

Uso do Ozônio para esterilização de ambientes

Eng. Elma Nery de Lima Filha, Abril de 2022

1.Introdução

O uso do Ozônio tem se demonstrado bastante eficiente na esterilização de ambientes diversos, já está sendo usado mundialmente em inúmeras atividades, de um modo eficaz, embora ainda tímido, ele se apresenta mais eficaz que o Cloro.

O uso em aviões, carros, tratamento de esgoto, água para abastecimento, água de piscinas e de ambientes diversos já está consolidado.

Uma das grandes vantagens do Ozônio é que ele não é tóxico se usado na dosagem adequada e tempo de exposição.

Cabe ressaltar que o campo de utilização do Ozônio, como método de esterilização possui versatilidade e é economicamente mais barato.

Segundo, Grignani et alli, 2012 ¹ o ozônio é um poderoso oxidante que reage com moléculas orgânicas e, portanto, tem ações bactericidas, viricidas e fungicidas.

A sua utilização tem como proposta para a desinfecção da atmosfera de locais de trabalho e locais públicos a desinfecção de máscaras descartáveis e de equipamento de proteção individual para reutilização, com particular referência ao surto pandêmico do COVID-19.

O mecanismo de ação do ozônio consiste na oxidação de lipídios, proteínas, lipoproteínas e polissacarídeos que são componentes estruturais de microrganismos. Ele causa a destruição de membrana e organelas, da mesma forma que oxida anéis fenólicos e duplas ligações da estrutura de pesticidas e microtoxinas.

Segundo Rutala; Weber, 2019 citado pelo Ministério da Saúde 2020, A recomendação de métodos de limpeza, desinfecção e esterilização de materiais e equipamento médico-hospitalares, assim como de superfícies, mobiliários, áreas e ambientes utilizados em atividades de saúde depende da finalidade para qual se pretende utilizar esses materiais e espaços e de suas características. ²

A esterilização se refere a processo em que todas as formas de vida microbiana (bactérias, vírus, fungos) são eliminadas ou destruídas, incluindo os esporos bacterianos. O critério racional para a escolha do procedimento a ser empregado parte da categorização dos itens a serem desinfetados ou esterilizados em críticos, semicríticos e não-críticos, de acordo com o risco de infecção associado ao seu uso (Rutala; Weber, 2019)³

2. Como se forma o ozônio

O ozônio pode ser gerado no local a ser desinfetado. É de fácil aplicação, devendo ser aspergido no ambiente até que a concentração desejada seja atingida.

¹² SAFE AND EFFECTIVE USE OF OZONE AS AIR AND SURFACE DISINFECTANT IN THE CONJUNCTURE OF COVID-19. GRIGNANI ET AL. 2021 MDPI

2

³ Guideline for Disinfection and Sterilization in Healthcare Facilities, 2008 Update: May 2019 William A. Rutala, Ph.D., M.P.H., David J. Weber, M.D., M.P.H., and the Healthcare Infection Control Practices Advisory Committee (HICPAC). Disponível em <https://www.cdc.gov/infectioncontrol/pdf/guidelines/disinfection-guidelines-H.pdf>

Vale lembrar que cada país apresenta valores limites de exposição ocupacional para que um funcionário permaneça no local. Não há consenso nestes valores, como por exemplo, 0,2 mg/m³, na Bélgica; e até 0,6 mg/m³ em Ontário, no Canadá.

Muitos artigos tratam do assunto, mas nenhum deles é unânime quando falam da toxicidade do Ozônio. Fato é que ele é um excelente desinfetante e muito mais barato do que os agentes químicos comuns. Mesmo sendo utilizado a energia elétrica para sua produção, ainda é muito mais barato se comparado ao preço do cloro.

O mundo se subjugou ao uso do Cloro como o melhor desinfetante e o lobby dos fabricantes é muito grande no setor de saúde e o mesmo para uso em tratamento de água. Atualmente, no Brasil, o preço varia de R\$ 33,44 a R\$ 83,04 a cada 16 mil litros de água tratada com cloro (valores de abril de 2019). Esses valores são demasiado altos e agregam na tarifa da água para o consumidor.

Com base na literatura disponível e nas declarações de organizações internacionalmente reconhecidas: Agência Química Europeia (ECHA), Centros para Controle e Prevenção de Doenças (CDC), Food and Drug Administration (FDA), Estados Unidos - Agência de Proteção Ambiental (US-EPA) e a International Ozone Association (www.iao-pag.org) foi confirmada a eficácia do ozônio na inativação de muitos vírus. Há estudos que tratam de pesquisas específicas sobre SARS-CoV-2⁴⁵, e que podemos afirmar que possui eficácia devido ao seu alto poder desinfetante.

O ozônio foi relatado pela primeira vez em 1840 pelo químico alemão C.F. SCHONBEIN (1799 – 1868).

Em 1856, Thomas Andrews demonstrou que o ozônio era formado apenas por oxigênio e em 1863 Soret estabeleceu a relação entre oxigênio e ozônio descobrindo que 3 volumes de oxigênio dão origem a 2 volumes de ozônio.⁴⁶

Em 1857, Von Siemens desenvolveu o primeiro gerador de ozônio industrial, que era baseado em descargas de corona. A geração de ozônio envolve a formação intermediária de radicais de oxigênio atômico, que podem reagir com o oxigênio molecular.

O Ozônio é uma substância instável que espontaneamente decompõe-se em oxigênio. É um agente oxidante forte, capaz de participar de muitas reações químicas com substâncias orgânicas e inorgânicas. Comercialmente, ozônio é aplicado, por exemplo, na esterilização de água para a indústria farmacêutica, para a potabilização da água para o consumo, como desinfetante, e no tratamento de efluentes, para a remoção do cheiro e de substâncias tóxicas (Gurley, 1985).

A habilidade do ozônio para desinfecção de água foi descoberta em 1886 e em 1891 testes pilotos já eram realizados em Martinkelfelde, na Alemanha. A primeira instalação de ozônio em escala industrial ocorreu em 1893, em Oudshoorn, na Holanda, objetivando a desinfecção de água na estação de tratamento de água potável desta cidade. Até 1914 o número de estações de tratamento de água utilizando ozônio cresceu significativamente na Europa.

Na época da primeira guerra mundial, foi descoberta a utilização do cloro, que do ponto de vista econômico, era mais vantajoso. Porém, a partir de 1975, foi descoberto que compostos organoclorados (subprodutos das reações do cloro com

⁴⁵ -Elena Grignani, Safe and Effective Use of Ozone as Air and Surface Disinfectant in the Conjuncture of Covid-19. Dez. 2020.

⁴⁶ - SAFEAND, EFFECTIVE USE OF OZONE AS AIR AND SURFACE DISINFECTANT IN THE CONJUNCTURE OF COVID-19. GRINANI ET ALI. 2021 MDPI

⁴<http://ozoniabras.ind.br/centro-de-informacoes/historia-do-ozonio>

matéria orgânica) são cancerígenos e consequentemente o cloro começou a ter sua aplicação cada vez mais limitada. A principal preocupação quanto aos organoclorados é o potencial de formação dos trihalometanos (THM), produzidos geralmente na fase de pré-oxidação da água bruta com cloro antes do processo físico-químico de tratamento de água.

Gurley (1985) concluiu que a utilização do ozônio pode ser uma ferramenta valiosa na indústria farmacêutica por exemplo, pelas seguintes razões:

- (1) capacidade de destruir rapidamente bactéria, vírus, esporos sendo um excelente agente para esterilização e despirogenização da água e de containers;
- (2) possibilidade de ser convertido em oxigênio levando a eliminação do risco de degradação pelo ozônio residual.

Ohlmuller (1882) demonstrou que o ozônio pode destruir organismos como *Bacillus anthracis*, *Salmonella typhosa* e vibrios.

O trabalho de Padron e colaboradores (1986) demonstrou a desinfecção de águas contaminadas com *Salmonella*.

Vários métodos de controle microbiológico, como a ultrafiltração, a radiação ultravioleta, a pasteurização e a absorção de resina podem promover altos níveis de desinfecção da água, mas nenhum destes métodos é capaz de produzir água estéril continuamente. O ozônio foi o primeiro a ser efetivo no processamento de água para este fim (Nebel, 1984).

O ozônio apresenta vantagens no tratamento de água em relação a outros desinfetantes, levando à água características como ausência de turbidez, de odor e sabor desagradáveis (Padron et al, 1986).

O efeito virucida do ozônio também foi estudado por Roy et al. em 1981 mostrando que após 30s de exposição, 99% dos vírus foram inativados: suas proteínas do envelope foram danificadas, causando possível falha de ligação às células normais, e seu RNA de fita simples foi quebrado.

Os vírus são pequenas partículas constituídas por macromoléculas; ao contrário das bactérias, eles precisam de uma célula hospedeira para se multiplicar e, sendo incapazes de reparar o dano oxidativo, são mais suscetíveis à ação oxidativa do que os organismos procarióticos e eucarióticos.

O ozônio interage com os vírus nos quais um envelope de lipoproteína está presente, espalhando-se através da capa protéica até o núcleo do ácido nucléico, danificando seu DNA ou RNA. A maioria dos estudos sobre os efeitos virucidas do ozônio deu enfoque à capacidade do ozônio de quebrar as moléculas de lipídios com ligações múltiplas. Na verdade, se o envelope do vírus está fragmentado, seu DNA ou núcleo de RNA não pode sobreviver.

3. Exemplos de uso do Ozônio na atualidade

O uso da nebulização de ozônio tem sido utilizado atualmente para inúmeras atividades de desinfecção. Muitos pesquisadores estão aumentando os estudos relativos à utilização do Ozônio nas Companhias aéreas. Em outros países, como nos Estados Unidos, a desinfecção por ozônio já se tornou rotina. Muitos aviões são equipados com sistemas de circulação de ar de ponta, misturando o ar externo fresco

e esterilizado com um compressor de alta temperatura e um purificador de ozônio, com o ar existente na cabine, circulando através de um filtro HEPA de nível industrial.

Vem sendo utilizado o ozônio também na descontaminação e combate à Covid-19, em ônibus, como por exemplo o campus da UNESC, Universidade de Santa Catarina. O uso do ozônio dentro do processo de higienização do campus é executado pelo Comitê de Biossegurança e inicia mais de 12 horas antes do primeiro turno de aulas.

4. As vantagens do Ozônio ⁶

O ozônio é um produto natural, tem espectro amplo e poderoso para microorganismos, não cria resistência bacteriana, mesmo se usado em excesso, ele se decompõe naturalmente e se torna oxigênio inofensivo. O produto é um óxido e não apresenta toxicidade. A reação é limitada à superfície e não se deteriora no interior, nenhum odor de cloro ou formalina permanece. É fácil controlar a quantidade e a concentração gerada e é seguro seu manuseio. A vida útil do dispositivo é longa e sua manutenção é fácil. A carga sobre o meio ambiente é pequena, pois ele logo se desintegra, em moléculas de oxigênio.

No Japão, uma equipe de pesquisadores afirmou que o ozônio em concentrações de 0,05 a 0,1 ppm pode neutralizar o Coronavírus nos ambientes. Essa quantidade é inofensiva à saúde humana e o teste foi realizado em uma câmara selada com amostras de Coronavírus. A potência viral foi reduzida em mais de 90% quando o gerador de ozônio foi ligado a níveis baixos por cerca de 10 horas.

O ozônio é utilizado na saúde em países como: China, Portugal, Espanha, Rússia, Japão, Alemanha e Cuba. Nos Estados Unidos a utilização é regional, cerca de 23 estados conhecem a técnica para complementar o tratamento de diversas doenças.

Com relação ao ozônio e desinfecção de ambientes, a China está na vanguarda usando os túneis de ozônio onde é pulverizado o gás de ozônio para esterilizar as pessoas nas fábricas e reduzir o risco de contágio.

Em diversos lugares do mundo, o uso do gás de ozônio tem ganhado espaço tanto para esterilização de ambientes e pessoas quanto para tratamentos complementares de doenças. ⁷

Na busca por formas eficazes de combater a COVID-19, um grupo de pesquisadores japoneses apontam que baixas concentrações de gás ozônio conseguem neutralizar as partículas do novo coronavírus (SARS-CoV-2). Em tempos de pandemia, essa pode ser uma saída para hospitais desinfetarem salas de exame e áreas de espera, reduzindo os riscos de contágio.

Os resultados de pesquisa desenvolvida pela Fujita Health University, em Toyooka, no Japão, os pesquisadores afirmaram que o gás ozônio em

⁶<https://www.cnpnet.co.jp/cnpe/ozon/basis.html&prev=search&pto=aue>

⁷ (<http://www.hsmed.com.br>)

concentrações de 0,05 a 0,1 ppm, que são níveis considerados inofensivos para os humanos, pode eliminar o vírus da COVID-19.⁸

“A transmissão do novo coronavírus pode ser reduzida pelo tratamento contínuo de ozônio de baixa concentração, mesmo em ambientes onde as pessoas estão presentes, usando este tipo de sistema”, comenta o pesquisador principal do estudo, Takayuki Murata, Para The Japan Times, sobre a descoberta que propõe o uso do gás em ambientes fechados. “Descobrimos que é particularmente eficaz em condições de alta umidade”, completa o cientista.

Segundo Murata,(2019) para comprovar a eficácia do método, o experimento japonês usou um gerador de ozônio em uma câmara selada com amostras desse coronavírus. Após os testes, a potência viral do agente infeccioso diminuiu em mais de 90%. Isso quando submetido a níveis baixos do gás por cerca de 10h. Após os resultados positivos do experimento, o hospital da universidade japonesa instalou geradores de ozônio para reduzir a infecção nas áreas de espera e salas de pacientes. Em paralelo, outro estudo recente do Instituto de Tecnologia da Geórgia, nos Estados Unidos, mostrou que o ozônio pode ser eficaz na desinfecção de equipamentos médicos de proteção contra a COVID-19.⁹

Dados de esterilização por gás ozônio

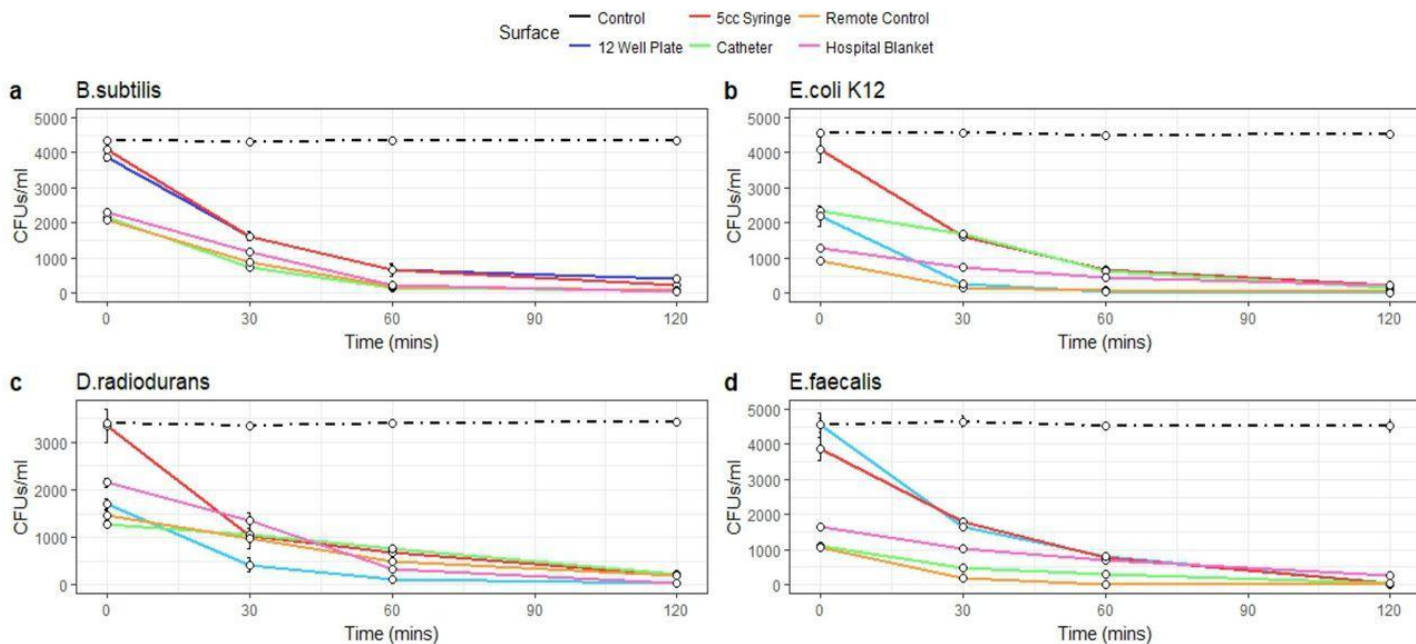
| Vírus / bactérias | | | Valor CT (ppm x min) | Taxa de mortalidade / taxa de redução (%) |
|-------------------|---|--|-------------------------|---|
| ① | Bactéria geral | E. coli | 60 | 99,99 |
| ② | | Staphylococcus pyogenes | 60 | 100 |
| ③ | | Staphylococcus aureus IFO 12732 (Streptococcus pyogenes) | vinte e quatro | 100 |
| ④ | | Staphylococcus aureus N20 | 60 | 99,98 |
| ⑤ | | Staphylococcus aureus RN2677 | 60 | 99,98 |
| ⑥ | Nova influenza (H1N1) | | 18 | 99,7 |
| ⑦ | Nova influenza (H5N1) (influenza aviária altamente virulenta) | | 60 | 100 |
| ⑧ | Norovirus | | 72 | 100 |
| ⑨ | Bacillus cereus IFO 13494 (Bacillus cereus) | | vinte e quatro | 100 |
| ⑩ | Vibrio parahaemolyticus IFO 12711 (Vibrio parahaemolyticus) | | vinte e quatro | 100 |
| ⑪ | Salmonella typhimurium IFO 14193 | | vinte e quatro | 100 |
| ⑫ | Sulfato de hidrogênio | | 28 | 100 |

As organizações de verificação para cada item na tabela são as seguintes.

⁸<https://canaltech.com.br/saude/eis-o-que-sabemos-sobre-vacinacao-de-gravidas-contr-covid-19-189433/>

⁹ www.taiyokogyo.co.jp?blog/disasterprevention/a210&prev=search&pto=aue

- ①②④⑤... Laboratório Microbiano da Showa Pharmaceutical University
⑥... Departamento de Vírus da Kitasato University
⑦ ... Ministério da Saúde, Trabalho e Bem-Estar e Agência de Gestão de Incêndios e Desastres
⑧... Vision Bio Co., Ltd.
③⑨⑩... Laboratórios de Pesquisa de Alimentos do Japão
⑪... Centro de Tecnologia Industrial de Okayama
⑫... Corpo de Bombeiros da cidade de Wakayama¹⁰



As curvas de eliminação do ozônio indicam que o tratamento com ozônio reduz a carga bacteriana.

1ml de bactérias para taxa *B. subtilis* (a), *E. coli* K12 (b), *D. radiodurans* (c) e *E. faecalis* (d) foram pipetados em poços de placas de 12 poços e 100ul foram coletados em cada ponto de tempo para revestimento. 100ul de bactérias foram pipetados dentro de seringas de 5 cc, dentro de cateteres, em controles remotos e em cobertores hospitalares em triplicata e esfregados por 3 minutos em cada momento para o plaqueamento. As unidades formadoras de colônias foram então contadas após o plaqueamento e 12 horas de incubação.

A Organização Mundial da Saúde (OMS) declarou recentemente que estamos entrando na “era pós-antibiótica” devido a décadas de uso excessivo de antibióticos por razões terapêuticas e agrícolas.

A resistência antimicrobiana tem aumentado a uma taxa alarmante, sendo que infecções nosocomiais prevalentes, como pneumonia, tuberculose, *Staphylococcus*

aureus resistente à *meticilina* e *Clostridium difficile*. As infecções estão se tornando difíceis de tratar com métodos tradicionais, devido à resistência à múltiplas drogas

Só nos Estados Unidos, as infecções hospitalares (HAIs) matam uma média de 63.000 pacientes por ano. Para combater esta crise, recursos foram alocados para o desenvolvimento de versões modificadas de antibióticos existentes ou descoberta de novos. No entanto, a resistência a medicamentos novos e existentes continua a persistir devido à forte pressão seletiva dos antibióticos, com bactérias bem-sucedidas adquirindo genes de resistência antimicrobiana em uma 'corrida armamentista' contínua entre o desenvolvimento de antibióticos e a resistência aos mesmos.

As fortes propriedades eletronegativas do ozônio estimulam a ruptura de proteínas, peptidoglicanos e lipídios na parede celular e na membrana celular, e interfere na atividade de enzimas e ácidos nucleicos. Foi demonstrado que o ozônio tem ação até 3.000 vezes mais rápida e 150 vezes mais forte do que o cloro para matar bactérias, fungos e outros patógenos em algumas condições.

Além disso, o ozônio tem sido usado em concentrações altamente tóxicas aos seres microbiológicos para higienizar quartos de hospitais antes da ocupação do paciente.

CONCLUSÃO

O Ozônio, conforme a literatura indica, pode ser usado com todas as indicações técnicas para esterilizar qualquer ambiente, seja casas, ônibus, aviões, aeroportos, rodoviárias, hospitais, centro cirúrgicos e uma infinidade de outros locais.

O ozônio produz vários efeitos devido à sua forte ação oxidante. Especificamente, foi confirmado que ele inativa vírus e bactérias, incluindo o novo coronavírus. Além disso, tem a mesma ação para prevenir a formação de bolor e, ao contrário do esterilizador do tipo spray líquido, não eleva a umidade, evitando assim a ocorrência de novo bolor. Ele também reage fortemente com substâncias causadoras de odor, como amônia e sulfeto de hidrogênio, e se decompõe. Além disso, não produz substâncias nocivas à saúde, como resíduos químicos depois de sua recombinação no ar. Pólen, esporos e outros elementos são inativados. Também é dito que tem um efeito repelente porque decompõem substâncias hormonais de pragas.¹¹

Existem parâmetros técnicos que asseguram a eficácia, bem como a proteção da vida, humana e animal.

No texto acima reforçamos a necessidade do uso da técnica como instrumento para combatermos a expansão do Coronavírus e suas variantes.

A medida que a informação seja divulgada e exposta à população, ela será bem-vinda. Seu custo é muito mais barato que o uso do Cloro, comparando tempo, rapidez e automação. Eliminando o funcionário, hora trabalhada, desgaste de equipamentos de proteção individual.

¹¹ <https://www.tokiwabus.com/hygiene.html&prev=search&pto=aue>

A tecnologia de ozônio por sua versatilidade ganhou importância em diversos campos, bastando apenas a sua aplicação de forma urgente, pois sua eficiência vem sendo comprovada ao longo do tempo.

Está na hora da utilização dele, para desinfecção em ambientes onde exista a concentração populacional, transportes coletivos, metrô, trens, aviões, supermercados, lojas, shoppings, restaurantes e pequenos comércios.

Eficiência, rapidez e custo nos levam a acreditar que é uma das grandes vantagens para seu uso e ainda a devolução da vida normal às pessoas que ainda estão enclausuradas.

Vale lembrar que seu uso em quantidade de aspersão deverá estar de acordo com os limites acima sugeridos e sempre contar com técnico para orientação da aspersão do produto.