

**OS EFEITOS DA OZONIOTERAPIA NA DESINFECÇÃO DOS CANAIS
RADICULARES COMPARADO E ASSOCIADO A OUTROS MÉTODOS DE
DESINFECÇÃO: UMA REVISÃO DE LITERATURA**

**THE EFFECTS OF OZONE THERAPY ON ROOT CANAL DISINFECTION
COMPARED AND ASSOCIATED WITH OTHER DISINFECTION METHODS: A
LITERATURE REVIEW**

Gabriel Diolindo Crespo*

Graduando em **ODONTOLOGIA**

Prof^a. Ludimila Saiter Assis Beltrame**

RESUMO

INTRODUÇÃO: A complexidade da anatomia dos canais radiculares representa um desafio no processo de desinfecção e sanificação do periápice, na terapia endodôntica, uma vez que, paredes dentinárias não são tocadas pelos instrumentos durante o preparo mecânico, podendo levar a persistência de microrganismos induzindo a manutenção de lesões perirradiculares. Por isso, na terapia endodôntica, há necessidade de complementar a etapa da instrumentação mecânica utilizando soluções irrigadoras com potencial antimicrobiano, mas com características biologicamente compatíveis ao tecido periapical. A busca por uma solução irrigadora ideal é motivo de várias pesquisas mundiais. Atualmente, estudos que incorporam o ozônio na desinfecção do sistema de canais radiculares têm se mostrado promissores, devido às suas características biológicas, químicas e capacidade antimicrobiana, favorecendo o prognóstico da endodontia a longo prazo. **OBJETIVO:** Tem como objetivo revisar a literatura acerca do uso individual do ozônio e suas possíveis associações no tratamento endodôntico. **METODOLOGIA:** Foram selecionados 27 artigos nas bases de dados: Bireme, LILACS, SciELO, Medline, Pubmed e BVS. Com termos de busca: Irrigantes do Canal Radicular (*Root Canal Irrigants*); Ozônio (*Ozone*); Canal Radicular (*Dental Pulp*). **DISCUSSÃO:** O efeito antimicrobiano do ozônio resulta da oxidação de componentes celulares microbianos, justificando-o como uma nova opção do agente irrigante com ação antimicrobiana. No entanto, estudos mostram que o uso individual do ozônio como solução irrigadora não se mostra totalmente eficaz. **CONCLUSÃO:** O ozônio é promissor quando utilizado como adjuvante ao preparo químico-mecânico na terapia endodôntica. Sendo necessário mais pesquisas para determinação de um protocolo clínico.

Palavras-chave: Ozônio. Desinfecção. Canal radicular. Endodontia. Irrigantes do canal radicular.

ABSTRACT

INTRODUCTION: The complexity of the anatomy of root canals represents a challenge in the process of disinfection and sanitization of the periapex, in endodontic therapy, since dentin walls are not touched by the instrument during mechanical preparation,

which can lead to the persistence of microorganisms inducing maintenance of periradicular lesions. Therefore, in endodontic therapy, there is a need to complement the mechanical instrumentation step using irrigating solutions with antimicrobial potential, but with biologically compatible characteristics to the periapical tissue. The search for an ideal irrigation solution is the subject of several worldwide researches. Currently, studies that incorporate ozone in the disinfection of the root canal system have been promising, due to its biological characteristics, capacity and antimicrobial capacity, favoring the long-term prognosis of endodontics. **OBJECTIVE:** Aims to review the literature on the individual use of ozone and its associations in endodontic treatment. **METHODOLOGY:** 27 articles were selected in the databases: Bireme, LILACS, SciELO, Medline, Pubmed and BVS. With search terms: Root Canal Irrigants; Ozone (Ozone); Root Canal (Dental Pulp). **DISCUSSION:** The antimicrobial effect of ozone results from the oxidation of microbial cell components, justifying it as a new option for an irrigating agent with antimicrobial action. However, studies show that the individual use of ozone as an irrigating solution is not fully effective. **CONCLUSION:** Ozone is promising when used as an adjunct to chemical-mechanical preparation in endodontic therapy. More research is needed to determine a clinical protocol.

Keywords: Ozone. Disinfection. Dental Pulp Cavity. Endodontics. Root Canal Irrigants.

1- Introdução

O sucesso do tratamento endodôntico é diretamente influenciado pela capacidade de eliminação de microrganismos do sistema de canais radiculares, visto que, tecido pulpar, bactérias e raspas de dentina infectada podem persistir em suas irregularidades. Portanto, a limpeza dos sistemas de canais radiculares torna-se o objetivo principal da endodontia, devendo ser realizada através da instrumentação dos canais radiculares combinada ao uso de soluções irrigadoras e posteriormente a obturação. O intuito de reduzir ao máximo a presença dos microrganismos, de modo que possibilite a reparação e a manutenção dos tecidos perirradiculares (AJETI *et al.*, 2018; NG *et al.*, 2008; SIQUEIRA JR *et al.*, 2012).

A complexidade e a variabilidade do sistema do canal radicular, juntamente com a natureza multiespécie do biofilme, tornam a desinfecção deste sistema extremamente desafiadora (NEELAKANTAN *et al.*, 2017; SUNDQVIST, 1992).

A ação mecânica da instrumentação dos canais radiculares é capaz de reduzir substancialmente a quantidade de microrganismos e de tecido degenerado do interior do sistema de canais radiculares. Todavia, o emprego de soluções irrigadoras (substância química auxiliar) dotadas de atividade antibacteriana aumenta

significativamente a eficácia do preparo em termos de controle da infecção (SIQUEIRA JR *et al.*, 2012).

O insucesso endodôntico é, na maioria das vezes, resultante de falhas técnicas, as quais impossibilitam a conclusão adequada dos procedimentos intracanaís voltados para o controle e a prevenção da infecção endodôntica (LOPES; SIQUEIRA, 2015).

Tendo em vista a diminuição do insucesso dos tratamentos endodônticos, novas técnicas têm surgido, como exemplo a ozonioterapia (terapia de ozônio). O ozônio (O₃) já vem sendo utilizado em outras especialidades da odontologia como na dentística, prótese e cirurgia e em outras áreas, como nas indústrias químicas e alimentícias (AZARPAZHOOH; LIMEBACK, 2008).

O ozônio, disponível como gás, solução ou óleo, é um desinfetante alternativo para a aplicação no canal radicular, que ainda está em discussão, sendo introduzido na odontologia no ano de 1885. Com a criação de um gerador de ozônio chamado Zytozon em 1934, o ozônio foi utilizado na endodontia, pois foi possível sua utilização no interior dos canais radiculares (NAGAYOSHI *et al.*, 2004; PINHEIRO *et al.*, 2018; SILVA *et al.*, 2020; STOLL *et al.*, 2008).

Os principais objetivos do tratamento endodôntico continuam a ser a remoção do tecido alterado, a eliminação dos microrganismos e a prevenção da recontaminação após o tratamento (TORABINEJAD; WALTON, 2010).

Diante dos dados expostos, o presente trabalho visa revisar a literatura acerca do uso do ozônio no tratamento endodôntico. além disso, busca-se também comparar a diferença entre a ozonioterapia e os outros métodos tradicionais de desinfecção, bem como sua associação com outras técnicas auxiliares.

2- Objetivo

2.1- Objetivo geral

Avaliar as características antimicrobianas do uso do ozônio no processo endodôntico.

2.2- Objetivo específico

Comparar a eficiência do ozônio com o hipoclorito de sódio e a clorexidina como soluções irrigadoras no tratamento endodôntico.

Avaliar a associação do ozônio com o hipoclorito de sódio e a clorexidina na eficácia antimicrobiana.

3- Metodologia

Foram escolhidas seis bases de dados para a pesquisa bibliográfica: Centro Latino-Americano e do Caribe de Informação em Ciências da Saúde (Bireme), Literatura Latino Americana e do Caribe em Ciências da Saúde (LILACS), *Scientific Electronic Library Online* (SciELO), *Medical Literature Analysis and Retrieval System Online* (Medline), *US National Library of Medicine* (Pubmed) e Biblioteca virtual em saúde (BVS). Para melhor definição dos termos de busca nas bases selecionadas, foram utilizadas palavras-chave indexadas na base de “Descritores em Ciências da Saúde” (DeCs) adaptado pela BIREME (Centro Latino-Americano e do Caribe de Informação em Ciências da Saúde) como: Irrigantes do Canal Radicular (*Root Canal Irrigants*); Ozônio (*Ozone*); Canal Radicular (*Dental Pulp Cavity*), Desinfecção (*Disinfection*) e Antimicrobianos (*Anti-Infective Agents*). Foram encontrados 34 artigos, entretanto 6 foram excluídos por não se encaixarem no tema, estarem incompletos ou possuírem apenas resumos, restando 27 artigos selecionados e lidos. Artigos clássicos da endodontia relacionados à ecologia dos canais radiculares e soluções irrigadoras também foram utilizados, além de livros da especialidade, TCC e trabalho apresentado em anais. Outro critério de exclusão de artigos, foi a avaliação do ano em que foram publicados, sendo a maioria publicados a partir do ano de 2007, apenas 2 artigos publicados antes do ano de 2007 foram escolhidos por serem de grande relevância. Os artigos selecionados tinham como predominância a língua de escrita, o inglês, porém nenhuma limitação de idioma foi aplicada e os trabalhos publicados em outros idiomas que não o português foram traduzidos.

4- Revisão de literatura

a) Microrganismos nos canais

Os microrganismos e seus produtos estão indubitavelmente associados à indução e à perpetuação das doenças pulpares e perirradiculares. A cárie e a polpa necrosada infectada representam as principais fontes de irritantes microbianos para a indução da patologia pulpar e perirradicular, respectivamente (LOPES; SIQUEIRA, 2015).

Morfologicamente, a microbiota endodôntica consiste em cocos, bacilos, filamentos e espirilos (LOPES; SIQUEIRA, 2015).

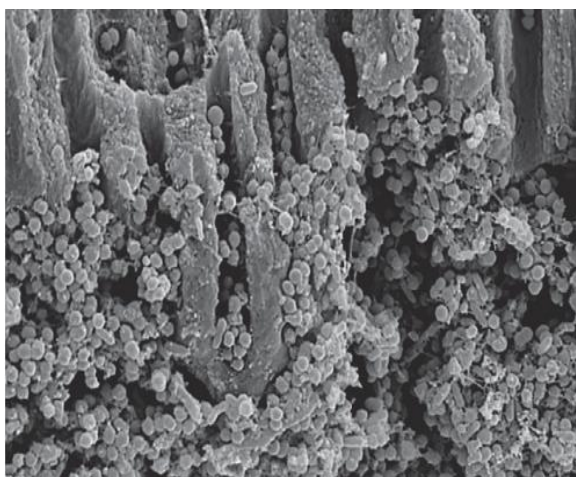
Segundo Lopes e Siqueira (2015), quanto maior o grau de organização da microbiota, maior será sua patogenicidade. Tornando assim mais difícil sua eliminação durante o tratamento e aumentando as chances de fracasso endodôntico; por isso a utilização de diversos procedimentos se faz necessário para o combate completo da infecção de forma adequada.

Embora existam alguns relatos isolados sugerindo que fatores não microbianos endógenos ou exógenos estejam envolvidos em alguns casos de insucesso endodôntico, os microrganismos e seus produtos são os principais responsáveis pelas infecções persistentes ou secundárias, estando diretamente relacionados a manutenção ou aparecimento de lesão perirradicular pós-tratamento endodôntico (LOPES; SIQUEIRA, 2015).

Evidências científicas indicam que o fracasso da terapia endodôntica nesses casos de canais tratados adequadamente está associado a fatores de ordem microbiana, caracterizando uma infecção intrarradicular e/ou extrarradicular, que não foram removidos pelo preparo químico-mecânico (LOPES; SIQUEIRA, 2015; TORABINEJAD; WALTON, 2010).

Apesar de bactérias gram-negativas anaeróbias serem descritas como os microrganismos mais comuns nas infecções primárias, diversas bactérias gram-positivas têm sido detectadas frequentemente em um consórcio endodôntico misto, algumas delas com valores de prevalência tão altos quanto os das espécies gram-negativas mais comumente encontradas (TORABINEJAD; WALTON, 2010; ESTRELA et al. 2007).

Figura 1: Infecção grave das paredes do canal radicular principalmente por cocos, mas alguns bastonetes pequenos também podem ser observados. Os cocos estão penetrando dentro dos túbulos dentinários.



Fonte: Torabinejad *et al.*, 2010.

Enterococcus faecalis (*E. faecalis*), é um organismo frequentemente encontrado em canais obturados com lesões periapicais persistentes. Isso pode ser explicado pelo fato de *E. faecalis* possuir vários mecanismos de sobrevivência como: resistir a ambientes com baixo oxigênio, alto pH, em alta salinidade, com ampla faixa de temperaturas (entre 10 ° e 60 °) ou em ambientes pobres em nutrientes (ALGHAMDI; SHAKIR, 2020; NOITES *et al.*, 2014; SUNDQVIST, 1992).

b) Sistemas de canais radiculares

A complexidade da anatomia do canal radicular pode representar grandes desafios na limpeza, desinfecção e modelagem do canal. Algumas complexidades anatômicas podem influenciar negativamente nos resultados da terapia endodôntica, tais como curvaturas, istmos, ramificações apicais e canais radiculares em formato oval, em C ou achatados. Sendo assim, é comum que canais com essas morfologias exibam uma grande quantidade de áreas não tocadas após a instrumentação e a desinfecção dos canais radiculares passar a depender então das substâncias químicas empregadas (SIQUEIRA JUNIOR *et al.*, 2018).

Os canais laterais podem ser únicos ou múltiplos, grandes ou pequenos. Eles podem ocorrer em qualquer lugar ao longo da raiz, porém são mais comuns no terço apical. Nos molares, eles podem unir a câmara pulpar ao ligamento periodontal (LPD)

na região de furca. Canais laterais são clinicamente significativos; similares ao forame apical, eles representam vias pelas quais processos patológicos pulpares podem se estender para os tecidos perirradiculares e ocasionalmente permitem que enfermidades no periodonto se disseminem para a polpa (TORABINEJAD; WALTON, 2010).

Figura 2: Pré-molar diafanizado mostrando o complexo sistema de canais no segmento apical.



Fonte: Lopes e Siqueira, 2015.

Figura 3: Presença do canal cavo-interradicular.



Fonte: Lopes e Siqueira, 2015.

A ampliação do canal radicular principal promove a remoção mecânica da dentina infectada e simultaneamente favorece a penetração de irrigantes através dos canais, melhorando o processo de descontaminação (FERNANDES *et al.*, 2021).

A limpeza do sistema de canais radiculares visa à eliminação de irritantes como microrganismos, seus produtos e tecido pulpar vivo ou necrosado, criando um ambiente propício para a reparação dos tecidos perirradiculares (LOPES; SIQUEIRA, 2015).

c) Soluções irrigadoras

Segundo Torabinejad *et al.* (2010), nenhuma solução irrigante preenche todas as propriedades de um irrigante ideal sendo elas: ser solvente de tecido orgânico, ser solvente de tecido inorgânico, ter ação antimicrobiana, não apresentar toxicidade, ter baixa tensão superficial e possuir propriedades lubrificantes.

As soluções irrigantes são necessárias durante o preparo do canal radicular, pois auxiliam na sua limpeza, na lubrificação das limas, na remoção de detritos e têm efeito antimicrobiano e de dissolução do tecido, sem agredir os tecidos periapicais (ESTRELA *et al.*, 2014).

Várias soluções irrigantes foram consideradas para diminuir a infecção endodôntica e contribuir para a desinfecção do canal, incluindo: compostos halogenados (hipoclorito de sódio (NaOCl)), clorexidina (CHX), detergentes (aniônicos, catiônicos), agentes quelantes (EDTA, ácido cítrico) e vinagre de maçã. Entretanto, até agora, hipoclorito de sódio e clorexidina são os antimicrobianos mais indicados para os protocolos de tratamentos endodônticos e controle de infecções periapicais (ESTRELA *et al.*, 2014).

Tanto o hipoclorito de sódio, quanto a clorexidina, apresentam amplo espectro de ação contra microrganismos. (LOPES; SIQUEIRA, 2015; MINISTÉRIO DA SAÚDE 2010)

Lopes e Siqueira (2015), diz que a clorexidina age como bacteriostático devido a sua característica de substantividade, inexistente no hipoclorito de sódio.

O hipoclorito de sódio é tóxico aos tecidos periapicais, apresentando risco de enfisema e reações alérgicas, enquanto a clorexidina apresenta biocompatibilidade (PELKA; PETSCHERT, 2008).

A capacidade de dissolver tecidos orgânicos é uma característica do hipoclorito de sódio, e não da clorexidina. Ambos não têm capacidades de eliminar lipossacarídeos e *smear layer* (FERRAZ *et al.*, 2007).

QUADRO 1: COMPARAÇÃO DAS PROPRIEDADES DO HIPOCLORITO DE SÓDIO 2,5% E CLOREXIDINA 2% COMO IRRIGANTES

| CARACTERÍSTICAS | HIPOCLORITO DE SÓDIO 2,5% | CLOREXIDINA 2% |
|--|----------------------------------|-----------------------|
| Amplo espectro de ação | NÃO | SIM |
| Efeito bacteriostático | NÃO | SIM |
| Efeito bactericida | SIM | SIM |
| Biocompatibilidade | NÃO | SIM |
| Substantividade | NÃO | SIM |
| Dissolução de tecido pulpar | SIM | NÃO |
| Eliminação de lipopolissacarídeos | NÃO | NÃO |
| Remoção de smear layer | NÃO | NÃO |

Fonte: CRESPO *et al.*, 2020.

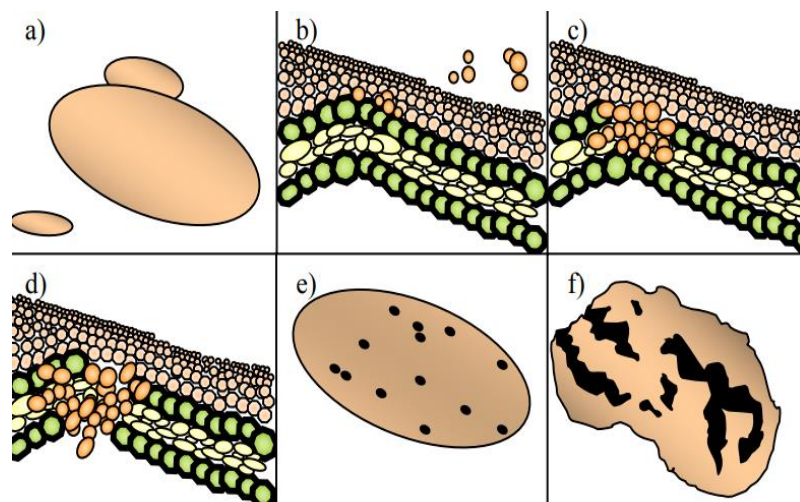
d) Ozônio

O ozônio é um gás natural conhecido por agir como um forte agente antimicrobiano contra bactérias, fungos e vírus. É geralmente aceito que o potencial oxidante do ozônio induz a destruição das paredes celulares e membranas citoplasmáticas de bactérias e fungos (SILVA *et al.*, 2020).

Segundo Azarpazhooh e Limeback (2008), o ozônio ataca as glicoproteínas, glicolípídeos e outros aminoácidos presentes nas células, inibindo e bloqueando seu sistema de controle enzimático. Resultando na permeabilidade da membrana.

O ozônio provoca a destruição dos microrganismos por danos principalmente à membrana citoplasmática das células, como consequência da ozonólise e também por provocar alterações no conteúdo intracelular devido ao efeito oxidante secundário, levando à oxidação ou perda de proteína da função de organela. O ozônio atua como um forte antioxidante, levando ao efeito desinfetante, rompendo a membrana celular do microrganismo, não produzindo subprodutos tóxicos (SEN; SEN, 2020).

Figura 4. Bactéria em lise durante a desinfecção com ozônio.



a) a membrana celular é o primeiro local a ser atacado; **b)** o ozônio ataca glicoproteínas, glicolípídeos ou certos aminoácidos, e também atua sobre os grupos sulfidríla de certas enzimas; **c)** o efeito do ozônio na parede celular começa a se tornar aparente; **d)** a célula bacteriana começa a se decompor após entrar em contato com o ozônio; **e)** a membrana celular é perfurada durante este processo; **f)** a célula se desintegra ou sofre lise celular.

Fonte: Rojas-Valencia, 2011.

De acordo com Rojas-Valencia (2011), devido às suas propriedades oxidantes, o ozônio é considerado um dos microbicidas conhecidos mais rápidos e eficientes. Pode quebrar a membrana celular ou protoplasma, habilitando a reativação celular de bactérias, coliformes, vírus e protozoários, atacando principalmente ácidos graxos insaturados, ácidos graxos lipídicos, glicoproteínas, glicolípídeos, aminoácidos e

grupos sulfidrilo de algumas enzimas. Devido a essa característica oxidante, o ozônio possui essa característica antimicrobiana sem induzir resistência aos medicamentos.

O ozônio produz radicais livres que estimulam as mitocôndrias a produzirem adenosina trifosfato (ATP) aumentando a viabilidade celular, além de permitir a regeneração e aumento da atividade funcional dos tecidos devido a ativação da síntese de proteínas nas células, propriedades importantes para o reparo tecidual (NOGALES *et al.*, 2016; SEN; SEN, 2020).

O ozônio funciona melhor quando há menos resíduos orgânicos remanescentes (LYNCH, 2008). O uso clínico pode ser gás, solução aquosa e óleo (NAGAYOSHI *et al.*, 2004). Segundo Hubbezoglu *et al.* (2014) a desvantagem mais importante do ozônio aquoso é sua concentração instável por muito tempo.

e) Aplicação do ozônio na endodontia

Nos estudos feitos por Nagayoshi *et al.* (2004), diversos cultivos de microrganismos bucais foram submetidos a água ozonizada, com o intuito de mostrar seu potencial em eliminar os patógenos bucais, Gram-positivos e Gram-negativos, e determinar sua facilidade e segurança no manuseio. Os resultados mostraram que a água ozonizada foi altamente eficaz na eliminação de microrganismos orais Gram-positivos e Gram-negativos. As bactérias Gram-negativas, como a bactéria endodontopática *Porphyromonas endodontalis* e a bactéria periodontopática *Porphyromonas gingivalis*, foram substancialmente mais sensíveis à água ozonizada do que os estreptococos orais Gram-positivos e *Candida albicans* em cultura pura. Como conclusão, observaram que a água ozonizada foi eficaz para matar microrganismos orais Gram-positivos e Gram-negativos.

Em 2007, Estrela *et al.*, avaliou 30 dentes humanos anteriores superiores que foram inoculados cepas de *Enterococcus faecalis*. Os dentes foram distribuídos aleatoriamente a quatro grupos experimentais e dois grupos de controle, de acordo com os irrigantes testados: Grupo 1: água ozonizada; grupo 2: ozônio gasoso; grupo 3: 2,5% NaOCl; grupo 4: digluconato de clorexidina 2%; grupo 5: controle positivo; grupo 6: controle negativo. Esta pesquisa teve o intuito de mostrar a capacidade antimicrobiana do ozônio como solução irrigante na terapia endodôntica. Como resultado, nenhuma solução usada como irrigante em um tempo de contato de 20

minutos demonstrou um efeito antimicrobiano contra *Enterococcus faecalis*. Concluíram que a irrigação, de canais radiculares humanos infectados, com água ozonizada, NaOCl 2,5%, clorexidina 2% e aplicação de ozônio gasoso por 20 min não foi suficiente para inativar *Enterococcus faecalis*.

O estudo feito por Noites *et al.* (2014), teve como objetivo determinar se a irrigação com hipoclorito de sódio, clorexidina e gás ozônio, isoladamente ou em combinação, foi eficaz contra *Enterococcus faecalis* e *Candida albicans*. Foi utilizado neste estudo, 220 dentes humanos extraídos com raiz única, inoculados com os *Enterococcus faecalis* e *Candida albicans*. Os irrigantes utilizados foram hipoclorito de sódio a 1%, 3% e 5%, clorexidina a 0,2% e 2% e gás ozônio aplicado por diferentes períodos de tempo (24, 60, 120 e 180 segundos). Como resultado obteve-se que tanto o hipoclorito de sódio, a clorexidina e o ozônio gasoso isoladamente foram ineficazes na eliminação completa dos microrganismos. O protocolo envolvendo o sinergismo entre o gás ozônio e NaOCl 5% por até 180 segundos, não apresentou diferenças significativas quando comparado ao uso das substâncias de forma isolada. No entanto, os resultados indicam uma grande atividade antimicrobiana ao se utilizar clorexidina 2% seguida por ozônio gasoso, mesmo apenas por 24 segundos, tendo uma eliminação completa dos microrganismos.

Hubbezoglu *et al.* (2014) teve como objetivo avaliar e comparar o efeito antibacteriano do ozônio aquoso em diferentes concentrações (8 ppm, 12 ppm e 16 ppm) e comparar as técnicas de aplicação do ozônio aquoso (manual e com auxílio do ultrassom) em canais radiculares humanos contaminados com *Enterococcus faecalis*. Foram selecionados 80 pré-molares uniradiculares. Os dentes foram divididos em quatro grupos principais, cada um com 20 membros: grupo NaOCl (controle positivo); Grupo de ozônio aquoso de 8 ppm (parte por milhão); Grupo de ozônio aquoso de 12 ppm; e grupo de ozônio aquoso de 16 ppm. Enquanto metade das amostras foram desinfetadas com ozônio aquoso pela técnica manual, a outra metade foi desinfetada com ozônio aquoso pela técnica ultrassônica. Concluíram que o efeito antibacteriano do ozônio aquoso a 16 ppm usando uma técnica manual não teve um efeito suficiente, porém quando associado a técnica de aplicação ultrassônica, resultou na desinfecção completa dos canais radiculares.

No estudo *ex vivo* feito por Pinheiro *et al.* (2018), avaliaram a eficácia antimicrobiana, do hipoclorito de sódio 2,5%, clorexidina 2% e água ozonizada em biofilmes de *Enterococcus faecalis*, *Streptococcus mutans*, e *Candida albicans* em sessenta molares inferiores com canais radiculares méso-vestibulares com severa curvatura. Como resultado, todos os grupos mostraram redução significativa do biofilme após a irrigação. Concluindo que todos os irrigantes testados (hipoclorito de sódio 2,5%; clorexidina 2%; água ozonizada; e água bidestilada) mostraram atividade antimicrobiana semelhante.

Silva *et al.* (2020) em sua revisão sistemática, o efeito da terapia com ozônio na desinfecção do canal radicular, analisou a redução da carga de microrganismos para pacientes em tratamento de canal radicular, utilizando a terapia com ozônio em comparação às técnicas convencionais quimiomecânica usando NaOCl. Foram selecionados para tal estudo, artigos das bases de dados eletrônicas *PubMed*, *Science Direct*, *Scopus*, *Web of Science* e *Open Gray* publicados até 2 de novembro de 2018, sendo excluídos as revisões, cartas, artigos de opinião, resumos de congressos, estudos realizados em animais, estudos que incluíram dentes artificiais e estudos nos quais não foi possível recuperar as taxas de redução da contagem de microrganismos, totalizando 11 artigos selecionados para análise. Concluíram que a terapia com ozônio como alternativa ao NaOCl possibilitou menor efeito antimicrobiano, não sendo capaz de corresponder aos efeitos alcançados pelo NaOCl em nenhum dos estudos avaliados.

5- Discussão

A utilização das soluções irrigadoras durante a instrumentação endodôntica é fundamental para o controle antimicrobiano, além de ter efeito adstringente à matéria orgânica (TORABINEJAD *et al.* 2010; ESTRELA *et al.* 2014).

A busca pela solução ideal (ser solvente de tecido orgânico, ser solvente de tecido inorgânico, ter ação antimicrobiana, não apresentar toxicidade, ter baixa tensão superficial e possuir propriedades lubrificantes) é motivo de muitas pesquisas, sem total sucesso. O que se tem observado é uma tendência em associar compostos capazes de promover a desinfecção completa dos canais radiculares. Dentre as

possibilidades de associações aparece o ozônio (BIAŁOSZEWSKI *et al.* 2010; TORABINEJAD *et al.* 2010).

A incorporação do ozônio como terapia complementar ao protocolo endodôntico mostrou melhora na reparação tecidual, devido ao aumento da circulação local e importante atividade antimicrobiana (NOGALES *et al.*, 2019; SILVA *et al.*, 2020).

O efeito antimicrobiano do ozônio resulta da oxidação de componentes celulares microbianos, justificando-o como uma nova opção do agente irrigante com ação antimicrobiana (ESTRELA *et al.*, 2007).

Nas infecções endodônticas primárias, há uma predominância de bactérias anaeróbias Gram-negativas. A toxicidade do oxigênio proveniente da ozonólise provoca inativação das bactérias anaeróbias (Estrela *et al.* 2007). Além de que, a capacidade antioxidante do ozônio é capaz de provocar o rompimento da membrana celular dos microrganismos, fator este importante na sua ação desinfetante (SEN; SEN, 2020).

O hipoclorito de sódio 2,5% e a clorexidina 2% são as soluções irrigadoras mais comumente usadas no preparo químico dos canais radiculares, por isso, a maioria dos estudos comparam a atividade antimicrobiana destas soluções com o ozônio, além de analisarem a possibilidade do uso concomitante a estas soluções (PINHEIRO *et al.*, 2018).

Nagayoshi *et al.* (2004) observaram que a água ozonizada tinha quase a mesma atividade antimicrobiana que o NaOCl a 2,5% durante a irrigação, especialmente quando combinada com ultrassom, além de um baixo nível de toxicidade contra células em cultura.

Os resultados obtidos por Estrela *et al.* (2007) e por Pinheiros *et al.* (2018) concluíram que a irrigação com ozônio em canais radiculares humanos infectados com *Enterococcus faecalis* não apresentaram valores diferentes significativos quando comparados a eficiência antimicrobiana da irrigação com NaOCl 2,5% e com a CHX 2%.

O uso do hipoclorito de sódio associado ao ozônio não mostra diferenças significativas em relação à ação microbiana das soluções, quando comparadas ao uso individualizado de cada uma, no entanto o sinergismo do ozônio com a clorexidina a 2% mostra-se mais eficiente na eliminação total do *Enterococcus faecalis* em um curto período de tempo (NOITES *et al.*, 2014).

O desempenho do ozônio está fortemente associado ao protocolo de aplicação utilizado: é dependente da dose, do tempo e da cepa bacteriana, além da correlação com o uso de fontes complementares de desinfecção (SILVA *et al.*, 2020).

Os melhores resultados de desinfecção são encontrados quando se tem maiores concentrações de gás ozônio, em períodos mais longos de aplicação, além de que a recomendação é usar água ozonizada ou gás ozônio no final do processo de limpeza e modelagem (LYNCH, 2008; NOITES *et al.*, 2014; SILVA *et al.*, 2020).

O ozônio tem diferentes efeitos antimicrobianos de acordo com os diferentes grupos de bactérias (Gram positivas e Gram negativas) o que acaba limitando seu uso. Várias questões sobre o efeito do ozônio na microbiota endodôntica permanecem obscuras, por exemplo, a concentração ideal de ozônio, sua profundidade de ação nos túbulos dentinários e o momento ideal para atingir a eficácia antimicrobiana plena. Outros limitantes são a falta de estudos clínicos e a variedade de protocolos de aplicação do ozônio (ESTRELA *et al.*, 2007; SILVA *et al.*, 2020).

6- Considerações finais

Através das revisões realizadas nesse trabalho, pode-se concluir que a ozonioterapia se mostra eficaz no combate de microrganismos, sendo promissor trabalhá-la como adjuvante no preparo químico do tratamento endodôntico, devido aos seus efeitos bioestimuladores, sua ação antimicrobiana e sua biocompatibilidade.

No entanto, a utilização do ozônio como solução irrigadora de forma isolada na terapia endodôntica não se mostrou eficiente.

Sendo assim, são necessários mais estudos, a fim de esclarecer suas propriedades físicas, químicas e biológicas na atividade antimicrobiana e na ação do reparo dos tecidos periapicais, além de estabelecer um protocolo para seu clínico.

Referências

AJETI, N. *et al.* *The effect of gaseous ozone in infected root canal.* **Open Access Macedonian Journal of Medical Sciences**, v. 6, n. 2, p. 389–396, 2018.

ALGHAMDI, F.; SHAKIR, M. *The Influence of Enterococcus faecalis as a Dental Root Canal Pathogen on Endodontic Treatment: A Systematic Review.* **Cureus**, n. March, 2020.

AZARPAZHOOH, A.; LIMEBACK, H. *The application of ozone in dentistry: A systematic review of literature.* **Journal of Dentistry**, v. 36, n. 2, p. 104–116, 2008.

BIAŁOSZEWSKI, D. *et al.* *Antimicrobial activity of ozonated water.* **Case Reports and Clinical Practice Review**, v. 16, n. 9, p. 71–75, 2010.

CRESPO, G. D. *et al.* *SOLUÇÕES IRRIGADORAS, HIPOCLORITO X CLOREXIDINA: UMA REVISÃO DE LITERATURA.* In: VI FÓRUM CRO JOVEM “FORMEI, E AGORA?”, 4., 2020, p. 121 - 121 Vitória, Conselho Regional do Espírito Santo. **Anais eletrônicos**. Disponível em: www.croes.org.br/imagens/gerais/Anais_VIForumCROJovem_2020.pdf. Acesso em: 10 setembro 2021.

ESTRELA, C. *et al.* *Antimicrobial efficacy of ozonated water, gaseous ozone, sodium hypochlorite and chlorhexidine in infected human root canals.* **International Endodontic Journal**, v. 40, n. 2, p. 85–93, 2007.

ESTRELA, C. *et al.* *Characterization of successful root canal treatment.* **Brazilian Dental Journal**, v. 25, n. 1, p. 3–11, 2014.

FERNANDES, K. G. C. *et al.* *Ozonioterapia como coadjuvante na irrigação do sistema de canais radiculares.* **Research, Society and Development**, v. 10, n. 1, 2021.

FERRAZ, C. C. R. *et al.* *Comparative study of the antimicrobial efficacy of chlorhexidine gel, chlorhexidine solution and sodium hypochlorite as endodontic irrigants.* **Brazilian Dental Journal**, v. 18, n. 4, p. 294–298, 2007.

HUBBEZOGLU, I. *et al.* *Antibacterial efficacy of aqueous ozone in root canals infected by Enterococcus faecalis.* **Jundishapur Journal of Microbiology**, v. 7, n. 7, p. 10–15, 2014.

LOPES, H. P.; SIQUEIRA, J. F. **Endodontia- Biologia e Técnica**. 4. ed. Rio de Janeiro – RJ: Elsevier, 2015.

LYNCH, E. *Evidence-based efficacy of ozone for root canal irrigation.* **Journal of Esthetic and Restorative Dentistry**, v. 20, n. 5, p. 287–293, 2008.

NAGAYOSHI, M. *et al.* *Efficacy of ozone on survival and permeability of oral microorganisms.* **Oral Microbiology and Immunology**, v. 19, n. 4, p. 240–246, 2004.

NEELAKANTAN, P. *et al.* *Biofilms in Endodontics—Current status and future directions.* **International Journal of Molecular Sciences**, v. 18, n. 8, 2017.

NG, Y.-L. *et al.* *Outcome of primary root canal treatment: Systematic review of the literature - Part 2. Influence of clinical factors.* **International Endodontic Journal**, v. 41, n. 1, p. 6–31, 2008.

NOGALES, C. G. *et al.* *Ozone therapy as an adjuvant for endodontic protocols: Microbiological – Ex vivo study and cytotoxicity analyses.* **Journal of Applied Oral Science**, v. 24, n. 6, p. 607–613, 2016.

NOGALES, C. G. *et al.* *Ozone therapy: adjuvant to endodontic treatment in a subluxation case – case report.* **Ozone Therapy Global Journal**, v. 9, n. 1, p. 161–169, 2019.

NOITES, R. *et al.* *Synergistic antimicrobial action of chlorhexidine and ozone in endodontic treatment.* **BioMed Research International**, v. 2014, 2014.

PELKA, M.; PETSCHERT, A. *Permanent mimic musculature and nerve damage caused by sodium hypochlorite: a case report.* **Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology, Oral Radiology and Endodontology**, v. 106, n. 3, p. 80–83, 2008.

PINHEIRO, S. L. *et al.* *Antimicrobial efficacy of 2.5% sodium hypochlorite, 2% chlorhexidine, and ozonated water as irrigants in mesiobuccal root canals with severe curvature of mandibular molars.* **European Journal of Dentistry**, v. 12, n. 1, p. 94–99, 2018.

ROJAS-VALENCIA, M. N. *Research on ozone application as disinfectant and action mechanisms on wastewater microorganisms.* **Science against microbial pathogens: communicating current research and technological advances**, v. 1, n. August, p. 263–271, 2011.

SEN, S.; SEN, S. *Ozone therapy a new vista in dentistry: Integrated review.* **Medical Gas Research**, v. 10, n. 4, p. 189–192, 2020.

SILVA, E. J. N. L. *et al.* *The effect of ozone therapy in root canal disinfection: a systematic review.* **International Endodontic Journal**, v. 53, n. 3, p. 317–332, 2020.

SIQUEIRA JR, J. F. *et al.* *Princípios biológicos do tratamento endodôntico de dentes com polpa necrosada e lesão perirradicular.* **Revista Brasileira de Odontologia**, v. 69, n. 1, p. 8–14, 2012.

SIQUEIRA JUNIOR, J. F. *et al.* *Unprepared root canal surface areas: Causes, clinical implications, and therapeutic strategies.* **Brazilian Oral Research**, v. 32, p. 1–19, 2018.

STOLL, R. *et al.* *The disinfecting effect of ozonized oxygen in an infected root canal: An in vitro study.* **Quintessence international (Berlin, Germany : 1985)**, v. 39, n. 3, p. 231–236, 2008.

SUNDQVIST, G. *Ecology of the root canal flora*. **Journal of Endodontics**, v. 18, n. 9, p. 427–430, 1992.

TORABINEJAD, M.; WALTON, R. **Endodontia - Princípios e Prática**. 4. ed. Rio de Janeiro – RJ: SAGE Publications, 2010. (TORABINEJAD; WALTON, 2010)