniônicas, participando, assim, do processo de fotossensibilização. O azul de toluidina, num estudo *in vitro*, interagiu com a endotoxina bacteriana LPS das bactérias Gram-negativas mais significativamente que o azul de metileno, o qual pode ser um dos principais fatores determinantes no efeito fotooxidativo contra bactérias Gram-negativas. (Usacheva, 2003)

Alguns PS, como azul de toluidina e o azul de metileno, têm sido testados ao longo dos anos em associação com laser de baixa intensidade com objetivo de promover efeito bactericida (Garcez, 2008). Porém a eficácia da PDT pode variar dependendo da concentração do PS. (Souza, 2010).

O azul de metileno tem sido um dos mais utilizados em PDT para eliminação de bactérias resistentes. A sua hidrofiliidade, juntamente com seu baixo peso molecular e carga positiva, permite a sua passagem através das porinas das proteínas das bactérias Gram-negativas. (Fimple, 2008)

3.6.2. 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. (Garcez, 2008)

O desenvolvimento dos *lasers* de diodo de baixa intensidade com luz monocromática e coerente facilitou a associação com fotossensibilizadores com banda de absorção ressonante com o comprimento de onda emitido pelo *laser*. A dose de radiação é facilmente calculada, a área de irradiação é controlada focalizando o tratamento. A luz pode ser transmitida por meio de fibra óptica; estas fibras podem receber adaptações para melhor acessar a lesão alvo com microlentes e difusores. Os *lasers* de Hélio-neon (He-Ne) apresentaram bons resultados na redução microbiana de diversas culturas de bactérias e fungos utilizando o corante azul de toluidina e azul de metileno, demonstrando a importância da ressonância entre o corante e o comprimento de onda emitido pela fonte de luz. (Niemz, 2003)

Atualmente são utilizados *lasers* de diodo, emitindo no espectro do vermelho em baixa intensidade, por serem bem absorvidos pelos tecidos biológicos. Na terapia fotodinâmica, os efeitos obtidos não são por incremento de temperatura, mas por reações fotoquímicas entre o fotossensibilizador, luz e o substrato. (Fimple, 2008)

Uma fonte de luz alternativa para a PDT são os LEDs (diodos emissores de luz), que podem ser utilizados como fontes de ativação em PDT, apresentando um baixo componente térmico e luz monocromática, com banda estreita de comprimento de onda. Nos LEDs predomina o mecanismo espontâneo de radiação com pouca energia para geração de luz, apresentando largo espectro de luz não coerente e com maior divergência. (Garcez, 2010)

Os aparelhos de *Laser* são constituídos por um meio ativo que pode ser sólido (Rubi), gasoso (é o mais comum, como exemplo o CO₂, He-Ne, Ar), semicondutor (Diodo – AsGaAl, AsGa), semi- sólido (Nd:YAG, Er:YAG, YAP), Excimero (KrF e Cl) ou líquido (rodamine e cumarina) (George, 2009).

Cada elemento fornece uma variedade diferente de emissões no espectro, que atualmente cobrem a faixa espectral do ultravioleta ao infravermelho. Uma das classificações possíveis prende-se com a forma como o Laser realiza essas emissões, podendo-se distinguir entre Lasers pulsáteis e Lasers contínuos. (Fonseca, 2008)

As suas potências podem variar bastante, desde miliwatts até kilowatts em modo contínuo, podendo chegar a megawatts em modo pulsátil (Niemz, 2003).

III. DISCUSSÃO

PDT é um processo que produz oxigênio singuleto através de uma grande variedade de mecanismos resultando na morte celular e tem se mostrado bem eficiente como terapia antimicrobiana. Embora seja de conhecimento que o fotossensibilizador se acumule nos tecidos alvos e cause dano oxidativo a célula bacteriana quando exposta a uma luz de comprimento de onda específico, o fotossensibilizante ideal ainda não foi estabelecido muito menos sua concentração ou duração de exposição. (Vera, 2012)

Foi inicialmente desenvolvida como terapia para o cancro, e é baseada no conceito de que o fotossensibilizador é activado por uma luz de comprimento de onda adequado na presença de oxigênio. (Fimple, 2008).

A eficácia da fotoactivação e a subsequente produção de radicais livres está fortemente ligada a factores como interacção das moléculas do fotossensibilizador, o ambiente físico-químico no local de aplicação, a semi-vida dos radicais livres produzidos e a disponibilidade de oxigênio no local. (George, 2008)

Vários relatos clínicos sugerem que os fotossensibilizadores são eficazes contra várias estirpes bacterianas resistentes a antibióticos e podem actuar mais rápido que os actuais desinfectantes usados na TENC. (Garcez, 2007).

A concentração dos fotossensibilizantes também influencia na sua capacidade antimicrobiana e depende dos parâmetros da irradiação bem como do tipo bacteriano. Normalmente a concentração dos fotossensibilizadores varia entre 5-200 mol/L (Garcez, 2008).

Fimple (2008) investigaram *in vitro* a resposta de infecção polimicrobiana em canais monorradiculares de humanos submetidos à PDT após sensibilização com azul de metileno e exposição à luz. Os espécimes foram contaminados com *Actinomyces israeli*, *Fusobacterium nucleatum*, *Porphyromonas gingivalis* e *Prevotella intermedia*. Os canais radiculares foram expostos ao azul de metileno (25 µg/mL) por 10 min e, em seguida, irradiados por meio de fibra ótica com *laser* emitindo no vermelho com

comprimento de onda de 665 nm. Foram feitas duas irradiações de 2,5min com energia de fluência de 15 J/cm², com intervalo de 2,5min, totalizando 30 J/cm². Os resultados obtidos com a PDT alcançaram uma redução microbiana de 80% nas unidades formadoras de colônias.

Garcez (2008) avaliou os efeitos da PDT em vinte portadores de dentes com necrose pulpar e lesão periapical. Amostras microbiológicas foram obtidas após o preparo da cavidade de acesso dos canais radiculares. Posteriormente, os canais foram preparados manualmente até uma lima tipo K # 35, seguido da aplicação de PDT no final da primeira sessão. Os canais foram preenchidos com pasta de hidróxido de cálcio e os pacientes, atendidos após uma semana. Novas amostras microbiológicas foram obtidas na segunda sessão antes e após nova aplicação de PDT. Os resultados mostraram redução microbiana após terapia endodôntica, visto que a combinação com PDT aumentou a redução microbiana. Neste estudo, a segunda sessão com PDT foi significativamente mais eficiente que a primeira. Os resultados sugerem que a PDT proporcionou uma redução substancial da carga microbiana quando associada ao tratamento endodôntico.

Fonseca (2008) avaliaram *in vitro* os efeitos da PDT em canais radiculares de dentes humanos contaminados com *Enterococcus faecalis*. Os canais foram sensibilizados com azul de toluidina em concentração de 0,0125%. Os espécimes foram irradiados com *laser* emitindo no vermelho com comprimento de onda de 660 nm, por meio de fibra ótica com energia de fluência de 400 J/cm², por 5 min e 20s. Os resultados obtidos evidenciaram uma redução microbiana de 99,9% nas unidades formadoras de colônias.

Foschi (2007) investigaram os efeitos da PDT sobre espécies de *Enterococcus faecalis* em canais radiculares de dentes extraídos. Os dentes foram sensibilizados com azul de metileno (6,25 µg/ ml) por 5min. Os canais foram irradiados por meio de fibra ótica com *laser* emitindo no vermelho com comprimento de onda de 665 nm e energia de fluência de 60 J/cm². A PDT alcançou uma redução de 77,5% na viabilidade do *Enterococcus faecalis*.

Soukos (2006) avaliou *in vitro* os efeitos da PDT em dentes humanos contaminados com biofilmes de *Enterococcus faecalis*. Os dentes foram expostos ao azul de metileno

(25 µg/mL) por 5min e, em seguida, irradiados por meio de fibra ótica com *laser* emitindo no vermelho com comprimento de onda 665 nm, com energia de fluência de 222 J/cm². Os resultados evidenciaram uma redução microbiana de 97 %.

Martins (2012), em sua pesquisa, verificou a redução de bactérias *E. faecalis* em dentes infectados quando associada à TENC foi utilizada a PDT. Ele comparou os seguintes grupos: no primeiro foi usada apenas irrigação com soro fisiológico, no segundo utilizado NaOCl a 5,25%, no terceiro irrigado com soro fisiológico e associado ao PDT, no quarto irrigação com NaOCl a 5,25% e PDT e por fim e ultimo grupo irrigação com NaOCl a 0,5% e PDT. Como resultado obteve eficácia máxima de desinfecção nos grupos 4 e 5, grupos 3 e 2 com redução de quase totalidade e por fim com grupo 1 com baixíssima capacidade de eliminação do MO. Isso sugere que a adição da técnica fotodinâmica mediante uso de soluções irrigantes apresenta grande capacidade de desinfecção canal.

Garcez (2006) avaliou *in vitro* a redução microbiana do *Enterococcus faecalis* submetido à PDT e com solução de hipoclorito de sódio 0,5%. Foi utilizado o fotossensibilizador pasta-base de azuleno e os canais foram irradiados com *laser* emitindo no vermelho com comprimento de onda 685 nm, por 3min com energia de 1,8 J. O fotossensibilizador apenas ou *laser* apenas não apresentaram efeito bactericida algum. A solução química reduziu em 93,25% a carga microbiana. A redução microbiana proporcionada pela PDT alcançou 99,2 % sobre o *E. faecalis*.

Quando a oferta de oxigênio é limitada e quando a taxa de fluência optica e concentração do agente fotossensibilizador são elevadas, uma limitação de oxigênio para a produção de oxigênio singlete existe *in vivo*. De facto, a presença dos componentes para a eficácia do PDT, que incluem oxigênio, fotossensibilizante e a luz adequadas são primordiais para um tratamento eficaz. Adicionalmente a inclusão de fibra ótica que distribua uniformemente a luz a 360° e a todo comprimento do canal radicular é uma exigência para o bom desempenho da PDT (Foschi, 2007)

Adicionalmente, em outro estudo, houve redução de 99,2% na quantidade de *E. faecalis*, durante PDT com a utilização de pasta de azuleno, em comparação a outros

canais tratados apenas com NaOCL 0,5% que alcançou apenas 93,25% de redução da quantidade deste microorganismo. (Garcez, 2006)

Outra pesquisa testando a eficácia da PDT com várias combinações de exposição de tempo, associadas a azul de toluidina e terapia convencional com NaOCL a 3% em canais contaminados com *S. Intermedius* foi constatada que a combinação da concentração de 100 µg/ml no período de 600 segundos alcançou maior redução bacteriana porém essa redução não foi superior a conseguida no grupo tratado apenas com NaOCL a 3% por dez minutos. (Seal, 2002).

Um outro estudo conduzido testando PDT com azul de metileno e de toluidina a 15 µg/ml em *E. faecalis* avaliou as amostras em três fases: antes e depois da irrigação e instrumentação e após abordagem da PDT para cada grupo, foi verificado que independente da substância irrigante escolhida foi verificada maior eficácia de redução bacteriana após a instrumentação. Porém ao adicionar o uso da PDT nenhum resultado estatístico significativo foi alcançado em relação à instrumentação, muito menos quando associado a qualquer um dos dois fotossensibilizantes. Uma possível explicação estaria na baixa concentração de oxigênio disponível e inadequada difusão dos fotossensibilizadores. (Souza, 2010)

Num estudo após preparo químico-mecânico dos canais com irrigação alternada de NaOCl a 2,25% e ácido cítrico a 20%, realizou-se PDT usando cloreto de tolônio, mantido no SCR por um minuto e então sendo exposto a laser de 100mW de potência por dois minutos. Depois da análise quantitativa dos resultados, foi observado que dos quatro canais contaminados após preparação, três obtiveram cultura negativa após PDT. (Bonsor, 2006)

Em outro experimento realizou-se a TENC com instrumentação manual, usou-se NaOCl a 2,5% e peróxido de hidrogênio a 3% como irrigantes e removeu-se a smear layer com EDTA a 17%. Em seguida o SCR foi submetido a PDT utilizando PEI-ce6, como agente fotossensibilizador. Ficou evidenciado que as amostras submetidas A PDT em associação à instrumentação manual obtiveram maior redução na quantidade de microorganismos. Quando estes mesmos elementos ainda foram submetidos a uma segunda sessão de PDT, esta ainda foi mais eficaz, sugerindo que os microrganismos

resistentes à 1ª sessão formaram um biofilme menos complexo e portanto de mais fácil aniquilação. (Garcez, 2008).

Na verdade, as diferenças metodológicas entre os estudos que utilizam PDT para desinfecção do SCR levam a resultados bastante divergentes, o que nos leva a difíceis comparações. Isso, de facto, acontece por não haver um protocolo devidamente estabelecido para utilização da PDT, e as pesquisas são desenvolvidas na sua maioria utilizando fotossensibilizadores diferentes como azul de metileno, azul de toluidina, derivados do PEI-ce6 associados a diferentes parâmetros de luz e técnicas de irradiação.(Garcez, 2008)

O protocolo para a realização da PDT ainda não está bem definido, existindo diversas variáveis, entre as quais o tipo e a concentração do FS a ser usado e os parâmetros do laser, bem como o tempo e a técnica de aplicação do FS e do laser. Os FS mais utilizados pelos autores que estudaram a TFD foram o azul de metileno (Soukos, 2006; Fimple, 2008), o azul de toluidina (Fonseca, 2008) e os derivados do PEIce6 (Soukos, 2006; Garcez, 2007; Garcez, 2008). Diversos corantes artificiais e naturais vêm sendo testados como fotossensibilizadores na PDT, tanto para o tratamento do câncer, como para a redução de microrganismos. Corantes menos tóxicos, mais ressonantes com o comprimento de onda emitido pelos lasers têm sido o ideal de diversos pesquisadores. E quanto mais próximos deste ideal, estes agentes se mostrarem, mais a PDT realizará sua função na prática clínica endodôntica. (Fimple, 2008)

Ao testarem a eficácia da PDT com o azul de metileno como agente FS, concluíram que essa terapia poderia ser um eficaz auxiliar no tratamento endodôntico convencional. Foi observada uma redução da infecção de 80% em dentes contaminados por um biofilme multiespécies, (Fimple, 2008) enquanto Soukos, 2006 obtiveram uma redução de 97% em dentes contaminados por *E. faecalis*. Esta eficácia também foi observada no presente estudo, que mesmo o NaOCL a 2,5% mostrando-se mais eficaz na redução microbiana entre as coletas inicial e intermediária, quando utilizou-se a PDT com azul de metileno como coadjuvante ao PQC houve uma redução de 96,51%, entre as coletas inicial e final.

IV. CONCLUSÃO

Após cuidadosa revisão bibliográfica é possível concluir que o sistema de canais radiculares é complexo e contém inúmeras ramificações e irregularidades morfológicas que constituem um microambiente ideal para sobrevivência de microorganismos. Isso se torna um desafio para a completa desinfecção canalar, já que o sucesso endodôntico depende exclusivamente da completa limpeza e desinfecção dos SCR.

A solução irrigadora ideal deve ter um conjunto de características positivas (baixa toxicidade, capacidade de dissolução de matéria orgânica, baixo custo, fácil estocagem entre outras) e o mínimo de propriedades negativas. Uma vez que nenhuma solução irrigante abrange todas as características, há necessidade de conjugação de diversas delas e um protocolo poderia ser sugerido. Durante a instrumentação poderia ser utilizado solução de NaOCl e na irrigação final adicionar uma substância quelante como EDTA ou ácido cítrico seguido por irrigação com solução de NaOCl e finalmente irrigação com álcool.

Está reconhecida pela literatura actual que a combinação de instrumentação mecânica e irrigação química é capaz de eliminar completamente os microorganismos presentes, porém a utilização de técnicas mais apuradas de desinfecção canalar é imprescindível.

A técnica PDT mostra-se potencialmente eficaz como auxiliar na desinfecção do SCR. E pode e deve ser utilizada como importante adjuvante ao tratamento endodôntico e não usada isoladamente, permitindo talvez a utilização de menores concentrações de hipoclorito de sódio e diminuição de seus efeitos irritantes e tóxicos.

Como não há ainda um protocolo quanto aos parâmetros a serem utilizados na PDT, e é sabido que fontes de luz sejam elas lasers de baixa potência ou qualquer outra fonte não são totalmente letais às bactérias responsáveis pelas infecções endodônticas por si só, é necessária a ativação do agente fotossensibilizador de modo que haja a liberação do oxigênio singlete.

A PDT pode, portanto, aperfeiçoar a terapia endodôntica. No entanto, antes de seu uso clínico são necessárias mais estudos e ajustes a fim de padronizar algumas características da técnica tais como: concentração dos fotossensibilizadores, tipos de sensibilizadores, tempo de irradiação, comprimento de onda, a fim de aumentar a predictibilidade da eliminação dos microorganismos resistentes principalmente o *Enterococcus faecalis*.

V. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Abraham, S., et al. (2015). Endodontic Irrigants: A Comprehensive Review. *J. Pharm Sci & Res*, 7(1),pp. 5-9

Ackroyd, R., et al. (2001). The history of photodetection and photodynamic therapy. *Photochem Photobiol*, 74(5, pp. 656-69.

Andrabi, S., et al. (2013.) Effect of passive ultrasonic irrigation and manual dynamics irrigation ons mear layer removal from root canals in a closed Apex in vitro model. *J Investig Clin Dent*, 4, pp.1-6

Beus, C., et al.(2012). Comparison of the effect of two endodontic irrigation protocols on the elimination of bactéria from root canal system: a prospective, randomized clinical trial. *J. Endod*, 38 (11),pp. 1479-83.

Bolles, J., et al.(2013). Comparison of Vibringe, EndoActivator and Needle Irrigation on Sealer Penetration in Extracted Human teeth. *J. Endod*, 39(5),pp.708-11.

Bonsor, S.J. (2006) An alternative regimen for root canal disinfection. *British Dental Journal*, 201, pp. 101-105

Borin, G., et al.(2007). A história do hipoclorito de sódio e a sua importância como substância auxiliar no preparo químico mecânico de canais radiculares. *Revista de Endodontia Pesquisa e Ensino OnLine*,3(5), pp.1-5

Bosch-Aranda, M.L., et al. (2012). Complications following na accidental sodium hypochlorite extrusion: a report of two cases. *J Clin Exp Dent*, 4(3), pp. 194-198.

Boutsioukis, C., et al. (2010). Evaluation of irrigant flow in the root canal using diferente needle types by na an steady computacional fluid dynamics model. *J.Endod*, pp1-6

Brunson, M., et al.(2010). Effect os apical preparation size and preparation taper on irrigant volume delivered by using negative pressure irrigation system. *J Endod*,36(4),pp.721-24.

Cachovan, G., et al. (2013). Comparative antibacterial efficacies of hydrodynamic and Ultrasonic irrigation systems in vitro. *J Endod*, 39(9),pp. 1171-75

Castagna, F., et al.(2013). Effect of passive ultrasonic instrumentation as a final irrigation protocolo on debris and smear layer removal- A SEM analysis. *Microsc Res. Tech*, 76 (5), pp.496-502.

Castagnola, R., et al. (2014). Efficacy of three diferente irrigation techniques in the removal of smear layer and organic debris from root canal wall: a scanning electrom microscope study. *Giornale Italiano de Endodonzia*, 28, pp.79-86

Chartterjee, R., et al.(2015). Effect of sonic agitation, manual dynamics agitation on removal of *Enterococcus faecalis* biofilme. *Saudi Endod J*, 5(2),pp.125-28

Clegg, M.S., et al.(2006). The effect of exposure to irrigant solutions on apical dentin biofilms in vitro. *J Endod*, 32(5), pp. 434-7.

Curtis, A., et al.(2014). Tissue dissolution by a novel multisonic ultracleaning system and sodium hypochlorite. *J Endod*, 40(8), pp. 1178-81.

Dedeus, G., et al (2006). Endodontic Irrigation: Chemical disinfection of the root canal system. *Int Endod J*, 39, pp.770-84.

Ferreira, M., et al. (2014). Remoção de hidróxido de cálcio dos canais radiculares: irrigação convencional vs sónica.*Rev Port Estomatol Med Dent Cir Maxilofac*, 55(2), pp.97-101.

Figdor, D., et al. (2003). Starvation survival, growth and recovery of *Enterococcus faecalis* in human serum. *Oral Microb Immun*, 18, pp.234-39.

Fimple, J., et al.(2008). Photodynamic treatment of endodontic polymicrobial infection in vitro. *J Endod*, 34(6), pp.728-34.

Fonseca, M., et al.(2008) Photodynamic therapy for root canals infected with *Enterococcus faecalis*. *Photomed Laser Surg*, 26(3), pp.209-13.

Foschi, F., et al. (2007). Photodynamic inactivation of *Enterococcus faecalis* in dental root canals in vitro. *Lasers Surg Med* , 39(10), pp.782-7.

Garcez, A.S (2006) Efficiency of NaOCL and laser-assisted photosensitization on the reduction of *Enterococcus faecalis* in vitro. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod*, 102, pp. 93-98

Garcez, A.S., et al. (2008) antimicrobial effects of photodynamic therapy on patients with necrotic pulp and periapical lesion. *Journal of endodontics*, 34(2), pp.138-42.

Garcez, A.S., et al.(2010). Antimicrobial effects of photodynamic therapy on patients with necrotic pulps and periapical lesions. *J. Endod*, Sep, 36 (9), pp. 1467-9.

George, N. (2007). Oral microbiota species in acute apical endodontic abscesses. *Oral Immunol*, 22, pp.14-18.

George, R. (2010).Laser activation of endodontic irrigants with improved conical laser fibers tips for removing smear layer in the apical third of the root canal. *J Endod*, 34(12), pp. 1524-27.

Glassman, G.(2011). Safety and efficacy considerations in Endodontic Irrigation.www.ineedce.com, pp.2-15.

Golshan, M., et al (2006). Can methylene blue only be used in sentinela lymph node biopsy for breast câncer? *Breast J*, 12(5), pp. 428-30.

Gonçalves, R.B., et al. (2005). Susceptibility of *Streptococcus mutans* biofilms to photodynamic therapy: an in vitro study. *J Antimicrob Chemother*, 56(2), pp.324-30.

Goode, N. (2013). Wall shear stress effects of different endodontic irrigation techniques and systems. *J. Dent*, 41(7), pp. 636-41.

Gu, L., et al. (2009). Review of contemporary irrigant agitation techniques and devices. *J Endod*, 35(6), pp. 791-804.

Haapasalo, M., et al.(2005). Eradication of endodontic infection by instrumentation and irrigation solutions. *Endod topics*,10, pp.77-102.

Haapasalo, M., et al. (2014). Irrigation in Endodontics. *Br Dent J*, 216, pp. 299-303.

Hargreaves, K.M. (2016). Adding regenerative Endodontics to the Table of Contents. *J Endod*, 42(1), pp.2-7.

Hamblin, M., et al. (2010) Photodynamic therapy: a new antimicrobial approach to infectious disease? *Photochem Photobiol Sci* 3(5), pp.436-50.

Heling, I., et al. (1998). Antimicrobial effect of irrigant combination within dentinal tubules. *Int Endod J.*,31(1), pp.8-14.

Howard, R., et al. (2011). Comparison of debris removal with three different irrigation techniques. *J Endod*, 37(9), pp.1301-5.

Huffaker, S., et al.(2010). Influence of passive sonic irrigation system on the elimination of bacteria from root canal systems: a clinical study. *J Endod*, 36(8), pp. 1315-19

Irala, L., et al. (2012). Agitação sônica: um aparato alternativo para o uso endodôntico. *RFO*, Passo Fundo, 17(2), pp.171-74

Jiang, L., et al (2010). Na evaluation of the effect of pulsed ultrasound on the cleaning efficacy of passive ultrasonic irrigation. *J Endod*, 36(11), pp.1887-91.

Kandawasmy, D., et al.(2010). Root canal irrigants. *J Conserv Dent*. 13 (4), pp. 256-264.

Konopka, K., et al.(2007) Photodynamic therapy in dentistry. *J Dent Res*, 86(8), pp.694-707.

König, K., et al. (2000). Red light kills bacteria via photodynamic action. *Cell Mol Biol*, 46(7), pp.1297-303.

Lopes, H.P, Siqueira Jr, J. S. (2010). Endodontia: biologia e ética. Rio de Janeiro, Guanabara Koogan.

Love, R.M. (2001). Enterococcus faecalis- a mechanism for its role in endodontic failure. *Int Endod J*, 34(5), pp. 399-405.

Machado, A.E.H.(2000). Terapia fotodinâmica: princípios, potencial de aplicação e perspectivas. *Química Nov*, 23(2), pp. 37-43.

Martins, L.F.(2012). Avaliação quantitativa da descontaminação bacteriana intracanal mediante o uso de protocolos de irrigação com NaOCl e de laser diodo de GaAIAS. Tese de Mestrado. Faculdade de Ciências da Saúde da Universidade Fernando Pessoa, Porto.

McGill, S., et al.(2008). The efficacy of dynamics irrigation using a commercially available system (RinsEndo) determined by removal of collagen “biomolecular film” from na *ex vivo* model. *Int Endod J*, 41, pp.602-8.

Miller, T., et al.(2010). Comparison of the antimicrobial efficacy of irrigation using the EndoVac to Endodontic Needle Delivery. *J Endod*, 36(3), pp. 509-11.

Mitchell, R., et al. (2010). Comparison os apical extrusion os NaOCl using the EndoVac or needle irrigation of root canals. *J Endod*, 36(2), pp. 338-41.

Nielsen , B., et al. (2007). Comparison of the EndoVac System to needle irrigation of root canals. *J Endod*, 33, pp.611-15.

Niemz, M.H.(2003). Laser tissue interactions: fundamentals and application, New York Springer, 3ª edição

Parente, J.M., et al (2010). Root canal debridement using manual dynamics agitation or the EndoVac for final irrigation in a closed system and an open system. *Int Endod J*, 43(11), pp. 1001-12.

Peculiene, V., et al. (2000). Isolation of Enterococcus faecalis in previously root-filled canals in a lithuanian population. *J Endod*, 26, pp.593-5.

Portenier, I., et al (2002). Inactivation of the antibacterial activity of iodine potassium iodide chlorhexidine digluconate against Enterococcus faecalis by dentin, dentin matrix, type I collagen, and heat killed microbial whole cells. *J Endod*, 28, pp. 634-37.

Saber, S., et al.(2011). Efficacy of three diferente final irrigation activation techniques ons mear layer removal. *J Endod*, 37(9), pp.1272-75.

Santiago, G.L., et al. (2009). A new approach to endodontic treatment and operative procedure in nonendodontically treated posterior crown root fractures. *Oral Sur Oral Med Oral Patho Oral Radiol Endo*,108(5), pp. 106-110.

Scelza, M.F., et al. (2008).Comparative SEM evaluation of three solventes used in endodontic retreatment: na ex vivo study. *J Appl Oral Sci*,16(1), pp.24-9.

Schackley, D.C., et al.(1999). Photodynamic therapy. *J R Soc Med*,(92), pp. 562-5.

Schoeffel, G.J.(2007). The EndoVac method of endodontic irrigation: safety first. *Dent Today*, 26(10), pp.92-96

Seal, G., et al.(2002) An in vitro comparison of the bactericidal efficacy of lethal photosensitization or sodium hypochlorite irrigation on *Streptococcus intermedius* biofilms in root canals. *Int Endod J* 35(3), pp.268-74.

Sedgley, C., et al. (2006). Prevalence of *Enterococcus faecalis* at multiple oral sites in endodontic patients using culture and PCR. *J Endod*, 32(2), pp. 104-9.

Shen, Y., et al. (2010). Irrigation in Endodontics. *Dent Clin N Am*, 54, pp.291-312.

Silva Garcez, A., et al. (2006) Efficiency of NaOCl and laser-assisted photosensitization on the reduction of *Enterococcus faecalis* in vitro. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod*, 102(4), pp.93-8.

Siqueira, J.F., et al. (2008). Clinical implications and microbiology of bacterial persistence after treatment procedures. *J Endod*, 34(11):1291-301.

Siu, C., et al.(2010). Comparison of the debridement efficacy of the EndoVac Irrigation System and conventional needle root canal irrigation in vivo. *J Endod*, 36(11), pp. 1782-85.

Sjogren, U., et al (1997). Influence of infection at the time of root filling on the outcome of endodontic treatment of teeth with apical periodontitis. *Int Endod J*, 30(5), pp. 297-306.

Soukos, N., et al.(2006). Photodynamic therapy for endodontic disinfection. *J Endod*, 32(10), pp. 979-84.

Soukos, N., et al. (1996). Photodynamic effects of toluidine blue on human oral keratinocytes and fibroblasts and *Streptococcus sanguis* evaluated in vitro. *Lasers Surg Med*, 18(3), pp.253-9.

Souza, L.C. (2010) Photodynamic therapy with two diferente photosensitizers as a supplement to instrumentation irrigation procedures in promoting intracanal reduction of *Enterococcus faecalis*. *Journal of endodontics* 36(2), Feb, pp. 292-96.

Sthal, F., et al. (2000). Light-emitting diode (LED) polymerization of dental composites: flexural properties and polymerization potential. *Biomaterials*, 21(13), pp.1379-85.

Stuart, C.H., et al. (2006). *Enterococcus faecalis* : its role in root canal treatment failure and current concepts in retreatment. *J Endod*, 32(2), pp.93-8.

Torabnejad, M. *Endodontics: Principles and Practice*, 5ª edição

Tuncer, A., et al. (2014) Comparison of sealer penetration using the EndoVac irrigation system and conventional needle root canal irrigation. *J Endod*, 40(5),pp.613-17.

Usacheva, M., et al. (2003) The interaction of lipopolysaccharides with phenothiazine dyes. *Lasers Surg Med*, 33(5), pp.311-9.

Vera, D.N., et al.(2012). Strategies to potentiate antimicrobial photoactivation by overcoming resistant phenotypes. *Photochem Photobiol* , 88(3), pp. 499-511

Walsh, L (2003). The current status of laser applications in dentistry. *Aust Dent J*, 48(3), pp.146-55.

Zamany, A., et al. (2003). The effect of chlorhexidine as an endodontic disinfectant. *Oral Sur Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod*, 96(5), 578-81.

Zehnder, M. (2006). Root canal irrigants. *J. Endod*, 32(5), pp.389-98.