

FACULDADE NOVA ESPERANÇA DE MOSSORÓ - FACENE/RN
BACHARELADO EM ODONTOLOGIA

SHENYA OLIVEIRA FREITAS

**OZONIOTERAPIA COMO TÉCNICA ADJUVANTE À IRRIGAÇÃO NA
DESINFECÇÃO DO SISTEMA DE CANAIS RADICULARES**

MOSSORÓ/RN

2021

SHENYA OLIVEIRA FREITAS

**OZONIOTERAPIA COMO TÉCNICA ADJUVANTE À IRRIGAÇÃO NA
DESINFECÇÃO DO SISTEMA DE CANAIS RADICULARES**

Monografia apresentada à Faculdade Nova
Esperança de Mossoró (FACENE/RN) como
requisito para obtenção do título de Bacharel
em Odontologia.

ORIENTADORA: Prof.^a Dra. Tatiana
Oliveira Souza

MOSSORÓ/RN

2021

Faculdade de Enfermagem Nova Esperança de Mossoró/RN – FACENE/RN.
Catalogação da Publicação na Fonte. FACENE/RN – Biblioteca Sant'Ana.

F866o Freitas, Shenyra Oliveira.

Ozonioterapia como técnica adjuvante à irrigação na
desinfecção do sistema de canais radiculares / Shenyra
Oliveira Freitas. – Mossoró, 2021.

38 f. : il.

Orientador: Profa. Dra. Tatiana Oliveira de Souza.
Monografia (Graduação em Odontologia) – Faculdade de
Enfermagem Nova Esperança de Mossoró.

1. Ozônio. 2. Cavidade pulpar. 3. Adjuvante. 4.
Endodontia. I. Souza, Tatiana Oliveira de. II. Título.

CDU 616.314

SHENYA OLIVEIRA FREITAS

**OZONIOTERAPIA COMO TÉCNICA ADJUVANTE À IRRIGAÇÃO NA
DESINFECÇÃO DO SISTEMA DE CANAIS RADICULARES**

Monografia apresentada à Faculdade Nova
Esperança de Mossoró (FACENE/RN) como
requisito para obtenção do título de Bacharel
em Odontologia.

Aprovado em: ___/___/___

BANCA EXAMINADORA

Prof.^a Dra. Tatiana Oliveira Souza

Faculdade Nova Esperança De Mossoró - FACENE/RN

Prof.^a Dra. Mariana Linhares Almeida

Faculdade Nova Esperança De Mossoró - FACENE/RN

Prof.: Dr. Isaac Jordão de Souza Araújo

Faculdade Nova Esperança De Mossoró - FACENE/RN

RESUMO

O tratamento endodôntico convencional tem como objetivo primário o alívio da dor e cura periapical. Para isso, meios mecânicos de instrumentação e químicos de desinfecção de canais radiculares infectados são empregados buscando diminuir a viabilidade bacteriana e de seus produtos. Todavia, mesmo com toda a tecnologia disponível dos instrumentos e equipamentos utilizados, é praticamente impossível a obtenção de substrato radicular interno livre de microrganismos, o que eventualmente contribui para a ocorrência de insucesso. Nessa perspectiva, a importância sobre os resultados conseguidos através de novos métodos de irrigação, bem como protocolos que potencializam suas atividades, ganharam mais enfoque nos últimos anos. O objetivo geral do presente trabalho foi investigar na literatura como o ozônio pode potencializar o efeito químico das soluções irrigadoras na desinfecção dos canais radiculares. Através de uma revisão integrativa da literatura após a determinação dos seguintes descritores em saúde: ozônio, cavidade pulpar, adjuvante, endodontia, as bases de dados PubMed, LILACS e SCIELO foram consultadas, onde foi possível identificar um total de 107 trabalhos, os quais passaram pelos critérios de inclusão e exclusão restando um total de 14 artigos. Os resultados confirmam sobre a capacidade adjuvante do efeito antibacteriano do ozônio durante a terapia Endodôntica, mostrando-o como uma solução promissora também para situações clínicas específicas como o tratamento de elementos com rizogênese incompleta e as atuais terapias regenerativas.

Palavras chaves: Ozônio. Cavidade pulpar. Adjuvante. Endodontia.

ABSTRACT

Conventional endodontic treatment is primarily aimed at pain relief and periapical healing. For that, mechanical and chemical instrumentation of disinfection of infected root canals are used in order to reduce the bacterial viability and its products. However, even with all the available technology of the instruments and equipment used, it is practically impossible to access the internal root substrate free of microorganisms, which eventually contributes to the occurrence of failure. From this perspective, the importance of the results achieved through new irrigation methods, as well as protocols that enhance their activities, have gained more focus in recent years. Through an integrative literature review after determining the following health descriptors: ozone, pulp cavity, adjuvant, endodontics, such as PubMed, LILACS and SCIELO databases were consulted, where it was possible to identify a total of 107 works, which passed by the inclusion and exclusion criteria, leaving a total of 14 articles. The results confirm the adjuvant capacity of the antibacterial effect of ozone during endodontic therapy, showing it as a promising solution also for specific clinical situations such as the treatment of elements with incomplete rhizogenesis and current regenerative therapies.

Keywords: Ozone. Pulp cavity. Adjuvant. Endodontics.

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ATP	Trifosfato de adenosina
Ca(OH) ₂	Hidróxido de cálcio
CD	Cirurgião-dentista
CEP	Comitê de Ética em Pesquisa
CHX	Clorexidina
Cl ⁻	Cloreto
DeCS	Descritores em Ciências da Saúde
HOCl	Ácido hipocloroso
LPS	Lipopolissacarídeos
MIC	Medicação intracanal
Micro-TC	Microtomografia computadorizada
MMPs	Metaloproteinase da matriz extracelular
NaOCl	Hipoclorito de sódio
NaOH	Hidróxido de sódio
O ₂	Oxigênio
O ₃	Ozônio
PBE	Prática Baseada em Evidências
SCR	Sistema de canais radiculares
SQA	Substância química auxiliar
TD	Túbulos dentinários
UV	Raios ultravioletas

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	6
1.1	PROBLEMATIZAÇÃO	7
1.2	JUSTIFICATIVA	8
1.3	OBJETIVOS	8
1.3.1	Geral	8
1.3.2	Específicos	8
2	REVISÃO DE LITERATURA	9
2.1	PREPARO BIOMECÂNICO DOS CANAIS RADICULARES	9
2.2	OZONIOTERAPIA NA IRRIGAÇÃO DOS CANAIS RADICULARES	10
2.2.1	O que é ozônio?.....	10
2.2.2	Geração do ozônio para uso clínico	11
2.2.3	Mecanismos de ação da molécula O ₃	12
2.3.4	Cuidados durante a aplicação da ozonioterapia	13
2.2.5	Ozonioterapia na endodontia	14
2.2.6	Principais características adjuvantes do O ₃	15
3	CONSIDERAÇÕES METODOLÓGICAS	16
3.1	TIPO DE PESQUISA	16
3.2	LOCAL DE PESQUISA.....	17
3.3	POPULAÇÃO E AMOSTRA	17
3.4	PROCEDIMENTO DE COLETA DE DADOS	17
3.5	ANÁLISE DOS DADOS.....	18
4	RESULTADOS E DISCUSSÃO	18
5	CONCLUSÃO	31
	REFERÊNCIAS	32

1 INTRODUÇÃO

A endodontia é área da Odontologia responsável por tratar as doenças pulpare e perirradiculares que são causadas na maioria das vezes por microrganismos. A terapia endodôntica tem como objetivos principais atuar na prevenção e controle da dor e propiciar a cura periapical (MIRANDA; COLOMBO, 2018). Em uma menor taxa de incidência, o insucesso do tratamento endodôntico têm como principal causa a persistência de microrganismos viáveis. Mesmo quando os protocolos da terapia são bem executados, a complexa anatomia do sistema de canais radiculares impossibilita que os instrumentos toquem em totalidade as paredes dos canais, fazendo com que permaneçam em seu interior bactérias e tecido orgânico (SIQUEIRA *et al.*, 2018). O que pode comprometer de maneira significativa o sucesso da terapia (CAMARGO, 2016).

É comprovado que mesmo com toda a tecnologia incorporada aos instrumentos mais recentes, o preparo mecânico realizados por eles deixa ainda regiões intocados no interior do próprio canal principal. Com estudos que comprovam que a maior parte do volume dos canais permanece livre da ação mecânica das limas, a irrigação ganhou grande enfoque científico e clínico, tanto por seu efeito físico - através do fluxo seguido de aspiração -, como por seu efeito químico de desinfecção. E assim, várias pesquisas buscam esclarecer as propriedades das soluções e formas de intensificar sua ação (CAMARGO, 2016).

O ozônio (O_3) é um composto químico gasoso formado por três átomos de oxigênio e está presente naturalmente na atmosfera. Por ser uma substância altamente oxidante, o mesmo é um potente antimicrobiano, antiviral e antifúngico que possui uma forte ação bioestimuladora sobre o sistema imunológico. Foi inserido como agente terapêutico pela primeira vez por um químico alemão em 1840, e na Odontologia pelo Cirurgião-Dentista Edwin Parr em 1920, como um agente complementar ao tratamento de abscessos dento-alveolares (SARASWATHI *et al.*, 2016).

Visando a busca por agentes antimicrobianos biocompatíveis e que possam potencializar os efeitos da desinfecção química, o ozônio atualmente se apresenta como uma opção emergente na Endodontia. Sendo capaz de atuar contra os microrganismos presentes nas doenças pulpare e periapicais, além de eficaz desinfetante, o mesmo é biocompatível aos

tecidos vivos, proporciona uma desejável bioestimulação do sistema imunológico e oxigenação sanguínea, a qual auxilia a cicatrização periapical (SARASWATHI *et al.*, 2016).

Podendo ser empregado na forma de gás, água ou óleo ozonizado. Estudos comprovam que quando comparado às soluções irrigadoras mais comumente utilizadas, levando em consideração a eliminação dos principais microrganismos endodônticos, o ozônio consegue desempenhar atividade bactericida semelhante ao do hipoclorito de sódio (NaOCl) e clorexidina CHX (PINHEIRO SL *et al.*, 2018).

Devido a suas vantagens, também do ponto de vista sistêmico, e à ação de sinergia com as soluções acima citadas, o O₃ se mostra como uma promissora substância química adjuvante à etapa de irrigação do sistema de canais radiculares (SCR) (SARASWATHI *et al.*, 2016).

1.1 PROBLEMATIZAÇÃO

O hipoclorito de sódio vem sendo empregado na Endodontia a pelo menos quatro décadas. Devido ao seu excelente espectro antimicrobiano, a sua capacidade de inativar as endotoxinas bacterianas e potencial de dissolução tecidual, mesmo não apresentado biocompatibilidade aos tecidos periapicais, é a principal escolha entre clínicos e especialistas. Entretanto, a concentração ideal para que essa solução atinja os objetivos acima citados, ainda não é um consenso, nem se a mesma é viável para o uso com segurança, bem como se a tão almejada característica de solvência tecidual acontece clinicamente durante o tratamento. (VERMAN *et al.* 2019; ZAIA *et al.*, 2013).

Na perspectiva da busca por um irrigante ideal, novas soluções vêm sendo pesquisadas - tanto para substituir o uso do hipoclorito, como para potencializar os efeitos antibacterianos durante a terapia, - como é o caso da clorexidina e da terapia com o ozônio. Esse segundo se caracteriza como uma promissora substância irrigadora, por possuir ótimas propriedades locais e sistêmicas, com estudos mostrando que a molécula consegue ser até 1,5 vezes superior ao cloreto (Cl⁻) em termos de desinfecção. O O₃ tem ação contra os patógenos endodônticos, todavia, por não possuir o mesmo êxito no biofilme radicular faz com que seu uso seja preconizado em associação às substâncias como o NaOCl ou a CHX. Outro fator que pode colocar a ozonioterapia como um recurso não tão atrativo é a necessidade de investimentos nos equipamentos e curso de capacitação necessário para o exercício da terapia (SARASWATHI *et al.*, 2016; PRESTES *et al.*, 2020).

1.2 JUSTIFICATIVA

É comprovado cientificamente que os instrumentos endodônticos não são capazes de desbridar completamente o sistema de canais radiculares (SCR), principalmente por sua complexa anatomia - composta por canais achatados, laterais, acessórios, istmos, delta apicais, - fazendo com que a instrumentação aconteça apenas no canal principal, deixando intocadas ainda cerca de 10 a 80% das áreas pulpares (SIQUEIRA *et al.*, 2018).

Por conta disso, hodiernamente há uma tendência de estudos que visam a comparação entre as soluções irrigadoras, no intuito de potencializar o efeito das mesmas através da incorporação de novas filosofias para a irrigação dos canais (PASRICHA, *et al.* 2015).

Para que principalmente as áreas que não conseguem sofrer preparo mecânico tenham sua desinfecção alcançada, substâncias com alto potencial antimicrobiano e de dissolução tecidual se fazem necessárias. Ainda não existe uma substância química ideal, mas visando os objetivos da terapia endodôntica, a água ozonizada, por sua excelente atividade bactericida, biocompatibilidade, propriedades: analgésica, anti-inflamatória, bioestimuladora e de oxigenação sanguínea, faz despertar interesse sobre seu uso. Nesse sentido, estudos ganham enfoque e se fazem necessários já que a aplicabilidade da molécula dentro da Endodontia ainda não é consensual, bem como protocolos de produção e concentração para a aplicação ainda permanecem obscuros (HALBAUER *et al.*, 2013).

1.3 OBJETIVOS

1.3.1 Geral

- Investigar na literatura a capacidade do ozônio em potencializar o efeito químico das soluções irrigadoras na desinfecção dos canais radiculares.

1.3.2 Específicos

- Identificar as formas terapêuticas que possibilitam o uso do ozônio na Endodontia,

- Relatar o mecanismo de ação do ozônio,
- Identificar possíveis vantagens da aplicação do ozônio durante o tratamento do SCR.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 PREPARO BIOMECÂNICO DOS CANAIS RADICULARES

Sendo a principal causa de alterações pulpares irreversíveis, necrose e periodontite apical, a persistência de bactérias viáveis no interior dos canais radiculares também se constitui como fator primordial para o insucesso da terapia Endodôntica (SIQUEIRA *et al.*, 2018). É através do preparo químico-mecânico e medicação intracanal que o cirurgião-dentista (CD) busca a desinfecção do SCR, a eliminação de tecido orgânico necrótico e/ou inflamado e a modelagem do canal para receber a obturação que garantirá que uma provável reinfecção não ocorra (RÔÇAS *et al.*, 2016)

Entretanto, apesar de toda tecnologia incorporada aos instrumentos endodônticos, os mesmos não são capazes de desbridar a maior parte do volume do canal radicular. Estudos utilizando micro tomografia computadorizada (micro-TC) revelam que mesmo em canais principais circulares, cerca de 10% a 50% da área total do canal permanecem livre da ação dos instrumentos (SIQUEIRA *et al.* 2018). Esse percentual chega a ser maior em canais de anatomia mais complexa, como acontece com os achatados e/ou em forma de C, onde a porcentagem de recessos intocados pode variar de 10% a 80% das superfícies (SIQUEIRA *et al.* 2018).

Observando então a deficiência inerente à ação mecânica das limas dentro do próprio canal principal, as substâncias irrigadoras ganham maior importância científica e clínica para que a quantidade bacteriana e seus produtos, principalmente nas áreas não preparadas, sejam reduzidas a valores que impossibilitem a proliferação e consequente reinfecção do SCR (SIQUEIRA *et al.*, 2018).

Mesmo sendo impossível a obtenção de um canal estéril em decorrência da emaranhada anatomia radicular interna, estudos mostram que a partir de um preparo adequado e do uso de um irrigante com capacidade antibacteriana, que seja capaz de alcançar e desinfetar as regiões radiculares, existe a redução da viabilidade dos microrganismos que permanecem no canal mesmo após a obturação (RODRIGUES *et al.*, 2017).

Uma substância química idealmente deve possuir amplo espectro antimicrobiano contra microrganismos em biofilme ou não, seja capaz de inativar os produtos bacterianos, que evite a formação da smear layer durante o preparo ou a remova ao final do preparo, que tenha efeito lubrificante sobre os instrumentos, seja capaz de dissolver tecido orgânico remanescente, possua biocompatibilidade aos tecidos periodontais em casos de extrusão durante a irrigação, e não produza reações inflamatórias. Entretanto, ainda não existe uma substância que possua todas essas propriedades, fazendo com que haja atualmente a preconização da associação entre soluções, como forma de ativá-las durante seu uso para que sejam alcançados melhores percentuais de desinfecção (CAMARGO, 2016).

2.2 OZONIOTERAPIA NA IRRIGAÇÃO DOS CANAIS RADICULARES

2.2.1 O que é ozônio?

O ozônio é um gás presente na natureza composto por 3 (três) átomos de oxigênio. Presente em maior quantidade na estratosfera, ele é formado através de um processo natural de fotodissociação, onde as descargas dos raios ultravioleta (UV) sobre o oxigênio causam rupturas nas ligações químicas fazendo com que ocorra a liberação dos átomos, que imediatamente buscam novas ligações a outras moléculas de oxigênio presentes na camada, formando assim a forma triatômica de oxigênio (ABOZ, 2021).

Na natureza esse composto químico é conhecido basicamente por duas propriedades, a de proteger os organismos presentes na atmosfera – camada onde nos encontramos -, dos raios ultravioleta; e o de ser um mecanismo de “autolimpeza” da Terra, pois a medida que o ozônio se desloca da sua camada de origem (estratosfera) e vem para à atmosfera, é capaz de se ligar aos poluentes e purificar o ambiente (SARASWATHI *et al.*, 2016).

A molécula foi sintetizada em laboratório casualmente pelo químico alemão Christian Friedrich Schonbein em 1840, durante experimentos de eletrólise da água. O pesquisador reparou um odor característico constante quando ocorriam descargas elétricas sobre moléculas de O₂ e nomeou o novo gás de “ozein”, que vem do grego e significa “aquilo que cheira” ou “aquilo que tem odor”. Schonbein também foi o responsável por observar a capacidade desinfetante e oxidante do ozônio sobre micro-organismos (NESI, 2018).

O relato do primeiro uso do O₃ como agente terapêutico foi durante a Primeira Guerra Mundial, de acordo com as publicações da época, os médicos alemães tratavam os ferimentos de seus soldados com aplicação tópica de ozônio, obtendo resultados satisfatórios de cicatrização (SARASWATHI *et al.*, 2016). Na Odontologia foi inserido pelo CD alemão Dr. Edward A. Fisch, no ano de 1935, como antisséptico oral também no tratamento de feridas cirúrgicas, visando auxiliar o reparo tecidual. Esse mesmo CD foi responsável pelas primeiras publicações sobre o uso da substância. O ozônio é extremamente versátil e também pode ser aplicado em processos industriais e no tratamento de água, principalmente pelo forte efeito oxidante (SARASWATHI *et al.*, 2016). Como terapia, é aplicado de forma adjuvante aos tratamentos contra micro-organismos atualmente em todo o mundo e possui efeitos antissépticos, anti-inflamatórios, capacidade de modular o estresse oxidativo, melhorar a circulação periférica e a oxigenação sanguínea (ABOZ, 2021).

2.2.2 Geração do ozônio para uso clínico

Para ser incorporado aos métodos terapêuticos, faz-se necessária a aquisição de um gerador de gás ozônio. Dentre os processos conhecidos (sistema ultravioleta e sistema de plasma frio), o sistema de descarga corona é o mais utilizado para fins médicos e odontológicos, principalmente por ser fácil de operar e proporcionar concentrações moderadas do gás (SARASWATHI *et al.*, 2016).

Atualmente existem diversos geradores do O₃ disponíveis no mercado, desde aparelhos que promovem a ozonização de toda a água destilada utilizada nos consultórios até geradores portáteis para uso Odontológico, dentre esses equipamentos os portáteis são vantajosos por proporcionar a produção do gás no local no qual será utilizado (NESI, 2018).

Independentemente do tipo de gerador, o sistema de descarga corona é o mais comum para essa geração, onde a produção do O₃ se dá a partir do gás oxigênio medicinal que ao passar pelo gerador, o mesmo promove o lançamento de descargas elétricas de alta tensão sobre as moléculas de O₂, provocando a dissociação dos átomos (efeito corona), que após separados, logo se ligam ao oxigênio presente no ambiente do gerador, formando a substância triatômica que pode ser incorporada à água destilada ou óleos, e também aplicada à terapia na própria forma gasosa (PRESTES *et al.*, 2020).

Os geradores conseguem produzir uma mistura gasosa de concentrações de 0,05% a 5% de O₃ e 95% a 99,95% de O₂. Sendo uma molécula muito instável e de meia-vida curta (20-40 min), é recomendado que sua produção seja realizada no local de sua utilização, pois o armazenamento e transporte podem comprometer a concentração do O₃ anteriormente produzido (NESI, 2018).

2.2.3 Mecanismos de ação da molécula O₃

Após o processo de recombinação atômica proporcionado pelos geradores, o gás ozônio obtido pode ser incorporado à água ou a óleos, e também usado na forma gasosa se o equipamento assim permitir (SARASWATHI *et al.*, 2016).

Quanto às formas de aplicabilidade, a gasosa é que mais apresenta atividade contra bactérias, fungos e vírus. Entretanto, essa formulação perde em biocompatibilidade quando comparada as outras duas (aquosas e oleosas), além do mais, para tal aplicação são necessárias peças de mão acessórias específicas, como pontas de silicone por exemplo, que visam evitar o vazamento do gás e a consequente inalação durante a terapia, já que o ozônio ao ser inalado pode causar oxidação imediata das células responsáveis pela troca gasosa no sistema respiratório (SARASWATHI *et al.*, 2016).

O mecanismo de ação do ozônio se dá pela sua atividade extremamente oxidante contra os mais diversos microrganismos (bactérias, fungos, vírus e protozoários) (SARASWATHI *et al.*, 2016). Já que as células humanas possuem capacidade antioxidante, sua atividade antimicrobiana acontece seletivamente a essas células microbianas. Tal mecanismo é explicado pela proposição que o O₃ reage com os ácidos graxos presentes na membrana citoplasmática desses patógenos, e em um processo de ozonólise - quebra das ligações duplas -, ocasiona danos na permeabilidade celular (PRESTES *et al.*, 2020).

Esse processo gera espécimes oxidantes denominadas ozonídeos, que no citoplasma das bactérias, conseguem provocar prejuízos em cascata ao reagir com outros componentes, como: enzimas, proteínas, DNA e RNA, culminando na lise total dessas entidades patológicas. Sendo o seu efeito sobre as bactérias em específico o mais enaltecido nos trabalhos científicos (DING *et al.*, 2019).

A reação do ozônio contra os micro-organismos gera como subproduto apenas o O₂, que além de não ser tóxico às células humanas, provoca um efeito de oxigenação tecidual e sanguínea que naturalmente melhora o processo de cicatrização (NESI, 2018).

Um outro mecanismo de ação e indireto do O₃ é quanto a sua ação imunoestimuladora. Estudos mostram que a molécula possui efeitos sobre a proliferação de células de defesa, que em conjunto com ação de sensibilizar os patógenos, produz excelente complemento na atividade de desinfecção (SARASWATHI *et al.*, 2016).

Outra propriedade diz respeito à atividade analgésica e anti-inflamatória. O ozônio por ser um composto básico é atraído para o local da inflamação e/ou infecção (ácido) onde é capaz de oxidar os mediadores químicos inflamatórios da dor e assim inativá-los, fazendo com que exista a redução da sensação dolorosa. Quanto a ação anti-inflamatória, observa-se que a molécula beneficia a síntese e também neutralização dos principais agentes envolvidos na inflamação como: prostaglandinas, leucotrienos e interleucinas, o que faz com que o O₃ se apresente como importante modulador inflamatório (SARASWATHI *et al.*, 2016).

2.3.4 Cuidados durante a aplicação da ozonioterapia

As intercorrências durante a prática da ozonioterapia são raras, apenas 0,0007 casos por aplicação, ou seja, se todos os cuidados durante a manipulação da molécula forem tomados, bem como os protocolos de aplicação seguidos a prática é relativamente segura (SILVA; DRUMMOND, 2019).

Cuidados esses recaem sobre o gerador, onde um fotômetro padronizado consegue facilmente medir a quantidade de luz aplicada sobre o oxigênio e a concentração de produção do gás, assim como o armazenamento do composto em materiais ozônio-resistentes (silicone, vidro e teflon) evitando-se perder a taxa de O₃ produzida e sua consequente liberação no ambiente (SILVA; DRUMMOND, 2019).

A contraindicação absoluta do uso dessa terapia recai sobre pacientes gestantes, etilistas, anêmicos graves, hipotireoidismo, hipoglicemia, hemorragia e alergia ao ozônio. Em casos de inalação do gás, o paciente deve ser imediatamente deitado e deve idealmente receber gás oxigênio, assim como deve haver a administração de ácido ascórbico e vitamina E, ambos com ação antioxidante, e acetilcisteína, um fármaco expectorante que também estimula a produção

de moléculas que funcionam inativando os radicais livres liberados pelo ozônio (PRESTES *et al.*, 2020).

2.2.5 Ozonioterapia na endodontia

Inicialmente o ozônio foi empregado na Odontologia na forma de enxaguatório bucal antes de procedimentos cirúrgicos, e também no tratamento dos alvéolos. Posteriormente, principalmente por seu efeito microbicida e variadas apresentações de aplicação, foi inserido em praticamente todas as áreas odontológicas como substância adjuvante no tratamento das mais diversas condições bucais que envolvem microrganismos (NESI, 2018).

Por apresentar ação bactericida contra os principais patógenos envolvidos na microbiota das infecções endodônticas como a *Enterococcus faecalis*, *Candida albicans* e *Pseudomonas aeruginosa*, sua aplicação durante o tratamento ou retratamento dos canais radiculares pode ser realizado em sua forma de gasosa, aquosa e oleosa (SARASWATHI *et al.*, 2016).

O uso dessa substância pode ocorrer durante o momento da irrigação do SCR, de modo que após a recombinação atômica e produção do O₃, seja feita sua incorporação à água destilada para que assim o ozônio seja levado em meio aquoso, com o auxílio de seringas e agulhas ao interior dos canais sendo utilizando como irrigante principal ou complementar ao hipoclorito e clorexidina (PINHEIRO *et al.*, 2018).

Dessa mesma forma, o O₃ pode ser incorporado também a óleos como o azeite de oliva e óleo de girassol. Essa formulação quando inseridas nos protocolos de preparo mecânico promove a lubrificação dos instrumentos trazendo benefícios ao processo de instrumentação. Outra aplicação dessa apresentação terapêutica é sua utilização como veículo viscoso e biologicamente ativo para o hidróxido de cálcio (Ca(OH)₂) na medicação intracanal, ou ainda podendo até mesmo ser inserido isoladamente nessa etapa por apresentar capacidade antimicrobiana (PRESTES *et al.*, 2020).

A forma gasosa do ozônio também pode ser insuflada lentamente para o interior dos canais após o preparo químico-mecânico convencional ou até mesmo quando os condutos são irrigados com a água e óleo ozonizado. A injeção do gás nesse momento da terapia promoverá sua entrada pelos canais laterais, TD e ao ser extravasado via forame apical ter efeitos de estimulação ao reparo periapical (SARASWATHI *et al.*, 2016).

Apesar de estudos comprovarem que a forma gasosa possui maior poder antimicrobiano em relação a aquosa ou oleosa, para a endodontia a forma de preferência para aplicação recai sobre as últimas duas, pois o gás acaba perdendo em biocompatibilidade quando comparado as duas outras apresentações, e também pela segurança e facilidade de manuseio da molécula difundida por tais formas (SILVA *et al.*, 2019).

2.2.6 Principais características adjuvantes do O3

Para que um irrigante seja utilizado é importante que o mesmo tenha efeito bactericida sobre os microrganismos também organizados em biofilme, já que essas comunidades de organização permitem interações mais fortes entre as bactérias fazendo com que a desinfecção seja mais crítica nessas regiões. Devem também possuir capacidade de inativar suas endotoxinas, já que comprovadamente esses produtos bacterianos são causas de insucesso dos tratamentos (PRESTES *et al.*, 2020).

Nessa perspectiva, tanto o NaOCl, quanto a CXH, apresentam excelentes atividades sobre bactérias em biofilme ou não, bem como potencial de inativação dos lipopolissacarídeos (LPS). Essa última característica é relevante, ao passo que esses componentes promovem ativação do sistema imunológico e conseqüente persistência de processo inflamatório. Entretanto, os efeitos do ozônio sobre os biofilmes são controversos levando-o a ser atualmente aplicado como adjuvante aos dois irrigantes citados anteriormente (KUÇUK; YILDIRIM; ÇETINER, 2021).

Por não apresentar biocompatibilidade aos tecidos do periápice, o NaOCl tem seu uso limitado em casos de rizogênese incompleta ou reabsorções radiculares. Nesses casos o ozônio se apresenta como opção já que seu extravasamento sobre os tecidos periapicais não provocará danos celulares (BOCH *et al.*, 2016).

Estudos de avaliação da citotoxicidade de diferentes concentrações de água ozonizada em células da polpa com o objetivo de esclarecer a aplicabilidade desse irrigante nos casos de protocolos de regeneração pulpar foram desenvolvidos e os autores concluíram que o uso do NaOCl é importante por sua capacidade de desinfecção, mas que o ozônio em uma concentração de 2mg/L como substância química adjuvante proporciona efeitos de proliferação tecidual desejáveis e satisfatórios para ser empregado (KUÇUK; YILDIRIM; ÇETINER, 2021).

O hipoclorito não é contraindicado nesses casos, mas a preocupação sobre seus efeitos de desnaturação de proteínas dentinárias trazem a necessidade da incorporação de outros agentes que elevem de alguma maneira o índice de sucesso da terapia (BOCH *et al.*, 2016).

Uma outra propriedade importante quanto ao uso dessa terapia complementar diz respeito a sua biocompatibilidade. Durante seu uso na forma aquosa e/ou oleosa, o ozônio é extremamente compatível aos tecidos circundantes, diferentemente do NaOCl (VERMAN *et al.*, 2019). A CHX por sua vez, também pode trazer problemas se extravasada através do forame em concentrações e volumes elevados, como já relatado na literatura (CRUZ *et al.*, 2012).

Já as intercorrências durante a utilização do ozônio é relatado em casos onde acidentalmente houver a inalação do gás durante o processo de produção ou até mesmo durante a aplicação gasosa, mostrando-se ser extremamente danoso aos alvéolos pulmonares por oxidar as membranas e ativar toda a cascata inflamatória, causando prejuízos ao sistema respiratório (SILVA; DRUMMOND, 2019).

Um outro fator relevante que pode tornar a ozonioterapia pouco atrativa diz respeito a necessidade de investimento no equipamento e no curso de capacitação para o exercício da mesma (PRESTE *et al.*, 2020).

3 CONSIDERAÇÕES METODOLÓGICAS

3.1 TIPO DE PESQUISA

Esse estudo consiste em uma revisão integrativa da literatura que consegue englobar os mais diversos tipos de trabalhos (artigos, dissertações, teses etc.) para assim realizar um levantamento mais abrangente dos estudos.

Esse tipo de levantamento qualitativo é de interesse dos profissionais pois permite o entendimento de questões de importância clínica, assim como possibilita a inclusão de novos conhecimentos. A grande vantagem dessa revisão é a inserção de conhecimento com diferentes metodologias, que permite a comparação entre estudos teóricos e é excelente para análise de questões emergentes (YONEKURA *et al.*, 2019).

Para a execução da revisão as seguintes etapas foram seguidas minuciosamente: a) definição do tema e hipóteses; b) definição dos critérios de inclusão e exclusão dos estudos e amostragem sobre a busca na literatura; c) coleta das informações apanhadas nos estudos inicialmente selecionados; d) organização dos tipos de estudos; e) avaliação dos estudos incluídos; f) interpretação dos resultados; g) apresentação da revisão/síntese dos resultados (DONATO *et al.*, 2019).

3.2 LOCAL DE PESQUISA

Os trabalhos utilizados para a construção dessa revisão bibliográfica foram pesquisados nas bases de dados das plataformas digitais: PubMed, LILACS e SCIELO.

3.3 POPULAÇÃO E AMOSTRA

Para a busca dos artigos os Descritores em Ciências da Saúde – DeCS, foram consultados com os seguintes termos utilizados: ozônio, endodontia, adjuvante, cavidade pulpar. Esses mesmos termos foram combinados entre si na língua portuguesa, inglesa e espanhola.

Os filtros de intervalo dos anos de publicação (a partir de 2016), título e resumo foram preenchidos e selecionados para resultados das buscas mais direcionadas, encontrando-se inicialmente um total de 108 publicações, sendo estas 78 na base de dados PubMed, 28 no LILACS e 02 na SCIELO.

3.4 PROCEDIMENTO DE COLETA DE DADOS

Após coletados os trabalhos, um total de 07 publicações repetidas foram excluídos da amostra inicial. Com a leitura inicial do título e resumo dos artigos, foi aplicado os critérios de inclusão dos periódicos, que foram: artigos publicados no período de 2016 a 2021, sem

restrições de linguagem, de livre acesso, bem como dissertações, teses e monografias publicadas nos últimos cinco anos. Resultando em um total de 22 trabalhos elegíveis.

Os critérios de exclusão outrora determinados também foram aplicados, os quais englobavam: artigos que não possam ser consultados livremente na íntegra, ou que fujam da temática pré-definida, periódicos que não comparavam a atividade antimicrobiana do ozônio às soluções irrigadoras convencionais, artigos de relato de caso, assim como, artigos repetidos e incompletos também foram desconsiderados. Fornecendo portanto, uma amostra total de 14 trabalhos.

3.5 ANÁLISE DOS DADOS

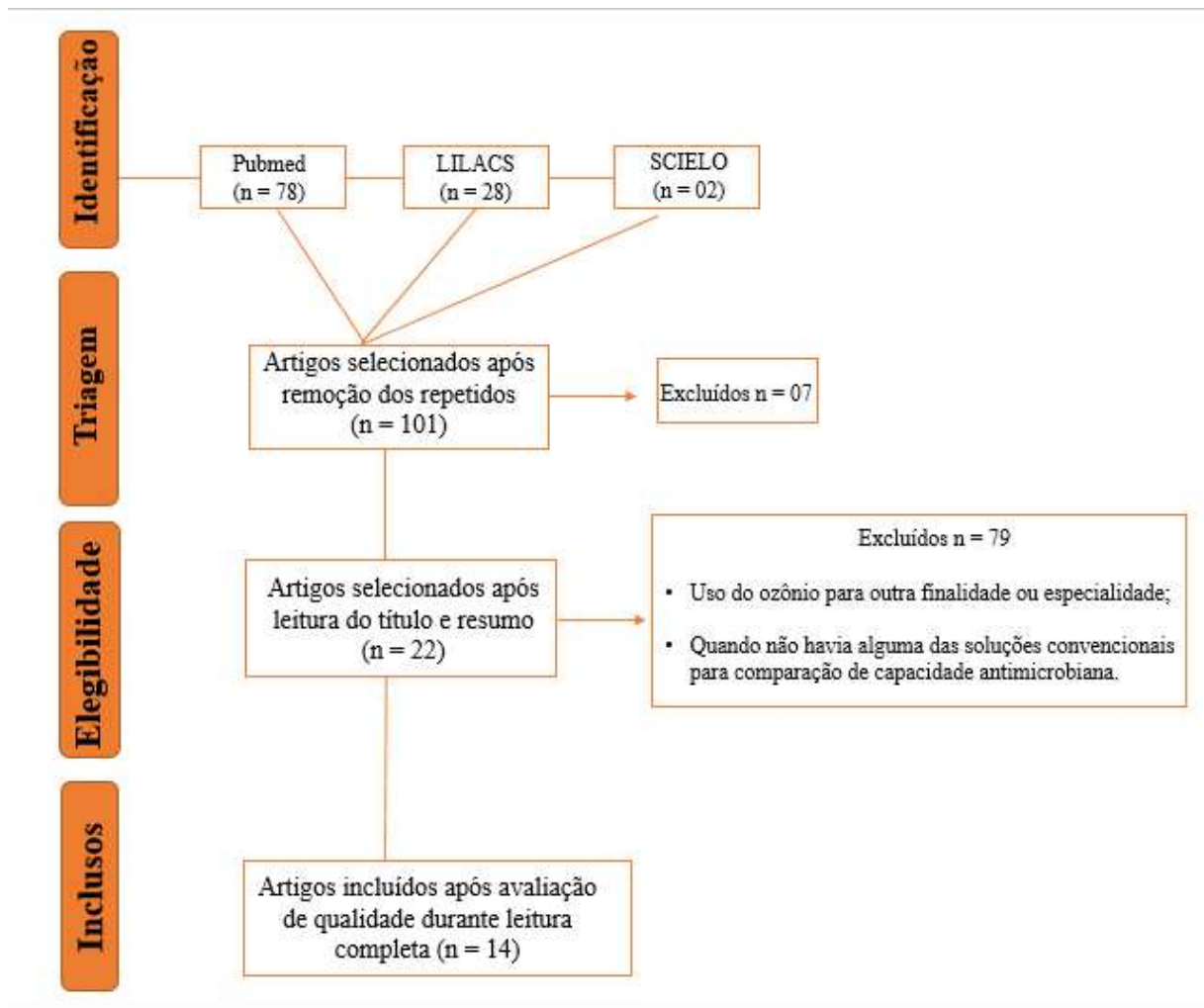
Os artigos pesquisados foram organizados em um quadro com as informações dos autores, ano de publicação, tipo de estudo, objetivo da pesquisa, metodologia aplicada e resultados obtidos, nessa ordem para serem facilmente entendidos, comparados, discutidos e consultados pelos leitores, com o objetivo de comprovar com os achados as hipóteses inicialmente desenhadas.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados obtidos pela busca nas bases de dados configuraram um total de 108 trabalhos. Após a exclusão das publicações repetidas, os critérios de inclusão foram aplicados através de uma leitura breve dos títulos e resumos dos artigos, resultando na integração de 22 artigos inicialmente. As estratégias desenhadas para a pesquisa dos dados estão apresentadas no fluxograma a seguir (Figura 01).

Os artigos elegíveis foram então lidos em sua íntegra, onde atentou-se para a maneira na qual a execução da metodologia foi aplicada às amostras, afim de se obter trabalhos relevantes e com resultados seguros. Essa análise mais crítica resultou na exclusão de 07 trabalhos. Totalizando uma amostra final de 14 publicações para a construção desta revisão integrativa.

FIGURA 01 – Fluxograma da estratégia de busca e inclusão dos trabalhos.



Fonte: Autoria Própria, 2021.

QUADRO 01 – Trabalhos incluídos

Autor / Ano	Tipo de estudo	Objetivos	Amostra e protocolo	Resultados
AJETI et al., 2018	<i>In vivo</i>	Associar cloreto de sódio 0,9%, hipoclorito de sódio 2,5%, clorexidina 2% e ozônio gasoso na irrigação dos canais radiculares.	40 pacientes <u>Grupo controle</u> (n = 10) o canal radicular foi irrigado apenas com NaCl a 0,9%. <u>Grupo 1</u> (n = 10) - desinfecção do canal radicular com ozônio	O ozônio gasoso combinado com irrigantes 0,9%, NaOCl 2,5% e CHX 2%, reduz o número de colônias de bactérias aeróbias e anaeróbias. Ressaltando a

			<p>gasoso combinado com NaCl a 9%. <u>Grupo 2</u> (n = 10) - desinfecção do canal radicular com ozônio gasoso + NaOCl 2,5% <u>Grupo 3</u> (n = 10) - desinfecção do canal radicular com ozônio gasoso + CHX 2%.</p>	<p>associação do ozônio + hipoclorito de sódio.</p>
BITTER, K. et al, 2017	<i>Ex vivo</i>	<p>Comparar os efeitos antibacterianos da desinfecção adjuvante usando laser de diodo e ozônio gasoso em comparação com curativos médicos de hidróxido de cálcio (Ca (OH)₂) e gel de clorexidina em biofilmes de <i>Enterococcus faecalis</i> em canais radiculares humanos <i>ex vivo</i>.</p>	<p>180 dentes humanos extraídos</p> <p>Foram infectados por <i>E. faecalis</i> e divididos em 3 grupos principais <u>Grupo 1</u> (controle); <u>Grupo 2</u> e irrigação com NaCl 0,9%; <u>Grupo 3</u> irrigação com NaOCl 1%. Foram aplicados: ozônio gasoso, laser de diodo e curativos médicos de Ca (OH)₂ ou CHX-Gel por 7 dias (n= 15) como terapias adjuvantes.</p>	<p>Ca (OH)₂ foi o método de desinfecção mais eficaz contra <i>E. faecalis</i> sem quaisquer protocolos de irrigação de suporte, mas a combinação de ozônio gasoso e irradiação a laser com irrigação de NaOCl e instrumentação do canal radicular resultou em reduções bacterianas comparáveis de <i>E. faecalis</i> à aplicação de curativos médicos.</p>

BOCH et al., 2016	<i>Ex vivo</i>	Comparar o efeito antimicrobiano do ozônio gasoso e substâncias convencionais contra a <i>Enterococcus faecalis</i> .	105 dentes foram infectados com a <i>E. faecalis</i> e incubados por 72 horas para que fosse formado o biofilme. As amostras foram divididas em 04 grupos: <u>Grupo 1</u> – Ozônio gasoso; <u>Grupo 2</u> – EDTA, <u>Grupo 3</u> - Hipoclorito de sódio 3%; <u>Grupo 4</u> – EDTA 20% e Grupo 5 – Ozônio + hipoclorito.	Nenhum dos protocolos conseguiu eliminar totalmente a bactéria, mas o ozônio apresentou eficácia na remoção da <i>E. faecalis</i> mesmo organizada em biofilme, mas foi inferior a ação do NaOCl 3% nessa ação.
ELSHINAWY, M. I. et al., 2018	<i>Ex vivo</i>	Investigar a atividade antimicrobiana do biofilme da quitosana (Ch-NPs), nanopartículas de prata (Ag-NPs), azeite de oliva ozonizado (óleo O ₃) separadamente ou combinados contra patógenos endodônticos.	Cinquenta e seis dentes foram divididos em oito grupos (n = 7) para testar os três medicamentos intracanais diferentes. <u>Grupo 1</u> - quitosana (Ch-NPs); Grupo 2- nanopartículas de prata (Ag-NPs); <u>Grupo 3</u> - azeite de oliva ozonizado (óleo O ₃); <u>Grupo 4</u> - grupo controle foi inoculado e mantido sem tratamento; <u>Grupo 5</u> - (grupo de controle negativo) em que o meio	Os resultados mostraram o O ₃ -óleo como composto mais seguro seguido por Ch-NPs. A combinação dupla de Ch-NPs e O ₃ -óleo reduziu o biofilme viável maduro nos espécimes com uma taxa de morte rápida, indicando uso potencial no tratamento de canais radiculares.

			estava livre de inóculo;	
KIST, S. et al., 2017	<i>Ex vivo</i>	Compara a eficácia de um gás ozônio ou protocolo de desinfecção NaOCl / CHX no tratamento de canal radicular com periodontite apical.	Sessenta dentes permanentes, dividido em 2 grupos. Ambos modelados e irrigados com NaOCl e EDTA + Medicação de Ca(OH) ₂ . <u>Grupo1</u> - gás ozônio (32 g m ⁻³) <u>Grupo2</u> - CHX 2% (anteriormente irrigado com NaOCl)	Os grupos testados não apresentaram diferença na redução bacteriana.
KÜÇÜK, F. et al., 2021	<i>In vitro</i>	Avaliar citotoxicidade de diferentes doses de água ozonizada em células da polpa dentária de canino decíduo esfoliado.	Controle: Grupo não tratado com ozônio. Controle negativo: cultura de células tratadas com água destilada. Experimental: A.O. 2mg/L; A.O. 4mg/L; A.O. 8mg/L; A.O. 16mg/L	Mostrou a água ozonizada induzindo maior taxa de proliferação celular com destaque para a concentração de 2mg/L A.O.
MEHTA, N. et al., 2020	<i>In vivo</i>	Avaliar e comparar individualmente a atividade antibacteriana aeróbia e anaeróbia do extrato de <i>Allium sativum</i> (A.S.), ozônio aquoso, laser de diodo e hipoclorito de sódio a 3% (NaOCl) como	Quarenta e oito pacientes, divididos em 04 grupos (n=12), de acordo com o irrigante utilizado. <u>Grupo 1</u> : extrato de AS; <u>Grupo 2</u> : ozônio aquoso; <u>Grupo 3</u> :	Todos os quatro grupos diminuíram significativamente e as bactérias viáveis dos canais radiculares, mas quando as comparações foram feitas entre os grupos, a atividade

		irrigantes de canal radicular.	laser de diodo; <u>Grupo 4:</u> NaOCl	antibacteriana máxima foi exibida por NaOCl seguido por laser de diodo, extrato de <i>A. sativum</i> e, finalmente, água ozonizada.
MORAES, M. M. et al., 2021	<i>Ex vivo</i>	Avaliar 3 diferentes protocolos de irrigação com ozônio em biofilme de monocultura de <i>Enterococcus faecalis</i> .	<p>Cinquenta raízes disto-vestibulares de primeiros molares superiores foram instrumentadas até o tamanho 25,08, esterilizadas e incubadas com <i>Enterococcus faecalis</i> por 21 dias para maturação do biofilme nas paredes do canal radicular.</p> <p>Foi aplicado os seguintes protocolos <u>Grupo 1:</u> Água ozonizada (40 µg / ml); <u>Grupo 2:</u> ozônio gasoso (40 µg / ml); <u>Grupo 3:</u> Água ozonizada (40 µg / ml) sob irrigação ultrassônica contínua (CUI) e <u>Grupo 4:</u> hipoclorito de sódio 2,5% (controle positivo).</p>	Os três protocolos de ozônio avaliados são semelhantes em relação a redução de <i>E. faecalis</i> . No entanto, 2,5% de NaOCl foi o único método para apresentar a eliminação total de <i>E. faecalis</i> .

<p>NOGALES, C. G. et al., 2016</p>	<p><i>Ex vivo</i></p>	<p>Avaliar eficácia antimicrobiana do ozônio contra <i>Enterococcus faecalis</i>, <i>Pseudomonas aeruginosa</i>, <i>Staphylococcus aureus</i> e avaliar a citotoxicidade do mesmo em fibroblastos</p>	<p>Cento e oitenta dentes extraídos divididos em 4 grupos (n=45)</p> <p><u>Grupo1</u> – Controle de contaminação. <u>Grupo2</u> – Controle de tratamento (dentes preparados com NaOCl 1%). <u>Grupo 3</u> – Usado NaOCl 1% + gás ozônio 40 µg/ml por 30seg. <u>Grupo 4</u> – Usado NaOCl 1% + ozônio aquoso 8 µg/ml.</p> <p>Para avaliação de citotoxicidade foi utilizado fibroblastos gengivais com análises de viabilidade celular em 0, 24, 48 e 72horas com 04 grupos experimentais – <u>Grupo 1</u>- Controle <u>Grupo 2</u>- Ozônio aquoso 2 µg/ml; <u>Grupo 3</u>- Ozônio aquoso 5 µg/ml; <u>Grupo 4</u>- Ozônio aquoso 8 µg/ml</p>	<p>Mostrou que a ozonioterapia em associação aos protocolos padrões melhorou a sanitização dos canais, em especial o ozônio aquoso 8 µg/ml.</p> <p>Quanto a sua toxicidade, o ozônio mostrou-se tóxico no primeiro contato com os fibroblastos, mas a viabilidade celular foi recuperada ao final do tempo de exposição.</p>
--	-----------------------	---	---	--

<p>ÖTER, B. et al., 2018</p>	<p><i>Ex vivo</i></p>	<p>Avaliar a eficiência antibacteriana de Endosafe, desinfecção fotoativada, laser de diodo, ozônio e aplicações de hipoclorito de sódio em canais radiculares primários que foram infectados com <i>Enterococcus faecalis</i> após instrumentação mecânica padrão.</p>	<p>100 raízes de molares decíduos humanos divididos em 05 grupos (n=15). Mais outros dois grupos de controle positivo (15) e negativo (10)</p> <p><u>Grupo 1:</u> NaOCl <u>Grupo 2:</u> Diodo de laser <u>Grupo 3:</u> Ozônio <u>Grupo 4:</u> Desinfecção fotoativada (PAD) <u>Grupo 5:</u> Endosafe.</p>	<p>O hipoclorito de sódio exibiu o maior efeito antibacteriano (0 unidades formadoras de colônia por mL). A irradiação com laser de diodo foi estatisticamente mais eficaz do que os grupos ozônio, PAD e Endosafe ($p < 0,001$). Os grupos Endosafe, PAD e ozônio mostraram efeito antibacteriano semelhante ($p > 0,05$). Embora não seja estatisticamente significativo, o Endosafe foi mais eficaz na redução da contagem bacteriana quando comparado ao ozônio e PAD.</p>
<p>PINHEIRO, S. L. et al., 2018</p>	<p><i>Ex vivo</i></p>	<p>Avaliar eficácia antimicrobiana do NaOCl 2,5%, CLX 2% e Água ozonizada em biofilmes de <i>Enterococcus faecalis</i>, <i>Streptococcus mutans</i> e <i>Candida albicans</i>.</p>	<p>Sessenta molares inferiores permanentes</p> <p>Divididos em quatro grupos de acordo com a solução utilizada (NaOCl, CHX ou Água ozonizada)</p>	<p>Ressaltam o meio aquoso do O₃ como importante e taxas de desinfecção nos grupos respectivamente 98,07%, 98,31% e 98,02%.</p>

<p>PREBEG, D. et al, 2016</p>	<p><i>In vitro</i></p>	<p>Avaliar <i>in vitro</i> o efeito antibacteriano do ozônio sobre a suspensão de três diferentes bactérias (<i>Enterococcus faecalis</i>, <i>Staphylococcus aureus</i> e <i>Staphylococcus epidermidis</i>) inoculadas em canais preparados.</p>	<p>Quarenta e cinco dentes humanos uniradiculares extraídos. Divididos em um grupo experimental (35 dentes) e dois grupos controle (grupos controle positivo e negativo, cinco dentes cada).</p>	<p>Nenhum dos métodos foi 100% eficaz contra os três tipos de bactérias em suspensão. Entretanto, a aplicação de ozônio diminuiu significativamente e a contagem absoluta de microrganismos (89,3%), bem como a contagem de cada tipo de bactéria separadamente, além do mais ozônio gerado pela seringa KP foi estatisticamente mais eficaz em comparação ao NaOCl como controle positivo, para <i>Staphylococcus aureus</i> e <i>Staphylococcus epidermidis</i>.</p>
-------------------------------	------------------------	---	--	--

SILVA, E. <i>et al.</i> , 2020	Revisão sistemática da literatura	Revisão sistemática que buscou identificar se existe redução da carga de microrganismos com o uso da terapia com ozônio comparando-o às técnicas quimiomecânicas convencionais usando hipoclorito de sódio.	180 estudos publicados. Após a remoção de estudos duplicados e análise de texto completo, oito estudos foram selecionados e sete foram considerados de baixo risco de viés (sete estudos <i>ex vivo</i> e um ensaio clínico aleatório).	Demonstrou ineficácia do ozônio em potencializar os efeitos antimicrobianos das soluções convencionais.
VASAVADA, K.; KAPOOR, S. 2020	<i>In vitro</i>	Estudo <i>in vitro</i> para avaliar o uso de azeite de oliva ozonizado para facilitar a liberação de íons cálcio e mudança no pH quando combinado com Ca (OH) ₂ .	Cinquenta pré-molares inferiores humanos extraídos com raiz única foram instrumentados com limas rotativas. Os dentes foram divididos em dois grupos (n = 25 por grupo) com base no veículo: grupos azeite (Ca (OH) ₂ + azeite) e azeite ozonizado Ca (OH) ₂ Ca (OH) ₂ ozonizado).	Os veículos de oliva e azeite de oliva ozonizado permitiram a difusão de íons. No entanto, as pastas preparadas com óleo ozonizado apresentaram maior difusão iônica, com acentuada liberação do íon cálcio após 15 dias e a alcalinidade foi mantida por período completo de 15 dias, demonstrando melhor suporte para a ação do Ca(OH) ₂ .

O ozônio foi proposto como uma possível solução irrigadora durante o tratamento endodôntico por apresentar satisfatória capacidade antimicrobiana aliada a uma propriedade fundamental para o uso seguro de uma substância, a biocompatibilidade tecidual. (SARASWATHI *et al.*, 2016).

A atividade antibacteriana contra os principais patógenos envolvidos nas infecções intrarradiculares, incluindo a *Enterococcus faecalis*, foi comprovada por diferentes pesquisadores, sendo ele utilizado na forma gasosa (PREBEG *et al.*, 2016) e/ou aquosa (NOGALES *et al.*, 2016). Esses achados são concordantes com outros realizados com o mesmo intuito, onde foram encontradas respostas positivas ao que diz respeito a redução de contagens de culturas bacterianas testadas quando o ozônio foi utilizado sozinho ou em conjunto com o hipoclorito de sódio e clorexidina (PINHEIRO *et al.*, 2018; ÖTER *et al.*, 2018).

Outro ponto importante sobre a execução da ozonioterapia na endodontia é sobre qual o melhor meio para a administração da molécula. As pesquisas quanto a capacidade antimicrobiana do ozônio em seus diferentes meios para uso durante o preparo endodôntico, demonstram que sua maior atividade recai para a forma gasosa, entretanto, seu uso principalmente na forma aquosa acaba sendo a mais vantajosa, pois tal formulação permite uma aplicação mais fácil e segura (PINHEIRO *et al.*, 2018). Ademais, necessita de um aparato simples e convencional para a irrigação dos canais (NOGALES *et al.*, 2016).

Avaliando exclusivamente a capacidade antibacteriana em comparação às substâncias convencionais, com o objetivo de provar se a terapia com o ozônio aplicado de maneira isolada se compara aos resultados microbiológicos dos alcançados pelas outras duas principais (NaOCl e CHX), um estudo *ex vivo* pôde concluir taxas de desinfecção semelhantes entre as três soluções testadas (PINHEIRO *et al.*, 2018). Resultado diferente do observado em uma revisão sistemática que concluiu como ineficaz o efeito do O₃ em potencializar os efeitos antimicrobianos das soluções convencionais (SILVA *et al.*, 2020).

Outros autores testaram *in vivo* a combinação do ozônio gasoso com NaOCl 2,5%, CHX 2% e cloreto de sódio (NaCl) 0,9%. O estudo selecionou pacientes com diagnóstico de periodontite apical crônica e necrose pulpar, onde o ozônio gasoso era aplicado ao final do preparo químico-mecânico com quatro aplicações durante: 4, 6, 12 e 18 segundos de duração. Os resultados mostraram que a combinação das soluções promoveram redução significativa no número de colônias bacterianas aeróbias e anaeróbias (AJETI; KRASNIQI; APOSTOLSKA, 2018). Resultado que corrobora com outros achados *in vitro* de outros autores que verificaram

a ação do gás ozônio sobre a *E. faecalis* organizada em biofilme e o poder de desinfecção do ozônio. Os achados demonstraram como satisfatória a capacidade de desorganização do biofilme e atividade de desinfecção da forma gasosa do ozônio. Ambos os trabalhos ainda chamam atenção para a associação entre o ozônio e hipoclorito de sódio (BOCH *et al.*, 2016; AJETI; KRASNIQI; APOSTOLSKA, 2018).

Em contrapartida, um ensaio clínico randomizado que comparou os efeitos do ozônio gasoso (32 g m^{-3}), hipoclorito de sódio (3%) e clorexidina (2%) no tratamento da periodontite apical em um protocolo de duas visitas, avaliado a diminuição da lesão periapical e sintomas clínicos em um período de 6 e 12 meses, não obteve diferenças significativas em relação aos achados clínicos (sintomatologia) e radiográficos (tamanho da lesão), mesmo com uma tendência inicial de maior índice de cura periapical para o grupo tratado com ozônio. Após 6 meses esse índice foi ligeiramente menor em relação ao grupo controle, fazendo os autores concluírem que o ozônio não possui efeitos que potencializem a ação das soluções convencionais (KIST *et al.*, 2017).

A literatura mostra que o ozônio também pode ser aplicado a terapia em sua forma oleosa quando após a produção do gás o mesmo é borbulhado em um meio viscoso como o azeite (SARASWATHI *et al.*, 2016). Tal formulação traz benefícios durante a instrumentação ao passo que proporciona a lubrificação dos instrumentos diminuindo o atrito contra as paredes dentinárias, além disso, possibilita seu uso como medicação intracanal (MIC) (SARASWATHI *et al.*, 2016).

Dentro desta perspectiva, dois estudos desta revisão avaliaram *in vitro* o uso do ozônio oleoso. Primeiramente, como veículo biologicamente ativo e viscoso para o hidróxido de cálcio Ca(OH)_2 , o primeiro trabalho, comparou o uso de um azeite de oliva puro com um azeite ozonizado, obtendo resultados significativamente melhores com o uso do azeite ozonizado ao que diz respeito a difusão dos íons de cálcio e quanto a manutenção do pH alcalino do meio por um período de tempo de 15 dias (VASAVADA *et al.*, 2020).

O segundo estudo utilizou o ozônio em meio oleoso sobre biofilme maduro simulado composto por patógenos endodônticos (*S. mutans*, *E. faecalis*, *C. albicans*). Nesse mesmo estudo foi verificada a citotoxicidade dos agentes testados sobre os fibroblastos humanos. Como resultado foi observado que o azeite ozonizado teve o menor índice de toxicidade e quando associado a um biofilme de quitosana, apresentou potencial de prevenir a formação de biofilme microbiano e eliminar biofilmes maduros de espécies mistas em até dois dias, mostrando alta

eficácia em um curto período de tempo, ou seja, mais rápida do que os outros métodos de MIC, que necessitam de pelo menos uma semana para alcançar os efeitos desejáveis dessa terapia. Ambos os trabalhos portanto, comprovam que além de possuir atividade antibacteriana, a forma oleosa ainda potencializa a etapa de MIC convencional (ELSHINAWY *et al.*, 2018; VASAVADA *et al.*, 2020).

Quanto a toxicidade do ozônio, os estudos até aqui convergem demonstrando completa biocompatibilidade da substância durante sua aplicação intracanal. Duas pesquisas especificamente corroboram sobre essa característica fundamental, uma envolvendo células da polpa dentária, onde experimentalmente mostrou-se que o ozônio além de não apresentar potencial citotóxico, manifestou potencial de proliferação celular quando empregado na forma aquosa diretamente sobre as células em uma concentração de 2mg/L (KÜÇÜK *et al.*, 2021). E outra, demonstrando propriedade de ausência de danos celulares sobre fibroblastos gengivais humanos (ELSHINAWY *et al.*, 2018).

Paralelamente, um outro teste de citotoxicidade testando diferentes concentrações de O₃ em meio aquoso (2µg/ml, 5µg/ml e 8µg/ml), o demonstram como tóxico durante um primeiro contato, entretanto, a viabilidade celular pôde ser recuperada ao final dos procedimentos de exposição das células à molécula do ozônio. Adicionalmente, as concentrações de 5 e 8 µg/ml mostraram resultados significativamente melhores quanto ao aumento da atividade celular (NOGALES *et al.*, 2016). Os pesquisadores atribuíram este fato ao próprio mecanismo de ação do ozônio: o estresse oxidativo sobre as células em um primeiro momento devido a ação dos radicais livres provoca a diminuição da viabilidade celular, que é logo recuperada pela atividade mitocondrial por produzir trifosfato de adenosina (ATP) como já relatado anteriormente (BOCCI *et al.*, 2015).

Essa biocompatibilidade é de extrema importância, principalmente quando o elemento que passa pelo tratamento endodôntico possui rizogênese incompleta, onde o risco de extravasar solução irrigadora é maior (PINHEIRO *et al.*, 2018). Assim como mostra Küçük e colaboradores (2021), em seu trabalho que avaliou a aplicabilidade da ozonioterapia como adjuvante a irrigação convencional com hipoclorito de sódio em protocolos de regeneração pulpar. Seus resultados demonstram as vantagens do O₃ sobre o NaOCl em relação a possibilidade de irrigar com maior fluxo e volume, já que o extravasamento não causará danos aos tecidos perirradiculares, além do poder bactericida da solução de potencializar a redução de colônias bacterianas e a indução da proliferação celular.

Poucos estudos contemplam sobre a concentração da mistura gasosa ideal a ser produzida pelos geradores para alcançar a CIM (concentração inibitória mínima) durante a terapia, e os que a fazem utilizam valores discrepantes entre si (KÜÇÜK *et al.*, 2021). Algumas pesquisas são concordantes que na forma aquosa, apenas 20-25% do ozônio produzido é de fato levado para seu local de ação (BOCCI, 2005; NOGALES *et al.*, 2014), ou seja, se for produzido 40mg/ml de gás ozônio e este gás for incorporado à água, a concentração total de ozônio final na mistura será de 8mg/ml (NOGALES *et al.*, 2016).

5 CONCLUSÃO

De acordo com o a proposta inicial desde trabalho os estudos, a maioria *in vitro*, puderam concluir que o ozônio possui sim atividade antibacteriana satisfatória que justifica seu uso em protocolos de desinfecção também dentro da Endodontia, mas como uma terapia adjuvante às soluções irrigadoras convencionais já que os níveis de contagem bacterianas são reduzidos quando feita tal associação.

A pesquisa possibilita também apontar que dentre as formas que possibilitam o uso da molécula, a aquosa e oleosa parecem as mais vantajosas do ponto de vista de efetividade, segurança e facilidade de aplicação.

Todavia, existem lacunas quanto a prática da ozonioterapia em relação as dosagens de gás gerado e incorporado a estes meios supracitados. Portanto, mais pesquisas devem ser desenvolvidas com o intuito de produzir protocolos para aplicabilidade do ozônio, elucidando sobre concentrações, tempo e volumes necessários para se atingir a eficácia e reais efeitos desinfetantes.

REFERÊNCIAS

AJETI, N. N.; PUSTINA-KRASNIQI, T.; APOSTOLSKA, S. The Effect of Gaseous Ozone in Infected Root Canal. **Open Access Maced J Med Sci.** v. 6, n. 2, p. 389-396, 2018.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE OZONIOTERAPIA (ABOZ). **História da ozonioterapia.** Disponível em: <https://www.aboz.org.br/multiprofissional-interdisciplinar/odontologia/>. Acesso em: 11 de abril de 2021.

BITTER, K. *et al.* Effects of Diode Laser, Gaseous Ozone, and Medical Dressings on Enterococcus faecalis Biofilms in the Root Canal Ex Vivo. **Biomed Res Int**, v. 2017, p. 6321850, 2017.

BOCCI, V. Preparation of ozonized water and oil for topical therapy - Ozone as a drinking water disinfectant: disinfection with ozone to prevent nosocomial infections. **Ozone.** p. 9-16. 2010.

BOCCI, V *et al.* Validity of Oxygen-Ozone Therapy as Integrated Medication Form in Chronic Inflammatory Diseases. **Cardiovasc Hematol Disord Drug Targets**, v. 15, n. 2, p. 127-38, 2015.

BOCH, T. *et al.* Effect of gaseous ozone on Enterococcus faecalis biofilm-an in vitro study. **Clin Oral Investig**, v. 20, n. 7, p. 1733-9, 2016.

CAMARGO, M. Irrigação dos Canais Radiculares. In: CAMARGO, M. **Endodontia Clínica: Á luz da Microscopia Operatória: Visão, Precisão e Previsibilidade.** 1ªed. São Paulo: Napoleão Editora, 2016. p. 353-395.

DE-GREGORIO, C. *et al.* Differences in disinfection protocols for root canal treatments between general dentists and endodontists: a web-based survey. **J Am Dent Assoc.** v.146, n.7, p.536-543, 2015.

DING, W. *et al.* Ozone disinfection of chlorine-resistant bacteria in drinking water. **Water Research.** v. 160, p. 339-349. 2019.

ELSHINAWY, M. I. *et al.* Synergistic Effect of Newly Introduced Root Canal Medicaments; Ozonated Olive Oil and Chitosan Nanoparticles, Against Persistent Endodontic Pathogens. **Front Microbiol**, v. 9, p. 1371, 2018.

GOLDBERG, S. I. *et al.* O efeito da dentina na capacidade de dissolução do tecido da polpa de hipoclorito de sódio e hidróxido de cálcio. **Journal of Endodontics**. v. 39, n. 8, p. 980-983, 2013.

GONÇALVES, L. S. *et al.* O efeito do hipoclorito de sódio e da clorexidina como soluções irrigantes para a desinfecção do canal radicular: uma revisão sistemática dos ensaios clínicos. **J Endod**. v.42, n.4, p. 527-532, 2016.

HALBAUER K. *et al.* Eficácia do ozônio sobre os microrganismos no canal radicular do dente. **Coll Antropol**. v.37, n. 1 p. 101-107. 2013.

IANDOLO, A., *et al.* Avaliação da concentração real de cloro e do tempo necessário para a dissolução da polpa utilizando diferentes soluções irrigantes de hipoclorito de sódio. **J Conserv Dent**. v. 22, p. 108-13, 2019. Disponível em: <https://www.jcd.org.in/text.asp?2019/22/2/108/257568>. Acesso em: 30 Mar 2021.

KIST, S. *et al.* Comparison of ozone gas and sodium hypochlorite/chlorhexidine two-visit disinfection protocols in treating apical periodontitis: a randomized controlled clinical trial. **Clinical Oral Investigations**, v. 21, n. 4, p. 995-1005, 2017.

KÜÇÜK, F.; YILDIRIM, S.; ÇETINER, S. Avaliação da citotoxicidade de diferentes doses de água ozonizada nas células da polpa dentária. **BMC Oral Health**. v.21, n. 1, p. 32. 2021.

MARTINS, A. R. S. A importância das soluções irrigadoras na Endodontia: comparação entre hipoclorito de sódio e clorexidina. 2017. 19F. Dissertação (Mestrado integrado em Medicina Dentária) – Instituto Universitário de Ciências da Saúde, Gandra, 2017.

MEHTA, N. *et al.* Comparative evaluation of antibacterial efficacy of Allium sativum extract, aqueous ozone, diode laser, and 3% sodium hypochlorite in root canal disinfection: An in vivo study. **J Conserv Dent**, v. 23, n. 6, p. 577-582, 2020.

MIÇOOĞULLARI, K. S.; ÇALIŞKAN, M.K. Efficacy of chlorhexidine as a final irrigant in one-visit root canal treatment: a prospective comparative study. **Int Endod J**. v. 51, n. 10, p. 1069-1076, 2018.

MIRANDA, R. G.; COLOMBO, A. P. V. Clinical and microbiological efficacy of photodynamic therapy in primary endodontic infections: a randomized 6-month clinical trial. **Clin Oral Invest**. v.22, n. 4, p. 1751–1761, 2018.

MORAES, M. M. *et al.* The antimicrobial effect of different ozone protocols applied in severe curved canals contaminated with *Enterococcus faecalis*: ex vivo study. **Odontology**, v. 109, n. 3, p. 696-700, 2021.

NESI, A. K. **OZONIOTERAPIA: o uso do ozônio da odontologia**. 2018, 24 f. Monografia (Curso de Odontologia) - Centro Universitário São Lucas, Porto Velho, 2018. Acesso em: 11 Abr 2021.

NOGALES C.G. *et al.* Comparison of the antimicrobial activity of three diferente concentrations of aqueous ozone on *Pseudomonas aeruginosa*, *Staphylococcus aureus* and *Enterococcus faecalis* - *in vitro* study. **Rev Espan Ozon**. 2014. v.4, n. 1, p. 9-15.

NOGALES, C. G. *et al.* Ozone therapy as an adjuvant for endodontic protocols: microbiological - ex vivo study and citotoxicity analyses. **J Appl Oral Sci**, v. 24, n. 6, p. 607-613, 2016.

ÖTER, B. *et al.* Evaluation of Antibacterial Efficiency of Different Root Canal Disinfection Techniques in Primary Teeth. **Photomed Laser Surg**, v. 36, n. 4, p. 179-184, 2018.

PAEZ, A. The "Architect's Analogy" of Evidence-Based Practice: Reconsidering the Role of Clinical Expertise and Clinical Experience in Evidence-Based Health Care. **J Evid Based Med**. p. 1–8. 2018. Disponível em: <https://doi.org/10.1111/jebm.12321>. Acesso em 07 abril de 2021.

PAIXÃO, L. C; MALTOS, K. L. M. Hipoclorito de sódio versus clorexidina na irrigação endodôntica. **Revista do CROMG**. v. 17, n. 1, p. 13-19, 2016.

PASRICHA, S. K., *et al.* Pressure Changing Techniques in Endodontics - A Literature Review. **Journal of Clinical and Diagnostic Research**. v. 9, n. 3 p. 03-08, 2015.

PINHEIRO, S. L., *et al.* Antimicrobial efficacy of 2.5% sodium hypochlorite, 2% chlorhexidine and ozonized water as irrigants in mesiobuccal root canals with severe lower molar curvature. **Eur J Dent**. v. 12, n. 1, p. 94-99, 2018.

PREBEG, D. *et al.* Antimicrobial Effect of Ozone Made by KP Syringe of High-Frequency Ozone Generator. **Acta Stomatol Croat**, v. 50, n. 2, p. 134-142, 2016.

PRESTES, L. V *et al.* Aplicabilidade da ozonioterapia na odontologia: uma revisão de literatura. **Arquivos de Ciências da Saúde da UNIPAR**, Umuarama, v. 24, n. 3, p. 203-208, 2020.

RÔÇAS, I. N. *et al.* Disinfectant effects of rotary instrumentation with 2.5% sodium hypochlorite or 2% chlorhexidine as the primary irrigant: a randomized clinical trial. **Journal of Endodontics**. v.42, n. 6 p. 943-947, 2016.

RODRIGUES, R. C., *et al.* Influence of the size of the apical preparation and the type of irrigant on bacterial reduction in teeth treated with root canal with apical periodontitis. **J Endod**. v.43, p. 1058-1063, 2017. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.joen.2017.02.004>. 20 de março de 2021.

SARASWATHI, V. N., *et al.* Ozone - A Biological Therapy in Dentistry: Reality or Myth. **The Open Dentistry Journal**. v. 10, p. 196-206, ed. suppl-1.2016. Disponível em: <https://opendentistryjournal.com/VOLUME/10/PAGE/196/>. Acesso em: 07 de março de 2021.

SILVA, E. *et al.* The effect of ozone therapy in root canal disinfection: a systematic review. **Int Endod J**, v. 53, n. 3, p. 317-332, 2020.

SILVA, N. L. S. D; DRUMMOND, V. P. A. **Ozonioterapia na Odontologia Revisão de Literatura**. 2019. 28 f. Monografia (Curso de Odontologia) – Universidade de Uberaba, Uberaba, 2019. Acesso em: 11 Abr 2021.

SIQUEIRA, J. F., *et al.* Áreas de superfície do canal radicular não preparadas: causas, implicações clínicas e estratégias terapêuticas. **Braz. Oral Res**. São Paulo, v. 32, supl. 1, ed. 65. 2018. Disponível em: https://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1806-83242018000500600&lng=en&tlng=en. Acesso em 14 de Mar de 2021.

TEJADA, C, *et al.* Influence of dentin debris and organic tissue on the properties of sodium hypochlorite solutions. **International Endodontic Journal**. v. 52, n. 1, p. 114-122, 2019.

VASAVADA, K.; KAPOOR, S. Evaluation of ozonized calcium hydroxide as an effective intracanal medicament during root canal procedures: an in vitro observational study. **Med Gas Res**, v. 10, n. 3, p. 122-124, 2020.

VERMA, N. *et al.* Effect of different concentrations of sodium hypochlorite on primary root canal treatment outcome: a randomized clinical trial. **J Endod**. v. 45, p. 357-363, ed. 4. Acesso em: 05 Mar 2021.

WILLERSHAUSEN, I., *et al.* Research on root canal irrigation solutions used in dental practices in Germany. **Int Endod J**. v.48, n.7, p.654-660, 2015.

YONEKURA, T. *et al.* Revisão realista como metodologia para utilização de evidências em políticas de saúde: uma revisão integrativa. **Rev. esc. enferm. USP**. v. 53, n. 03515, 2019. <https://doi.org/10.1590/S1980-220X2018037703515>

ZAIA, A. A. *et al.* Is the tissue dissolving ability with sodium hypochlorite during endodontic treatment really reliable? An in vitro and ex vivo study. **Dental Press Endod.** v.3, n.2, p. 24-29, 2013.