



INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DA
PARAÍBA – CAMPUS JOÃO PESSOA

UNIDADE ACADÊMICA DE INFRAESTRUTURA, DESIGN E AMBIENTE
CURSO SUPERIOR DE TECNOLOGIA EM GESTÃO AMBIENTAL

JOSÉ LUCAS PEREIRA SOUTO MONTENEGRO

**O USO E APLICAÇÃO DO OZÔNIO EM ATIVIDADES RESIDENCIAIS: UMA
REVISÃO DA LITERATURA**

JOÃO PESSOA – PB

2021

JOSÉ LUCAS PEREIRA SOUTO MONTENEGRO

**O USO E APLICAÇÃO DO OZÔNIO EM ATIVIDADE RESIDENCIAIS: UMA
REVISÃO DA LITERATURA**

Trabalho de Conclusão de Curso submetido à Coordenação do Curso de Gestão Ambiental do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia da Paraíba, como parte dos requisitos para a obtenção do grau de Gestor Ambiental.

Orientador (a): Antônio Cícero de Sousa

JOÃO PESSOA – PB

2021

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
Biblioteca Nilo Peçanha do IFPB, *campus* João Pessoa

M777u Montenegro, José Lucas Pereira Souto.

O uso e aplicação do ozônio em atividade residenciais : uma
revisão da literatura / José Lucas Pereira Souto Montenegro. –
54 f. : il.

TCC (Graduação – Tecnologia em Gestão Ambiental) – Ins-
tituto Federal de Educação da Paraíba / Unidade Acadêmica de
Infraestrutura, Design e Ambiente, 2021.

Orientação : Prof^o D.r Antônio Cícero de Sousa.

1.Higiene ambiental – ozônio. 2. Sanitizante. 3. Oxidante.
4. Antimicrobiano. 5. Desinfetante. I. Título.

CDU 614(043)



DECISÃO 19/2021 - CCSTGA/UA1/UA/DDE/DG/JP/REITORIA/IFPB

JOSÉ LUCAS PEREIRA SOUTO MONTENEGRO

O USO DO OZÔNIO: APLICAÇÃO DO OZÔNIO EM ATIVIDADE RESIDENCIAIS

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso Superior de Tecnologia em Gestão de Ambiental do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia da Paraíba como requisito parcial para obtenção do título de Tecnólogo em Gestão de Ambiental.

Aprovada em 22 de outubro de 2021

Banca Examinadora

Prof. Dr. Antonio Cícero de Sousa (IFPB - JP) Orientador

Prof. Dra. Keliana Dantas Santos (IFPB - JP) Examinadora

Prof. Dr. João Xavier da Silva Neto (IFPB - JP) Examinador

(assinado eletronicamente)

JOÃO PESSOA

2021

Documento assinado eletronicamente por:

- Joao Xavier da Silva Neto, PROF ENS BAS TEC TECNOLOGICO-SUBSTITUTO, em 04/11/2021 16:08:27.
- Keliana Dantas Santos, PROFESSOR ENS BASICO TECN TECNOLOGICO, em 04/11/2021 12:02:54.
- Antonio Cicero de Sousa, PROFESSOR ENS BASICO TECN TECNOLOGICO, em 04/11/2021 11:11:17.

Este documento foi emitido pelo SUAP em 03/11/2021. Para comprovar sua autenticidade, faça a leitura do QRCode ao lado ou acesse <https://suap.ifpb.edu.br/autenticar-documento/> e forneça os dados abaixo:

Código Verificador: 234062

Código de Autenticação: 94aedda570



DEDICATÓRIA

Dedico este trabalho ao meu avô, Renato de Araújo Pereira, que hoje não está mais entre nós, mas que durante toda a minha vida se fez presente, solícito às minhas necessidades e um verdadeiro porto seguro, não só para mim, mas para todos a sua volta.

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus, por ser Aquele que mais se fez presente em todos os momentos da minha vida, por ter me dado forças e por ter me amparado quando me senti fraco e quis desistir dos meus sonhos.

Agradeço imensamente à minha família, que estiveram e estão presentes durante toda minha trajetória acadêmica, me apoiando e cuidando de mim, mesmo de longe, e por ter me auxiliado nas minhas dificuldades e falhas.

Agradeço também aos meus avós, por todas as conversas, todas as palavras de apoio e por serem sempre compreensíveis comigo. Em especial, agradeço ao meu avô Renato, que em vida sempre torceu por mim, e hoje é uma estrela brilhante que me ilumina e me protege.

Agradeço à minha noiva, Maria Eduarda, por todo o apoio emocional, todas as conversas e conselhos, que foram extremamente importantes para que eu me conservasse bem, encarando cada obstáculo que aparecesse no meu caminho, sem nunca desistir dos meus sonhos.

Agradeço também aos meus amigos, que estiveram comigo durante todos esses anos, e que participaram da minha vida com frases e conversas de apoio e tranquilidade, com dicas e soluções para as minhas dificuldades, mas acima de tudo, com todos os momentos de diversão, que foram de suma importância para que eu não me deixasse abater por nenhuma dificuldade.

Agradeço à toda a equipe do IFPB, campus de Princesa Isabel e João Pessoa, por serem sempre prestativos e acessíveis, por todas as aulas, conversas, dicas e conhecimentos transmitidos. Em especial, agradeço à coordenadora Dra. Mirella Leoncio, ao prof. Dr. Milton Bezerra do Vale e prof. Dr. Antonio Cícero, pela orientação e paciência durante esse processo.

Acima de tudo, agradeço a cada um que torceu e torce pelo meu sucesso, que me apoia e vibra comigo a cada conquista. Agradeço por cada sorriso arrancado e por cada ombro amigo que me foi oferecido por pessoas que admiro imensamente.

Deixo aqui o meu *muito obrigado* a todos e todas!

“A natureza é racional e revelará seus segredos àqueles que aprenderem a ler e a entender sua linguagem”.

(George-Louis Leclerc, Conde de Buffon)

RESUMO

A partir da sua descoberta, na segunda metade do século XVIII, o ozônio foi objeto de muitas pesquisas, que possibilitaram desenvolver experimentos e aparelhos que intensificaram as suas formas de aplicação, tal como o uso do ozônio para o tratamento das águas do Rio Reno, no final do século XIX. Daí em diante, a aplicação do ozônio alcançou até mesmo a França, na sanitização de vegetais. No Brasil, o uso do ozônio para o tratamento de água, deu-se no final do século XX, como uma alternativa aos métodos de pré-coloração e pré-aeração, sendo percebido a seu caráter promissor na área. Assim sendo, o presente trabalho teve como objeto de pesquisa o ozônio, como alternativa sustentável e segura de sanitização e desinfecção, nas diversas atividades residenciais. Isso posto, o objetivo da pesquisa foi realizar um levantamento bibliográfico, a fim de encontrar nas leituras as diversas formas de aplicação do ozônio dentro das atividades domiciliares, bem como sua aplicação na área da saúde. Dessa forma, a partir da revisão da literatura científica, pesquisada em bases de dados como Scientific Electronic Library Online (SciELO®), portal de periódicos da Capes (580) e Biblioteca Virtual em Saúde (BVS®) e Google Acadêmico, o seguinte trabalho buscou caracterizar o elemento ozônio em seus aspectos histórico, físico e químico, bem como apresentar as suas principais aplicações, seus benefícios e eficácia dentro da dimensão das atividades domésticas, destacando recomendações e formas de uso do ozônio, a partir de autores como Beleze (2003), Coelho et al. (2015), Chaves et al. (2016), Ozclean (2020), Wier (2021a). Contemplou-se nesse trabalho a análise de artigos possíveis de serem encontrados na internet, que tratassem a respeito do uso do ozônio como sanitizante e desinfetante, utilizando termos de pesquisa como: Ozônio, sanitização, desinfecção, tratamento de água, Ozonioterapia, Efeitos Adversos, Regulamentação. Dentre os resultados obtidos com as leituras analisadas, o ozônio se mostrou como um potencial agente oxidante, capaz de combater microrganismos presentes em alimentos e espaços reduzidos da residência, garantindo um ambiente seguro para todos os membros da família, de forma prática e eficiente, se aplicado de forma correta e seguindo as recomendações indicadas. Desse modo, percebeu-se ao final do trabalho que o ozônio pode vir a ser uma alternativa sustentável e bastante eficaz de sanitização e desinfecção de alimentos, tratamento do ar de interiores, higienização de objetos e superfícies, tratamento de água, redução de agrotóxicos da superfície de alimentos, alvejamento de tecidos, entre outras formas de aplicação em atividades residenciais.

Palavras-chave: Ozônio. Sanitizante. Oxidante. Antimicrobiano. Desinfetante.

ABSTRACT

Since its discovery, in the second half of the 18th century, ozone was the object of many researches, which made it possible to develop experiments and devices that intensified its forms of application, such as the use of ozone to treat the waters of the River Rhine, at the end of the 19th century. From then on, the application of ozone even reached France, for the sanitization of vegetables. In Brazil, the use of ozone for water treatment, took place at the end of the 20th century, as an alternative to the pre-coloring and pre-aeration methods, being perceived its promising character in the area. Therefore, the present work had as its object of research the ozone, as a sustainable and safe alternative for sanitization and disinfection, in several residential activities. That said, the objective of the research was to carry out a bibliographical survey, in order to find in the readings the different ways of applying ozone within the household activities, as well as its application in the health area. Thus, based on the review of scientific literature, searched in databases such as Scientific Electronic Library Online (SciELO®), Capes journal portal (580) and Virtual Health Library (BVS®) and Academic Google, the following work sought to characterize the element ozone in its historical, physical and chemical aspects, as well as to present its main applications, its benefits and effectiveness within the dimension of domestic activities, highlighting recommendations and ways of using ozone, from authors such as Beleze (2003), Coelho et al. (2015), Chaves et al. (2016), Ozclean (2020), Wier (2021a). This work contemplated the analysis of articles that could be found on the internet, dealing with the use of ozone as a sanitizer and disinfectant, using search terms such as: Ozone, sanitization, disinfection, water treatment, Ozone therapy, Adverse Effects, Regulation. Among the results obtained from the analyzed readings, ozone proved to be a potential oxidizing agent, capable of fighting microorganisms present in food and small spaces of the home, ensuring a safe environment for all family members, in a practical and efficient way, if applied correctly and following the indicated recommendations. Thus, it was realized at the end of the work that ozone can become a sustainable and very effective alternative for food sanitization and disinfection, indoor air treatment, cleaning of objects and surfaces, water treatment, reduction of pesticides in the food surface, fabric bleaching, among other forms of application in residential activities.

Key words: Ozone. Sanitizing. Oxidizing. Antimicrobial. Disinfectant.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 - Filtro de água com ozônio Top Life - purificador refrigerado	21
Figura 2 - Torneira monocomando para cozinha Docol Ozônio	22
Figura 3 - Sistema de Ozônio WIER ACQUA+ para tratamento de Água de Piscinas Residenciais	23
Figura 4 - Gerador de Ozônio SANIT	25
Figura 5 - Gerador de Ozônio W RESIDENCE	28
Figura 6 - Gerador de Ozônio OZpro	288
Figura 7 - Minilavadora Brastemp 1 Kg - BWI01A.....	32

LISTA DE QUADROS

Quadro 5.1 - Principais áreas de utilização do ozônio em residências no período de 1999-2021	38
Quadro 5.2 - Principais áreas de utilização do ozônio em áreas complementares às residenciais no período de 2010-2021	399

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ANVISA	Agência Nacional de Vigilância Sanitária
ASTM	American Society for Testing and Materials
BVS	Biblioteca Virtual em Saúde
Capes	Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior
COVID-19	Doença do Coronavírus de 2019
DPD	N,N-dietil-p-fenilendiamina
EPA	Agência de Proteção Ambiental
g/m ³	Grama por metro cúbico
g/mol	Grama por mol
H ₂ O ₂	Peróxido de Hidrogênio
HI	Iodeto de Hidrogênio
IBWA	International Bottled Water Association
KI	Iodeto de Potássio
mg L ⁻¹	Miligrama por litro
Nm	Nanômetro
O ₃	Ozônio
OMS	Organização Mundial da Saúde
Ppm	Partes por milhão
RNA	Ácido Ribonucleico
Scielo	Biblioteca Eletrônica Científica Online
SARS	Síndrome Respiratória Aguda Grave
SARS-CoV-1	Coronavírus relacionado à síndrome respiratória aguda grave
SARS-CoV-2	Coronavírus da síndrome respiratória aguda grave 2
THM	Trihalometano
UV	Ultravioleta
V	Volt

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	12
2. OBJETIVOS.....	14
2.1. Objetivo geral.....	14
2.2. Objetivos específicos.....	14
3. REVISÃO DE LITERATURA.....	14
3.1. Ozônio.....	14
3.1.1. Histórico do ozônio.....	14
3.1.2. Características químicas e físicas ozônio.....	15
3.1.3. Efeito antimicrobiano do ozônio.....	15
3.2. Tecnologias utilizadas para a geração do ozônio.....	16
3.3. Determinação do ozônio.....	16
3.4. Formas de aplicação do ozônio.....	17
3.5. Aspectos de saúde e segurança da aplicação do ozônio.....	18
3.6. Benefícios do ozônio.....	19
3.6.1. Benefícios do uso do ozônio em residências.....	19
3.6.1.1. Tratamento de água (piscina, aquário, etc.).....	20
3.6.1.2. Sanitização de alimentos.....	24
3.6.1.3. Remoção de agrotóxicos da superfície de alimentos.....	25
3.6.1.4. Desinfecção de objetos.....	26
3.6.1.5. Esterilização de ar de interiores.....	27
3.6.1.6. Remoção de odores de ambientes reduzidos.....	30
3.6.1.7. Remoção de Mofo.....	30
3.6.1.8. Lavagem e higienização de roupas.....	31
3.6.1.9. Produção de óleo ozonizado.....	33
3.6.1.10. Higiene pessoal.....	34
3.6.2. Outros benefícios do ozônio.....	34

3.7. Limitações do ozônio.....	35
4. METODOLOGIA.....	35
5. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	36
5.1. Caracterização dos documentos selecionados no estudo	36
5.2. Principais áreas de utilização do ozônio	37
.....	39
5.3. Efetividade do uso do ozônio em residências	40
6. CONSIDERAÇÕES FINAIS	44
7. BIBLIOGRAFIA	47

1. INTRODUÇÃO

A gestão ambiental é uma área de estudo e pesquisa crescente, e a cada momento mais necessária, visto que é a partir de pesquisas feitas por esses estudiosos que se tem hoje um panorama da situação que vive o país, não só diante de questões de gestão de recursos naturais, mas também acerca do controle e descarte correto de resíduos. Atualmente é possível perceber um intenso descaso com os recursos naturais e sua manutenção, devido à falta de planejamento e mesmo consciência ambiental da população e órgãos competentes. Logo, se torna uma preocupação imediata pensar alternativas que possibilitem a realização de atividades industriais, agrícolas, mas especificamente domésticas de forma sustentável, segura e conservando a integridade e qualidade das riquezas naturais do planeta (IFPB, 2011).

Assim, atribuindo à área da gestão ambiental a capacidade de elaborar pesquisas e realizar esse olhar minucioso às formas de gerência dos recursos e realização de atividades, é possível encontrar estratégias e alternativas que se adaptem bem a realidade de cada atividade, ainda assim mantendo os cuidados, a proteção do meio ambiente, a segurança e a saúde da população como um todo. Tornou-se extremamente necessário nas últimas décadas o desenvolvimento de uma consciência ecológica, onde todos se enxerguem como responsáveis por criar, aprimorar e garantir estratégias sustentáveis alinhadas com os princípios de proteção ambiental, alcançando o equilíbrio entre as atividades humanas e o uso dos recursos naturais (IFPB, 2011)

Além disso, diante da escassez e danificação de recursos naturais, a população vive hoje uma crescente insegurança com relação a confiabilidade da qualidade da água que chega até as residências, levando mais pessoas a recorrerem a alternativas que, a longo prazo, se tornam mais dispendiosas economicamente, como galões de água mineral, filtros de água e produtos de desinfecção para o tratamento da água. Porém, a insegurança atinge também os produtos e espécie alimentícios, como frutas, legumes e vegetais comprados para a produção de refeições e que, diante do posicionamento do país ao uso de agrotóxicos, instalam essa nuvem de receios e insegurança com relação a higiene dos alimentos.

Dessa forma, foi pensando no contexto atual e na necessária atenção que deve ser dada às temáticas como a sustentabilidade, gestão de recursos e resíduos, que essa pesquisa foi elaborada sob a temática “*O uso e aplicação do ozônio em atividades residenciais: uma revisão da literatura*”. Durante a pesquisa, foi percebido no ozônio um potencial pouquíssimo

aproveitado enquanto recurso para sanitização e higienização. Mas para além de um recurso de sanitização potente, ele também se mostrou um recurso seguro e adaptativo, podendo ser aplicado em diversas áreas e atividades humanas, porém neste trabalho será feito um recorte de análise voltado para atividades domésticas, deixando aberta a discussão para pesquisas sob outros recortes e olhares.

Mas por que o ozônio pode ser pensado como um produto alternativo para a higienização e sanitização de ambientes, superfícies e objetos? Isso se dá porque o ozônio é um poderoso oxidante, podendo ser utilizado para diversas funções, sendo uma das mais comuns no formato de produtos de limpeza. Porém, o ozônio ainda é um elemento pouco utilizado pela população como uma alternativa para a desinfecção de materiais e ambientes, apesar do seu baixo custo e praticidade. E, para além dessas qualidades, o ozônio se apresenta como uma alternativa segura membros da residência, principalmente crianças, considerando que o ozônio é produzido na hora do tratamento, não ficando exposto, diminuindo os riscos de acidentes (DALSASSO, 1999; CAVALCANTE, 2007; CHAVES et. al. 2016; SOUZA, 2017).

Nesse contexto, o ozônio surge como um potencial agente oxidante, podendo ser aplicado em atividades domésticas para tratamento da água utilizada nas residências, na sanitização de alimentos, higienização de objetos e superfícies. Isso de forma segura e prática, dado que o ozônio, de acordo com a literatura analisada, não produz resíduos tóxicos, combate fungos e bactérias, garantindo um ambiente protegido para toda a família (ECYCLE, 2013; OSÓRIO, 2020; WIER, 2021a).

OBJETIVOS

1.1. Objetivo geral

Realizar um levantamento bibliográfico, com a finalidade de compilar as aplicações do ozônio nas diversas atividades em residências domiciliares, bem como sua aplicação em atividades da área da saúde.

1.2. Objetivos específicos

- Caracterizar o elemento ozônio em seus aspectos histórico, físico e químico.
- Identificar qualitativamente a presença do ozônio no ambiente, na forma gasosa e na solução aquosa.
- Apresentar as aplicações, benefícios e eficácia do uso do ozônio nas residências.
- Sintetizar as principais formas de uso do ozônio em áreas complementares.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1. Ozônio

2.1.1. Histórico do ozônio

Foi em fins do século XVIII, mais precisamente em 1785 – período da modernidade, onde se percebe um crescimento do pensamento científico – que Van Marum percebeu no ar suas características eletrostáticas, atribuídas por ele ao ozônio. Dezesseis anos depois, portanto em 1801, fora percebido por Schombein que o ozônio possuía um odor, e mais, que ocorreria naturalmente na atmosfera da Terra. Mas as descobertas e percepções acerca do ozônio não iriam parar por aí, visto que, em 1875, fora criado o primeiro gerador de ozônio, o ozonizador, por Siemens. As pesquisas então deslancharam de vez, e em 1891 observou-se que o ozônio teria a capacidade peculiar de destruir bactérias que estariam presentes na água. Assim, iniciaram-se pesquisas e experimentos envolvendo o ozônio e a água, como foi o caso do experimento realizado na Holanda, em 1893, para tratar as águas do Rio Reno. E pouco mais de dez anos depois, estendeu-se pesquisas para o tratamento de vegetais, com a água ozonizada, na França (YANG & CHEN, 1979 apud CAVALCANTE, 2007).

2.1.2. Características químicas e físicas ozônio

Cabe entender quais são as características físicas e químicas do ozônio, que possibilitam detectá-lo e o tornam tão interessante enquanto alternativa viável para o uso em processos de desinfecção. Dito isso, o ozônio é a forma triatômica do oxigênio (O_3), é um gás que se apresenta como incolor, embora possa apresentar coloração azulada caso esteja em uma concentração elevada, além um odor forte, pungente. Além disso, é um gás instável, mais ainda em meio aquoso, assim como é parcialmente solúvel em água, se destacando por seu alto poder oxidante. De forma geral, suas propriedades físico-químicas podem ser compiladas em: massa molar de 48,0 g/mol; ponto de ebulição de $-111,9\text{ }^\circ\text{C}$; ponto de fusão de $-192,5\text{ }^\circ\text{C}$; solubilidade em água a 0°C de 20 g/m^3 e a 30°C de $1,5\text{ g/m}^3$ (SILVA et al., 2011).

2.1.3. Efeito antimicrobiano do ozônio

No final do século XIX que se percebeu a capacidade antimicrobiana do ozônio, decorrente do seu alto poder oxidativo, o qual consegue atuar deixando inativas bactérias, vírus, protozoários e outros agente patogênicos. Isso se dá porque o ozônio é capaz de atuar diretamente na parede e membrana celular, modificando sua permeabilidade, promovendo a lise. Atua também alterando e debilitando a atividade enzimáticas, assim como desarranjando o material nuclear de certos microrganismos, como no caso de certos vírus, onde se percebe a destruição do seu RNA (SILVA et al., 2011).

Além de seu efeito bactericida, é possível perceber também que o ozônio consegue atuar destruindo os fungos e micotoxinas, a exemplo de bolores e levedura. No caso dos vírus, esses são bastante resistentes, mas o ozônio possui uma capacidade de atuar nas proteínas que formam o capsídeo viral, principal responsável pela fixação do vírus na célula que pretende hospedar, isso faz com que se prejudique a capacidade de infectar do vírus, além de que, se utilizada em altas concentrações, o ozônio pode mesmo destruir totalmente o capsídeo viral. Por fim, a respeito da ação do ozônio sob protozoários, nota-se que, a depender da forma que esses protozoários se apresentam no meio, na forma de cistos ou na forma livre. A destruição dos cistos de protozoários se dá inicialmente com a lise da parede celular, o que faz com que ela fique mais permeável e o ozônio tenha mais facilidade de penetrar dentro do cisto, danificando assim os seus componentes estruturais (SILVA et al., 2011).

2.2. Tecnologias utilizadas para a geração do ozônio

Entendido o ozônio em sua dimensão histórica, física e química, assim como seus efeitos e eficácia enquanto agente antimicrobiano alternativo, cabe agora entender como ocorre e quais são as tecnologias que podem ser empregadas para a geração do ozônio. Antes, é preciso entender como ocorre a formação do ozônio, e isso se dá quando uma molécula diatômica, ou seja, com dois oxigênios, se divide e libera uma molécula de oxigênio, que fica disponível para se ligar com outras moléculas, e quando unir três átomos de oxigênio, formar uma molécula de ozônio (BELEZE, 2003) (SILVA et al., 2011).

Para que ocorra essa quebra da molécula diatômica de oxigênio, é preciso que ela receba uma grande quantidade de energia. Assim, embora o ozônio seja produzido naturalmente na estratosfera, a quantidade produzida é muito pequena, sendo produzida pelo processo fotoquímico, no qual a radiação ultravioleta dos raios solares, formando, por exemplo, a camada de ozônio na estratosfera. Devido a pequena quantidade produzida naturalmente, o homem precisou pensar e experimentar formas que possibilitassem sua produção de forma artificial e controlada, logo, além do processo fotoquímico, surgiram outros métodos e tecnologias, como: pelo processo térmico, processo radioquímico, processo eletroquímico, e pelo processo corona (descarga elétrica), mais utilizado nas atividades industriais e comerciais (KIM; YOUSEF; DAVE, 1999) (BELEZE, 2003).

Pelo método da descarga elétrica (método corona), o mais difundido entre os métodos artificiais e controlado, se repete o processo de separação da molécula, agora devido a passagem do oxigênio por entre um par de eletrodos contendo uma grande diferença potencial (entre 7000-15.000 V), levando a separação da molécula e o conseqüente reaparelhamento do átomo solto com moléculas de oxigênios que estiverem presentes no sistema (BELEZE, 2003).

2.3. Determinação do ozônio

Além de métodos de produção do ozônio, é preciso que existam métodos que detectem a presença do ozônio e sejam capazes de medir sua quantidade. Sobre isso, existem certos métodos que possibilitam a determinação do ozônio no ar e na água, e esses métodos podem ser classificados em: químico, físico e físico-químico, ou podemos mesmo classificá-los quantitativamente ou qualitativamente. Pelo método físico são usados como base medidas da intensidade de absorção da luz pelo ozônio. No método físico-químico são observados e percebidos os efeitos físicos da reação do ozônio com diferentes reagentes químicos, medindo

dessa forma a sua presenta. Por fim, no método químico é medida a quantidade dos participantes da reação química, geralmente sendo usado o iodeto de potássio (KI) ou iodeto de hidrogênio (HI) (CHIATONNE; TORRES; ZAMBIAZI, 2008 apud FORNARI, 2011).

Quanto a identificação e medição de forma qualitativa, a presença do ozônio é verificada a partir da reação do ozônio, na forma aquosa e gasosa, com o iodeto de potássio (KI) na presença de amido, o qual produz um complexo de iodo-amido de coloração azul. Outra forma de perceber a presença do ozônio, a partir da reação com cores, é por meio do uso do reagente N,N-dietil-p-fenilenodiamina (DPD), o qual apresenta uma coloração rosada quando em contato com o ozônio, em determinada concentração (ZOU et al., 2019). Para quantificar o ozônio em uma reação, pode-se usar a técnica espectrofotométrica, com comprimento de onda de 600 nm com uso de solução de triossulfonato índigo de potássio (RAKNESS et al., 2010). Quando se pretende quantificar a concentração do ozônio, o método mais utilizado é a titulação iodométrica, que é aceita pela EPA, American Society for Testing and Materials, Standard test method (ASTM) e Associação Internacional de Ozônio na Europa (SANTOS, 2008).

2.4. Formas de aplicação do ozônio

Mas no que tange à forma na qual o ozônio pode ser utilizado, pode-se selecionar três formas: na forma gasosa, na forma de névoa e na forma líquida. Cada forma se comporta melhor e é mais eficiente para uma determinada atividade, como é o caso da forma líquida, onde passa pelo processo de dissolução principalmente na água, passando a formar a água ozonizada. Também nessa mesma forma, o ozônio pode ser utilizado na área da ozonioterapia enquanto produto aplicado no óleo vegetal ou no azeite, transformando-o em óleo ozonizado. Porém, no caso do uso do ozônio em sua forma gasosa, esse apresente um maior risco a saúde, pressupondo um maior cuidado e atenção para seu uso com segurança.

No caso da névoa, representa uma forma de uso mais recente e mais investida durante o corrente período da pandemia do coronavírus, período que demanda um maior cuidado e higienização de ambientes e objetos. Assim, a névoa ozonizada por ser utilizada em: ambientes fechados (como salas e banheiros), veículos, embalagens, grãos armazenados, alimentos e objetos (MAXCONSULTING, 2021). Na área aberta foi aplicada a névoa ozonizada através do túnel de desinfecção e prevenção do COVID-19 na superfície do corpo e em objetos expostos, como em 2020, por exemplo, quando foi aplicada na cidade de Boituva, em São Paulo, um túnel de 3 metros de comprimento, no qual a pessoa deveria passar no mínimo 15 segundos para garantir a eficácia da aplicação. O sistema não tem cheiro e não provoca

irritação no corpo (IG, 2020), contudo, não foram encontradas recomendações por parte da ANVISA e nem de órgãos internacionais, como a Organização Mundial da Saúde – OMS.

2.5. Aspectos de saúde e segurança da aplicação do ozônio

Entendidas as formas de aplicação e métodos de uso do ozônio, é necessário entender também alguns aspectos a respeito da saúde e segurança da sua aplicação, possibilitando um uso consciente e previsível. Assim, a forma mais irritante e perigosa de uso do ozônio é em sua forma gasosa, devido a sua instabilidade e forte odor sob essa forma, onde uma vez inalado, o ozônio acaba por produzir graves danos pulmonares. Além disso, se produzido em altas concentrações, ele se torna bastante explosivo, aumentando a periculosidade e a necessidade de maior cuidado em seu manejo.

Dessa forma, se exposto a baixas concentrações em torno de, aproximadamente, $0,1 \text{ mg L}^{-1}$, o ozônio chega a causar apenas uma certa irritação nos olhos, garganta e nariz. Já se a indivíduo for exposto a uma alta concentração, em torno de 95 mg L^{-1} , os danos podem ser irreversíveis e com efeitos letais em humanos (VARGA; SZIGETI, 2016). Assim, por razões de segurança, recomenda-se que o local no qual irá ser aplicado o ozônio permaneça livre por, pelo menos, 40 minutos. A mesma recomendação serve para lugares onde se pretende realizar a ozonização da água ou do óleo vegetal, onde passado o tempo recomendado, as pessoas podem retornar ao ambiente normalmente e com certeza da sua segurança.

Apesar disso, o ozônio é uma excelente alternativa para higienização e sanitização de superfícies, ambientes e objetos, devido a seu caráter não-tóxico, 100% natural e ecologicamente correto. Isso se dá porque o ozônio não forma subprodutos tóxicos, nem durante, nem depois do seu uso correto, se tornando assim uma substância mais segura que seus semelhantes, tanto no que tange ao seu modo de uso e manejo, quanto pelo fato de não deixar resíduos. Assim, através do ozonizador (aparelho de geração de ozônio) é possível que se produza o ozônio de forma segura, sem o risco de possíveis alergias ou intoxicação devido a inalação ou contato com a pele (WIER, 2021a).

2.6. Benefícios do ozônio

2.6.1. Benefícios do uso do ozônio em residências

Entendidas as características do ozônio, seus métodos de produção e determinação, assim como aspectos referentes a saúde e seu uso seguro e protegido, cabe agora abrir o diálogo para entender então quais são os benefícios do uso do ozônio, mais especificamente no ambiente residencial. O ozônio pode vir a ser utilizado de diversas formas e nas diversas atividades domésticas, desde em tarefas realizadas dentro da cozinha, na higienização e sanitização de alimentos, superfícies e objetos, até em atividades realizadas nos demais espaços da casa, como a lavanderia, onde o ozônio pode ser um ótimo aliado para a remoção de manchas em roupas e lençóis, que somando a sua eficácia contra agentes infecciosos e a segurança do seu uso, garantem mais conforto e proteção à família (além de garantir a integridade das peças lavadas).

Fora da cozinha e da lavanderia, o ozônio também pode ser uma ótima alternativa para higienizar e eliminar aqueles maus odores no interior dos cômodos da residência, em armários, eletrodomésticos, guarda roupas, gavetas, veículos, e até mesmo calçados. Dessa forma, além de versátil, o uso do ozônio se apresenta como uma opção prática, quando se leva em consideração a facilidade de uso e de transporte, visto que seu aparelho de produção (ozonizador) é um aparelho compacto e de fácil manuseio.

O aparelho ozonizador é o equipamento que irá servir como um mediador entre o produto e a pessoa, produzindo o ozônio de forma segura e diminuindo os riscos de alergias e intoxicações, por contato ou inalação do produto. Com relação ao custo benefício, a aquisição de um ozonizador representa um investimento, que a longo prazo se torna bem mais viável do que o uso de seus semelhantes, os quais demandam constante reposição dependendo da forma e do volume que se usa. Além disso, considerando a praticidade de transporte e manuseio já mencionados, o ozonizador se torna uma opção atrativa por permitir ser levado com a família, independentemente da distância, seja para casas de férias, passeios ou áreas rurais, proporcionando uma economia ao substituir tanto a compra de galões de água mineral, como também a compra de produtos de limpeza para fazer a higienização e sanitização do ambiente, alimentos e objetos.

Assim, o uso do ozônio em residências perpassa pelas mais diversas atividades realizadas nesse ambiente, como: no tratamento da água (piscinas, aquários, água para ingerir), na sanitização de alimentos, podendo mesmo atuar na remoção dos agrotóxicos presentes na superfície desses alimentos, além da desinfecção de objetos, esterilização do ar de interiores e

a remoção de odores nesses ambientes reduzidos, além de atuar na remoção de mofo, na lavagem e higienização de roupas, assim como em atividade de higiene pessoal.

2.6.1.1. Tratamento de água (piscina, aquário, etc.)

Como já fora dito, na introdução desse trabalho, a cada dia que passa se torna mais e mais urgente pensar formas de agir de forma sustentável e ecológica, e embora o Brasil disponha de uma parcela considerável de água potável, isso implica apenas que é aqui que se deve ter o maior cuidado e o realizar o uso mais consciente possível, visto que a medida que os anos e décadas passam, a disponibilidade de água potável diminui. É nesse cenário que entra o uso do ozônio como sendo uma alternativa sustentável e promissora. O uso da ozonização empregada para o tratamento de água se deu, pela primeira vez, em 1906, mas a partir daí a pesquisa e experimentação do seu uso nessa área só tenderiam a crescer (CHAVES et al., 2016).

Apesar de só iniciada no Brasil em meados do final do século XX, a tecnologia do uso do ozônio começou a ser aplicada em estações de tratamento que precisavam de um método que pudesse servir como uma alternativa para substituir os métodos mais tradicionais de tratamento de água, como a pré-coloração e pré-aeração. Dessa forma, aproximadamente dois anos depois, algumas indústrias passaram a cogitar e aplicar em suas estações de tratamento de água o processo de pré-ozonização. O seu uso se viu tão promissor que indústrias de engarrafamento de água mineral passaram a utilizar o processo envolvendo o ozônio no controle contra bactérias da água utilizada na lavagem dos recipientes de 20 litros (DALSSASSO, 1999).

O método de ozonização vem sendo um tema bastante discutido pelos estudiosos da área de tratamento de água, isso se dá por ser uma tecnologia inovadora e com um potencial de crescimento muito grande em diversas ramificações. Tanto que já é possível encontrar diversas aplicações no tratamento de águas para o abastecimento, como também no tratamento de efluentes industriais, na sua maioria em processos biológicos (CHAVES et al., 2016).

Além disso, a International Bottled Water Association (IBWA), recomenda o uso do ozônio no processo de produção de água para consumo, indicando que o ozônio seja aplicado entre uma faixa de 1,0 até 2,0 mg L⁻¹, por 4 a 10 minutos, para garantir que seja realizada a desinfecção com segurança (ZASKE; EDLAND, 2001). Assim como na Europa, onde a anos se utiliza normalmente o ozônio em água mineral ou de mesa. Dessa forma, atualmente o tratamento de água nas residências está presente não só na manutenção da água da piscina, mas principalmente na cozinha, através de dois aparelhos: 1) o purificador de água acoplado com

gerador de ozônio, por onde é possível produzir água ozonizada, a qual atua não apenas como um filtro, mas também faz a desinfecção da mesma (figura 1). 2) a torneira de pia com gerador de ozônio, que associa segurança e praticidade de uso (figura 2).

Figura 1 - filtro de água com ozônio Top Life - purificador refrigerado



FONTE: IDEAL PURIFICADORES, 2021.

Figura 2 - torneira monocomando para cozinha Docol Ozônio



FONTE: DOCOL, 2021.

O ozônio está começando a ser utilizado no tratamento de piscina não apenas por ser eficiente, mas também por ser ecologicamente correto, visto que além de não deixar resíduos tóxicos, é caracterizado também por ser um oxidante extremamente poderoso, sendo até 3.000 vezes mais rápido e 20 vezes mais eficiente que o cloro na eliminação de microrganismos. Com o uso do ozônio, torna-se possível ficar livre das cloraminas e trihalometano (THM), que representam as substâncias geradas pela ação do cloro na água, as quais são as grandes responsáveis pelos desconfortos causados aos banhistas (Q1 AMBIENTAL, 2021). Atualmente, no mercado, existem modelos de gerador de ozônio específicos para o tratamento da água das piscinas, caracterizado por ser um modelo compacto e de uso simples (figura 3).

Figura 3 - Sistema de Ozônio WIER ACQUA+ para tratamento de Água de Piscinas Residenciais



FONTE: WIER, 2021b.

Assim, a água ozonizada na piscina excluir muitos desses inconvenientes, considerando que: não provoca irritação nos olhos e vias respiratórias, tornando a experiência mais agradável, não irrita, nem resseca sua pele, diminuindo a necessidade e preocupações com cuidados pós-banho de piscina, não resseca, nem altera a cor de seus cabelos, possibilitando que pessoas com tratamentos de tintura nos cabelos também possam entrar na piscina sem se preocupar, isso tudo sem nem mesmo desbotar as roupas de banho (Q1 AMBIENTAL, 2021). Além disso, como o ozônio não é desinfetante residual, visto que evapora e se decompõe rapidamente, é possível realizar o tratamento da água da piscina associando o ozônio com outros agentes, tais como: ozônio-cloro, ozônio-peróxido de hidrogênio-cloro, ozônio-irradiação UV e ozônio-irradiação UV-cloro (ILYAS; MASIH; VAN DER HOEK, 2018).

Além do seu uso no tratamento da água utilizada na cozinha e na manutenção da água de piscinas, o ozônio também pode ser usado para a limpeza e manutenção de aquários. Logo, seu uso está se tornando cada vez mais comum, devido a sua capacidade de inativar bactérias. Decompor matéria orgânica dissolvida e controlar algas, cor, odor e sabor. Mas vale destacar que não é recomendado o uso do tratamento pela ozonização em água do mar em aquários, pois essa combinação representa uma séria ameaça à saúde dos animais aquáticos

ornamentais, e isso se dá devido a liberação de cloro livre e bromo livre durante a realização da ozonização nessas circunstâncias (QIANG et al., 2012).

2.6.1.2. Sanitização de alimentos

Se até alguns anos atrás a principal preocupação dos brasileiros com relação a higiene e sanitização dos alimentos se dava pelo medo de estarem contaminados com algum agente infeccioso, hoje sua preocupação só tende a aumentar em decorrência da disseminação do coronavírus e a necessidade de maior atenção à sanitização dos alimentos. Dessa forma, sendo essa uma atividade comumente realizada dentro das cozinhas residenciais e industriais, deve-se pensar em formas de sanitização que sejam práticas, eficazes e sustentáveis.

O ozônio é um poderoso agente antimicrobiano adequado para a aplicação em alimentos nos estados gasoso e aquoso. O ozônio molecular ou seus produtos de decomposição (por exemplo, radical hidroxila) inativam os microrganismos rapidamente ao reagir com enzimas intracelulares, material nucleico e componentes de seu envelope celular, revestimentos de esporos ou capsídeos virais. Foi aprovado como aditivo alimentar para o tratamento, armazenamento e processamento em 2001 para Food Drug Administration (KHADRE; YOUSEF; KIM, 2001).

O uso do ozônio na sanitização de alimentos se mostra uma opção bastante interessante, seja por sua eficácia na inativação e/ou destruição de microrganismos, seja por seu fator ecológico e sustentável. Além disso, a utilização do ozônio para esse fim não demanda altas temperaturas, nem apresenta dificuldade de transporte, ou mesmo necessidade de armazenamento, assim a longo prazo possibilita não só economia de energia, mas diminuição de despesas com a compra de outros tipos de sanitizantes que, além de demandarem reposição contínua, necessitam de espaço para o seu armazenamento. A sanitização com o ozônio além de oferecer toda sua capacidade antimicrobiana, possibilita uma maior segurança para o consumidor, que tem a comprovação de que está ingerindo um alimento seguro e que não perdeu em nada sua capacidade nutritiva e qualidade sensorial (COELHO et al., 2015).

O ozônio é um forte agente antimicrobiano e sua decomposição espontânea em oxigênio não gera produtos tóxicos. A aplicação de ozônio na sanitização, na forma aquosa ou gasosa, ocorre em concentrações relativamente baixas e em tempos de contato curtos, o que permite a inativação de microrganismos, garante qualidade de produto agrícola e aumenta a sua resistência a deterioração. O efeito germicida do ozônio aumenta de acordo com o aumento da

umidade relativa, o tempo de contato e a concentração do ozônio. Além disso, a sua ação é fundamentalmente superficial e sua eficácia depende da temperatura e do pH do meio, do tipo do produto, grau de contaminação e sensibilidade do microrganismo. É importante que o projeto seja adequado aos equipamentos ou instalações para o tratamento, na fase gasosa ou aquosa, bem como conhecer a demanda de ozônio do meio, de forma a distinguir entre a dose de ozônio aplicada e o ozônio residual necessário (BATALLER-VENTA; CRUZ-BROCH; GARCÍA-PÉREZ, 2010). É possível encontrar modelos de geradores de ozônio destinados às atividades de sanitização de alimentos, desde frutas até legumes, como o apresentado na figura 4.

Figura 4 - Gerador de Ozônio SANIT



FONTE: WIER, 2021b.

2.6.1.3. Remoção de agrotóxicos da superfície de alimentos

Sendo o Brasil um dos países que mais utilizam agrotóxicos durante processos presentes na produção agrícola, tornou-se de extrema importância discutir não apenas os riscos do contato indireto ou direto com esses produtos tóxicos, mas também alternativas que possibilitem a sanitização e higienização desses alimentos, para que seja possível realizar a remoção desses componentes tóxicos. Por isso, vem crescendo nos últimos anos pesquisas e trabalhos científicos que se dedicam identificar a presença de agrotóxicos nos alimentos, nos quais os resultados são preocupantes, ao identificar a presença de resíduos de pesticidas em

frutas e hortaliças, alimentos de ingestão direta, evidenciando também os riscos da toxicidade e os efeitos adversos possivelmente causados pela exposição a esses compostos.

Atualmente as tecnologias mais comuns, utilizadas com a finalidade de reduzir ou eliminar os resíduos de agrotóxicos presentes em alimentos, são compostos e métodos a base cloro, radiação ultravioleta (UV), peróxido de hidrogênio (H_2O_2), ultrassom e tratamentos térmicos. Porém, acrescentou-se a essa lista, nos últimos anos, o gás ozônio, que vem se destacando devido ao seu elevado poder oxidativo e a facilidade de obtenção desse gás (SOUZA, 2017).

Para que se tenha uma compreensão ampla acerca de quais são os alimentos que apresentam a maior presença de resíduos tóxicos (acima do recomendado), segue uma sequência de alimentos e sua porcentagem: pimentão (64,36%), morango (36,05%), uva (32,67%), cenoura (30,395), alface (19,80%), tomate (18,27%), mamão (17,31%), laranja (14,85%) e abacaxi (9,47%) (PHILOZON, 2021).

Nesse cenário o ozônio surge como uma nova tecnologia para a sanitização de alimentos e remoção de agrotóxicos, onde seu uso em frutas, legumes e hortaliças, quando administrado em concentrações adequadas, promove a degradação dos resíduos de agrotóxicos em um curto período (LOZOWICKA et al., 2016), tal como o alacloro e glifosato, herbicidas utilizados em plantações de soja, milho, café, cana-de-açúcar, entre outros alimentos (ARAÚJO, 2018). Mas vale destacar que o uso da ozonização não interfere na qualidade físico-química, textura, cor e qualidade sensorial do alimento. As formas de uso do ozônio são normalmente a fumigação do gás nos alimentos ou a imersão dos alimentos em água saturada com o gás. Além de ser efetivo na remoção de contaminantes, o alimento ainda assim consegue manter as suas propriedades físico-químicas e qualidade nutritiva após o tratamento com o ozônio (PHILOZON, 2021).

2.6.1.4. Desinfecção de objetos

Diante do cenário da pandemia do covid-19, os cuidados com a desinfecção de objetos precisaram ser redobrados, visto que são justamente objetos do dia a dia que podem facilitar a transmissão do vírus pelo contato com superfícies contaminadas. Mas para além do coronavírus, os objetos utilizados constantemente no cotidiano e que acabam por entrar em contato com várias pessoas durante o dia, podem conter outros vírus, fungos e bactérias responsáveis por doenças tão perigosas quanto. Por isso, é necessário que exista o cuidado

frequente com a limpeza desses objetos, e para isso o ozônio também se mostra uma alternativa confiável.

O emprego da tecnologia do ozônio representa um método eficaz e de baixíssimo impacto ambiental enquanto agente de limpeza, e isso se dá por sua potência germicida, capaz de combater fungos, bactérias e vírus presente nas superfícies de objetos (ECYCLE, 2013). O uso do ozônio é ideal para a desinfecção do ar e da superfície, visto que se usado em uma concentração adequada é um produto eficaz para a destruição de vírus, inclusive o covid-19, mas cabe ressaltar que o seu uso não é recomendado em objetos e materiais que contenham borracha em sua composição (GRIGNANI et al., 2020).

Pesquisas e experimentos continuam a serem feitos a respeito da eficácia do ozônio como agente capaz de desinfetar objetos, dentre eles pode-se citar o experimento realizado por Hudson, Sharma e Vimalanathan (2009), em que a eficácia antiviral máxima do ozônio foi obtida a uma concentração de 25 ppm por 15 minutos, seguido por um curto período de umidade relativa > 90%. Destaca-se que todos os doze vírus testados foram inativados, em pelo menos três ordens de magnitude, tanto em laboratório quanto em ensaios de campo simulados, em diferentes superfícies duras e porosas, assim como na presença de fluidos biológicos. A atividade viral foi testada através de um processo de cultura celular.

Zhang *et al.* (2016) demonstraram que o ozônio, em solução aquosa, é capaz de inativar SARS-CoV-1, o agente etiológico responsável pela Síndrome Respiratória Aguda Grave (SARS) disseminada em 2003, a qual possui uma estrutura muito semelhante ao vírus SARS-CoV-2, causador da atual pandemia de COVID-19.

2.6.1.5. Esterilização de ar de interiores

Durante o processo de aplicação do ozônio no interior de ambientes, além da esterilização do ar, ocorre tanto a higienização das superfícies dos objetos, quanto a eliminação de odores desagradáveis presentes no recinto. Porém, existem recomendações para que seu uso seja mais seguro e eficiente, como: manter o gerador a uma altura superior a 1,60 m, com a saída voltada para o centro do ambiente, e atentando que o tempo de funcionamento irá depender tanto da potência do aparelho que se está utilizando, quanto das dimensões do ambiente que se pretende esterilizar. Para isso, existem no mercado hoje vários modelos de geradores de ozônio destinados a ação de esterilizar o ar de interiores, com capacidade de alcançar a desinfecção de ambientes de 30 m³ (Figura 5) e até mesmo ambientes de 70 m³ (Figura 6).

Figura 5 - Gerador de Ozônio W RESIDENCE



FONTE: WIER, 2021b.

Figura 6 - Gerador de Ozônio OZpro



FONTE: WIER, 2021b.

Dessa forma, considerando que a residência representa um local de constante entrada e saída de pessoas, a higienização correta de cada ambiente deve ser mantida sempre como uma preocupação e prioridade. Assim, como fora dito acima no decorrer do trabalho, o uso do ozônio pode ser voltado também para a esterilização do ar de interiores, sejam salas de escritório, quartos, banheiros, armários, guarda roupas, mas também pode ser utilizado para higienizar o interior de carros.

Analisando sites especializados no trabalho de higienização de automóveis, observou-se que a ozonização se mostra um método bastante viável, não somente por sua eficácia na higienização do interior dos carros, mas também pela sua praticidade e economia no uso. Existem hoje, no mercado, diversos modelos de aparelhos para a geração de ozônio voltado para o uso como um agente higienizador, caracterizados por serem compactos, portáteis e de fácil manuseio.

Por se considerar as necessidades de uso para cada tipo de automóvel (pequeno, médio ou grande porte), além de diversas marcas, é possível encontrar também diversos modelos que se adequam a cada necessidade de uso, os quais vão desde modelos indicados para a higienização do interior de automóveis pequenos e médios, até automóveis de grande porte. Assim, agindo de forma precisa, o ozônio se mostra capaz de alcançar locais mais difíceis, os quais uma limpeza tradicional dificilmente alcançaria, como: estofados, tapetes e cantos estreitos. Isso sem mascarar o problema, como fazem os aromatizadores de interior.

Isso se dá porque o gás ozônio possui a capacidade de se espalhar pelo ambiente, atuando como um agente capaz de purificar o ar, podendo ser utilizado como um sanitizante para ambientes como salas de escritórios, carros, salas de espera, quartos de hotéis, academias, leitos de hospitais, residências e demais ambientes destinados ao uso coletivo (OSÓRIO, 2020). Assim, pode-se perceber que o uso do gerador de ozônio destinado à higienização do ar de interiores se mostra uma opção: 1) prática, devido ao seu uso ser simples e poder ser transportado aos locais que se deseja realizar a limpeza; 2) rápida, se for considerado que a desinfecção do interior de automóveis pode ser feita em cerca de 15 minutos; 3) sustentável, por utilizar menos água e produtos químicos; 4) segura, pois não deixa manchar e nem resíduos após o uso; 5) econômica, graças ao seu baixo consumo de energia.

2.6.1.6. Remoção de odores de ambientes reduzidos

Ainda dentro do assunto de esterilização de ambientes, mas mais específico e pontual, a remoção de odores em ambientes reduzidos faz parte de uma discussão bastante pertinente. Considerando que os maus odores – assim como os bons odores – presentes no ambiente são produtos de reações de compostos químicos, o ozônio entra no cenário como um agente capaz de atuar degradando esses compostos que causam os maus odores, isso devido ao seu alto poder oxidativo.

Odores como aqueles resultantes da fumaça do cigarro, são odores que a longo prazo e ao longo de intensa exposição (direta ou indireta) se mostram extremamente nocivos à saúde, além de bastante incômodos. Dessa forma, o mau cheiro acarreta diversos problemas, como: situações inconvenientes devido ao odor pungente; gastos despendidos em métodos de limpeza ineficazes, ou parcialmente eficazes para a remoção desse tipo de odor; mas acima de tudo, problemas de saúde, visto que a exposição prolongada à fumaça pode vir a causar complicações respiratórias em decorrência dos químicos presentes no cigarro (WIER, 2021a).

Dito isso, cabe abrir um espaço para a discussão de métodos que sejam capazes de remover maus odores, como a fumaça do cigarro, de forma eficiente e prática. O uso do ozônio se mostra uma alternativa, não apenas para a eliminação do mau odor causado pelo cigarro, mas também outros odores. Isso porque o ozônio é capaz de deteriorar os resquícios de toxinas deixadas pelo cigarro no ambiente, e assim purificar o ar, sendo possível então obter um ambiente mais seguro e saudável (WIER, 2021a).

2.6.1.7. Remoção de Mofo

A presença do mofo, embora seja invisível a olho nu – exceto quando seu crescimento atinge a formação de colônias –, pode vir a causar várias desordens no âmbito da saúde, como dores de cabeça, vômitos, tosse, cansaço, dores de garganta, além de agravar sintomas de rinite. Isso ocorre porque o mofo é um microrganismo que pode ficar presente no ar, em forma de esporos, e ao encontrarem um ambiente propício para sua proliferação, como locais fechados, quentes e úmidos, se desenvolvem a passo de acarretar mesmo doenças e problemas para os residentes daquele ambiente.

O mofo é causado, na maioria das vezes, pela falta de luminosidade natural no ambiente, a ausência de saídas de ar e ventilação, ou mesmo pelo excesso de umidade no ambiente. Dessa forma, se proliferam comumente em residências, guarda roupas, armários,

gavetas, e até em cantos de paredes. Porém, o mofo pode ser prevenido e inativado, por métodos como a aplicação do ozônio, visto que ele é um forte oxidante e uma opção viável para interromper o crescimento fúngico, isso tudo sem mesmo deixar resíduos, graças a rápida decomposição de sua estrutura (OZCLEAN, 2020).

A atuação do ozônio contra o mofo ocorre porque o ozônio é capaz de destruir esses fungos, a partir da degradação das estruturas celulares desses microrganismos, impedindo assim a sua reprodução e proliferação. Em outras palavras, o ozônio se caracteriza como um agente capaz de destruir os esporos dos fungos – seu organismo de reprodução –, assim como as colônias de mofo. Esse combate ao mofo, se feito de forma correta, pode prevenir e amenizar vários problemas, visto que, como dito acima, o mofo pode vir a causar problemas aos membros da residência, sejam eles problemas de saúde como respiratórios e dermatológicos, ou estruturais ao danificar e deteriorar objetos, assim como ao manchar objetos e paredes (OZCLEAN, 2020).

2.6.1.8. Lavagem e higienização de roupas

Considerando o que já fora mencionado acerca do alto poder oxidante do ozônio, convém também discutir um pouco com relação a sua capacidade desinfetante e alvejante aplicados na lavagem e higienização das roupas. Além do ozônio, a desinfecção também pode ser feita com o uso do cloro, porém esse possui desvantagens consideráveis, como a sua reatividade ao entrar em contato com matéria orgânica decomposta, que pode gerar substâncias nocivas, por exemplo, o THM, além de necessitar de um controle rígido da quantidade para que não ocorram manchas nas roupas. Já no caso do ozônio, pode-se excluir as problemáticas relacionadas ao uso do cloro e somar, ainda, o fato de ser uma alternativa mais atrativa economicamente (DALL'AGNOL et al., 2020).

Cabe destacar que hoje, no mercado de eletrodomésticos, um modelo de máquina de lavar roupas que faz o uso do ozônio em seu processo, embora seu custo ainda seja elevado e pouco acessível para uma parcela maior da sociedade. Ainda assim, se mostra uma estratégia bastante positiva, visto que a partir dela ocorre a diminuição dos custos operacionais, pois um mesmo aparelho é capaz de higienizar, eliminar sujeiras e ainda desodorizar os tecidos das peças de roupas. É possível encontrar no Brasil esse modelo de máquina de lavar roupas que utiliza o ozônio, possuindo uma capacidade de até 1 quilo e um ciclo de lavagem destinado ao

ciclo de ozônio (figura 7), indicado para lavagem, higienização e desodorização de peças de roupas mais delicadas (VASQUES; ONO, 2010).

Figura 7 - Minilavadora Brastemp 1Kg - BWI01A



FONTE: BRASTEMP, 2021.

Dessa forma, entende-se que a utilização do ozônio e do oxigênio em processos como os que envolvem a lavanderia possibilitam o alcance de benefícios vantajosos e sustentáveis. Dentre eles, o mais próximo é a sua aplicação no processamento de jeans, em etapas que envolvem o desbotamento, o amaciamento, a desengomagem e a modificação da tonalidade das peças, isso sem mesmo precisar utilizar corantes e conservando ainda a cor do índigo, dispensando também a água e/ou produtos químicos. Isso porque a máquina transforma o oxigênio em gás ozônio, através de um processo de descarga elétrica, sendo esse produto o responsável pelo beneficiamento do jeans (LUIZ, 2019).

O alvejamento de tecidos, por tratamento químico oxidativo com o ozônio, apresenta maior eficiência em sistema de câmara úmida de ozonização com baixo consumo de água. Possui grandes vantagens em relação ao alvejamento convencional com peróxido de hidrogênio, como por exemplo: redução de 75% do tempo de processo, redução de 45% no

consumo de água e na geração de efluente, condições de operação mais brandas (pH neutro e temperatura ambiente) (PICCOLI, 2014).

2.6.1.9. Produção de óleo ozonizado

Antes mesmo de discutir a respeito da forma de produção e utilidades da aplicação do óleo ozonizado, é preciso abrir um espaço para que seja explicado o que de fato é o óleo ozonizado e com que intenção ele foi criado. Partindo do princípio de que o ozônio é um elemento bastante instável, e de que em sua forma gasosa a sua meia vida é consideravelmente breve, foi necessário encontrar um método de uso do ozônio no qual ele pudesse ser conservado por mais tempo, até mesmo estocado, se necessário. Dessa forma, no início do século XX começam a surgir experimentos que tinham esse objetivo de produzir o ozônio em uma forma mais estável e mais fácil de manipular, possibilitando o seu armazenamento e uso mais seguro (ANZOLIN, 2019). Além de ser vantajoso no que diz respeito aos processos de manipulação e estocagem, o uso do óleo ozonizado também é uma alternativa para que haja a diminuição dos seus custos de produção, apresentando-se assim como uma estratégia interessante do ponto de vista biológico e econômico.

A respeito da sua forma de produção, o óleo ozonizado pode ser obtido através do borbulhamento de uma mistura de ozônio e oxigênio em um determinado óleo vegetal em temperatura ambiente, esse processo é realizado até que a mistura esteja em uma consistência mais sólida. Embora os estudos sobre a ozonoterapia e o óleo ozonizados estejam crescendo somente nessa última década, é possível encontrar estudos que demonstram a ozonização de óleos vegetais bastante comuns, como o óleo de girassol e coco (RENSI et al., 2014), utilizado frequentemente em cozinhas residenciais, assim como o óleo de camélia e óleo de oliva (CARDOSO et al., 2021).

Após uma breve explicação do que é o óleo ozonizado e como ele pode ser obtido, pode-se então prosseguir com a explicação das suas utilidades e formas de aplicação. Destinado à área de saúde, o óleo ozonizado por ser utilizado em processos que envolvem a cicatrização e tratamento de feridas traumáticas, queimaduras, assim como infecções locais, tais como micoses presentes na pele e nas unhas. O óleo ozonizado também pode vir a ser um aliado no tratamento de feridas crônicas, como úlceras por pressão, úlceras arteriais, ou mesmo úlceras venosas do membro inferior. Isso porque, ao entrar em contato com os tecidos, fornece uma liberação de ozônio, tendo efeito preventivo, visto que favorece o processo de cicatrização. No

que diz respeito a sua conservação e durabilidade, o óleo ozonizado possui uma meia vida de 6 meses até 1 ano, se conservado em temperatura ambiente. Caso seja refrigerado de forma adequada, pode mesmo vir a durar vários anos (SCHWARTZ et al., 2010).

Dessa forma, além de se mostrar uma alternativa de uso segura, prática e econômica, o óleo ozonizado se apresenta também como uma estratégia promissora devido a suas propriedades germicidas, cicatrizantes e antissépticas (SILVA, 2019), se tornando interessante assim que haja um maior investimento em pesquisas direcionada a identificar demais benefícios da sua aplicação na área da saúde e de cuidados.

2.6.1.10. Higiene pessoal

Além de poder ser utilizado na limpeza de ambientes e na higienização de produtos utilizados no seio das residências, o ozônio também pode adentrar mais afundo no cotidiano dos membros da família, chegando a poder fazer parte até mesmo dos seus hábitos e rotinas de higiene pessoal. Dentre as possíveis aplicações do ozônio em atividades de higiene pessoal, pode-se destacar, principalmente, a lavagem e higienização das mãos e rosto, escovação dos dentes e até mesmo para tomar banho.

2.6.2. Outros benefícios do ozônio

Como já fora discutido no decorrer da construção do trabalho, o ozônio é um elemento que pode vir a ser utilizados de diversas formas e em diversas atividades, perpassando desde as residências domiciliares e atividades cotidianas dos membros da família, até ambientes mais complexos e com aplicações do elemento em formas mais elaboradas. Dessa forma, o ozônio pode então ser empregado tanto em processos desenvolvidos em indústrias (têxteis, por exemplo), quanto em atividades residenciais que possuem efluentes líquidos. Isso ocorre porque o ozônio se apresenta como uma alternativa capaz de reduzir cor, odores, matérias orgânicas e mesmo microrganismos (ANVISA, 2020).

Por ser um poderoso agente oxidante, o ozônio é utilizado em processos de oxidação avançadas, utilizando individualmente ou combinado com outros agentes, por exemplo, o peróxido de hidrogênio e a radiação ultravioleta. Assim, a ozonização se destaca, principalmente, na degradação de compostos orgânicos, sendo a aplicação do ozônio que mais

crece no tratamento de efluentes que não são removidos pelos processos biológicos (CHAVES; VERONA; NOGUEIRA; BUSS, 2016).

2.7. Limitações do ozônio

Embora a ozonização seja uma tecnologia promissora e mais complexa que outras alternativas aplicadas para fins de desinfecção, devido à natureza do ozônio, ela possui certas limitações. Entendendo o ozônio como um elemento consideravelmente reativo, torna-se necessário a utilização de materiais resistentes a processos de corrosão, a exemplo do aço inoxidável, visto que o ozônio se mostra bastante reativo com a borracha natural, se exposto por períodos prolongados. Além disso, o ozônio gasoso, se utilizados e manipulado de forma errada e em altas concentrações, pode se tornar um elemento tóxico e irritante, por isso seu excesso no ambiente precisa ser destruído para impedir o contato com as pessoas, visto que pode vir a causar quadros de intoxicação. Devido ao potencial de toxicidade característico do ozônio gasoso, em situações de exposição de pessoas e animais experimentais, tornou-se necessário formular determinadas restrições para o seu uso em áreas públicas (ANVISA, 2020).

Com relação aos efeitos adversos do ozônio, esses são amplamente conhecidos e estudados. Dessa forma, de acordo com a EPA (2016), a exposição primária ocorre quando as pessoas respiram o ar ambiente no qual existe a presença do ozônio. A exposição a curto prazo, até 8 horas, ao ozônio pode vir a provocar e manifestar lesões pulmonares, causar tosse, irritação na garganta, dor, queimação, ou mesmo desconforto no peito ao respirar profundamente, assim como sensação de aperto no peito, chiado e dispneia. Dessa forma, torna-se importante sempre frisar que é preciso fazer o uso do ozônio de forma correta e planejada, obedecendo às quantidade e formas de uso recomendadas, e utilizando métodos que diminuam a exposição direta ao ozônio.

3. METODOLOGIA

A pesquisa foi elaborada a partir da revisão da literatura técnico científica, onde foram selecionados artigos nas seguintes bases de dados: Scientific Electronic Library Online (Scielo®), portal de periódicos da Capes (580) e Biblioteca Virtual em Saúde (BVS®), assim como o portal acadêmico do Google, o Google Acadêmico. Foram considerados como critérios de inclusão e seleção artigos publicados entre 2010 até 2021, escritos em idioma inglês, espanhol e português. Priorizou-se trabalhos disponíveis em formato on-line, pesquisados por

termos como: Ozônio, sanitização, desinfecção, tratamento de água, Ozonioterapia, Efeitos Adversos, Regulamentação. Dessa forma, os artigos que fugiram dos critérios estabelecidos foram excluídos, e as literaturas selecionadas para o estudo serão quantificadas e comentadas nos estudos do trabalho.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1. Caracterização dos documentos selecionados no estudo

Como já mencionado, este trabalho é fruto de uma revisão bibliográfica, metodologia escolhida consoante ao objetivo de se realizar um apanhado acerca dos conhecimentos mais atualizados das áreas e formas de utilização do ozônio em atividades residências, de forma eficiente e segura. Dito isso, para a construção dessa pesquisa, recorreu-se a bases de dados que permitem o acesso a trabalhos acadêmicos das mais variadas áreas, encontrando neles artigos que tratassem a respeito das formas de uso do ozônio em atividades domiciliares de sanitização, desinfecção e tratamento, buscando também entender sua eficácia e segurança de uso.

Entretanto, após o levantamento e revisão bibliográfica realizada, de acordo com os objetivos de estudo desse trabalho, os trabalhos científicos selecionados não conseguiram abarcar todos os temas relacionados a pesquisa, assim optou-se por investigar a aplicação do ozônio em outras áreas, correlacionando ao uso em atividades domésticas. Sendo assim, para atingir uma maior parte dos conteúdos do tema desejado, tornou-se necessário a consulta também através de sites.

Assim foram utilizados 18 trabalhos científicos relacionados diretamente aos objetivos da pesquisa, e 6 trabalhos com aplicação do ozônio em outras áreas. Além disso, incorporou 7 sites. Destacando-se que estes trabalhos abrangeram o período de 1999 até o corrente ano, destacando que as publicações envolveram vários países, inclusive o Brasil.

Dessa forma, neste tópico do trabalho serão discutidas e qualificadas as informações encontradas, a fim de compreender e tornar acessível para mais pessoas os campos de aplicação do ozônio nas dependências domiciliares, bem como áreas complementares.

4.2. Principais áreas de utilização do ozônio

Cabe lembrar que uma das principais características do ozônio é sua camada protetora presente na estratosfera, capaz de servir como escudo contra os raios ultravioletas, os quais são prejudiciais aos organismos vivos. Além disso, o ozônio é uma substância com alta reatividade, o que o torna um agente oxidante muito eficiente, possuindo assim um potente efeito desinfetante. Devido a este fato, o ozônio é amplamente utilizado dado a sua eficiência na destruição microbiana, conservando-se ambientalmente sustentável, sendo eficaz na inativação e destruição de bactérias, vírus, fungos e até mesmo parasitas. É utilizado como desinfetante por diversas indústrias, principalmente na indústria de alimentos, podendo ser aplicado na desinfecção do ar, no tratamento da água e efluente. Também pode ser aplicado na área da saúde, visto que no Brasil o ozônio já é usado na higienização de materiais, em terapia coadjuvante na medicina veterinária, bem como na odontologia (PENIDO; LIMA; FERREIRA, 2010) (LOEB, 2011) (GONZÁLEZ-ARIAS; HORTA-RANGEL, 2017).

Dessa forma, apresentadas as características que tornam o ozônio um elemento diferenciado, por seu histórico, suas propriedades físicas e químicas, e principalmente por seu efeito antimicrobiano, cabe agora discutir um pouco sobre o que a bibliografia levantada salienta a respeito do uso e eficácia do ozônio nas atividades domésticas. Aqui serão apresentados os resultados de algumas das principais áreas de utilização do ozônio, serão elas: uso no tratamento de água (de piscinas, aquários, água para ingerir etc.), na sanitização e remoção de agrotóxicos das superfícies dos alimentos, na desinfecção dos objetos, na esterilização e remoção de odores de ambientes reduzidos, na remoção de mofo de superfícies da residência, na higiene pessoal e das roupas, bem como na produção do óleo ozonizado, inserido na aplicação pela área da saúde.

Com a finalidade de tornar a discussão mais clara e objetiva, foram criadas duas categorias de análise da bibliografia consultada: a primeira categoria apresenta a utilização de ozônio diretamente nas atividades residenciais, resultando em cerca de 17 artigos, dos 24 usados na pesquisa das principais áreas de aplicação, incluindo artigos de sites, como demonstrado no quadro 5.1. A segunda categoria foi criada devido à dificuldade de encontrar documentos que tratassem a respeito do tratamento do ozônio em áreas residenciais, portanto essa segunda categoria representa a utilização do ozônio em áreas fora das residências, mas que têm correspondência semelhante de aplicação na mesma, resultando em cerca de 6 artigos, como demonstrado no quadro 5.2 a seguir.

Quadro 4.1 - Principais áreas de utilização do ozônio em residências no período de 1999-2021

AUTORIA	TÍTULO	ANO
ANVISA	O uso do ozônio como produto desinfetante durante a pandemia causada pelo novo coronavírus (Sars-CoV-2).	2020
CAVALCANTE	Avaliação do tratamento com água ozonizada para higienização de alface (<i>Lactuca sativa</i>).	2007
CHAVES et al.	Tratamento de águas por ozonização: revisão.	2016
COELHO et al.	Ozonização como tecnologia pós-colheita na conservação de frutas e hortaliças: uma revisão.	2015
DALL'AGNOL et al.	Economia de água na lavagem doméstica de roupas: alternativas de tratamento do efluente para viabilização da recirculação e reuso.	2020
ECYCLE	Ozônio como alternativa sustentável aos artigos de limpeza doméstica tradicionais.	2013
GRIGNANI et al.	Safe and Effective Use of Ozone as Air and Surface Disinfectant in the Conjunction of Covid-19.	2021
ILYAS, MASIH, VAN DER HOEK	Disinfection methods for swimming pool water: byproduct formation and control.	2018
KIM, YOUSEF, DAVE	Application of ozone for enhancing the microbiological safety and quality of foods: a review.	1999
LOZOWICKKA et al.	Removal of 16 pesticide residues from strawberries by washing with tap and ozone water, ultrasonic cleaning and boiling.	2016
MAXCONSULTING	Exemplos e artigos de aplicações de ozônio em forma de gás, água ozonizada e névoa ozonizada.	2021
OSÓRIO	Coronavírus: como a sanitização do ar interior por ozônio pode auxiliar na redução da proliferação do vírus.	2020
OZCLEAN	Como usa o ozônio contra o mofo e ácaro.	2020
PHILOZON	Resultados de busca para frutas e verduras com agrotóxicos: existe alternativa?	2021
QIANG et al.	Monitoring free chlorine and free bromine in aquarium seawater treated by ozone.	2012

SOUZA	Ozônio na degradação de resíduos de agrotóxicos e na conservação pós-colheira de cenoura.	2017
WIER	Aplicação do ozônio: a solução para proteger a sua casa.	2021a

FONTE: elaborado pelo autor.

Percebe-se no quadro acima, que a maioria dos estudos selecionados atestam que as principais áreas de utilização do ozônio em residências são as relacionadas neste trabalho. Tais como: a potabilidade da água, o tratamento de água de piscina e aquário, a sanitização de frutas, verduras, legumes e ovos, conseqüentemente redução de agrotóxicos presentes nestes alimentos, além da higienização de objetos, os quais podem aplicar na higienização em relação coronavírus. A água ozonizada possui o poder alvejar tecido, eliminar odores indesejados, assim como tem o poder de eliminar mofo presente no ambiente. Na forma gasosa, é capaz de higienizar pequenos ambientes como geladeiras, armários, veículos, etc. Em caso especial, atua na saúde através do óleo ozonizado, que pode ser conservado por período prolongado, utilizado no tratamento de feridas, queimaduras, e também infecções locais, tais como micoses da pele e das unhas, como pôde ser observado nos trabalhos apresentados no quadro 5.2.

Quadro 4.2 - Principais áreas de utilização do ozônio em áreas complementares às residenciais no período de 2010-2021

AUTORIA	TÍTULO	ANO
ANZOLIN	Óleo ozonizado via tópica na doença articular degenerativa.	2019
CARDOSO et al.	Potencial antimicrobiano de óleos vegetais ozonizados frente a espécies bacterianas: uma revisão integrativa.	2021
FORNARI	Geração de microbolhas de ozônio através de materiais porosos para aplicação em tratamento de efluentes.	2011
LUIZ	Lavanderia em jeans e a sustentabilidade em moda: comparativo entre processos tradicionais e ecológicos.	2019
RENSI et al.	Avaliação do efeito de óleos ozonizados de girassol e coco no controle <i>Propionibacterium acnes</i> .	2014
SILVA	Uso da ozonoterapia na odontologia: revisão de literatura integrativa.	2019

FONTE: elaborado pelo autor.

Nota-se no quadro acima que a aplicação do ozônio vem se expandindo, não só na variedade de áreas possíveis, como também a dimensão dos experimentos. Dessa forma, a partir da leitura dos trabalhos que discutem a aplicação do ozônio em áreas complementares, como na área da saúde e indústria têxtil, é possível perceber que o ozônio dispõe de um alto potencial de uso, tanto em dimensões mais reduzidas das atividades residenciais, até mesmo atividades mais complexas e de dimensões maiores como as atividades industriais.

4.3. Efetividade do uso do ozônio em residências

No que se refere a efetividade e a segurança do uso do ozônio em atividades residenciais de sanitização, desinfecção e higiene, elas estão condicionadas à aplicação de forma correta do produto. Isso porque, assim como é com outros métodos mais tradicionais de sanitização, a exemplo do uso do cloro, sua eficácia depende de uma aplicação correta, seguindo todas as recomendações. Dito isso, ao se fazer o uso do ozônio, independentemente da forma de uso que se optar – água ozonizada, óleo ozonizado, fumigação do gás ozônio, névoa ozonizada etc. – deve-se atentar para as recomendações feitas para cada uma das formas.

Sendo assim, antes de discutir a respeito da efetividade do ozônio em atividades residenciais, deve-se destacar certas medidas de segurança recomendadas nas leituras realizadas, a fim de que se compreenda a forma correta e mais eficaz da aplicação do ozônio nas residências. Sabendo que a forma mais instável e irritante do ozônio é a sua forma gasosa, é no uso do gás ozônio que se deve ter mais cuidado, preferindo sua aplicação de forma controlada, em baixas concentrações e em sistemas fáceis de manejar. Para além disso, nas outras formas de uso (óleo e água ozonizados) também possuem regras básicas de uso para garantir a segurança e eficácia do ozônio como sanitizante, como por exemplo: manter o ambiente em que foi aplicado o ozônio desocupado por pessoas e animais por pelo menos 40 minutos.

Dessa forma, a respeito do uso e efetividade do ozônio no tratamento da água utilizada nas residências, como dito anteriormente, embora o Brasil seja um país privilegiado com relação a disponibilidade de água potável, o crescente descaso com as necessidades de manutenção da qualidade da água e do cuidado com a natureza fez tornar necessário pensar em alternativas mais sustentáveis de uso dos recursos naturais. Como uma alternativa de uso sustentável, o ozônio passou a ser empregado no tratamento de água na década de 1900 (CHAVES et al., 2016), chegando no Brasil apenas no final do século XX, em estações de

tratamento. Isso porque o ozônio se mostrou um substituto em potencial para os métodos tradicionais como o emprego do cloro, sendo promissor nas etapas controle de bactérias no processo lavagem dos vasilhames de 20 L de água mineral (DALSASSO, 1999).

Trazendo o uso do ozônio no tratamento da água das residências, em se tratando da água utilizada na cozinha, por exemplo, o elemento se mostra uma opção bastante viável, dado que existem métodos que facilitam a sua aplicação, como o uso de purificadores de água com o gerador de ozônio embutido para a produção de água ozonizada, servindo como filtro e agindo também na desinfecção dessa água. Um método ainda mais prático é o uso da torneira da pia com o gerador de ozônio inclusivo, que permite um uso tranquilo e seguro, qualidades fundamentais em qualquer atividade a ser realizada em residências.

No que tange às informações referentes ao uso do ozônio do tratamento de piscinas residenciais, seu uso é considerado não apenas seguro, mas também ecologicamente correto, dado que o ozônio não gera produtos tóxicos, diferentemente do cloro que produz as cloraminas e trihalometano (THM), substâncias incomodas aos banhistas surgidas com o emprego do cloro na água das piscinas. Assim, pensando que a piscina residencial precisa ser um local confortável e de divertimento, o uso do ozônio no tratamento dessa água se mostra positivo ao possibilitar uma maior tranquilidade ao não ressecar ou alterar a cor de cabelos tingidos, ao não desbotar roupas de banho, e também ao não irritar ou ressecar a pele dos membros da família (Q1AMBIENTAL, 2021). Devido ao fato de não ser um desinfetante residual e evaporar e se decompor rápido, sua aplicação pode ser feita também associada com outros elementos, como o cloro, peróxido de hidrogênio e irradiação UV (ILYAS; MASIH; VAN DER HOEK, 2018).

A sanitização é necessária, pois frequentemente frutas e vegetais chegam nas residências contaminados por águas com patógenos, agrotóxicos, fertilizantes, sujeita, etc., devido à irrigação com água duvidosa e manipulação inadequada. A sanitização com ozônio apresenta eficiência alta, não necessita de enxague no final do processo, pois não altera seu sabor, como ocorre com o uso do cloro, a água do processo, pois não altera o sabor, como ocorre com o uso do cloro. Além disso, a água do processo de lavagem pode ser reaproveitada, reduzindo o impacto ambiental dos efluentes, sem produzir resíduos nocivos à saúde e aumentando o tempo de prateleira do alimento agrícola processado. Conclui-se que a aplicação adequada do ozônio é uma alternativa sustentável de tratamento de frutas e hortaliças (BATALLER-VENTA; CRUZ-BROCH; GARCÍA-PÉREZ, 2010).

A cada dia que passa, a preocupação com a higiene e sanitização da superfície dos alimentos se mostra mais urgente, não apenas pelo cenário da pandemia de coronavírus, mas principalmente devido aos altos teores de resíduos de agrotóxicos presentes nos alimentos, agrotóxicos estes consideravelmente tóxicos para humanos. Assim sendo, relativo ao uso do ozônio nos processos de sanitização e remoção de agrotóxicos da superfície de alimentos consumidos pelos membros da família, o ozônio se mostra um método bastante eficiente dado a sua capacidade de inativação e/ou destruição de microrganismos, isso sem alterar os aspectos e propriedades nutritivas e sensoriais dos alimentos (COELHO et al., 2015). De acordo com Philozon (2021), os principais alimentos nos quais se percebe a maior quantidade de resíduos de agrotóxicos, nocivos à saúde, são o pimentão, o morango e a cenoura, alimentos comumente consumidos nas refeições das famílias e que, por isso, demandam um cuidado maior com sua sanitização. Dessa forma, como bem afirma Lozowicka et al. (2016), o ozônio se mostra uma alternativa eficaz devido ao seu poder oxidativo, que garante a degradação dos resíduos dos agrotóxicos em pouco tempo, a exemplo do alacloro e glifosato, herbicidas utilizados em plantações de milho, café, soja, cana-de-açúcar, entre outros alimentos (ARAÚJO, 2018). No tocante a sua forma de aplicação, de acordo com Philozon (2021), ela é feita comumente por meio da fumigação do gás nos alimentos que se deseja sanitizar, ou mesmo pela imersão desses alimentos na água ozonizada, conservando desse modo as propriedades e a qualidade nutritiva dos alimentos.

Como mencionado, o cenário atual está exigindo um cuidado muito maior com a limpeza das superfícies e objetos da casa, nesse sentido, o ozônio se mostra um ótimo recurso dado a sua capacidade de limpeza proporcional ao seu baixo impacto ambiental. O ozônio garante o combate contra fungos, bactérias e vírus, seres frequentemente encontrados nas superfícies mais expostas da residência e que apresentam um risco potencial a saúde e segurança da família (ECYCLE, 2013). Cabe destacar que, de acordo com as leituras realizadas, o ozônio também é capaz de garantir a desinfecção do ar, permitindo que se conquiste um ambiente agradável e livre de patógenos e maus odores. Mas é preciso destacar que, como dito acima, sua eficácia está condicionada ao uso correto, assim sendo Grignani et al. (2020) destaca que não é recomendado que o ozônio seja aplicado em materiais, objetos e superfícies que contenham borracha em sua composição.

Ainda a respeito da eficácia do ozônio em processos de desinfecção de objetos, o estudo realizado por Hudson, Sharma e Vimalanathan (2009) esclarece muitas dúvidas, dado que nesse experimento foi possível catalogar que a efetividade do ozônio contra vírus pôde ser

percebida em uma concentração de 25 ppm por 15 minutos, seguida de uma umidade relativa de > 90% por um curto período, onde notou-se que todos os doze vírus testados foram inativados em três níveis de amplitude, sob condições variadas e superfícies diversas.

Como já foi mencionado acima, o ozônio também atua na destruição dos fungos, se tornando uma opção possível no combate de mofo presentes na residência, dado que é um elemento eficiente para destruir a estrutura celular do microrganismo, impossibilitando a proliferação ao suprimir os esporos dos fungos e conseqüentemente as colônias de mofo. Dessa forma, o uso do ozônio no combate de colônias de mofo garante um ambiente mais seguro e livre de possíveis causadores de doenças respiratórias e dermatológicas para os membros da família (OZCLEAN, 2020). Assim sendo, percebe-se que o ozônio se mostra bastante eficaz devido a sua capacidade de se espalhar rapidamente pelo ambiente, purificando o ar e sanitizando espaços como escritórios, carros, quartos e espaços residenciais no geral (OSÓRIO, 2020).

Sobre a atividade de lavagem e higiene das roupas, de acordo com Dall'agnol et al. (2020) o ozônio pode ser pensado como uma alternativa que substitua o uso do cloro, produto reativo, que produz resíduos tóxicos e, se usado de forma errada, pode representar um dano às roupas com manchas. Dessa forma, a substituição pelo ozônio garante a atividade corriqueira, mas importante, de lavagem e higiene das roupas se faça da forma mais tranquila e segura possível, visto que já se pode encontrar no mercado de eletrodomésticos um modelo de máquina de lavar (até 1 kg) que possui um ciclo específico que utiliza o ozônio, garantindo uma lavagem e higienização efetiva das roupas de forma prática (VASQUES; ONO, 2010).

Em lavanderias, o uso do ozônio é uma alternativa para a redução do impacto ambiental, pois reduz o tempo de produção e a utilização de produtos químicos em algumas aplicações, dispensando o uso da água. Outra vantagem é que não desgasta muito o tecido, os resultados permanecem por muito tempo, aumentando o ciclo de vida do produto. A ozonização atua no desbotamento e no alvejamento de tecidos (HEISE, 2009).

O ozônio também se apresenta de uma forma bastante variada, em forma de óleo ozonizado, resultado de experimento que buscaram conservar o ozônio de uma forma mais estável e mais segura do que na forma gasosa (ANZOLIN, 2019). No que se refere a sua forma de produção, ela pode ser feita a partir do borbulhamento de uma mistura de ozônio, oxigênio e óleo vegetal, até que se atinja uma consistência mais sólida da mistura. De modo geral, o óleo ozonizado possui uma eficiência significativa quando aplicado em atividades da área da

ozonoterapia, como por exemplo na cicatrização de tecidos em casos como queimaduras e feridas traumáticas, e até em casos de micoses de pele e unhas (SCHWARTZ et al., 2010).

Cabe destacar que o ozônio também pode fazer parte do cotidiano dos membros da família nos seus hábitos e rotinas de higiene pessoal, isso porque o ozônio, em sua forma aquosa pode ser utilizado nas atividades básicas, mas essenciais, de lavagem e higienização das mãos e rosto, tão importantes no cenário da pandemia do COVID-19, que exige que seja dada mais atenção a higiene dessas partes do corpo, mais expostas e passíveis de se tornarem meios de contaminação. Além do mais, a água ozonizada também pode ser utilizada na escovação dos dentes e até mesmo para tomar banho, de forma segura e prática.

É importante reforçar sempre que, assim como muitos dos métodos tradicionais de sanitização e desinfecção de alimentos, ambientes, superfícies etc., a eficácia do método está diretamente ligada a aplicação correta da substância. Dessa forma, desde que utilizado seguindo as recomendações para cada forma e atividade específica, o ozônio possui um alto índice de efetividade, segurança e praticidade de uso, se tornando uma opção viável para a substituição do demais métodos e produtos de sanitização mais custosos, perigosos e complicados de aplicar.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Tal como foi declarado no início do trabalho, a área de atuação do gestor ambiental é de fundamental importância na sociedade, ao passo em que é ele o profissional capaz de realizar pesquisas e, ao mesmo tempo, promover a conscientização da população geral acerca das necessidades e formas de preservação ambiental e uso sustentável dos recursos naturais. Dessa forma, não apenas para os dias atuais, mas também para os dias que se seguirão, o gestor ambiental deve manter-se firme em sua missão de preservar o meio ambiente e mobilizar a população para fazer o mesmo, abrindo os olhos de todos a fim de que possam enxergar por si mesmo o estado do planeta, buscando juntos soluções para a preservação e proteção do meio ambiente e seus recursos.

O uso da tecnologia do ozônio é um exemplo de atividade ambientalmente correta, destaca-se a sustentabilidade ambiental, em virtude da redução do uso de água, eficiência do tratamento de efluentes domésticos e industriais, redução do uso de produtos químicos, redução do tempo de aplicação, eliminação do transporte de produtos químicos e a ausência da geração de produtos secundários tóxicos.

Dessa forma, foi pensando nesse estado de calamidade de exploração desregrada dos recursos naturais, desperdício e danificação do planeta, que esse trabalho foi pensado, visando encontrar uma forma de garantir a segurança das famílias e a preservação do meio ambiente, pensando no uso do ozônio como método de sanitização e desinfecção seguro para as pessoas e para o planeta. Assim, no decorrer do trabalho foi realizado um levantamento das principais leituras que discutem a respeito do uso com ozônio nas mais variadas dimensões das atividades residenciais, de forma prática, segura e consciente.

Isso posto, analisando cada atividade e forma de uso, percebeu-se que o uso do ozônio, nas mais variadas atividades domésticas, se mostrou uma alternativa bastante viável sob vários pontos de vista, desde relativas a economia financeira, até questões de praticidade e segurança. Isso porque, a cada dia que passa seu uso vai se modernizando, surgindo no mercado mais e mais opções de sistemas de uso, como as que já foram mencionadas no trabalho: geradores específicos para cada atividade, filtros de água, torneiras, lavadoras de roupas etc.

Assim, como bem foi assegurado o potencial antimicrobiano do ozônio, associada ao uso seguro e regulado, a aplicação dessa substância nas atividades residenciais só tende a crescer, à medida que se torna cada vez mais urgente a necessidade de se buscar por alternativas sustentáveis e seguras de sanitização e desinfecção de alimentos, objetos, ambientes, entre outros locais de aplicação. Muito embora o uso de aparelhos para a geração de ozônio ainda não seja completamente acessível para todas as famílias, com o aumento das pesquisas e resultados positivos da sua capacidade de ser um possível substituto mais sustentável que os métodos mais tradicionais, a sua aplicação tende a se popularizar e se tornar mais acessível.

Uma aplicação muito importante do ozônio nas residências é na segurança alimentar, em relação à parte sanitária dos alimentos, pois melhora a qualidade e a durabilidade dos alimentos, evita-se doenças, principalmente a comum diarreia. Participa diretamente na desinfecção dos alimentos eliminando os microrganismos patogênicos, tais como vírus, bactérias e fungos. O ozônio contribui na potabilidade da água, na limpeza e esterilização de utensílios usados na cozinha no preparo de alimentos, tais como: tábua de carne, colher de madeira, esponja, escova, talheres, pratos etc. Além de toda a área da cozinha, tais como: equipamentos (fogão, geladeira, liquidificador etc.), pisos, paredes e até mesmo o ar. O ozônio favorece na redução ou eliminação de produtos químicos de limpeza doméstica, resultando na redução de custo e melhoria da segurança doméstica.

O tratamento do ar através da ozonização deixa o ambiente sem microrganismos nocivos e sem mau cheiro, assim elimina o cheiro de fumaça, inclusive de cigarro. O ozônio se decompõe rapidamente, permitindo o rápido uso do ambiente com segurança. É realizado na ausência de pessoas, pois em altas doses pode ser prejudicial a saúde humana e dos animais, porém em baixa concentração, o ozônio se mostra eficaz na redução das populações de microrganismos indesejáveis. Na aplicação do ozônio, usa-se depuradores domiciliares e comerciais com alta eficiência na eliminação de odor.

Após o levantamento bibliográfico feito para a construção desse trabalho, bem como as leituras e pesquisas complementares, percebeu-se que o ozônio possui uma latente capacidade de se tornar aquele recurso buscado a anos, pronto para ser mais pesquisado e finalmente aplicado em dimensões maiores. Porém, infelizmente percebeu-se também uma grande escassez de pesquisas que discutissem a respeito da aplicação do ozônio em áreas residenciais, dificultando não somente a construção dessa pesquisa, como também o acesso da população em geral a conhecimentos acerca do uso desse produto nas suas casas. Dito isso, as pesquisas acerca da aplicação do ozônio em atividades residenciais não podem ficar por aqui, devem sempre buscar ampliar-se, tornando o conhecimento acessível para toda a população, expandindo não só as pesquisas, mas também a produção no mercado, a fim de tornar os aparelhos com uso do ozônio ainda mais práticos e, principalmente, mais acessíveis a toda a população.

6. BIBLIOGRAFIA

AGÊNCIA NACIONAL DE VIGILÂNCIA SANITÁRIA - ANVISA. **NOTA TÉCNICA Nº 108/2020/SEI/COSAN/GHCOS/DIRE3/ANVISA**. O uso do ozônio como produto desinfetante durante a pandemia causada pelo novo coronavírus (Sars-CoV-2). Brasília, 2020. Disponível em: https://www.gov.br/anvisa/pt-br/assuntos/noticias-anvisa/2020/anvisa-esclarece-sobre-uso-de-ozonio-como-desinfetante/sei_anvisa-1168587-nota-tecnica-ozonio-gocos.pdf. Acesso em: 9 jun. 2021.

ANZOLIN, A. P. **Óleo ozonizado via tópica na doença articular degenerativa**. 170 f. Dissertação (Mestrado em Envelhecimento Humano) - Faculdade de Educação Física e Fisioterapia da Universidade de Passo Fundo, Passo Fundo, 2019. Disponível em: <http://tede.upf.br:8080/jspui/handle/tede/1785>. Acesso em: 9 jun. 2021.

ARAÚJO, A. S. **Comparação entre os padrões de potabilidade nacional e internacionais quanto à presença de agrotóxicos**. Monografia (Especialização em Gerenciamento de Recursos Hídricos) – Instituto de Ciências Biológicas da Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2018. Disponível em: <http://hdl.handle.net/1843/BUOS-BCEGGQ>. Acesso em: 7 nov. 2021.

BELEZE, F. A. **Degradação de pesticidas utilizando-se processos oxidativos avançados fundamentados em ozonização**. 2003. 84 p. Dissertação (Mestrado em Química) - Universidade Federal do Paraná, Setor de Ciências Exatas, Programa de Pós-Graduação em Química, Curitiba, 2003. Disponível em: <http://hdl.handle.net/1884/48733>. Acesso em: 9 jun. 2021.

BRASTEMP. **Minilavadora Brastemp 1Kg - BWI01A**. Disponível em: <https://www.brastemp.com.br/mini-lavadora-brastemp-eggo-1-kg-branca-bwi01ab/p>. Acesso: 19 set. 2021.

CARDOSO, I. D. C. C.; SANTOS, A. C.; CARDOSO, L. D. C. C.; ALMEIDA, M. B. D. Potencial antimicrobiano de óleos vegetais ozonizados frente a espécies bacterianas: uma revisão integrativa. **Research, Society and Development**, [s. l.], v. 10, n. 2, p. 1-10, 2021. DOI: <https://doi.org/10.33448/rsd-v10i2.12451>. Disponível em: <https://rsdjournal.org/index.php/rsd/article/view/12451>. Acesso em: 9 jun. 2021.

CAVALCANTE, D. A. **Avaliação do tratamento com água ozonizada para higienização de alface (*Lactuca sativa*)**. 91 p. Dissertação (Mestrado em Tecnologia de Alimentos) - Faculdade de Engenharia de Alimentos, Campinas, 2007. Disponível em: <http://repositorio.unicamp.br/jspui/handle/REPOSIP/254839>. Acesso em: 9 jun. 2021.

CHAVES, G; VERONA, L. B; NOGUEIRA, M. R. C; BUSS, M. V. Tratamento de águas por ozonização: revisão. **Anuário Pesquisa e Extensão Unoesc Videira**, [s. l.], v. 1, p. e12560, 2016. Disponível em: <https://portalperiodicos.unoesc.edu.br/apeuv/article/view/12560>. Acesso em: 9 jun. 2021.

COELHO, C. C. D. S; FREITAS-SILVA, O; CAMPOS, R. D. S; BEZERRA, V. S; CABRAL, L. M. C. Ozonização como tecnologia pós-colheita na conservação de frutas e hortaliças: uma revisão. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 19, n. 4, p. 369-375, 2015. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/1807-1929/agriambi.v19n4p369-375>. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rbeaa/a/QDvgCHYb7S7GZYgYZPjRbYN/abstract/?lang=pt>. Acesso em: 9 jun. 2021.

DALL'AGNOL, R; NELI, R. R; SOUZA, W. E. D; BERTOGNA, E. G; MEDEIROS, F. V. D. S. Economia de água na lavagem doméstica de roupas: alternativas de tratamento do efluente para viabilização da recirculação e reuso. **Brazilian Journal of Development**, [s. l.], v. 6, n. 9, p. 67290-67306, 2020. DOI: <https://doi.org/10.34117/bjdv6n9-240>. Disponível em: <https://www.brazilianjournals.com/index.php/BRJD/article/view/16445>. Acesso em: 9 jun. 2021.

DALSASSO, R. L. **Pré-ozonização de água contendo agrotóxico, seguida de filtração direta**. 1999. 180 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental) - Universidade Federal de Santa Catarina, Centro Tecnológico, Florianópolis, 1999. Disponível em: <http://repositorio.ufsc.br/xmlui/handle/123456789/80887>. Acesso em: 9 jun. 2021.

DOCOL. **Ficha técnica do Misturador Monocromado para Cozinha de Mesa DocolVitalis Ozônio**. Disponível em: <https://docol-product-file.s3.amazonaws.com/manuais/Ficha%20t%C3%A9cnica%20POR/00870906.pdf>. Acesso em: 19 set. 2021.

ECYCLE. **Ozônio como alternativa sustentável aos artigos de limpeza doméstica tradicionais**. 2013. Disponível em: <https://www.ecycle.com.br/agua-ozonio-alternativa-sustentavel-sabao-detergente-desinfetante-descontaminante-limpeza-domestica-baixo-impacto-meio-ambiente/>. Acesso em: 9 jun. 2021.

EPA (Estados Unidos). **Health effects of ozone in the general population**. 2016. Disponível em: <https://www.epa.gov/ozone-pollution-and-your-patients-health/health-effects-ozone-general-population>. Acesso em: 9 jun. 2021.

FORNARI, A. M. D. **Geração de microbolhas de ozônio através de materiais porosos para aplicação em tratamento de efluentes**. 2011. 37 p. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Química Industrial) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Instituto de Química, Porto Alegre, 2011. Disponível em: <http://hdl.handle.net/10183/37457>. Acesso em: 9 jun. 2021.

GONZÁLEZ-ARIAS, A; HORTA-RANGEL, F. A. Ozono, contaminación ambiental y la medicina basada en evidencias. **Revista Cubana de Física**, v. 34, n. 1, p. 70-79, 2017.

GRIGNANI, E; MANSI, A; CABELLA, R; CASTELLANO, P; TIRABASSO, A; SISTO, R; SPAGNOLI, M; FABRIZI, G; FRIGERIO, F; TRANFO, G. Safe and Effective Use of Ozone as Air and Surface Disinfectant in the Conjunction of Covid-19. **Gases**, [s. l.], v. 1, n. 1, p. 19-32, 2021. DOI: <https://doi.org/10.3390/gases1010002>. Disponível em: <https://www.mdpi.com/2673-5628/1/1/2>. Acesso em: 9 jun. 2021.

HEISE, C. Opção ecológica para desbotar tecidos. **Textília**, v.1, n. 71, p. 30, 2009.

HUDSON, J. B; SHARMA, M; VIMALANATHAN, S. Development of a practical method for using ozone gas as a virus decontaminating agente. **Ozone: Science & Engineering**, [s. l.], v. 31, n. 3, p. 216-223, 2009. DOI: <https://doi.org/10.1080/01919510902747969>. Disponível em: <https://texasairind.com/wp-content/uploads/2020/06/Development-of-a-Practical-Method-for-Using-Ozone-Gas-as-a-Virus-Decontaminating-Agent.pdf>. Acesso em: 9 jun. 2021.

IDEAL PURIFICADORES. **Filtro de água com ozônio Top Life - purificador refrigerado**. Disponível em: <https://www.idealpurificadores.com.br/agua-ozonizada/filtro-de-agua-com-ozonio-top-life-purificador-refrigerado>. Acesso em: 19 set. 2021.

INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DA PARAÍBA - IFPB. **Projeto Político do Curso de Gestão Ambiental - Campus João Pessoa**. João Pessoa: IFPB, 2011 [atualizado em 2017]. Disponível em: https://estudante.ifpb.edu.br/media/cursos/20/documentos/PPC_Gest%C3%A3o_Ambiental_Vers%C3%A3o_2017_com_Planos_de_disciplinas.pdf. Acesso em: 7 nov. 2021.

IG. Pulverização com ozônio. **Cidade cria 'túnel de desinfecção' para combater Covid-19**. Disponível em: <https://ultimosegundo.ig.com.br/2020-04-09/cidade-cria-tunel-de-desinfeccao-para-combater-covid-19.html>. Acesso em: 03 out. 2021.

ILYAS, H; MASIH, I; VAN DER HOEK, J. P. Disinfection methods for swimming pool water: byproduct formation and control. **Water**, [s. l.], v. 10, n. 6, 2018. DOI: <https://doi.org/10.3390/w10060797>. Disponível em: <https://www.mdpi.com/2073-4441/10/6/797>. Acesso em: 9 jun. 2021.

KHADRE, M.A; YOUSEF, A.E.; KIM, J.G. Microbiological Aspects of Ozone Applications in Food: A Review. *Microbiological Aspects of Ozone Applications in Food: A Review*. J. Food Sci. 2001, 66, 1242–1252.

KIM, J. G; YOUSEF, A. E; DAVE, S. Application of ozone for enhancing the microbiological safety and quality of foods: a review. **Journal of Food Protection**, [s. l.], v. 62, n. 9, p. 1071-1087, 1999. DOI: <https://doi.org/10.4315/0362-028X-62.9.1071>. Disponível em: <https://meridian.allenpress.com/jfp/article/62/9/1071/168034/Application-of-Ozone-for-Enhancing-the>. Acesso em: 9 jun. 2021.

LOEB, B. L. Ozone: Science & Engineering: Thirty-three years and growing. **Ozone: Science & Engineering**, v. 33, n. 4, p. 329-342, 2011.

LOZOWICKA, B; JANKOWSKA, M; HRYNKO, I; KACZYNSKI, P. Removal of 16 pesticide residues from strawberries by washing with tap and ozone water, ultrasonic cleaning and boiling. **Environmental Monitoring and Assessment**, [s. l.], v. 188, n. 51, p. 1-19, 2016. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10661-015-4850-6>. Disponível em: <https://link.springer.com/article/10.1007%2Fs10661-015-4850-6#citeas>. Acesso em: 9 jun. 2021.

LUIZ, S. **Lavanderia em jeans e a sustentabilidade em moda**: comparativo entre processos tradicionais e ecológicos. 2019. 18 p. Trabalho de Conclusão de Curso (Curso Superior de Tecnologia de Design de Moda) - Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Santa Catarina, Santa Catarina, 2019. Disponível em: <https://repositorio.ifsc.edu.br/handle/123456789/1058>. Acesso em: 9 jun. 2021.

MAXCONSULTING. **Exemplos e artigos de aplicações de ozônio em forma de gás, água ozonizada e névoa ozonizada**. 2021. Disponível em: <https://www.maxconsulting.com.br/exemplos-aplicacoes-com-ozonio>. Acesso em: 9 jun. 2021.

OSÓRIO, B. **Coronavírus: como a sanitização do ar interior por ozônio pode auxiliar na redução da proliferação do vírus**. Bioseta: inteligência ambiental, 2020. Disponível em: <https://www.bioseta.com.br/coronavirus-sanitizacao-ar-interior-por-ozonio/>. Acesso em: 9 jun. 2021.

ZASKE, A; EDLAND, A. **Ozone for bottled water**. WWD – Water & Waster Digest, 2001. Disponível em: <https://www.wwdmag.com/activated-carbon-equipment/ozone-bottled-water>. Acesso em: 03 out. 2021.

OZCLEAN. **Como usar o ozônio contra o mofo e ácaros**. 2020. Disponível em: <https://ozclean.com.br/como-usar-o-ozonio-contr-o-mofo-e-acaros/>. Acesso em: 9 jun. 2021.

OZONO CARBARS. **Usos y Aplicaciones del Ozono**. 2021. Disponível em: <https://www.ozonocarbars.com/aplicaciones-del-ozono/>. Acesso em: 20 set. 2021.

PENIDO, B. R; DE AGUIAR LIMA, C; FERREIRA, L. F. L. Aplicações da ozonioterapia na clínica veterinária. **PUBVET**, Londrina, v. 4, n. 40, ed. 145, Art. 978, 2010.

PHILOZON. **Resultados de busca para frutas e verduras com agrotóxicos: existe alternativa?**. 2021. Disponível em: <https://www.philozon.com.br/noticias/?s=Frutas+e+Verduras+com+Agrot%C3%B3xicos%3A+existe+alternativa%3F>. Acesso em: 9 jun. 2021.

PICCOLI, H. H. Processo de alvejamento de tecido de malha de algodão utilizando ozônio com baixo consumo de água, 139p. Tese (Doutorado em Engenharia Química) Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, SC, 2014, 139p.

Q1 AMBIENTAL. **Manual de instruções: sistema Q1 Pool de tratamento de piscinas – Linha Q1 Home**. 2021. Disponível em: http://appsisecommerces3.s3.amazonaws.com/clientes/cliente7875/produtos/19796/anexos/anexo_40b2de82551f110c77194c3d74a735ae_19796.pdf. Acesso em: 9 jun. 2021.

QIANG, Z; JIANG, Y; BEN, W; ADAMS, C; DING, H. Monitoring free chlorine and free bromine in aquarium seawater treated by ozone. **Analytical Methods**, [s. l.], v. 4, n. 11, p. 3646-3652, 2012. DOI: <https://doi.org/10.1039/C2AY25806D>. Disponível em: https://www.researchgate.net/profile/Zhimin-Qiang/publication/236584511_Monitoring_free_chlorine_and_free_bromine_in_aquarium_seawater_treated_by_ozone/links/00b7d51810ec9b508c000000/Monitoring-free-chlorine-and-free-bromine-in-aquarium-seawater-treated-by-ozone.pdf. Acesso em: 9 jun. 2021.

RAKNESS, K. L; WERT, E. C; ELOVITZ, M; MAHONEY, S. Operator-friendly technique and quality control considerations for indigo colorimetric measurement of ozone residual. *Ozone: Science & Engineering*, v. 32, n. 1, p. 33-42, 2010. doi.org/10.1080/01919510903467864.

RENSI, A. M; NAVARRO, B. C. A; ANDREANI, G; ZANGARO, R. A; KOZUSNY-ANDREANI, D. I; LIMA, J. C. Avaliação do efeito de óleos ozonizados de girassol e coco no controle *Propionibacterium acnes*. 2014. **XXIV Congresso Brasileiro de Engenharia Biomédica – CBEB**, Uberlândia (MG), 2014. P. 1164-1166. Disponível em: http://www.canal6.com.br/cbeb/2014/artigos/cbeb2014_submission_347.pdf. Acesso em: 9 jun. 2021.

SANTOS, J.E. Difusão e cinética de decomposição do ozônio no processo de fumigação de grãos de milho (*Zea mays*). Tese (Doutorado) em Engenharia Agrícola. Faculdade de Engenharia Agrícola, Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2008.

SCHWARTZ, A; GÜÉMEZ, F. A; NAZAROV, S. E. I; VIEBAHN-HAENSLER, R; RIECK, A. E; STEFAN, T. **Madrid declaration on ozone therapy**. Madrid: 2010.

SILVA, L. C. **Uso da ozonoterapia na odontologia**: revisão de literatura integrativa. 2019. 45 p. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Odontologia) - Faculdade Maria Milza, Governador Mangabeira - BA, 2019. Disponível em: <http://131.0.244.66:8082/jspui/123456789/1667>. Acesso em: 9 jun. 2021.

SILVA, S. B. D; LUVIELMO, M. D. M; GEYER, M. C; PRÁ, I. Potencialidades do uso do ozônio no processamento de alimentos. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v. 32, n. 2, p. 659-682, 2011. Disponível em: <https://www.redalyc.org/pdf/4457/445744101026.pdf>. Acesso em: 9 jun. 2021.

SOUZA, L. P. D. **Ozônio na degradação de resíduos de agrotóxicos e na conservação pós-colheira de cenoura**. 2017. 79 p. Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa - MG, 2017. Disponível em: <http://www.locus.ufv.br/handle/123456789/18434>. Acesso em: 9 jun. 2021.

VARGA, L; SZIGETI, J. Use of ozone in the dairy industry: a review. **International Journal of Dairy Technology**, [s. l.], v. 69, n. 2, p. 157-168, 2016. DOI: <https://doi.org/10.1111/1471-0307.12302>. Disponível em: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/pdfdirect/10.1111/1471-0307.12302>. Acesso em: 9 jun. 2021.

VASQUES, R; ONO, M. M. Design, Diversidade Cultural e Uso Compartilhado: um estudo sobre artefatos para o cuidado com a roupa. 2010. **9º Congresso Brasileiro de Pesquisa e Desenvolvimento em Design**. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/220001014_Design_Diversidade_Cultural_e_Uso_Compartilhado_um_estudo_sobre_artefatos_para_o_cuidado_com_a_roupa. Acesso em: 9 jun. 2021.

WIER. **Aplicação de ozônio: a solução para proteger a sua casa**. 2021a. Disponível em: <https://wier.com.br/aplicacao-de-ozonio-a-solucao-para-protger-a-sua-casa/>. Acesso em: 9 jun. 2021.

WIER. **Catálogo Digital – Wier**. 2021b. Disponível em: <https://conteudo.wier.com.br/catalogo-digital>. Acesso em 18 set. 2021.

ZHANG, X; LEE, B. J; IM, H. G; CHA, M. S. Ozone production with dielectric barrier discharge: effects of power source and humidity. **IEEE Transactions on Plasma Science**, [s. l.], v. 44, n. 10, p. 2288-2296, 2016. Disponível em: https://www.researchgate.net/profile/Xuming-Zhang-7/publication/306528535_Ozone_Production_With_Dielectric_Barrier_Discharge_Effects_of_Power_Source_and_Humidity/links/5a8035860f7e9be137c7efcc/Ozone-Production-With-Dielectric-Barrier-Discharge-Effects-of-Power-Source-and-Humidity.pdf. Acesso em: 9 jun. 2021.

ZOU, J; CAI, H; WANG, D; XIAO, J; ZHOU, Z; YUAN, B. Spectrophotometric determination of trace hydrogen peroxide via the oxidative coloration of DPD using a Fenton system. *Chemosphere*. 2019; 224: 646-652. DOI: 10.1016/j.chemosphere.2019.03.005.

Documento Digitalizado Ostensivo (Público)

ENTREGA DE TCC

Assunto: ENTREGA DE TCC
Assinado por: José Montenegro
Tipo do Documento: Tese
Situação: Finalizado
Nível de Acesso: Ostensivo (Público)
Tipo do Conferência: Cópia Simples

Documento assinado eletronicamente por:

- José Lucas Pereira Souto Montenegro, ALUNO (20182620040) DE TECNOLOGIA EM GESTÃO AMBIENTAL - JOÃO PESSOA, em 12/11/2021 10:10:04.

Este documento foi armazenado no SUAP em 12/11/2021. Para comprovar sua integridade, faça a leitura do QRCode ao lado ou acesse <https://suap.ifpb.edu.br/verificar-documento-externo/> e forneça os dados abaixo:

Código Verificador: 372371

Código de Autenticação: 9844d5632f

