

## O uso do ozônio na desinfecção de superfícies: revisão integrativa

Ozone use in surface disinfection: an integrative review

El uso de ozono para la desinfección de superficies: revisión integradora

Irinéia Bacelar de Oliveira Simplício<sup>1</sup>  <https://orcid.org/0000-0001-8271-9569>

Susani Cruz Sousa<sup>2</sup>  <https://orcid.org/0000-0001-5080-745X>

Tainara Silva Thomaz<sup>3</sup>  <https://orcid.org/0000-0001-7067-4308>

Fernanda da Silva Lima<sup>2</sup>  <https://orcid.org/0000-0002-1226-886X>

Jociléia da Silva Bezerra<sup>4</sup>  <https://orcid.org/0000-0001-9404-0297>

Maycon Crispim de Oliveira Carvalho<sup>5</sup>  <https://orcid.org/0000-0001-9282-2068>

Mariane Santos Ferreira<sup>6</sup>  <https://orcid.org/0000-0001-8924-8931>

Monica Karla Vojta Miranda<sup>6</sup>  <https://orcid.org/0000-0001-9610-0468>

### Como citar:

Simplício IB, Sousa SC, Thomaz TS, Lima FS, Bezerra JS, Carvalho MC, et al. O uso do ozônio na desinfecção de superfícies: revisão integrativa. Acta Paul Enferm. 2023;36:eAPE00542.

### DOI

<http://dx.doi.org/10.37689/acta-ape/2023AR00542>



### Descritores

Desinfecção; Desinfetantes; Ozônio; Infecção hospitalar; Controle de infecções

### Keywords

Disinfection; Disinfectants; Ozone; Cross infection; Infection control

### Descriptores

Desinfección; Desinfectantes; Ozono; Infección hospitalaria; Control de infecciones

### Submetido

12 de Março de 2022

### Aceito

21 de Novembro de 2022

### Autor correspondente

Irinéia Bacelar de Oliveira Simplício  
E-mail: irineiabacelar12@hotmail.com

### Editor Associado (Avaliação pelos pares):

Monica Taminato  
(<https://orcid.org/0000-0003-4075-2496>)  
Escola Paulista de Enfermagem, Universidade Federal de São Paulo, SP, Brasil

## Resumo

**Objetivo:** Analisar as evidências científicas com relação à eficácia do uso do ozônio para desinfecção de superfícies a partir de uma revisão integrativa de literatura.

**Métodos:** Realizou-se busca nos bancos de dados eletrônicos: SciELO, MEDLINE, LILACS, PubMed, Science Direct. Foram analisados onze artigos, publicados no período de janeiro de 2010 a agosto de 2021. Todos empregaram o modelo de investigação experimental laboratorial e alcançaram diferentes níveis de desinfecção pelo O<sub>3</sub>, no entanto, com variadas superfícies e produtos testados, além de diferentes procedimentos metodológicos.

**Resultados:** A maioria apresentou taxa de inibição pelo O<sub>3</sub> igual ou superior a 90%, comprovando assim a eficácia desse agente como desinfetante de superfícies, mesmo havendo variações de valores dos parâmetros como, concentração e tempo de exposição, em todos os artigos selecionados, até mesmo nos que não comprovaram a eficácia do O<sub>3</sub>.

**Conclusão:** Essa revisão evidencia o poder inibitório que o O<sub>3</sub> possui sobre diferentes patógenos, mesmo que haja variáveis nos fatores utilizados para esse fim, destacando-o frente a outros desinfetantes. Corroborando, assim, na composição de protocolos de desinfecção de superfícies e na tomada de decisão entre gestores e comissões acerca de tecnologias saneantes.

## Abstract

**Objective:** To analyze the scientific evidence regarding the effectiveness of using ozone to disinfect surfaces based on an integrative literature review.

**Methods:** A search was carried out in the SciELO, MEDLINE, LILACS, PubMed, Science Direct databases. Eleven articles published from January 2010 to August 2021 were analyzed. All employed the experimental laboratory research model and achieved different levels of disinfection by O<sub>3</sub>, however, with varied surfaces and products tested, in addition to different methodological procedures.

**Results:** The majority had an inhibition rate by O<sub>3</sub> equal to or greater than 90%, thus proving the effectiveness of this agent as a surface disinfectant, even with variations in parameter values such as concentration and exposure time, in all selected articles, even those that did not prove the effectiveness of O<sub>3</sub>.

**Conclusion:** This review shows the inhibitory power that O<sub>3</sub> has on different pathogens, even if there are variables in the factors used for this purpose, highlighting it in front of other disinfectants. Thus, it corroborates the composition of surface disinfection protocols and decision-making among managers and committees about sanitizing technologies.

<sup>1</sup>Universidade Castelo Branco, São Paulo, SP, Brasil.

<sup>2</sup>Universidade do Estado do Pará, Belém, Pará, Brasil.

<sup>3</sup>Faculdade de Ensino de Minas Gerais, Belo Horizonte, MG, Brasil.

<sup>4</sup>Instituto Esperança de Ensino Superior, Santarém, PA, Brasil.

<sup>5</sup>Universidade Anhembi Morumbi, São Paulo, SP, Brasil.

<sup>6</sup>Centro Universitário Adventista de São Paulo, São Paulo, SP, Brasil.

Conflitos de interesse: nada a declarar.

## Resumen

**Objetivo:** Analizar las evidencias científicas con respecto a la eficacia del uso del ozono para la desinfección de superficies a partir de una revisión integradora de la literatura.

**Métodos:** Se realizó una búsqueda en los bancos de datos electrónicos: SciELO, MEDLINE, LILACS, PubMed, Scisearch Direct. Se analizaron 11 artículos, publicados en el período de enero de 2010 a agosto 2021. Todos utilizaron el modelo de investigación experimental laboratorial y obtuvieron distintos niveles de desinfección por  $O_3$ , pero utilizando distintas superficies y productos, además de distintos procedimientos metodológicos.

**Resultados:** La mayoría presentó una tasa de inhibición por  $O_3$  igual o superior al 90 %, lo que comprueba la eficacia de ese agente como desinfectante de superficies, aunque existan variaciones en los valores de los parámetros, como concentración y tiempo de exposición, en todos los artículos seleccionados, incluso en los que no se comprobó la eficacia del  $O_3$ .

**Conclusión:** Esta revisión evidencia el poder inhibitorio que el  $O_3$  presenta ante distintos patógenos, aunque existan variables en los factores utilizados para esa finalidad, por lo que se destaca ante otros desinfectantes. De esta forma, se confirma la composición de protocolos de desinfección de superficies y la toma de decisiones entre gestores y comisiones sobre tecnologías de desinfección.

## Introdução

As Infecções Relacionadas a Assistência à Saúde (IRAS) têm-se revelado como um relevante problema de saúde pública.<sup>(1)</sup> Além de onerar custos para o Estado, as taxas de morbidade e mortalidade causadas por IRAS giram em torno de 1,7 milhões e 99 mil por ano, respectivamente.<sup>(2)</sup> Tal situação requer uma busca incessante por medidas de prevenção, pois a contaminação ambiental desempenha um papel importante na transmissão de vários patógenos.<sup>(3)</sup>

A fim de controlar e prevenir essas infecções, bem como, a inibir o crescimento de microrganismos que apresentam resistência a pelo menos duas classes de antibióticos, os Microrganismos Drogas Multirresistentes (MDR),<sup>(4)</sup> estudos apontam que a limpeza e desinfecção de rotinas conferem um efeito positivo na sanitização de superfícies no ambiente hospitalar, visto que a limpeza consiste na eliminação da sujidade e, após a superfície previamente limpa, o processo de desinfecção remove a carga microbiana e cepas multirresistentes.<sup>(5)</sup>

Tradicionalmente os infectantes encontrados no mercado com cloro, álcoois, aldeídos, entre outros, são usados para a eliminação de carga microbiana presente nas superfícies nosocomiais<sup>(6)</sup> cujo mecanismo de ação se dá por inibição do crescimento e ação letal microbiana.<sup>(7)</sup>

Não obstante, recentemente tem-se observado a busca por novos métodos de desinfecção que avaliam o efeito descontaminante do Ozônio ( $O_3$ ) em água e ar contaminados por *Staphylococcus aureus*, *Pseudomonas aeruginosa*, *Escherichia coli* e *Streptococcus faecalis*, com resultados positivos para a redução do potencial con-

taminante dos microrganismos, tanto na água, quanto no ambiente em forma de aerossóis.<sup>(8)</sup>

O efeito oxidativo do  $O_3$  o elege como uma proposta segura e de baixo custo na contenção antimicrobiana em diferentes áreas.<sup>(9)</sup> Esse gás se sobressai como um composto desinfetante, uma vez que, a ação bactericida do  $O_3$  é maior que a do cloro, pois, age causando a lise das células bacterianas, vírus e fungos através da oxidação da parede celular, membrana citoplasmática e demais componentes da estrutura celular microbiana.<sup>(10)</sup>

Nesse sentido, por sua vasta capacidade antimicrobiana, o  $O_3$  tem se mostrado uma escolha cada vez mais acessível, confiável e de melhor custo-benefício para as técnicas de desinfecção relacionadas às superfícies, tornando-se um forte aliado na eliminação de agentes patogênicos, tendo potencial para atuar como elemento complementar dos protocolos de limpeza e desinfecção.<sup>(11)</sup>

Posto isso, diante do avanço de microrganismos multirresistentes que representam importante ameaça aos serviços de saúde e considerando a baixa elaboração de novos agentes antimicrobianos, torna-se indispensável o desenvolvimento de novas tecnologias de saneantes.<sup>(12)</sup> Logo, o objetivo deste estudo foi evidenciar a eficácia do uso desse agente para a desinfecção de superfícies, a partir de artigos científicos utilizando a revisão integrativa de literatura.

## Métodos

Trata-se de uma Revisão Integrativa da Literatura (RIL),<sup>(13)</sup> que seguiu seis fases: na 1ª Fase elabo-

rou-se a pergunta norteadora; na 2ª Fase, a busca ou amostragem das referências; na 3ª Fase ocorreu a coleta de dados; na 4ª Fase, a análise crítica dos estudos incluídos; na 5ª Fase houve a discussão dos resultados; 6ª Fase formulou-se a apresentação da revisão integrativa.

Foi formulada a seguinte questão: Quais são as evidências científicas do uso de ozônio na desinfecção de superfícies no período de janeiro de 2010 a agosto de 2021? Tal pergunta norteou uma busca bibliográfica, filtrando os artigos que possuíam coerência com o objeto do estudo.

Realizou-se busca em banco de dados eletrônicos: portal *Scientific Electronic Library Online* (SciELO), *Medical Literature and Retrieval System on Line* (MEDLINE), Literatura Latino-americana e do Caribe em Ciências da Saúde (LILACS), PubMed, *ScienceDirect*, todos presentes na Biblioteca Virtual em Saúde e Web of Science, sendo utilizado os descritores: Desinfecção, Ozônio e Infecção Hospitalar, associados aos operadores booleanos “AND, NOT e OR”.

Ao todo foram encontrados 340 artigos, sendo somente 11 utilizados na análise desse estudo, visto que a maioria pertencia às áreas de odontologia, in-

dústria de alimentos e tratamento de águas residuais, os quais não corroboravam com o tema proposto por essa pesquisa. Houve ainda limitação de artigos selecionados pela inexistência do descritor “superfície” na base de Descritores em Ciências da Saúde (DeCS).

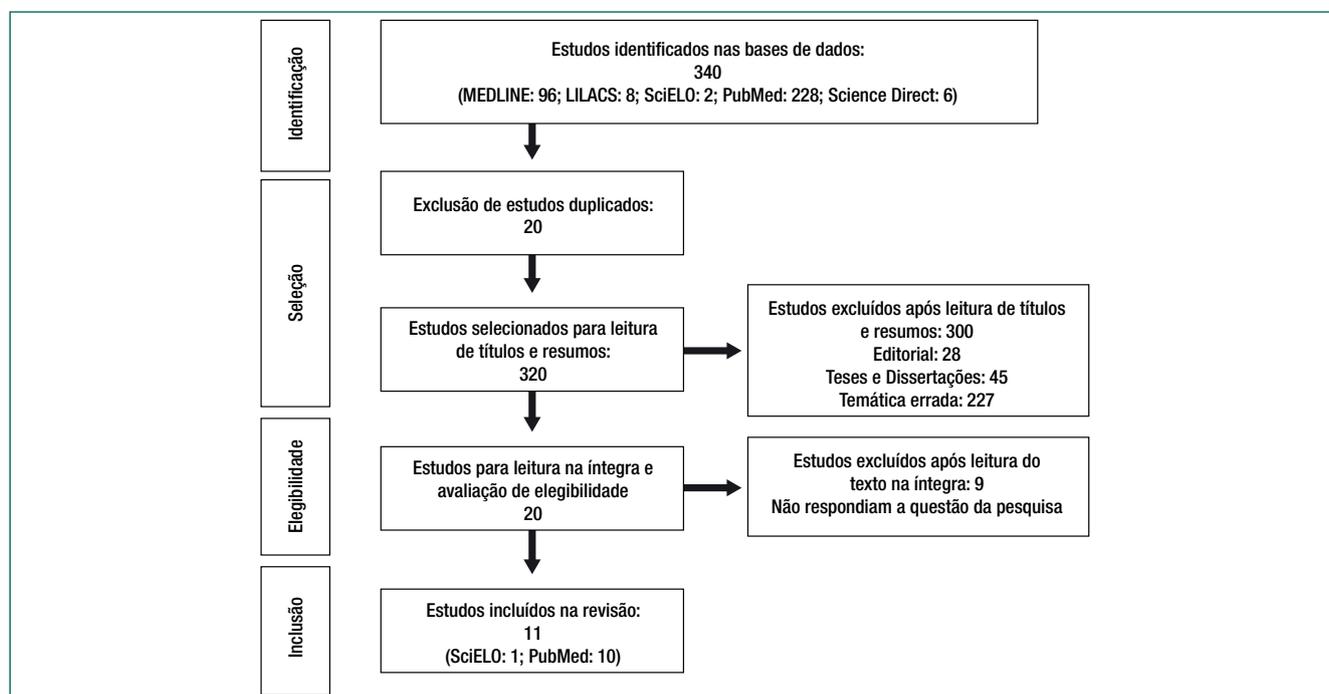
Aplicaram-se os seguintes critérios de inclusão: artigos completos, que contemplaram o tema e objetivo do estudo, publicados entre 2010 e 2021, nos idiomas português, inglês e espanhol.

Os critérios de exclusão foram: artigos repetidos, publicações apenas com resumo, revisões de literatura, reflexões e resenhas.

Para seleção das publicações, seguiram-se as recomendações do *Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses* (PRISMA), apresentado na figura 1.

## Resultados

Após a aplicação dos critérios de inclusão e exclusão, foram selecionados 11 artigos que responderam à questão central da pesquisa, que serão apresentados no quadro 1, segundo classificação, base de dados, título, autores, ano, país e objetivo do estudo.



**Figura 1.** Fluxograma de seleção dos estudos primários, elaborado a partir da recomendação PRISMA

**Quadro 1.** Síntese dos artigos da revisão.

Classificação	Base de dados	Título	Autores/Ano	Objetivo
A1	SciELO	Ação antimicrobiana do gás ozônio em superfícies e na aeromicrobiota.	Caetano, MH et al. (2021) <sup>(9)</sup> , Brasil.	Avaliar a ação antimicrobiana do gás ozônio (O <sub>3</sub> ) em superfícies e ar ambiente climatizado artificialmente.
A2	PubMed	Pseudovírus para a avaliação da desinfecção de coronavírus por ozônio.	Zucker, I et al. (2021), <sup>(14)</sup> Israel.	Testar o uso de pseudovírus como modelo para avaliar a desinfecção por ozônio do coronavírus em concentrações de ozônio de 30, 100 e 1000 ppmv.
A3	PubMed	Desinfecção do <i>Pseudomonas aeruginosa</i> de respiradores N95 com ozônio: um estudo piloto.	Manning, EP et al. (2021), <sup>(15)</sup> EUA.	Buscar as condições necessárias para o ozônio desinfetar os respiradores N95 para reutilização e os efeitos dos múltiplos ciclos de exposição.
A4	PubMed	Inativação de síndrome respiratória aguda grave coronavírus 2 (SARS-CoV-2) por tratamento com ozônio gasoso.	Yano, H et al. (2020), <sup>(16)</sup> Japão.	Avaliar a eficácia do gás ozônio para a inativação do SARS-CoV-2.
A5	PubMed	Desenvolvimento e melhoria do método eficaz para desinfecção do ar e superfícies com gás ozônio como agente descontaminante.	Moccia, G et al. (2020), <sup>(17)</sup> Itália.	Desenvolver e implementar um procedimento de limpeza e sanitização para ambientes clínicos críticos com ozônio, para prevenir infecções hospitalares pela eliminação de todos os microrganismos tóxicos e nocivos do ar, e garantir o uso seguro para operadores e pacientes
A6	PubMed	Utilização de gás ozônio na desinfecção de resíduos de serviços de saúde	Gonzaga, T. N., Kozusny-Andreani, D. I. (2018). <sup>(18)</sup> Brasil.	Avaliar a viabilidade técnica da aplicação de ozônio como bactericida e fungicida em amostras de resíduos de serviços de saúde potencialmente infectantes.
A7	PubMed	Ozônio no controle de micro-organismos em resíduos de serviços de saúde.	Martins, C. C.; Kozusny-Andreani, D. I.; Mendes, E. C. B. (2015). <sup>(19)</sup> Brasil.	Verificar a eficácia do ozônio no controle de micro-organismos patogênicos isolados dos Resíduos de Serviço de Saúde (RSS).
A8	PubMed	Inativação de coronavírus humano pelo dispositivo desinfetante a seco da FATHHOME: desinfecção rápida e ecologicamente correta do SARS-CoV-2.	Uppal, T et al. (2021), <sup>(20)</sup> EUA.	Testar a inativação do coronavírus humano pelo dispositivo de desinfecção a seco da FATHHOME à base de ozônio.
A9	PubMed	Comparação dos efeitos do formaldeído e do ozônio gasoso em colchas de hospital contaminadas com HBV.	Guo, D et al. (2015), <sup>(21)</sup> China.	Investigar a eficácia clínica do formaldeído e do ozônio gasoso para a limpeza terminal de colchas hospitalares contaminadas por HBV.
A10	PubMed	Viabilidade do SARS-CoV-2 em diferentes superfícies após tratamento com ozônio gasoso: uma avaliação preliminar.	Percivalle, E et al. (2021), <sup>(22)</sup> Itália.	relatar uma investigação sobre o uso do ozônio gasoso como método de higienização potencialmente eficaz contra o novo coronavírus
A11	PubMed	Avaliação da eficácia de dois dispositivos automatizados de descontaminação de salas em condições da vida real.	Knobling, B et al. (2021) <sup>(23)</sup> , Alemanha	Avaliar a eficácia de dois dispositivos automatizados de descontaminação de salas em condições reais.

As autorias das publicações se distribuíram em diferentes áreas profissionais: Medicina (A3, A4, A5, A8, A9, A10 e A11); enfermagem (A1 e A7); interdisciplinar (A6) e química (A2), concentrados entre 2020 e 2021, desenvolvidos no Brasil (A1, A6 e A7), Israel (A2), Estados Unidos, (A3 e A8) Japão (A4) Itália (A5 e A10), China (A9) e Alemanha (A11), empregaram o modelo de investigação experimental-laboratorial e alcançaram diferentes níveis de desinfecção pelo O<sub>3</sub>, no entanto, com variadas superfícies e produtos testados, além de diferentes procedimentos metodológicos. Por conseguinte, os artigos A9 e A11 aplicaram comparações entre o O<sub>3</sub> e Luz UV, formaldeído e peróxido de hidrogênio, respectivamente.

Todas as pesquisas utilizaram relações de concentração do O<sub>3</sub> que variaram de 0,5 a 1000 ppm, tempo de exposição entre 10 a 320 minutos, temperatura entre 21°C e 55,8°C, e umidade relativa entre 37 e 90%, com variação no uso de dois ou mais desses parâmetros. Além disso, foram relacionadas,

entre os artigos, taxas de inibição de microrganismos que alternam de 58 a 99%, representando a alta ou baixa efetividade do O<sub>3</sub> na eliminação de agentes patológicos.

Os microrganismos combatidos nesses experimentos diferenciam-se entre vírus e bactérias, dentre os quais vírus da Hepatite B (HBV), Influenza A (IAV), Vírus Sincicial Respiratório (VSR), SARS-CoV-2, e bactérias *Pseudomonas aeruginosa*, *Escherichia coli*, *Staphylococcus aureus*, *Salmonella enteritidis* e *Enterococcus faecium*. Todos os vírus testados passaram por processos de congelamento, descongelamento, diluição e/ou centrifugação para, enfim, serem expostos ao desinfetante O<sub>3</sub>. Vale ressaltar que todas as etapas experimentais seguiram protocolos de biossegurança níveis 2 e 3.

Observou-se que a maioria dos estudos<sup>(16-20, 23,24)</sup> com resultados de inibição significativa utilizaram em seu método o tempo de exposição com média de 50 minutos, umidade relativa acima de 50% e temperatura de média de 25°C, enquanto o artigo com

resultado de baixa inibição (A9)<sup>(21)</sup> utilizou tempo de 10 a 20 minutos, umidade relativa de 37% a 38% e temperatura ambiente; e tempo de 15, 30 e 60 minutos respectivamente, no entanto, sem relatar a temperatura e a umidade.

As superfícies testadas abrangeram parede, chão e bancadas de um laboratório de microbiologia clínica, escritórios, unidade de cirurgia geral, salas de alta, média e baixa criticidade, contendo móveis hospitalares de alto contato, como maçanetas, camas e etc, vidro, aço inoxidável, cobre, liga de alumínio, níquel, acrílico, plástico, respiradores N95, máscaras cirúrgicas, botas descartáveis, macacões de segurança, capuzes de tecido, avental, *faceshield*, mantas hospitalares e ambulância, sendo que a máscara N95 foi a superfície de estudo mais frequente, aparecendo em quatro das onze pesquisas selecionadas.

Quanto a eficácia do O<sub>3</sub>, o artigo A6<sup>(18)</sup> constatou que o controle de microrganismos ocorreu por meio da aplicação do ozônio dissolvido em água e pela exposição a diferentes tempos, apresentando maior eficácia nas bactérias, quando comparados com os fungos, concluindo que o ozônio é eficiente no controle in vitro de microrganismos isolados de Resíduos de Serviços de Saúde (RSS).

Outrossim, ainda na pesquisa supramencionada, com relação ao vírus, a taxa de inibição da luz UV foi de 99% enquanto o O<sub>3</sub> foi de 58%, comparado com os vírus em tratamento. No que concerne a eliminação das bactérias, o resultado da eliminação pela luz UV foi menor que o mínimo de detecção pela técnica. Em contrapartida, a desinfecção por O<sub>3</sub> não obteve resultados significativos.

Em segunda análise, o artigo A9<sup>(21)</sup> trouxe a comparação do potencial de desinfecção do formaldeído em relação ao O<sub>3</sub> em lençóis hospitalares, divididos em dois grupos examinados, tecido e algodão, contaminados com o HBV. O formaldeído foi utilizado na forma de formalina líquida na concentração de 37%, e o O<sub>3</sub> na concentração de 30 mg/m<sup>3</sup>, variando seu tempo de fumigação entre 15, 30 e 60 minutos e concomitantemente, houve um grupo controle que não sofreu nenhuma exposição aos desinfetantes.

Após os períodos de exposição, ficou constatado que, em relação ao grupo sem desinfecção, o nú-

mero de cópias de HBV reduziu significativamente após exposição ao formaldeído, enquanto o O<sub>3</sub> não obteve resultado satisfatório, visto que a quantidade de cópias de HBV manteve-se semelhante tanto no grupo controle quanto no grupo exposto ao O<sub>3</sub>.

Posteriormente, o artigo A11<sup>(23)</sup> abordou o O<sub>3</sub> comparado ao Peróxido de Hidrogênio em um quarto de paciente típico com banheiro adjacente e antessala, onde os pesquisadores produziram dois tipos de superfícies, sendo estas de alta e baixa contaminação, com a *E. faecium* como microrganismo escolhido.

A superfície foi exposta ao O<sub>3</sub> em concentração de 70 a 80 ppm durante 15 minutos, com umidade relativa de 80 a 90%, sem relatar parâmetros de temperatura. Enquanto no dispositivo a base de peróxido de hidrogênio o tempo de nebulização foi de 20 e 30 minutos. O O<sub>3</sub> alcançou o fator de redução de > 5 log,<sup>(10)</sup> parâmetro utilizado para demonstração de eficácia bactericida<sup>(23-25)</sup> em toda extensão da sala teste. O dispositivo que utiliza peróxido não atingiu taxa de inibição relevante, tendo que ser feito ajustes de tempo e posição para então alcançar uma adequada redução da taxa.

É importante ressaltar que o tempo de exposição do peróxido de hidrogênio foi, inicialmente, de 20 minutos e em seguida houve ajuste para 30 minutos, visto que a redução do microrganismo não foi satisfatória no tempo inicial. Ainda, é preciso frisar que, apesar de não obter resultados consideráveis em alta contaminação, o peróxido é capaz de conter patógenos em contaminação de superfícies realistas, ou seja, de baixa contaminação.

Portanto, observou-se que nove artigos apresentaram taxa de inibição pelo O<sub>3</sub> igual ou superior a 90%, comprovando assim a eficácia dessa substância química como desinfetante de superfícies, mesmo havendo variação nos parâmetros de concentração, que foram de 10 a 1000 ppm.

## Discussão

### A efetividade do ozônio na inibição de diferentes microrganismos

O O<sub>3</sub> se apresenta como um excelente desinfetante devido sua alta capacidade germicida e alto poder

de penetração, agindo inclusive como agente esterilizante. Com isso, devido a sua capacidade de eliminar protozoários, além de possuir propriedades bactericidas, fungicida e virucida, o  $O_3$  é um potente desinfetante, sendo reconhecido como um dos melhores agentes antimicrobianos.<sup>(25-27)</sup>

No entanto, o artigo A9<sup>(21)</sup> não atestou a eficácia do  $O_3$  em relação à luz UV e ao formaldeído, pois não houve diferença significativa entre o grupo controle e o que sofreu desinfecção pelo  $O_3$ , porém, os resultados na desinfecção com formaldeído também não foram satisfatórios por conta dos efeitos colaterais já listados na literatura, sendo esses: irritação nos olhos ou na pele, e em altos níveis podem induzir carcinomas de células escamosas nas passagens nasais de ratos.<sup>(28)</sup> O autor recomenda ainda que, para o uso adequado de formaldeído na desinfecção hospitalar, os níveis de concentração e o tempo de exposição sejam baixos.<sup>(28)</sup> Logo, medidas como a utilização de amônia em água podem eliminar os resíduos do formaldeído, todavia, há o risco de contaminação secundária.<sup>(29)</sup>

### Fatores e parâmetros relacionados à desinfecção

No que concerne aos parâmetros utilizados no processo de desinfecção, literaturas afirmam que a ação antimicrobiana do  $O_3$  advém de fatores como a concentração, tempo de exposição, umidade relativa e temperatura.<sup>(30)</sup>

A diferença de porcentagem na taxa de inibição é justificada por A2<sup>(14)</sup> por haver distinção no comportamento dos vírus em tempos prolongados devido efeito secante da suspensão, o que impediu de verificar eficazmente o potencial do  $O_3$  em tempos maiores. Isso corrobora com os outros estudos que obtiveram êxito na desinfecção com o tempo de exposição de 10, 15 e 20 minutos (A8)<sup>(20)</sup> e 15 minutos.<sup>(10)</sup>

Sob essa perspectiva, em estudo sobre as propriedades bactericidas do  $O_3$  sobre MDR, constataram que a taxa de inibição diminuiu significativamente ao utilizarem a concentração 10 g mL<sup>-1</sup> por 4 minutos, onde não ocorreu crescimento bacteriano, nas leituras feitas em 48 h e após 7 dias, ao passo que nas concentrações de 4 g mL<sup>-1</sup> e 3 g mL<sup>-1</sup>, houve crescimento bacteriano, embora em menor quantidade, atestando ação bactericida proporcional à concentração.<sup>(9)</sup>

### Superfícies utilizadas na desinfecção

Observou-se que o artigo A3<sup>(15)</sup> que buscou desinfetar respiradores N95, empregou em seu teste a concentração de  $O_3$  de 450ppm por 2 horas, obtendo ao final um resultado satisfatório acerca da desinfecção sem qualquer dano ou mudança na integridade e qualidade dos respiradores. O resíduo deixado pelos saneantes, tanto em superfícies como no ar, pode causar prejuízos à saúde dos trabalhadores e usuários desses serviços, corroborando com outra pesquisa<sup>(14)</sup> que afirma sobre o  $O_3$  ser um gás altamente instável, ou seja, que retorna rapidamente a seu estado original como  $O_2$ , assim como, possui meia vida de apenas 40 a 45 minutos em 20°C. Assim sendo, constata-se que o  $O_3$ , além de ser um potente desinfetante, possui benefícios que se destacam de outros agentes saneantes, como não necessitar de consumíveis para gerá-lo, não deixar resíduos, ser altamente volátil, alcançar áreas que outros produtos não conseguem chegar,<sup>(10)</sup> como cantos e dobradiças.

### Conclusão

Foram analisados estudos que evidenciaram cientificamente o uso do  $O_3$  na desinfecção de superfícies. As obras apontaram essa substância como uma potente tecnologia de inibição microbiana. Contudo, verificou-se a necessidade de mais experimentos acerca do tema, para que os parâmetros como concentração, tempo de exposição, umidade e temperatura sejam adequados conforme a necessidade e as superfícies utilizadas.

### Referências

1. Tauffer J, Carmello SK, Berticelli MC, Zack BT, Kassim MJ, Alves DC, et al. Caracterização das infecções relacionadas à assistência à saúde em um hospital de ensino. *Rev Epidemiol Controle Infecção*. 2019;9(3):248-53.
2. Bastos GS, Santos SS. Incidência de infecção de corrente sanguínea em pacientes portadores de cateter venoso central [dissertação]. Goiás: Universidade Evangélica de Goiás; 2018. 37 pp.
3. Cavalcante EF, Pereira IR, Leite MJ, Santos AM, Cavalcante CA. Implementation of patient safety centers and the healthcare-associated infections. *Rev Gaúcha Enferm*. 2019;40(Esp):e20180306.
4. Silva MO, Aquino S. Resistência aos antimicrobianos: uma revisão dos desafios na busca por novas alternativas de tratamento. *Rev Epidemiol Controle Infecção*. 2018;8(4):472-82.

5. Frota OP, Ferreira AM, Guerra OG, Rigotti MA, Andrade D, Borges NM, et al. Efficiency of cleaning and disinfection of surfaces: correlation between assessment methods. *Rev Bras Enferm.* 2017;70(6):1176-83.
6. Song X, Vossebein L, Zille A. Efficacy of disinfectant-impregnated wipes used for surface disinfection in hospitals: a review. *Antimicrob Resist Infect Control.* 2019;8(1):139. Review.
7. Souza LF, Sebastião LK, Naves PL, Campos JD. Avaliação da atividade bacteriostática de carvão ativado impregnado com prata frente à bactéria *Pseudomonas aeruginosa*. *Rev Processos Químicos.* 2019;13(25):71-8.
8. Martinelli M. Tratamento de água e ozônio do ar como alternativa de tecnologia de saneamento. *J Med Prev Higiene.* 2017;58(1):48.
9. Caetano MH, Siqueira JP, Andrade D, Sousa AF, Rigotti MA, Diniz MO, et al. Antimicrobial action of ozone gas on surfaces and in the air. *Acta Paul Enferm.* 2021;34:eAPE02712.
10. Kozusny-Andreani DI, Andreani G, Avezum PL, Oliva SA, Oliveira MK, Seixas SF, et al. In vitro inactivation of pathogenic bacteria by the use of ozone in different exposure times. *Rev Cubana Med Trop.* 2018;70(1):34-44.
11. Magnoni D. O uso de ozônio como método de desinfecção. *Ozone Sci Eng.* 2020;3:1-4.
12. Saviano AM. Desenvolvimento de métodos microbiológicos rápidos (MMRs) para avaliação da potência de agentes antimicrobianos e suas incertezas de medição [tese]. São Paulo: Universidade de São Paulo; 2019.
13. Teixeira E, Medeiros HP, Nascimento MH, Costa e Silva BA, Rodrigues C. Revisão integrativa da literatura passo-a-passo & convergências com outros métodos de revisão. *Rev Enferm UFPI.* 2013;2(Esp):3-7. Review.
14. Zucker I, Lester Y, Alter J, Werbner M, Yechezkel Y, Gal-Tanamy M, et al. Pseudoviruses for the assessment of coronavirus disinfection by ozone. *Environ Chem Lett.* 2021;19(2):1779-85.
15. Manning EP, Stephens MD, Dufresne S, Silver B, Gerbarg P, Gerbarg Z, et al. Disinfection of *Pseudomonas aeruginosa* from N95 respirators with ozone: a pilot study. *BMJ Open Respir Res.* 2021;8(1):e000781.
16. Yano H, Nakano R, Suzuki Y, Nakano A, Kasahara K, Hosoi H. Inactivation of severe acute respiratory syndrome coronavirus 2 (SARS-CoV-2) by gaseous ozone treatment. *J Hosp Infect.* 2020;106(4):837-8.
17. Moccia G, De Caro F, Pironti C, Boccia G, Capunzo M, Borrelli A, et al. Development and improvement of an effective method for air and surfaces disinfection with ozone gas as a decontaminating agent. *Medicina (Kaunas).* 2020;56(11):578.
18. Gonzaga TN, Kozusny-Andreani DI. Utilização de gás ozônio na desinfecção de resíduos de serviços de saúde. *RIES.* 2018;7(2):125-39.
19. Martins CC, Kozusny-Andreani DI, Batista Mendes EC. Ozônio no controle de micro-organismos em resíduos de serviços de saúde. *Rev Baiana Enferm.* 2015; 29(4):318-27.
20. Uppal T, Khazaieli A, Sniijders AM, Verma SC. Inactivation of human coronavirus by FATHHOME's dry sanitizer device: rapid and eco-friendly ozone-based disinfection of SARS-CoV-2. *Pathogens.* 2021;10(3):339.
21. Guo D, Li Z, Jia B, Che X, Song T, Huang W. Comparison of the effects of formaldehyde and gaseous ozone on HBV-contaminated hospital quilts. *Int J Clin Exp Med.* 2015;8(10):19454-9.
22. Percivalle E, Clerici M, Cassaniti I, Vecchio Nepita E, Marchese P, Olivati D, et al. SARS-CoV-2 viability on different surfaces after gaseous ozone treatment: a preliminary evaluation. *J Hosp Infect.* 2021;110(3):3-6.
23. Knobling B, Franke G, Klupp EM, Belmar Campos C, Knobloch JK. Evaluation of the effectiveness of two automated room decontamination devices under real-life conditions. *Front Public Health.* 2021;9:618263.
24. Marin TS, Bortoluci CD, Oliveira KR, Cassucci PP, Moraes JM, Santos AD. O uso do ozônio na odontologia [abstract]. In: 15ª Jornada Odontológica da Funec, 2014. Santa Fé do Sul (SP): Funec, 2014.
25. Ferreira MB. Efeito na reparação óssea periapical da ozonioterapia como coadjuvante ao tratamento endodôntico. Estudo clínico-radiográfico [tese]. São Paulo: Faculdade de Odontologia, Universidade de São Paulo; 2012.
26. Andrade AL. Revisão bibliográfica sobre ozonioterapia tópica no tratamento de úlceras em membros inferiores [dissertação]. Uberlândia: Faculdade de Educação Física e Fisioterapia, Universidade Federal de Uberlândia; 2019.
27. Chung PR, Tzeng CT, Ke MT, Lee CY. Formaldehyde gas sensors: a review. *Sensors (Basel).* 2013;13(4):4468-84. Review.
28. Sharma M, Hudson JB. Ozone gas is an effective and practical antibacterial agent. *Am J Infect Control.* 2008;36(8):559-63.
29. Kim JG, Yousef AE, Dave S. Application of ozone for enhancing the microbiological safety and quality of foods: a review. *J Food Prot.* 1999;62(9):1071-87. Review.
30. Álvarez Duarte H, Hernández Carretero J, Arpajón Peña Y, Gálvez Valcárcel JR, Concepción Daniel R, Carbonell VG. Benefícios de la intervención con ozonioterapia en pacientes con pie diabético neuroinfeccioso. *Rev Cubana Angiol Cir Vasc.* 2014;15(1):12-21.