



UNIVERSIDADE FEDERAL DE SERGIPE
CENTRO DE CIÊNCIAS BIOLÓGICAS E DA SAÚDE
DEPARTAMENTO DE ODONTOLOGIA

ÍTALO TAYLOR DA PAIXÃO

**USO DO OZÔNIO NA ENDODONTIA: REVISÃO DE
LITERATURA**

ARACAJU/SE

2024

ÍTALO TAYLOR DA PAIXÃO

USO DO OZÔNIO NA ENDODONTIA: REVISÃO DE LITERATURA

Trabalho de Conclusão de Curso,
apresentado ao Departamento de
Odontologia da Universidade
Federal de Sergipe, como um dos
requisitos para a conclusão do curso
em Odontologia.

BANCA EXAMINADORA

**Prof^ª. Dra. Maria Amália Gonzaga Ribeiro
(Orientadora)**

**Prof. Dr. José Mirabeau de Oliveira Ramos
(Membro convidado-interno)**

**Vyncius do Nascimento Santana
(Membro convidado- externo)**

AGRADECIMENTOS

Primeiramente, agradeço a Deus, por ser minha força e guia em todos os momentos, concedendo-me sabedoria e coragem para concluir essa etapa tão importante da minha vida.

Agradeço à minha mãe, Josefa, pelo amor incondicional, apoio constante e por sempre acreditar em mim. Ao meu pai, Givaldo (in memoriam), que desde sempre me chamava de Dr. Ítalo, como se já previsse meu caminho na área da saúde. Aos meus irmãos, Elvis e Francielly, por estarem sempre ao meu lado, oferecendo suporte e incentivo quando mais precisei.

Ao meu avô, Juarez (in memoriam), por me incentivar a nunca desistir dos meus sonhos e por acreditar na educação como ferramenta essencial na transformação da vida do ser humano.

Sou grato a todos os colegas de minha turma que, apesar dos trancos e barrancos, tive a oportunidade de compartilhar momentos incríveis nesses últimos anos, em especial meus amigos: Gabriella, Juraci, Julia, Lorena e Sávio, que compartilharam essa jornada comigo, oferecendo sua amizade, e momentos de muitas gargalhadas entre os intervalos de cada aula.

Agradeço também à minha dentista, Dra. Neide, que desde a minha entrada no curso, foi uma verdadeira fonte de inspiração e exemplo de dedicação e excelência na profissão.

Aos meus professores, que ao longo dessa caminhada contribuíram de maneira inestimável para a minha formação acadêmica e pessoal.

Agradeço, especialmente, à minha orientadora professora Amália, por sua paciência, conhecimento e orientação fundamentais para a realização deste trabalho.

A todos, o meu mais sincero e profundo agradecimento.

RESUMO

O tratamento endodôntico consiste no preparo químico-mecânico da cavidade pulpar, cujo principal objetivo é alcançar um ambiente livre de microrganismos e proporcionar o reparo dos tecidos perirradiculares. Em alguns casos, o complexo sistema de canais radiculares apresenta-se como um grande desafio para alcançar uma limpeza eficiente desses canais. Nesse contexto, a ozonioterapia destaca-se como uma importante ferramenta na Endodontia devido às suas propriedades antimicrobianas, anti-inflamatórias, baixa citotoxicidade e ação reparadora de tecido ósseo. Este trabalho teve como objetivo, através revisão de literatura, investigar os efeitos e a efetividade da ozonioterapia na Endodontia. Foi realizada uma busca utilizando descritores de saúde (DeCS), tais como “*Ozone therapy*”, “*endodontics*”, “*root canal therapy*”, “*bone repair*”, “*dentistry*”, nas bases de dados digitais *Public Medline*, *Scielo*, *Google Scholar* e *Biblioteca Virtual em Saúde*. Para a seleção de artigos, eles deveriam seguir os critérios de inclusão, tais como: Revisões sistemáticas ou integrativas relacionadas ao tema publicados nos últimos 6 anos, relatos de casos, textos completos e veiculados em língua portuguesa ou inglesa e ensaios clínicos. Foram encontrados 96 artigos referentes ao tema, dos quais 24 foram selecionados por obedecerem aos critérios de inclusão. Concluiu-se que a efetividade da ozonioterapia no tratamento endodôntico faz dela uma forte aliada na desinfecção de canais e reparação de tecidos perirradiculares, proporcionando um ótimo prognóstico.

Descritores: Ozonioterapia. Endodontia. Ação antimicrobiana.

ABSTRACT

Endodontic treatment consists of the chemical-mechanical preparation of the pulp cavity, the main objective of which is to achieve an environment free of microorganisms and provide repair of the periradicular tissues. In some cases, the complex root canal system presents a major challenge to achieve efficient cleaning of these canals. In this context, ozone therapy stands out as an important tool in Endodontics due to its antimicrobial, anti-inflammatory properties, low cytotoxicity and bone tissue repair action. This work aimed, through literature review, to investigate the effects and effectiveness of ozone therapy in Endodontics. A search was carried out using health descriptors (DeCS), such as "Ozone therapy", "endodontics", "root canal therapy", "bone repair", "dentistry", in the digital databases Public Medline, Scielo, Google Scholar and Virtual Health Library. For the selection of articles, they should follow the inclusion criteria, such as: Systematic or integrative reviews related to the topic published in the last 6 years, case reports, complete texts published in Portuguese or English and clinical trials. 96 articles related to the topic were found, of which 24 were selected because they met the inclusion criteria. It was concluded that the effectiveness of ozone therapy in endodontic treatment makes it a strong ally in the disinfection of canals and repair of periradicular tissues, providing an excellent prognosis.

Descriptors: Ozone therapy. Endodontics. Antimicrobial action.

SUMÁRIO

| | |
|--|-----------|
| 1. INTRODUÇÃO | 7 |
| 2. OBJETIVOS | 9 |
| 2.1 Objetivo geral | 9 |
| 2.2 Objetivos específicos | 9 |
| 3. METODOLOGIA | 10 |
| 3.1 Estratégia de busca | 10 |
| 3.2 Critérios de inclusão | 10 |
| 3.3 Critérios de exclusão | 10 |
| 3.4 Seleção de artigos | 10 |
| 4. REVISÃO DE LITERATURA | 11 |
| 4.1 O conceito da ozonioterapia e sua aplicabilidade..... | 11 |
| 4.2 Ação antimicrobiana da ozonioterapia na endodontia | 13 |
| 4.3 Ação anti-inflamatória do ozônio | 16 |
| 4.4 Ação no reparo ósseo com ozonioterapia | 18 |
| 4.5 Impactos na adesão à dentina, mineralização e integridade do dente | 20 |
| 4.6 Precauções e efeitos adversos no uso da ozonioterapia | 21 |
| 5. DISCUSSÃO | 24 |
| 6. CONCLUSÃO | 27 |
| REFERÊNCIAS | 28 |

1. INTRODUÇÃO

O ozônio foi descoberto por Christian Fiedrich Schoenbein em 1840 e foi utilizado pela primeira vez em consultório odontológico por Edward F. Fisch na década de 1930 (MOSCATI, M. *et al.*, 2024). Quando comparado ao oxigênio, o ozônio é dez vezes mais solúvel em água e 1,6 vezes mais denso (OMAR EL MELIGY *et al.*, 2023). Além disso, existem três formas distintas de aplicação do ozônio durante o procedimento de ozonioterapia: gasosa, aquosa ou sob a aplicação de óleo ozonizado (SCRIBANTE, A. *et al.*, 2023). É incolor, com fragrância característica, possui um alto poder desinfetante, com capacidade de eliminar vírus, bactérias e esporos (MEIRA, A. B. A.; *et al.*, 2022).

Apresenta-se como uma molécula formada por três átomos de oxigênio (O_3), com um peso molecular de 47,98g/mol. Em seu estado gasoso, o ozônio mostra-se termodinamicamente instável, com meia vida curta, em torno de 40 minutos a uma temperatura de 20° C e 140 minutos a 0° C, decompondo-se em Oxigênio (O_2), que inviabiliza o seu armazenamento (PAULA *et al.*, 2023).

Dentre as vantagens da ozonioterapia na Endodontia, podemos destacar: eficácia na ação antimicrobiana; baixa citotoxicidade; ação anti-inflamatória; estímulos a processos de cicatrização e regeneração dos tecidos periapicais (PAULA *et al.*, 2023). A associação com medicamentos consagrados na especialidade, como o óxido de zinco, hidróxido de cálcio e azeite de oliva, promove redução na carga microbiana e das endotoxinas, que contribui para uma melhor reparação das lesões periapicais extensas (PAULA *et al.*, 2023; SCRIBANTE, *et al.*, 2023; EL- DESOUKY, *et al.*, 2023; VASAVADA, K.; KAPOOR, S. 2020).

Nesse contexto, Silva e colaboradores (2019) destacam a importância do uso do ozônio durante o processo de preparação químico-mecânico para aumentar a capacidade desinfetante dos irrigantes endodônticos. Visto que, as substâncias químicas auxiliares promovem não apenas a remoção de tecido pulpar vivo ou necrosado, mas também a desinfecção e limpeza dos canais radiculares por meio da eliminação de bactérias e seus derivados (LOPES, H. & SIQUEIRA, JR. 2020).

A ozonioterapia também tem demonstrado eficácia em alguns casos

clínicos envolvendo periodontite, pois terapia com ozônio é extremamente benéfica no tratamento de lesões endo-periapicais em pacientes com periodontite agressiva e de mau prognóstico, especialmente em pacientes com bolsas periodontais profundas (MAKEEVA, M. K. *et al.*, 2020).

2. OBJETIVOS

2.1 Objetivo geral

Investigar os efeitos e efetividade da ozonioterapia na Endodontia, por meio de revisão de literatura.

2.2 Objetivo específico

Analisar a ação da ozonioterapia utilizada como terapia complementar no tratamento endodôntico no que se refere:

- Ação antimicrobiana;
- Citotoxicidade;
- Reparo ósseo das lesões periapicais extensas;
- Adesão à dentina, mineralização e integridade do dente.

3. METODOLOGIA

3.1 Estratégia de busca

Foram utilizados neste trabalho os seguintes descritores: “Ozone therapy” and “Endodontics” or “Root Canal Therapy” and “bone repair” and “Dentistry”, usadas separadamente e associados, nas bases de dados PubMed (Public Medline), SciELO (Scientific Electronic Library Online), Google Scholar e BVS (Biblioteca Virtual em saúde) na língua portuguesa e inglesa, nos períodos de 2019 a 2024.

3.2 Critérios de Inclusão

- Trabalhos de pesquisas relacionadas ao tema;
- Estudos publicados entre 2019 a 2024;
- Textos completos e disponíveis gratuitamente;
- Textos veiculados em língua inglesa e portuguesa;
- Relatos de casos;
- Revisões sistemáticas e integrativas;
- Ensaio Clínicos, pesquisas *in vitro* e *in vivo*.

3.3 Critérios de exclusão

- Opiniões pessoais;
- Editoriais/Cartas ao editor;
- Relatórios.

3.4 Seleção de artigos

Ao todo, foram encontrados noventa e seis artigos que abordavam a utilização da ozonioterapia na odontologia, publicados no período de 2019 a 2024. Foram selecionados vinte e três artigos com textos completos, que enquadravam-se nos critérios de inclusão, com enfoque na terapia com ozônio para tratamentos endodônticos.

4. REVISÃO DE LITERATURA

4.1 O conceito da ozonioterapia e sua aplicabilidade

A ozonioterapia é um tipo de terapia que usa o ozônio (O_3), uma forma alotrópica de oxigênio formado por três átomos de oxigênio. O ozônio é o terceiro oxidante mais forte após o flúor e o persulfato. O ozônio possui ação oxidativa sendo eficaz na destruição de microrganismos, o que faz dele um elemento útil para aplicações médicas e odontológicas. O gerador de ozônio é usado na ozonioterapia para produzir ozônio a partir do oxigênio puro. O gás é passado por um gradiente de alta voltagem, formando uma mistura de gás contendo 5% de ozônio e 95% de oxigênio (BARCZYK *et al.*, 2023).

Vários campos da odontologia, incluindo odontologia conservadora, endodontia, prótese e cirurgia, concentram-se na utilização do ozônio. O ozônio é reconhecido por suas propriedades antimicrobianas, que pode ajudar a remover a contaminação de materiais dentários. Dessa forma, pode-se obter uma melhor eficácia do tratamento odontológico e reduzir as complicações pós-operatórias (LUBOJANSKI *et al.*, 2021).

As propriedades antimicrobianas, imunorreguladoras, antioxidantes, analgésicas e vasodilatadoras deste gás são estudadas frequentemente na odontologia, pois é principalmente utilizada como tratamento preventivo e complemento de procedimentos cirúrgicos, endodônticos e periodontais (MEIRA, A. B. A.; *et al.*, 2022). O Conselho Federal de Odontologia do Brasil aprovou a ozonioterapia em 2015 e, em 2018, como uma prática complementar no Sistema Único de Saúde (SUS) (MEIRA, A. B. A.; *et al.*, 2022). As propriedades oxidativas do ozônio favorecem para desinfecção e melhoria da oxigenação de tecidos, com isso, esta terapia é utilizada para melhorar a cicatrização de feridas, desinfetar áreas infectadas e reduzir a inflamação (EL-DESOUKY *et al.*, 2023).

Quanto à aplicação prática, o ozônio pode ser administrado de diversas maneiras, como por insuflações em cada canal antes da obturação, utilizando-se concentrações específicas de gás ozônio (SEN & SEN, 2020). Equipamentos como o *HealOzone*® (figura 1) mostram-se eficazes e seguros para aplicações intraorais de ozônio, oferecendo uma vedação adequada para evitar riscos para o operador e o paciente (OMAR EL MELIGY *et al.*, 2023). Os profissionais da odontologia podem usar ozônio em uma variedade de formas, como gás

ozonizado, água ozonizada e óleo ozonizado, para tratar condições bucais (KHAN *et al.*, 2019). Somado a isso, a ozonioterapia promove hemostasia em feridas pulpares, além de fazer parte do protocolo de desinfecção da cavidade pulpar durante terapia endodôntica, por isso é considerada uma abordagem viável para a desinfecção dos canais radiculares (KIRILOVA *et al.*, 2023; MOREIRA *et al.*, 2021).

O ozônio é um oxidante forte e seletivo que se dissocia rapidamente em água, liberando uma forma reativa de oxigênio capaz de oxidar células sem causar resistência a medicamentos. No entanto, uma desvantagem significativa é a instabilidade persistente da concentração do ozônio. (MOREIRA *et al.*, 2021).

FIGURA 1 - Aparelho gerador de ozônio da *HealOzone* modelo *curarOzone x4*.



Fonte: <https://www.healozone-tech.it/shop/healozone-x4/> Acesso em 21/08/2024.

FIGURA 2 - Manual prático de estudo



Fonte: <https://www.healozone-tech.it/professional/manuale-per-studio/> Acesso em 21/08/2024.

QUADRO 1: Modelo do aparelho gerador de ozônio e preço no mercado

| | |
|---------------|------------------------------------|
| curarOzone x4 | 20.727,80€, cerca de R\$125.000,00 |
|---------------|------------------------------------|

Fonte: <https://www.healozone-tech.it/shop/> Acesso em 21/08/2024.

4.2 Ação antimicrobiana da ozonioterapia na Endodontia

O ozônio pode ser utilizado na Endodontia nas formas de água, gás ou óleo, favorecendo uma limpeza profunda do canal radicular, dentre essas formas, a gasosa é a que apresenta uma melhor penetrabilidade em áreas de difícil acesso, como em regiões de delta apical, resultando no aumento da eficácia no momento da desinfecção do canal, reduzindo significativamente a carga microbiana, que aumenta a taxa de sucesso do tratamento e complementa os métodos convencionais de desinfecção (KHAN *et al.*, 2019; KIRILOVA *et al.*, 2023).

Devido às suas fortes propriedades antimicrobianas, a ozonioterapia é amplamente valorizada na Endodontia, porque ocorre reação com os ácidos graxos poli-insaturados, fosfolipídios e proteínas que contêm metionina, cisteína e histidina nas paredes celulares das bactéria e, com isso, o ozônio quebra as

paredes celulares (MEIRA, A. B. A.; *et al.*, 2022). A modificação da membrana celular é causada por esta ação, que interrompe e bloqueia o sistema enzimático, causa danos secundários no DNA e, conseqüente, morte da célula bacteriana. Além disso, o ozônio melhora a oxigenação dos tecidos e o suprimento de nutrientes, aumenta a quantidade de adenosina trifosfato (ATP) liberada nos tecidos e diminui a quantidade de nicotinamida adenina dinucleotídeo (NADH) e ajuda a oxidar o citocromo C (BARCZYK *et al.*, 2023; MEIRA, A. B. A.; *et al.*, 2022).

A ação antimicrobiana direta da ozonioterapia auxilia na eliminação de microrganismos no canal radicular (MEIRA, A. B. A.; *et al.*, 2022). A ação por meio de desinfecção diminui a necessidade de antibióticos para romper membrana celular de bactérias, vírus e fungos, com isso, aumenta significativamente a eficácia do tratamento endodôntico e ajuda na cicatrização e na desinfecção completa (EL-DESOUKY *et al.*, 2023).

Os canais radiculares infectados por *Staphylococcus aureus*, *Enterococcus faecalis* e *Candida albicans* podem ser desinfetados com água ozonizada, visto que estudos mostraram redução dos microrganismos no biofilme quando a água ozonizada foi combinada com técnicas de agitação como Irrigação Ultrassônica Passiva (PUI) e PUI + Ativador Endodôntico (EA). Isso mostra que o ozônio pode ser um agente desinfetante forte em tratamentos endodônticos. Contudo, o protocolo de aplicação do ozônio que inclui dose, tempo de aplicação e tipo de cepa bacteriana é o que determinará a eficácia do tratamento (MERÇON *et al.*, 2023).

O ozônio líquido e o ozônio gasoso desempenham funções antimicrobianas eficazes na desinfecção. A água ozonizada mostrou-se comparável ao Hipoclorito de Sódio (NaOCl), especialmente quando combinada com sonicação. No entanto, não há consenso sobre o ozônio líquido e o ozônio gasoso devem ser usados como uma alternativa ou um complemento às soluções irrigadoras convencionais (MOREIRA *et al.*, 2021).

A ozonioterapia proporciona uma redução de carga microbiana quando comparada ao NaOCl, entretanto, o ozônio mostrou-se ineficaz em aumentar o efeito antimicrobiano do NaOCl quando utilizado como produto adjuvante ao tratamento (PAULA *et al.*, 2023). Esta ineficácia do ozônio em igualar os resultados do NaOCl foi corroborada em estudos adicionais, dos oito estudos

incluídos, cinco relataram que o ozônio reduziu a contagem microbiana, porém em níveis inferiores aos alcançados pelo NaOCl (SILVA, E. J. N. L. *et al.*, 2019).

Quando combinado com ácido etilenodiamino tetra-acético (EDTA), agente quelante no tratamento endodôntico, o ozônio apresentou um aumento da atividade antimicrobiana e, quando foi utilizado separadamente o ozônio não apresentou o nível de atividade antibacteriana comparado ao NaOCl isoladamente (SILVA, E. J. N. L. *et al.*, 2019).

Outro ponto positivo da ozonioterapia na endodontia é sua baixa citotoxicidade, visto que resultados de estudos realizados, como no Quadro 2, mostraram que a água ozonizada obteve a maior taxa de proliferação celular além de possuir uma baixa citotoxicidade (KÜÇÜK, F. *et al.*, 2021).

Quadro 2: Teste sobre a citotoxicidade do ozônio na polpa dental

| Autores; ano de publicação; desenho de estudo; revista de publicação | Amostra | Objetivo do trabalho | Parâmetros analisados | Resultados | Conclusão |
|--|---|--|--|--|---|
| KÜÇÜK, F.; YILDIRIM, S.; ÇETINER, S.; 2021; teste <i>in vitro</i> ; Photodiagnosis and Photodynamic Therapy. | Células da polpa dental do canino de um paciente de 11 anos tratadas com diferentes doses de água ozonizada | Avaliar a citotoxicidade de 2, 4, 8 e 16 mg/L de água ozonizada em células da polpa dental | - Viabilidade celular - Morfologia celular - Concentração de ozônio - Tempo de exposição - Mecanismos de morte celular | - Doses mais altas de água ozonizada mostraram efeitos citotóxicos significativos nas células da polpa dental. - Redução na viabilidade celular foi observada de forma dose-dependente. | Quanto menor a concentração de água ozonizada em contato com células de polpa dental menos citotóxica ela será. |

4.3 Ação anti-inflamatória do ozônio

A ozonioterapia possui uma ação anti-inflamatória significativa, principalmente devido à sua capacidade de modular o sistema imunológico. A liberação de ATP nos tecidos é aumentada pelo ozônio, ao mesmo tempo em que diminui a quantidade de NADH e oxida o citocromo C, que melhora a oxigenação dos tecidos e o suprimento de nutrientes (BARCZYK *et al.*, 2023). Com isso, a inflamação diminui e os sintomas inflamatórios são aliviados, auxiliando a cicatrização de feridas e lesões na cavidade oral (BARCZYK *et al.*, 2023; PAULA *et al.*, 2023).

Em tratamentos odontológicos, a ozonioterapia é utilizada, pois diminui os

mediadores inflamatórios reduzindo a inflamação, melhora a oxigenação dos tecidos e aumenta a produção de citocinas anti-inflamatórias, promove uma recuperação mais rápida e eficaz das condições inflamatórias na cavidade oral (MEIRA, A. B. A., 2022; KHAN *et al.*, 2019). Além disso, observa-se que o efeito anti-inflamatório do ozônio pode ajudar a reduzir o edema da região e promover um ambiente mais favorável para a cicatrização (KIRILOVA *et al.*, 2023; MERÇON *et al.*, 2023).

A terapia com ozônio regula o sistema anti-inflamatório e antioxidante celular pela capacidade de produzir aldeídos, peróxido de hidrogênio (H₂O₂) e produtos de oxidação lipídica (LOPs). Além disso, ativa a via do fator nuclear eritroide 2-relacionado ao fator 2 (Nrf2), que estimula catalase, glutathione peroxidase, glutathione s-transferase, hemoxigenase-1 e proteínas de choque térmico 70 (HSP70). O ozônio reduz a ativação da via do fator nuclear kappa B (NF- κ B), o que o torna anti-inflamatório (OMAR EI MELIGY *et al.*, 2023). Isso estimula a produção de citocinas como interleucinas-4 (IL-4), interleucinas-10 (IL-10) e interleucinas-13 (IL-13) e fator de crescimento transformador beta (TGF- β), mas diminui a produção de citocinas como interleucinas-1 (IL-1), interleucinas-2 (IL-2), interleucinas-6 (IL-6) e fator de necrose tumoral alfa (TNF- α) (OMAR EI MELIGY *et al.*, 2023).

A capacidade do ozônio de diminuir a inflamação decorre de suas propriedades antioxidantes e anti-inflamatórias que ajudam a reduzir a resposta inflamatória nos tecidos tratados, que é útil em tratamentos endodônticos, onde a inflamação pode ser uma resposta comum a infecções bacterianas. (MOREIRA *et al.*, 2021). A aplicação de ozônio torna menos comum a produção de mediadores inflamatórios, que favorece o ambiente cicatrização e recuperação dos tecidos dentais (EL-DESOUKY *et al.*, 2023; MOREIRA *et al.*, 2021).

Contudo, o protocolo de aplicação do ozônio que inclui dose, tempo de aplicação e tipo de cepa bacteriana determinará a eficácia do tratamento (MERÇON *et al.*, 2023). Somado a isso, ozonioterapia tem como uma de suas principais características o fato de ser indolor, que facilita o trabalho com pacientes ansiosos (LUBOJASKI, A. *et al.*, 2021). Diferentes técnicas de aplicação de ozônio foram realizadas em um ensaio clínico randomizado para a comparação de cada efeito na dor pós-tratamento endodôntico, com a utilização

da escala visual analógica (EVA), onde concluiu-se que a ativação ultrassônica do ozônio foi menos dolorosa para os pacientes quando comparado ao tratamento sem ozônio (PAULA, B. *et al.*, 2023).

Outros estudos, como o de Sinha e colaboradores em 2021, mostraram que a ativação ultrassônica do ozônio resultou em menos dor aos pacientes após tratamento endodôntico. Os tratamentos endodônticos foram realizados de quatro formas distintas: tratamento com ozônio sem ativação; tratamento com ozônio e ativação manual; tratamento com ozônio com ativação ultrassônica passiva; e tratamento com ozônio com ativação sônica. A utilização da ativação ultrassônica do ozônio resultou em menos dor ao paciente submetido ao tratamento endodôntico em sessão única se comparada às técnicas que não utilizaram ozônio (SINHA, N. *et al.*, 2021).

A utilização da ozonioterapia para doenças inflamatórias como periodontite apical devido à sua capacidade de combater a inflamação e acelerar o processo de cicatrização foi investigada, pois controla a liberação de citocinas pró-inflamatórias e anti-inflamatórias, o que acelera a cicatrização e diminui a resposta inflamatória (SINHA *et al.*, 2021; VASAVADA E KAPOOR, 2020). Como em casos de periodontite, o ozônio melhora os resultados clínicos e o conforto do paciente por reduzir a inflamação e promover a cicatrização dos tecidos (LUBOJANSKI *et al.*, 2021). A aplicação de gás ozônio no tratamento periodontal diminui a profundidade das bolsas periodontais e a inflamação dos tecidos gengivais, o que torna o ambiente de recuperação mais saudável (MAKAEVA *et al.*, 2020). Além da diminuição da inflamação o uso do ozônio irá favorecer a cicatrização de tecidos, desde lesões cariosas a outras doenças inflamatórias orais (MOSCATI *et al.*, 2024).

4.4 Ação no reparo ósseo com ozonioterapia

A ozonioterapia tem demonstrado ser altamente eficaz no reparo ósseo, principalmente por sua capacidade de estimular a proliferação de osteoblastos (células responsáveis pela formação óssea) e melhorar a vascularização na área tratada (BARCZYK, I. *et al.*, 2023). Esses componentes combinados aceleram o processo de cicatrização e promovem a regeneração óssea, de forma que durante o tratamento endodôntico, o ozônio irá penetrar o forame apical e promover a regeneração e cura de tecido ósseo circundante

(BARCZYK, I. *et al.*, 2023). Para obter resultados positivos a longo prazo, procedimentos endodônticos como a pulpectomia dependem da saúde e integridade do osso ao redor do dente tratado (EL-DESOUKY *et al.*, 2023).

Em um estudo realizado, foi avaliado como o óleo de oliva ozonizado e o óxido de zinco preenchem os canais radiculares em molares decíduos. Foram utilizados 90 molares decíduos não vitais, divididos em três grupos distintos e submetidos ao tratamento de preenchimento do canal radicular, logo após realização de pulpectomia. O preenchimento dos canais radiculares deu-se com a utilização de azeite de oliva ozonizado com óxido de zinco no primeiro grupo, azeite com óxido de zinco no segundo grupo, e eugenol com óxido de zinco (ZOE) no terceiro grupo. Os resultados desse estudo mostraram que após o monitoramento clínico e radiográfico no período de 3, 6 e 12 meses o azeite de oliva ozonizado com óxido de zinco apresentou o melhor resultado entre os compostos utilizados, com aumento significativo da radiodensidade da região de furca e diminuição no espaço do ligamento periodontal (EL-DESOUKY, S. S. *et al.*, 2023).

O ozônio apresenta melhores propriedades reológicas, aumento de ATP no organismo, além de favorecer a liberação de citocinas ligadas à cicatrização, especialmente do fator de crescimento transformador (TGF-1) (EL-DESOUKY, S. S. *et al.*, 2023). Ao aumentar a circulação sanguínea e oxigenar os tecidos, o ozônio pode ajudar no reparo e na regeneração óssea, pois os efeitos afetam a regeneração óssea e a reparação de tecidos danificados (LUBOJANSKI *et al.*, 2021). Outra característica importante é o fato do ozônio estimular a angiogênese (a formação de novos vasos sanguíneos) (VASAVADA & KAPOOR, 2020). Estudos demonstram que a aplicação de ozônio, tanto tópico quanto sistêmico, após extrações dentárias, melhora significativamente a cicatrização óssea, o que permite uma recuperação mais rápida e eficaz dos alvéolos dentários (SEN & SEN, 2020).

4.5 Impactos na adesão à dentina, mineralização e integridade do dente

Observou-se divergência na literatura quanto à utilização do ozônio e a adesão à dentina, se por um lado, a utilização do ozônio não impacta a adesão à dentina, por outro, afirma-se que o ozônio é capaz de desinfetar uma superfície

sem causar efeito adverso na adesão de fossas, fissuras ou selantes (PAULA *et al.*, 2023; LUBOJANSKI, A. *et al.*, 2021). Além disso, a aplicação do ozônio no esmalte e na dentina clareados pode inibir a adesão da resina composta nas restaurações (PAULA *et al.*, 2023; KÜDEN, C. KARAKAŞ, S. N., 2021).

Estudos também nos mostram a existência de benefícios na utilização de ozônio gasoso para o tratamento de dentina e feridas na polpa dentária, visto que a utilização de ozônio gasoso por 24 segundos é suficiente para remover microrganismos causadores de cáries (KIRILOVA *et al.*, 2023).

É possível observar que o ozônio tem ação importante na mineralização do dente, porque é capaz de promover a mineralização dos dentes, tendo ação direta sobre substâncias orgânicas (SEN & SEN, 2020). Ocorre a passagem de íons cálcio e fósforo para a superfície interna do dente resultando na abertura dos túbulos dentinários (SEN & SEN, 2020). Com isso, o gás ozônio pode reduzir a hipersensibilidade dentinária, permitindo a difusão de íons para as camadas mais profundas da dentina, auxiliando no processo de mineralização do dente. (SEN & SEN, 2020).

Em um estudo *in vitro* realizado com cinquenta pré-molares unirradiculares investigou se o azeite ozonizado pode contribuir na liberação de íons cálcio (quadro 3) e manter pH alcalino (quadro 4) ao ser combinado com hidróxido de cálcio. Foi observado que todos os grupos do teste apresentaram liberação de íons cálcio, entretanto, o grupo com azeite ozonizado obteve melhores resultados com diferenças significativas, pois manteve a alcalinidade por um período de 15 dias, apresentando uma melhor difusão iônica e liberação de íons cálcio (VASAVADA, K.; KAPOOR, S, 2020).

Quadro 3: Liberação dos íons cálcio em dentes tratados com azeite de oliva sem e com ozônio.

| Grupo | 24h | 72h | 7 dias | 15 dias |
|----------------------------|------------|------------|---------------|----------------|
| Azeite de oliva sem ozônio | 6,80±0,94 | 9,84±1,00 | 10,48±0,91 | 9,55±0,69 |
| Azeite de oliva ozonizado | 5,33±0,38 | 12,67±1,53 | 19,58±1,94 | 20,62±1,77 |

Fonte: Adaptado de Vasavada. K.; Kapoor, S (2020)

Quadro 4: Nível do PH em dentes tratados com azeite de oliva sem e com ozônio.

| Grupo | 24h | 72h | 7 dias | 15 dias |
|----------------------------|-----------|-----------|-----------|------------|
| Azeite de oliva sem ozônio | 9,54±0,29 | 9,58±0,23 | 9,80±0,22 | 10,00±0,31 |
| Azeite de oliva ozonizado | 7,51±0,23 | 8,22±0,33 | 8,80±0,40 | 10,00±0,52 |

Fonte: Adaptado de Vasavada. K.; Kapoor, S (2020)

4.6 Precauções e efeitos adversos no uso da ozonioterapia

É preciso cautela na administração de ozônio em consultório odontológico, porque a inalação de ozônio pode apresentar riscos não apenas para o sistema pulmonar, mas também para outros órgãos (PAULA *et al.*, 2023; OMAR EL MELIGY *et al.*, 2023). Apesar das complicações com ozônio serem raras elas podem acometer o paciente e levar a situações que podem incluir: irritação do trato respiratório; epífora; náuseas; vômito; dores de cabeça; falta de ar; inchaço dos vasos sanguíneos; problemas cardíacos; má circulação e derrame (OMAR EL MELIGY *et al.*, 2023).

Existem poucas contraindicações para a terapia com ozônio, visto que não deve ser administrada a pacientes com favismos ou deficiência da enzima glicose-6 fosfato desidrogenase (G6PD), pois essa enzima é necessária para a oxidação dos lipoperóxidos e para o funcionamento do sistema glutathione. (OMAR EL MELIGY *et al.*, 2023). Também não é recomendada para pacientes gestantes ou que apresentam trombocitopenia, hipertireoidismo não controlado, problemas cardiovasculares, convulsões, anemia grave, miastenia grave, alergia ao ozônio, infarto do miocárdio recente, hemorragia de qualquer órgão e intoxicação aguda por álcool (OMAR EL MELIGY *et al.*, 2023).

O ozônio possui um poder altamente oxidativo, por isso é necessária a utilização de materiais resistentes à corrosão, como o vidro, teflon e silício, além disso, em situações que ocorra intoxicação por ozônio recomenda-se colocar o paciente na posição de decúbito dorsal e administrar vitamina E e N-acetilcisteína (PAULA *et al.*, 2023). Ao reduzir a produção de oxigênio e aumentar ou preservar os níveis originais de catalase, superóxido dismutase e

glutathiona peroxidase, a vitamina E protege células e estruturas contra danos oxidativos (MOHAMED, A.-R. *et al.*, 2022).

Somado a isso, é importante que o gerador de ozônio esteja em condições ideais de uso, pois quando utilizado no consultório odontológico deve garantir facilidade de uso e segurança, e sua dosagem deve ser pré-definida e ser compatível com o tecido nas áreas indicadas (MAKEEVA *et al.*, 2020). O gerador de ozônio com sistema de sucção selado é o ideal para evitar possíveis complicações com inalação do gás ozônio (KHAN, S. *et al.*, 2019).

Em relação ao modo de introdução do ozônio, a administração lenta é recomendada para prevenir reações vagais, especialmente em altas concentrações (SEN & SEN, 2020). Adicionalmente, alguns estudos mostraram que mesmo uma única aplicação de ozônio é suficiente para resolver determinados sintomas, como dor, exsudato no canal radicular e inchaço (BARCZYK *et al.*, 2023).

Outra complicação que pode acometer o paciente durante o tratamento é o enfisema subcutâneo, que ocorre, na maioria das vezes, no início do tratamento endodôntico (PAIS, 2019; FASOULAS *et al.*, 2019). Para o diagnóstico dessas complicações, submete-se o paciente a radiografias faciais simples, intraorais, do pescoço ou do tórax, ou através de tomografia computadorizada (TC) (PAIS, 2019).

Em casos raros, o enfisema subcutâneo pode levar a complicações mais graves, como pneumomediastino, comprometimento das vias aéreas ou embolias aéreas e até mesmo infecções dos espaços mais profundos (FASOULAS *et al.*, 2019). Não se deve administrar ozônio por injeção intravenosa, uma vez que isso pode levar a um quadro de embolia pulmonar.

Conclui-se que a utilização do ozônio em consultório odontológico deve ser feita de maneira cautelosa, respeitando todas as orientações recomendadas pelo fabricante, proporcionando, dessa forma, a proteção do paciente, cirurgião-dentista e os demais equipamentos utilizados (OMAR EL MELIGY *et al.*, 2023).

5. DISCUSSÃO

O sucesso da terapia endodôntica está diretamente ligada à eliminação microbiana do canal radicular, e a utilização do ozônio nesse processo oferece várias vantagens significativas. O combate a bactérias e fungos, a penetração profunda em áreas de difícil acesso e a excepcional ação antioxidante colocam a ozonioterapia como uma forte tendência a ser cada vez mais difundida no mercado.

Quanto a sua forma de aplicação, Khan *et al.*, (2019) e Kirilova *et al.*, (2023) relatam que a forma gasosa é a que apresenta uma maior taxa de sucesso na desinfecção dos canais radiculares, tendo em vista que o ozônio em seu estado gasoso é difundido melhor através de regiões de difícil acesso, para reduzir significativamente a carga microbiana e aumentar a taxa de sucesso do tratamento endodôntico além de complementar os métodos convencionais de desinfecção.

Constatou-se que, altera e rompe as membranas celulares, o ozônio ataca os microrganismos, interrompe o sistema enzimático e causa danos secundários ao DNA, o que leva à morte celular. Além disso, melhora o suprimento de nutrientes e a oxigenação dos tecidos, que ajuda na cicatrização e desinfecção completa dos canais radiculares.

O uso de água ozonizada em conjunto com métodos de agitação como Irrigação Ultrassônica Passiva (PUI) demonstrou uma redução significativa no número de microrganismos presentes no biofilme. Somado a isso, os estudos realizados por Sinha *et al.* (2021) mostraram que, durante o tratamento endodôntico, o grupo submetido ao tratamento da ativação ultrassônica do ozônio obteve menos dor após a endodontia.

Entretanto, a discussão acerca da efetividade do ozônio quando comparado ao NaOCl ainda paira sobre o cenário científico. Por um lado Moreira e colaboradores (2021) mostram que a utilização do ozônio no tratamento endodôntico possui a mesma ação antimicrobiana que o NaOCl, especialmente quando combinada a sonicação, por outro, Paula *et al.*, (2023) mostram que, apesar de possuir ação antimicrobiana, o ozônio, quando utilizado como produto adjuvante, possui uma capacidade de desinfecção inferior em relação ao

NaOCl. Dessa forma, a necessidade da realização de mais estudos sobre esse caso torna-se imprescindível para alcançar um denominador comum.

Testes realizados por Küçük *et al.*, (2021) com células da polpa dentária também mostraram que a ozonioterapia não é citotóxica. Essas investigações usaram várias concentrações de água ozonizada que demonstraram alta proliferação celular e baixa citotoxicidade. Além disso, efeito anti-inflamatório do ozônio em tratamentos odontológicos ajuda a reduzir os mediadores inflamatórios e a promover uma recuperação mais rápida e eficaz das condições inflamatórias. A ozonioterapia regula o sistema celular de inflamação e antioxidante, aumentando a produção de citocinas anti-inflamatórias e reduzindo a produção de citocinas pró-inflamatórias. Isso acelera o processo de cicatrização e recuperação dos tecidos dentais.

Outro fator importante que podemos observar foi em relação aos benefícios da ozonioterapia para a cicatrização óssea. Os estudos El-Desouky *et al* (2023) mostraram que os tratamentos à base de compostos ozonizados acelera a cicatrização óssea, resultando em uma recuperação mais rápida e eficaz, aumentando a radiodensidade óssea em região de furca e diminuindo o espaço entre os ligamentos periodontais. Os resultados obtidos projetam a ozonioterapia como um método útil para auxiliar no tratamento de reparo do tecido ósseo.

O impacto do ozônio na adesão à dentina permanece incerto entre os estudos sobre sua aplicação na odontologia. Paula *et al.*, (2023) e Küden, C. Karakas, S. N., (2021) afirmam que o ozônio pode impedir a aderência da resina de esmalte e dentina clareados. No entanto, o ozônio gasoso foi testado para limpar a dentina, eliminar os microrganismos responsáveis pela cárie e reduzir a inflamação. Além disso, o ozônio reduz a hipersensibilidade dentinária e ajuda a mineralizar os dentes. A combinação de hidróxido de cálcio e azeite ozonizado demonstrou ser eficaz na preservação de um pH alcalino e na liberação de íons de cálcio em experimentos. Como resultado, eles se tornam uma opção viável para uso na odontologia.

Ainda em relação ao impacto do ozônio adesão à dentina, estudos realizados por Vasavada e Kapoor (2020) mostraram a efetividade na liberação

de íons cálcio quando utilizado azeite ozonizado, onde o grupo submetido a tratamento com azeite ozonizado obteve uma melhor difusão iônica e liberação de íons cálcio.

Destacou-se, também, sobre os cuidados que devemos ter ao fazer uso da terapia com ozônio em consultório. Embora, a ozonioterapia seja indolor, devemos ficar atentos não só na aplicação do ozônio no canal radicular em um sistema fechado para evitar complicações ao paciente, como também na manutenção ideal da calibragem do gerador de ozônio. Tomando essas devidas providências, a aplicação do ozônio em consultório odontológico torna-se viável e segura.

6. CONCLUSÃO

Os resultados avaliados nesta revisão de literatura mostram o quanto efetiva a ozonioterapia pode ser, especialmente no campo da Endodontia. Sua excelente ação antimicrobiana, somada à sua baixa citotoxicidade e à efetividade no tratamento regenerativo ósseo, colocam a ozonioterapia como uma promissora alternativa no cenário odontológico.

REFERÊNCIAS

- BARCZYK, I. *et al.* Potential Clinical Applications of Ozone Therapy in Dental Specialties—A Literature Review, Supported by Own Observations. **International Journal of Environmental Research and Public Health**, v. 20, n. 3, p. 2048, 22 jan. 2023.
- EL-DESOUKY, S. S. *et al.* Zinc oxide-ozonated olive oil as a new root canal filling material in primary molars: a clinical randomized controlled trial. **Clinical Oral Investigations**, v. 27, n. 12, p. 7395–7405, 1 dez. 2023.
- FASOULAS, A.; BOUTSIUKIS, C.; LAMBRIANIDIS, T. Subcutaneous emphysema in patients undergoing root canal treatment: a systematic review of the factors affecting its development and management. **International Endodontic Journal**, v. 52, n. 11, p. 1586–1604, 31 jul. 2019.
- KHAN, S. *et al.* Clinical utility of ozone therapy in dental and oral medicine. **Medical Gas Research**, v. 9, n. 3, p. 163, 2019.
- KIRILOVA, J. N.; KOSTURKOV, D. Direct Pulp Capping with Advanced Platelet-Rich Fibrin: A Report of Two Cases. **Medicina (Kaunas, Lithuania)**, v. 59, n. 2, p. 225, 26 jan. 2023.
- KÜÇÜK, F.; YILDIRIM, S.; ÇETINER, S. Cytotoxicity assessment of different doses of ozonated water on dental pulp cells. **BMC Oral Health**, v. 21, n. 1, 19 jan. 2021.
- KÜDEN, C.; KARAKAŞ, S. N. Photodynamic therapy and gaseous ozone versus conventional post space treatment methods on the push-out bond strength of fiber posts luting with different resin cements. **Photodiagnosis and Photodynamic Therapy**, v. 36, p. 102586, 1 dez. 2021.
- LOPES, H e SIQUEIRA JR. *Endodontia: biologia e técnica*, 5ª ed. Rio de Janeiro, Guanabara Koogan, 2020.
- LUBOJANSKI, A. *et al.* Application of Selected Nanomaterials and Ozone in Modern Clinical Dentistry. **Nanomaterials**, v. 11, n. 2, p. 259, 20 jan. 2021.
- MAKEEVA, M. K. *et al.* Treatment of an Endo-Perio Lesion with Ozone Gas in a Patient with Aggressive Periodontitis: A Clinical Case Report and Literature Review. **Clinical, Cosmetic and Investigational Dentistry**, v. Volume 12, p. 447–464, out. 2020.
- MEIRA, A. B. A.; SANTOS, A. L.; LIMA, C. R. S.; MILHOMENS, F. H. L.; ARAUJO-SILVA, G.; CARDOSO, M. S. O.; TRAVASSOS, R. M. C. & FILHO, J. A. M. Use and applicability of ozone therapy in clinical practice in dentistry: an integrative review. **Int. J. Odontostomat.**, 16(4):468-474, 2022.
- MERÇON, I. R. *et al.* Analysis of antimicrobial efficacy of sodium hypochlorite and ozonated water against biofilm in oval canals. **Brazilian Dental Journal**, v.

34, p. 33– 41, 17 jul. 2023.

MOHAMED, A.-R. *et al.* TGF- β 1, NAG-1, and antioxidant enzymes expression alterations in Cisplatin-induced nephrotoxicity in a rat model: Comparative modulating role of Melatonin, Vit. E and Ozone. **Gene**, p. 146293–146293, 2022.

MOREIRA, L. L.; ZIMMER, R.; BELLO, M. D. C. Efetividade da ozonioterapia contra microrganismos endopatógenos: revisão de literatura. **Revista da Faculdade de Odontologia de Porto Alegre**, v. 62, n. 1, p. 90–97, 9 ago. 2021.

MOSCATI, M. *et al.* Selective excavation and ozone therapy: new frontier of mini-invasive caries treatment in MIH paediatric patients. A case report. **European Journal of Paediatric Dentistry**, v. 25, p. 1, 1 fev. 2024.

OMAR EL MELIGY; NOHA MOUSSAAD ELEMAM; TALAAT, I. M. Ozone Therapy in Medicine and Dentistry: A Review of the Literature. **Dentistry journal**, v. 11, n. 8, p. 187–187, 7 ago. 2023.

PAIS, E. S. The causes of subcutaneous emphysema of relevance to dental practitioners? **Evidence-Based Dentistry**, v. 20, n. 4, p. 111–112, dez. 2019.

PAULA, B.; EMELLY DE AVEIRO; ANIL KISHEN. Irrigants and irrigation activation systems in Endodontics. **Brazilian Dental Journal**, v. 34, n. 4, p. 1–33, 1 ago. 2023.

SCRIBANTE, A. *et al.* Ozonized gels vs chlorhexidine in non-surgical periodontal treatment: A randomized clinical trial. **Oral Disease**, 4 dez. 2023.

SEN, S.; SEN, S. Ozone therapy a new vista in dentistry: integrated review. **Medical Gas Research**, v. 10, n. 4, p. 189, 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, 3 nov. 2019.

SINHA, N. *et al.* Evaluation of Ozone Therapy in Endodontic Treatment of Teeth with Necrotic Pulp and Apical Periodontitis: A Randomized Clinical Trial. **Journal of Endodontics**, v. 47, n. 12, p. 1820–1828, dez. 2021.

VASAVADA, K.; KAPOOR, S. Evaluation of ozonized calcium hydroxide as an ineffective intracanal medicament during root canal procedures: an in vitro observational study. **Medical Gas Research**, v. 10, n. 3, p. 0, 2020.