

# A UTILIZAÇÃO DO OZÔNIO COMO SANITIZANTE NA INDÚSTRIA DE ALIMENTOS: UMA REVISÃO NARRATIVA

*THE USE OF OZONE AS A SANITIZER IN THE FOOD INDUSTRY: A NARRATIVE REVIEW*

Maria Leidiane CAVALCANTE<sup>1</sup>  Jorgiane da Silva Severino LIMA<sup>\*2</sup> 

<sup>1</sup>Especialista em Vigilância Sanitária de Alimentos. Universidade Estadual do Ceará, Fortaleza, Ceará, Brasil.

<sup>2</sup>Doutora em Engenharia de Alimentos. Universidade Estadual do Ceará, Fortaleza, Ceará, Brasil.

\*Autor Correspondente: [eng.jorgianelima@gmail.com](mailto:eng.jorgianelima@gmail.com)

## RESUMO

O A indústria de processamento de alimentos tem aumentado o incentivo às pesquisas com novos agentes sanitizantes que não gerem resíduos. O tratamento com ozônio é uma opção vantajosa por ser reconhecido como uma tecnologia de processamento de alimentos ecologicamente sustentável e economicamente viável. Além disso, o ozônio é um sanitizante alternativo pela elevada eficiência na inativação de microrganismos patogênicos e por quase não gerar subprodutos. Esse trabalho objetivou realizar uma revisão narrativa acerca da utilização do ozônio na indústria de alimentos, tendo como referência suas aplicações e implicações em todo o setor industrial alimentício, bem como os cuidados e atenções necessárias quanto à exposição humana. A busca também ressaltou a deficiência de legislações em vigor que visem estabelecer uma utilização mais segura e eficaz desse recurso. Assim, foi possível evidenciar que a criação de leis específicas que regulamentem o uso do ozônio na indústria de alimentos é essencial para gerar diretrizes durante a aplicação, monitoramento e controle desses processos, além de garantir a segurança alimentar, proteger a saúde dos trabalhadores e minimizar impactos ambientais adversos. Para compilar o referencial teórico deste trabalho, procedeu-se com a busca de artigos científicos nos principais bancos de dados de pesquisa e áreas correlatas.

Palavras-chave: higienização; indústria; legislação; tecnologia.

## ABSTRACT

The food processing industry has increased incentives for research into new sanitizing agents that do not generate waste. Ozone treatment is an advantageous option as it is recognized as an ecologically sustainable and economically viable food processing technology. Furthermore, ozone is an alternative sanitizer due to its high efficiency in inactivating pathogenic microorganisms and almost generating no by-products. This work aimed to carry out a narrative review about the use of ozone in the food industry, taking as a reference its applications and implications throughout the food industrial sector, as well as the necessary care and attention regarding human exposure. The search also highlighted the lack of legislation in force that aims to establish a safer and more effective use of this resource. Thus, it was possible to demonstrate that the creation of specific laws that regulate the use of ozone in the food industry is essential to generate guidelines during the application, monitoring and control of these processes, in addition to guaranteeing food safety, protecting the health of workers and minimizing adverse environmental impacts. To compile the theoretical framework for this work, we searched for scientific articles in the main research databases and related areas.

Key words: sanitation; industry; legislation; technology.

Citar este artigo como:

Cavalcante, M.L, Lima J.S.S. A utilização do ozônio como sanitizante na indústria de alimentos: uma revisão narrativa. *Nutrivisa*.v.10:e12097.2023.Doi: <https://doi.org/10.17648/nutrivisa-2023v10e12097>

## INTRODUÇÃO

A garantia de qualidade de um produto alimentício requer um processamento meticuloso e controlado, que abrange desde a seleção da matéria-prima até a chegada à mesa do consumidor. Diversos elementos, como matérias-primas, manipuladores, insetos, animais, estrutura, equipamentos e utensílios, são fontes potenciais de contaminação e, por isso, devem ter um rígido controle de qualidade, seguindo rigorosamente as Boas Práticas de Fabricação de Alimentos (BPF). Evitando assim, qualquer risco de contaminação para o alimento (MONTEIRO, 2021).

As BPF são procedimentos que devem ser adotados pelas indústrias e agroindústrias, a fim de garantir a qualidade dos alimentos produzidos, comercializados e a sua conformidade com a legislação sanitária (ANVISA, 2004). Já o controle da qualidade é o processo para assegurar o cumprimento dos objetivos da qualidade durante as operações, o controle consiste em avaliar o desempenho da qualidade total, comparar o desempenho real com as metas da qualidade e atuar a partir das diferenças (MARSHALL, 2003).

A higienização desempenha um papel crucial na indústria alimentícia, visando manter as condições higiênico-sanitárias em conformidade com padrões microbiológicos aceitáveis e recomendados pela legislação, de modo a evitar a contaminação dos alimentos (MONTEIRO, 2021).

No tocante à higienização, esta contempla duas etapas: a de limpeza e sanitização, de forma conjunta. A sanitização configura-se como um conjunto de procedimentos higiênico-sanitários que visa garantir a obtenção de superfícies, equipamentos e ambientes com características adequadas de limpeza e baixa carga microbiana residual (COELHO, 2014);

Enquanto que a limpeza caracteriza-se pela remoção de resíduos orgânicos e inorgânicos, e ainda minerais aderidos às superfícies, constituídas principalmente por proteínas, gorduras e sais minerais. Nessa perspectiva, a implementação de práticas higiênicas nas indústrias de alimentos, juntamente com o uso apropriado de agentes de limpeza e sanitização, busca garantir a produção de alimentos com padrões de qualidade satisfatórios, destacando a importância dessas medidas no contexto industrial, (COELHO, 2014; SILVA, 2022).

Os sanitizantes ideais devem apresentar um amplo espectro de atividade antimicrobiana, eliminando de modo eficiente os microrganismos, além de serem estáveis em diversas condições de uso. É desejável que possuam baixa toxicidade e corrosividade, e que sejam aprovados pelos órgãos competentes (BELTRAME et al., 2012; MONTEIRO, 2021). Dentre os sanitizantes mais usados na indústria de alimentos para fins de higienização se destacam os compostos clorados. No entanto, a redução da eficiência microbiológica, juntamente com a toxicidade potencial dos subprodutos da cloração, tem tornado esse processo cada vez menos atrativo (SILVA et al., 2011).

A crescente conscientização dos consumidores está impulsionando a demanda por produtos mais seguros e com menor impacto no meio ambiente e na saúde humana (COSTA et al., 2014). Diante disso, há uma crescente busca por alternativas de sanitizantes que não deixem resíduos, destacando-se a opção do ozônio como agente sanitizante para alimentos (CHIATTONE; TORRES; ZAMBIAZI, 2008; COELHO et al., 2015).

Portanto, o presente trabalho tem como objetivo realizar uma revisão narrativa acerca da utilização do ozônio na indústria de alimentos, tendo como referência suas aplicações e implicações em todo o setor industrial alimentício, bem como os cuidados e atenções necessárias quanto à exposição humana.

## MATERIAL E MÉTODOS

Esta pesquisa caracteriza-se como uma revisão narrativa da literatura, tendo como propósito reunir e sistematizar estudos científicos já realizados e permitir um resumo de diversos estudos publicados.

Para coletar as referências na literatura, realizou-se a busca de artigos científicos nos principais bancos de dados de pesquisa: Scientific Electronic Library online (SCIELO), Google Acadêmico, Academia. Edu, Science.gov e Portal Capes. Foram utilizados para a busca dos artigos os seguintes operadores booleanos “AND” E “OR” e suas combinações utilizando as palavras: “ozônio”, “indústria”, “sanitização”, “legislação” e “tecnologia”.

A coleta de dados foi realizada no período de 11 de julho a 27 de outubro de 2023. No primeiro momento, fez-se uma análise de títulos e resumos e, no momento posterior, uma análise dos artigos na íntegra. Para a organização dos dados após a etapa inicial de pesquisa e posterior leitura analítica, foram

excluídos os materiais que não eram aplicáveis ao que se destinava este estudo (materiais onde se destacavam a utilização do ozônio somente no âmbito da saúde e da estética).

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

O ozônio emerge como uma alternativa aos compostos clorados, uma vez que concentrações mais baixas por um período mais curto podem ser igualmente eficazes ou até superiores na redução da contaminação microbiológica durante os procedimentos de sanitização. Além disso, o ozônio é um gás instável que se degrada rapidamente em oxigênio molecular não prejudicial, não deixando resíduos nos alimentos (PRESTES, 2007). As características do ozônio, como sua elevada reatividade, capacidade de penetração e decomposição espontânea em oxigênio molecular não prejudicial (O<sub>2</sub>), estabelecem o ozônio como um desinfetante eficaz para garantir a segurança microbiológica dos produtos alimentícios (KHADRE et al., 2001; RIBEIRO, 2016). Após avaliar os impactos e a contribuição dessa tecnologia na redução de danos e perdas pós-colheita, bem como seu potencial como alternativa aos demais produtos sanitizantes nas etapas de processamento, exploramos as principais abordagens de aplicação, implicação, questões de segurança e regulamentação do uso do ozônio na indústria de alimentos e agroindústria. Estes tópicos serão abordados a seguir.

### Aplicações do ozônio na indústria de alimentos e na agroindústria

A ozonização passou a ser utilizada no Brasil como alternativa aos métodos convencionais de pré-cloração e pré-aeração, no tratamento de águas superficiais, a partir de 1983 (LAPOLLI et al., 2003; JACQUES et al., 2015). É produzido naturalmente a partir do oxigênio, encontrando-se na forma de oxigênio triatômico (O<sub>3</sub>), e apresenta forte ação antimicrobiana contra um grupo de microrganismos (bactérias, fungos, protozoários, esporos fúngicos e bacterianos) (FELLOWS, 2019; MONTEIRO, 2021). Comercialmente, o gás ozônio é gerado do próprio ar ou do oxigênio puro através de uma descarga elétrica ou por luz ultravioleta. Devido à sua instabilidade e rápida decomposição deve ser

gerado no local e utilizado imediatamente, não podendo ser estocado (HORVATH; BILITZKY; HUTTNER, 1985; LIANGJI, 1999; IBANOGLU, 2002).

À medida que novas tecnologias avançam, a utilização do ozônio expande-se consideravelmente em diversas áreas de aplicação. Novos segmentos para o uso do ozônio estão sendo desenvolvidos, com um foco particular na manutenção e preservação da qualidade de produtos de origem vegetal (ROZADO et al. 2008).

O ozônio já é empregado em água durante as operações de lavagem em packing houses (casas de empacotamento ou casas de embalagem), que são locais onde são realizados diversos processamentos em vegetais recém-colhidos. Geralmente, são utilizadas concentrações de 1 a 2 ppm, conforme estudado por MELLO (2017).

O tratamento de frutas e vegetais com ozônio tem demonstrado a capacidade de prolongar a vida útil desses produtos. No caso das uvas, o tratamento com ozônio e o armazenamento a frio resultaram em uma redução do apodrecimento fúngico, conforme relatado por Kim, Yousef & Dave (1999), e por Silva et al. (2011).

Nas indústrias de bebidas, a aplicação mais comum do ozônio ocorre no tratamento e potabilidade da água que será usada como ingrediente ou no processo de lavagem e desinfecção. No caso dos vinhos, a aplicação direta de ozônio na bebida contribui para acelerar o processo de envelhecimento, aprimorar sua coloração, aroma e, durante sua produção, evita a turbidez e aprimora o "bouquet" (conjunto de aromas que se desenvolvem durante a fermentação alcoólica), permitindo um armazenamento prolongado. Além disso, o ozônio também encontra aplicação na desinfecção de garrafas e tonéis de madeira, bem como na limpeza de tubulações, bombas e válvulas por onde a bebida passa, sendo um motivo pelo qual as maiores vinícolas do mundo adotaram essa prática. O armazenamento de leite, sucos, cervejas e refrigerantes pode ser estendido com o uso de ozônio, prevenindo a deterioração desses produtos. A esterilização da água, um requisito essencial na produção de bebidas, torna-se cada vez mais importante devido à crescente demanda por água de alta qualidade (MASON FILHO, 2021C).

O ozônio gasoso é empregado como uma estratégia eficaz no combate à presença de micotoxinas em silos projetados para armazenar diversos grãos, como milho, amendoim, cevada e entre outros. Essa

metodologia aparenta ser eficaz na erradicação de fungos nos grãos, ao mesmo tempo em que é reconhecida como segura para o operador, já que durante a sua aplicação ele pode manter uma certa distância do local. De maneira semelhante a outros alimentos, é crucial considerar diversos efeitos ao explorar o uso de ozônio, tais como a oxidação de proteínas, a despolimerização de amilopectinas, o aumento na concentração de grupos carboxílicos, e as alterações nas características reológicas e térmicas. Esses fatores representam aspectos relevantes que devem ser ponderados em pesquisas que promovem a adoção do ozônio (LIMA; FELIX; CARDOSO, 2021).

O uso de ozônio em produtos lácteos foi documentado e, embora os resultados tenham sido inicialmente promissores, constatou-se que algumas amostras de queijo adquiriram um sabor desagradável após a exposição ao ozônio, o que acabou impossibilitando sua comercialização. Em grande parte das aplicações industriais, especialmente aquelas que envolvem o uso de ozônio na fase gasosa, é fundamental implementar um controle rigoroso dos processos. Recomenda-se a adoção de sistemas capazes de detectar a presença de ozônio em concentrações acima de 0,1 mg L<sup>-1</sup>, de acordo com Lima, Felix & Cardoso (2021).

O ozônio é comumente empregado em complemento à cloração para a purificação da água, uma vez que contribui para a eliminação de sabores e odores indesejados. No entanto, apesar de sua eficácia superior ao cloro, sua atividade residual é geralmente de curta duração na água. Em decorrência disso, o ozônio é tipicamente utilizado como agente desinfetante no estágio inicial do tratamento, seguido pela cloração, conforme indicado por estudos de Tortora, Funke & Case (2017) e Monteiro & Tiecher (2022).

Outra aplicação encontrada no uso dessa tecnologia é no tratamento de resíduos industriais. As águas residuais provenientes de instalações de processamento de laticínios, produtos marinhos e abatedouros geralmente apresentam elevadas concentrações de carboidratos, gorduras, proteínas e sais minerais. A completa degradação desses efluentes é um processo complexo, e a falha nesse processo pode resultar em poluição da água. Isso ocorre porque a grande quantidade de material orgânico presente nessas águas residuais serve como uma fonte de nutrientes para o crescimento de microrganismos, que podem proliferar

rapidamente, reduzindo a concentração de oxigênio dissolvido na água. Sanitizantes químicos são frequentemente introduzidos nesses sistemas e no ambiente, com efeitos prejudiciais nos ecossistemas delicados, tornando a degradação ainda mais complexa e apresentando riscos ambientais significativos. Resíduos de uma indústria de laticínios foram tratados com ozônio, o que resultou em uma redução de 15% na sua demanda bioquímica de oxigênio. O ozônio pré-oxida o material orgânico, tornando-o mais suscetível à biodegradação, de acordo com estudos de Guzel (1996, apud GUZEL; GREENEB; SEYDIMA 2004; PRESTES, 2007).

Segundo apontado por Alexandre, Brandão & Silva(2012), a aplicação de água ozonizada na concentração de 0,3 ppm para a sanitização de morangos demonstrou ser um dos tratamentos mais eficazes no controle do crescimento da contaminação microbiana, resultando em uma melhor preservação da cor dos morangos armazenados ao longo de 14 dias a 4° C. Os morangos submetidos ao tratamento com ozônio exibiram uma menor perda de firmeza durante o armazenamento refrigerado, em contraste com os tratamentos de ultrassom e radiação UV-C. No entanto, os parâmetros como pH, antocianinas totais e ácido ascórbico diminuíram significativamente em comparação com os valores iniciais, o que limitou o período de comercialização no final do armazenamento.

Alguns autores observaram que o uso de ozônio em produtos cárneos pode resultar no aumento da oxidação lipídica das gorduras e músculos, o que pode levar à rancidez e a odores indesejados na carne (PEREIRA, 2005). No processamento de pescado, a utilização do ozônio demonstrou a capacidade de reduzir a carga microbiana e aumentar a vida útil do produto, conforme relatado por Lôbo (2013) e Silva & Gonçalves (2014).

Em um estudo conduzido por Werlang em (2015) foi aplicado ozônio gasoso na etapa de resfriamento de carcaças suínas com o objetivo de controlar bactérias indicadoras e patogênicas relacionadas a doenças transmitidas por alimentos. Foram coletadas amostras para análise da contagem de mesófilos aeróbios totais e a presença de *Escherichia coli*, *Salmonella sp.* e *Listeria sp.* Os resultados indicaram que a aplicação de ozônio reduziu a contagem de mesófilos aeróbios totais nas carcaças suínas. No entanto, não demonstrou



ser eficaz na redução de *Escherichia coli*, *Salmonella* sp. e *Listeria* sp.

O'Donnell et al. (2012) citam o uso do ozônio como uma ferramenta de desinfecção em frutas e legumes que oferece diversos benefícios. O ozônio é altamente eficaz na inativação de microrganismos patogênicos e deteriorantes, ajudando a prolongar a vida útil dos produtos frescos. Além disso, o ozônio tem a capacidade de destruir resíduos de pesticidas e outros produtos químicos, tornando os alimentos mais seguros para o consumo. Como indicado por Lullien (2012), o ozônio é eficaz na redução de insetos e pragas que podem afetar grãos e farinhas armazenados. Essa aplicação é valiosa na indústria de alimentos, onde a preservação dos produtos é essencial para evitar perdas e manter a qualidade. Concentrações de ozônio inferiores a 5 ppm (partes por milhão), quando aplicadas por períodos que variam de 1 a 120 minutos, demonstraram a capacidade de reduzir em 3 log UFC/g a carga de bactérias em vegetais, de acordo com Torlak Sert & Ulca, 2013, enquanto no estudo realizado por Werlang (2015), a aplicação de gás ozônio a uma concentração de 5 ppm por um período de 4 horas não se mostrou eficaz na eliminação de *Salmonella* em carcaças suínas, mas teve êxito na redução da contagem de mesófilos aeróbios.

Segundo Cavalcante et al. (2013), a utilização da água ozonizada na higienização da pele dos tetos de vacas leiteiras da raça holandesa demonstrou ser eficaz, sem afetar adversamente a qualidade microbiológica e físico-química do leite in natura. Além disso, foi observada uma redução significativa na contagem de aeróbios mesófilos, enterobactérias e *Staphylococcus aureus* (CAVALCANTE et al., 2013; COUTO et al., 2016).

A utilização de gás ozônio em uma concentração de 0,03 mg.L<sup>-1</sup> em câmaras frias de armazenamento de queijo Minas Frescal resulta em uma melhoria da qualidade do ar circulante e da higiene das superfícies das instalações. Isso é evidenciado por uma redução média e constante de respectivamente 0,81 ciclos logarítmicos na contagem de microrganismos aeróbios mesófilos e 1,01 ciclos logarítmicos na contagem de bolores e fungos filamentosos, conforme indicado por Cavalcante et al. (2014).

O tratamento com ozônio diminuiu a contagem de mesófilos aeróbicos, coliformes e clostrídios sulfito redutores em carne transportada, além de melhorar a qualidade de armazenamento. Carcaças tratadas

por 9 dias com 0,03 ppm de ozônio a 1,6°C e 95% de umidade relativa, não apresentaram crescimento bacteriano na superfície das peças (KIM; YOUSEF; DAVE, 1999). A utilização de água de lavagem ozonizada a 2,1 ppm pulverizada em carcaças de frango reduziu em 95% a contagem microbiana, sem afetar a coloração, o sabor e o odor da carne (TORRES; FERREIRA; RÍMOLI, 1996; SILVA et al., 2011). O ozônio também é empregado para controlar pragas, sendo eficaz na redução de insetos que podem contaminar matérias-primas, produtos e processos na indústria de alimentos. É utilizado como agente fumigante para controlar pragas vivas em produtos agrícolas e grãos armazenados, como relatado por Mattos (2022).

O ozônio pode ser aplicado em alimentos de várias maneiras, incluindo nas formas líquida, gasosa e como uma névoa ozonizada. É uma abordagem adequada para descontaminar produtos alimentícios, equipamentos, ambientes e superfícies que entram em contato com alimentos, além de ser utilizado para o tratamento de água e efluentes, entre outros usos na indústria de alimentos (CAVALCANTE et al., 2014; MONTEIRO, 2021).

Assim, o ozônio pode ser empregado em produtos orgânicos para reforçar a idéia de fornecer um produto cultivado de maneira natural, sem a presença de microrganismos prejudiciais. No Brasil, a demanda por alimentos orgânicos, produzidos de acordo com as diretrizes da agricultura orgânica ou biológica, que são livres de adubos químicos, aditivos sintéticos, hormônios e agrotóxicos, tem crescido a cada dia. A diferenciação entre um produto "in natura" e um produto "orgânico" é relevante. Um produto "in natura" é 100% orgânico e é cultivado de acordo com todas as regras da produção orgânica. Já um produto "orgânico" contém pelo menos 95% de ingredientes produzidos organicamente. Embora esses produtos sejam isentos de aditivos químicos e agrotóxicos, eles ainda podem estar contaminados com microrganismos. O grande desafio reside na descontaminação desses produtos, uma vez que os produtos químicos autorizados para esse fim são bastante limitados, devido à exigência de ausência de produtos químicos nos alimentos orgânicos estipulada na legislação brasileira. Segundo resalta Ozônio em [...] (2022).

A versatilidade do ozônio tornou-se uma ferramenta essencial para melhorar os processos de higienização e desinfecção de produtos orgânicos.

Isso ocorre devido à capacidade do ozônio de destruir quantidades impressionantes de esporos, bactérias, vírus, mofo, fungos, bolores, ácaros, insetos, partículas de fumaça, micotoxinas e outros contaminantes, simultaneamente, ele tem a capacidade de oxidar qualquer material orgânico e agrotóxico que possa encontrar em seu caminho. Em concordância com Ozônio em [...] (2022).

O ozônio pode ser aplicado em produtos orgânicos das seguintes formas: Gás ozônio, água ozonizada e névoa ozonizada. O Gás é uma excelente solução em aplicações que requerem desinfecção a seco. No entanto, devido à sua toxicidade, a aplicação deve ser sempre realizada em ambientes herméticos ou dentro da embalagem final do produto. A eficácia está diretamente relacionada ao uso da dosagem correta e ao tempo de exposição adequado.

A água ozonizada é frequentemente utilizada logo após a pré-lavagem em um tanque de desinfecção com água limpa, garantindo uma alta concentração de ozônio. Para isso, é necessário instalar um equipamento de ozônio no tanque, junto com uma bomba de circulação que assegura a injeção contínua de ozônio durante a lavagem com água ozonizada. Essa solução sanitizante possui um excelente poder de desinfecção. Já a Névoa ozonizada, é criada utilizando a tecnologia ultrassônica, que transforma a água ozonizada em pequenas gotículas, formando uma espécie de névoa. Essa névoa não molha a superfície e pode ser aplicada em locais onde há a presença de pessoas, Ozônio na [...] (2021c).

A utilização do ozônio emerge como uma abordagem promissora para melhorar a qualidade e estender a vida útil de produtos, sejam eles de origem animal ou vegetal. Além disso, o ozônio demonstra ser eficaz na desinfecção de ambientes, superfícies, utensílios, máquinas e equipamentos industriais. Quando o equipamento está disponível, a geração de ozônio representa uma opção de baixo custo em comparação com a necessidade de comprar periodicamente outros agentes sanitizantes. Existem várias vantagens notáveis associadas à utilização do ozônio nas diversas aplicações mencionadas anteriormente. Além disso, o ozônio é reconhecido como uma tecnologia “ecologicamente amigável”, pois não deixa resíduos no meio ambiente nem nos alimentos. O layout dos equipamentos e instalações industriais não apresenta desafios significativos

para a sua aplicação, pois sua capacidade de penetração é consideravelmente superior à de soluções aquosas, como retratado em Ozônio na [...] (2021c).

### Implicações da utilização do ozônio como sanitizante

Embora o ozônio envolva um custo inicial elevado devido ao investimento em equipamentos geradores, ele apresenta a vantagem de ser eficaz contra todas as formas biológicas, além de não deixar resíduos significativos em alimentos, superfícies e no ambiente (PINTO, 2014).

A resistência do ozônio a diferentes materiais pode variar significativamente, o aço inoxidável, vidro e teflon são materiais que geralmente possuem boa resistência ao ozônio, especialmente em concentrações moderadas, eles são escolhas adequadas para aplicações em que o ozônio está presente. Já as ligas de cobre são suscetíveis à oxidação quando expostas ao ozônio, o que pode prejudicar sua durabilidade, o polivinilcloreto (PVC) e polietileno (PE) são geralmente resistentes ao ozônio em baixas concentrações, tornando-os adequados para algumas aplicações, de acordo Fellows (2019). Na borracha natural, pode ocorrer rápida desintegração quando exposta ao ozônio, o silicone apresenta resistência em curto prazo, mas oxida em exposição prolongada ao ozônio, como destaca Pirani, (2011). O ozônio é altamente corrosivo para equipamentos feitos de aço macio e ferro galvanizado em comparação com o aço inoxidável, conforme destacado por (PANDISELVAM et al., 2017; MONTEIRO, 2021).

É importante considerar a compatibilidade de materiais ao lidar com ozônio para evitar danos ou degradação não desejada dos componentes. Conforme Souza (2006), a ozonização no tratamento de água enfrenta algumas dificuldades, como a impossibilidade de o ozônio produzir resíduos para prevenir eventual contaminação. Além disso, há a preocupação com a geração de subprodutos, que, embora não incluam compostos organoclorados (derivados da reação da matéria orgânica com o cloro), ainda podem representar um perigo potencial para os seres vivos e o meio ambiente devido à formação de compostos bromados em águas contendo íons de brometo.

Em relação à sua reatividade, outra desvantagem da utilização do ozônio como desinfetante é a sua instabilidade. O grande desafio reside em prever como o ozônio reage com a matéria orgânica, uma vez que o gás pode oxidar o composto ou decompor-se espontaneamente em oxigênio e radicais livres. A decomposição do ozônio envolve processos complexos, e sua eficácia na inibição dos microrganismos nos produtos alimentícios depende de vários fatores, como os tipos de radicais formados em solução e o tipo de matéria orgânica presente. Assim, torna-se desafiador fazer uma generalização de que uma concentração específica de ozônio em um determinado percentual será sempre eficaz na inibição dos microrganismos presentes nos produtos alimentícios (LANGLAIS; RECKHOW; BRINK, 1991; SILVA et al., 2011).

Como indicado por Silva et al., (2011), pesquisas demonstraram que o ozônio causou uma redução no teor de ácido ascórbico em brócolis e afetou negativamente o conteúdo de tiamina em farinha de trigo. Além disso, em alguns produtos, como grãos, especiarias e leite em pó, o ozônio teve um impacto desfavorável na qualidade sensorial, devido à oxidação dos lipídios. A toxicidade é um critério de extrema importância ao considerar a aprovação do ozônio no processamento de alimentos. Em concentrações baixas, o ozônio não é altamente tóxico, mas em concentrações elevadas, pode ser letal (RUSSEL; HUGO; AVLIFFE, 1999; SILVA et al., 2011).

A inalação direta do ozônio é altamente perigosa, devido à sua elevada toxicidade para os seres humanos. No entanto, a ingestão de água ozonizada não representa um risco significativo, uma vez que o ozônio dissolvido na água tem uma meia-vida relativamente curta (LAPOLLI et al., 2003; KECHINSKI, 2007).

Devido ao poder oxidante do ozônio, é essencial considerar questões de segurança ao utilizá-lo. A exposição humana a concentrações elevadas pode ter efeitos negativos na saúde. O ozônio é um irritante respiratório em baixas concentrações. Exposições prolongadas ou a níveis mais elevados (6 ppm) podem resultar em edema pulmonar, de acordo com Perry & Yousef, (2011). Portanto, é fundamental adotar medidas de controle e segurança ao lidar com o ozônio para proteger a saúde humana. O monitoramento das concentrações de ozônio no ar do local de trabalho é uma prática obrigatória, conforme citado por Dobeic

(2017). Isso é essencial para garantir a segurança dos trabalhadores e a conformidade com regulamentações de saúde e segurança ocupacional. O monitoramento regular ajuda a evitar exposições prejudiciais ao ozônio e permite tomar medidas corretivas quando necessário.

Conforme reportado por Guzel, Greeneb & Seydima (2004) e Silva et al. (2011), o ozônio pode afetar o sistema respiratório e causar sintomas de toxicidade, como dor de cabeça, sensação de queimação nos olhos, irritação na garganta e tosse. A gravidade desses sintomas dependerá da quantidade de ozônio inalado e da duração da exposição. Portanto, apesar da sanitização com ozônio não deixar resíduos nos alimentos devido à rápida decomposição do ozônio, é crucial impor restrições à exposição humana a esse gás.

Bassani (2003) destacou a toxicidade do ozônio, principalmente em relação às vias respiratórias, ressaltando a importância de conscientizar sobre os efeitos que a exposição profissional ao ozônio pode causar, especialmente em locais de grande produção desse gás, como grandes estações. É relevante mencionar que ainda não existe um tratamento específico para intoxicação por ozônio. O tratamento sintomático para intoxicação por ozônio geralmente envolve repouso, administração de oxigênio, analgésicos, antibióticos e medicamentos para controlar a tosse. Essas medidas visam aliviar os sintomas e auxiliar na recuperação do paciente, como relata Kechinski, (2007).

Em caso de exposição ao ozônio e desenvolvimento de sintomas, é fundamental que o paciente descanse imediatamente para reduzir o impacto da irritação no sistema respiratório. Além disso, é importante procurar assistência médica o mais rápido possível para uma avaliação adequada e tratamento se necessário (LANGLAIS; RECKHOW; BRINK, 1991; SILVA et al., 2011).

A prevenção da intoxicação ocupacional pode ser eficaz ao evitar a exposição de pessoas que estejam com infecções ou outras condições respiratórias, conforme descrito por Bassani (2003) e Kechinski (2007). De acordo com Vera (2008), no tratamento de água, o processo de ozonização é aproximadamente duas vezes mais caro que a cloração, e um dos fatores que contribui para esse aumento de custo é o consumo de energia elétrica. O custo inicial de aquisição de um gerador de ozônio pode levantar preocupações para empresas pequenas. No entanto, a economia a longo prazo obtida com sua utilização pode ajudar a minimizar

essas preocupações (MOORE et al., 2000). Além disso, a produção local do ozônio traz economias significativas em termos de transporte e armazenamento, quando comparada a outros desinfetantes que precisam ser adquiridos e armazenados (COELHO et al., 2015).

Medidas e equipamentos de segurança para o uso do ozônio

De acordo com Mason Filho (2021), o uso e aplicação do ozônio na indústria requer uma abordagem que prioriza a segurança dos colaboradores desde o início. As empresas devem assumir a obrigação de realizar uma avaliação dos riscos no ambiente de trabalho e implementar medidas de precaução para garantir a segurança dos funcionários e terceiros. É essencial realizar uma análise minuciosa dos riscos associados ao uso do ozônio, incorporando essas informações na avaliação de riscos de acidentes, no desenvolvimento de planos de contingência e no treinamento dos funcionários.

A Ficha de Informações de Segurança de Produtos Químicos (FISPQ) do ozônio, assim como qualquer outro produto químico, tem como objetivo descrever os perigos dos produtos químicos. A FISPQ fornece diversas informações, como: condições seguras de manuseio, principais incompatibilidades químicas, condições adequadas para o armazenamento de produtos químicos, atendimento em casos de primeiros socorros, entre outros.

A implementação de sinalizações em áreas de risco é uma medida importante para informar os operadores sobre os perigos à saúde associados a essas áreas. Essas sinalizações desempenham um papel essencial ao melhorar tanto a segurança quanto a eficiência dos processos. Elas têm o propósito de alertar os indivíduos sobre a presença de potenciais perigos, contribuindo para a prevenção de acidentes e a promoção de um ambiente de trabalho mais seguro. As sinalizações de segurança utilizam recursos auxiliares, como pictogramas (sinais ou símbolos) e o Diagrama de Hommel (ESSE DIAGRAMA UTILIZA CORES PARA IDENTIFICAR O POTENCIAL DE RISCO DAS SUBSTÂNCIAS PERIGOSAS, USANDO AS SEGUINTE REFERÊNCIAS: VERMELHO (INFLAMABILIDADE); azul (riscos à saúde); amarelo (reatividade) e branco (riscos específicos). Esses elementos seguem um sistema internacional padronizado

amplamente aceito em todo o mundo, o que permite comunicar perigos e ações sem a necessidade de usar palavras. Isso facilita a compreensão e memorização das informações (MASON FILHO, 2021).

Para concentrações de ozônio de até 5 ppm, a utilização de uma máscara de filtro é adequada, contanto que as máscaras sejam feitas de materiais resistentes ao ozônio, como o hypalon (um tipo de tecido de borracha completamente impermeável). As máscaras de proteção devem cobrir todo o rosto para garantir a proteção dos olhos contra a ação irritante do ozônio. Além disso, é importante que os cartuchos filtrantes sejam especificamente designados para filtrar o ozônio. Por precaução, essas máscaras filtrantes devem ser utilizadas em situações de curta duração, geralmente não ultrapassando 30 minutos. Em situações em que os teores de ozônio excedam 5 ppm ou em intervenções que envolvam tempos prolongados, é necessário o uso de aparelhos respiratórios autônomos. Esses aparelhos fornecem oxigênio comprimido para a máscara, garantindo a segurança dos operadores (BASSANI, 2003; KECHINSKI, 2007).

#### Legislação a respeito do uso do ozônio no Brasil

O uso seguro do ozônio na indústria alimentícia é de extrema importância, e é fundamental contar com sistemas de detecção e eliminação de resíduos de ozônio no ambiente de trabalho para garantir a segurança dos operadores e dos produtos (ROZADO, 2013). De fato, como o ozônio se torna tóxico em concentrações mais elevadas, é essencial estabelecer limites máximos de exposição para proteger a saúde dos manipuladores em plantas de ozonização. Além disso, realizar revisões médicas regulares é uma prática importante para monitorar a saúde dos trabalhadores e identificar possíveis efeitos adversos decorrentes da exposição ao ozônio, segundo Freitas-Silva, Souza & Oliveira (2013). O ozônio é inofensivo em baixas concentrações, mas sua exposição em altas concentrações pode representar um risco à vida humana (CHIATTONE; TORRES; ZAMBIAZI, 2008; COELHO et al., 2015). Portanto, o cuidado rigoroso com a segurança operacional e ocupacional deve ser sempre obedecido.

No Brasil, os limites de tolerância de ozônio em até 48 horas de trabalho por semana são de 0,08 ppm ou de 0,16 mg/m<sup>3</sup>, segundo a NR 15 da Portaria



MTB nº 3.214, de 08 de junho de 1978, que aprova as Normas Regulamentadoras - NR - do Capítulo V, Título II, da Consolidação das Leis do Trabalho, relativas à Segurança e Medicina do Trabalho (BRASIL, 1978; BRASIL, 2020B).

A Tabela 1 apresenta os limites de referência para a exposição humana ao ozônio que foram estabelecidos por alguns órgãos regulamentadores mundiais.

Tabela 1. Níveis de referência para exposição humana ao ozônio

Organizações	Níveis de exposição	Tempo de exposição
OSHA - Occupational Safety and Health Administration	Máximo de 0,1 ppm	8 h d <sup>-1</sup>
American Industrial Hygiene Association	Máximo de 0,1 ppm	8 h d <sup>-1</sup>
Ministério do Trabalho do Brasil	Máximo de 0,08 ppm	48 h semanais
Europa	Máximo de 0,06 ppm	8 h d <sup>-1</sup>

Fonte: Adaptado de Freitas-Silva *et al.* (2013b) por Coelho *et al.* (2015)

A concentração de ozônio gerada por um ozonizador é influenciada por diversos fatores, incluindo a capacidade do gerador de ozônio, o tamanho da área a ser tratada, a presença de portas ou janelas abertas, a ventilação do local e os materiais presentes que podem reagir com o ozônio. Assim, medidores e sensores de ozônio desempenham um papel fundamental na garantia da qualidade do ambiente de trabalho Mason Filho (2019b).

No reconhecimento da qualidade e segurança de seu uso, o ozônio já tem regulamentação pelo Conselho (CONAMA), através dos decretos 3179/99, 410/2002 ou 430/2011. Essa eficácia é decorrente do fato de que, quando em contato com agrotóxicos, o ozônio desencadeia reações químicas de oxidação de íons metálicos, convertendo-os em óxidos metálicos ou, em outras palavras, em metais inertes. Isso resulta na eliminação do risco de contaminação do produto, seja nos alimentos ou nos efluentes, como indicado por informações de Ozônio [...] (2018).

O Ministério da Agricultura já estabeleceu regulamentações para o ozônio como uma das tecnologias autorizadas para desinfecção de produtos orgânicos no Brasil. A Instrução Normativa Conjunta nº 18, publicada em 28 de maio de 2009 pelo Ministério da Agricultura e Ministério da Saúde, permite o uso

de ozônio em produtos orgânicos, sem restrições. É importante observar que a Instrução Normativa Conjunta nº 18 foi posteriormente emendada pela Instrução Normativa Conjunta nº 24, de 1º de junho de 2011, que incluiu adições às tabelas dos anexos III (ADITIVOS ALIMENTARES E COADJUVANTES DE TECNOLOGIA PERMITIDOS NO PROCESSAMENTO DE PRODUTOS DE ORIGEM VEGETAL E ANIMAL ORGÂNICOS) e anexo IV (PRODUTOS DE LIMPEZA E DESINFECÇÃO PERMITIDOS PARA USO EM CONTATO COM OS ALIMENTOS ORGÂNICOS) da Instrução Normativa Conjunta de Nº 18 publicada pelo MAPA e Ministério da Saúde, (BRASIL, 2009).

Desde 2011, com a publicação da Portaria 2914, a ANVISA já permitia a utilização do ozônio no tratamento da água. Essa portaria foi revisada e atualizada pela Portaria nº 888, datada de 4 de maio de 2021, que aborda o controle e vigilância da água para consumo humano e estabelece o padrão de referência para o tratamento da água no Brasil (OZÔNIO [...], 2018; BRASIL, 2021).

Estas foram as principais mudanças contidas na Portaria nº 888 referente ao uso do ozônio: No artigo 30, que trata dos sistemas e soluções alternativas coletivas de abastecimento de água com captação em mananciais superficiais, houve alteração do valor da concentração para desinfecção com ozônio para 0,34mg.min/L. Já o artigo 31, que trata dos sistemas ou soluções alternativas coletivas de abastecimento de água supridas por manancial subterrâneo com ausência de contaminação por *Escherichia coli*, traz alternativas para desinfecção, utilizando ozônio, ultravioleta e estabelece os limites de concentração e tempo de contato para cada substância. No caso da desinfecção com o uso de ozônio, deve ser observado o produto, concentração e tempo de contato (CT) de 0,16 mg.min/L para temperatura média da água igual a 15 °C (BRASIL, 2021).

O ozônio consegue remover agrotóxicos dos alimentos ou nas superfícies de contato utilizados na produção de alimentos sem alterar as características sensoriais do produto tratado. Por este motivo vale ressaltar que no Brasil, desde 2010, as empresas de aviação agrícola tiveram que se adequar às novas regras para adaptar os locais em que os aviões são lavados e descontaminados. A Instrução Normativa nº 02, de janeiro de 2008 (BRASIL, 2008; 2020A), informa que

as empresas devem adotar equipamentos como o gerador de ozônio, que degrada as moléculas de agrotóxico para evitar a contaminação do meio ambiente.

A água de lavagem dos aviões agrícolas e pulverizadores terrestres contém uma porcentagem elevada de agrotóxicos, e sua descarga no meio ambiente é crime ambiental inafiançável. Essa água não pode ser lançada no meio ambiente antes de sofrer um tratamento de descontaminação dos agrotóxicos nela contidos. Valores muito baixos de pesticidas são exigidos pelas autoridades ambientais nas águas dos rios e lagos havendo a necessidade de sua remoção das águas de lavagem dos equipamentos, que poderão atingir os lençóis freáticos ou efluentes (DEGRADAÇÃO [...], 2021).

A Instrução Normativa N° 02 de 03 de janeiro de 2008 do MAPA (MINISTÉRIO DA AGRICULTURA, PECUÁRIA E ABASTECIMENTO) sobre o uso do ozônio na remoção de agrotóxicos, vem por meio desta

Aprovar as normas de trabalho da aviação agrícola, em conformidade com os padrões técnicos operacionais e de segurança para aeronaves agrícolas, pistas de pouso, equipamentos, produtos químicos, operadores aero agrícolas e entidades de ensino, objetivando a proteção às pessoas, bens e ao meio ambiente, por meio da redução de riscos oriundos do emprego de produtos de defesa agropecuária, e ainda os modelos constantes dos Anexos I, II, III, IV, V e VI.” (BRASIL, [2008] 2020).

E mais:

Art. 7° A empresa de aviação agrícola, pessoa física ou jurídica, deverá possuir pátio de descontaminação de acordo com o modelo constante do Anexo IV, obedecendo às seguintes regras.

VI - o sistema de oxidação de agrotóxicos da água de lavagem das aeronaves agrícolas deverá conter:

a) sistema de bombeamento, para a retirada da água de lavagem das aeronaves do reservatório de decantação e enviada ao reservatório de oxidação;

b) ozonizador com capacidade mínima de produzir um grama de ozônio por hora;

c) reservatório para oxidação que deverá ter capacidade mínima de quinhentos litros, ser em Poli Cloreto de Vinila (PVC), para que não ocorra reação com o ozônio, ser redonda para facilitar a circulação da água de lavagem, com tampa para evitar contato com a água de lavagem; e

d) as canalizações deverão ser em tubo PVC, para que não ocorra reação com o ozônio, e com diâmetro de cinquenta milímetros;

VII - o ozonizador previsto na alínea b, do inciso anterior, deverá funcionar por um período mínimo de seis horas, para cada carga de quatrocentos e cinquenta litros de restos e sobras de agrotóxicos remanescentes da lavagem e limpeza das aeronaves e equipamentos;

VIII - dentro do reservatório de oxidação, deverá ser instalada a saída do ozonizador, na sua parte inferior, para favorecer a circulação total e permanente da água de lavagem e com dreno de saída na parte superior do reservatório de oxidação (BRASIL, [2008] 2020).

Por meio da Nota técnica N° 108/2020/SEI/COSAN/GHCOS/DIRE3/ANVISA, no item 6 (situação no Brasil) – a ANVISA estabelece que “O uso de ozônio para tratamento antimicrobiano (redução da carga microbiológica) na indústria alimentícia, não necessita receber “autorização de uso” conforme regulação do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA) (BRASIL, 2022).

Com base nas disposições legais e normas vigentes, equipamentos ou estruturas que utilizam ozônio para desinfecção de ambientes públicos e de superfícies em geral, não são considerados produtos saneantes, portanto, não estão sujeitos à regularização junto à Anvisa. Contudo, destaca-se o entendimento de que o ozônio produzido “in loco” com alegação de ação antimicrobiana, passa a ser de interesse à saúde humana, razão pela qual é de responsabilidade das empresas a comprovação de eficácia e segurança da substância produzida pelos equipamentos, conforme orientações de uso, devendo ficar disponíveis os ensaios comprobatórios para fins de fiscalização (BRASIL, 2020A).

Para complementar a atualização sobre a regularização do uso do ozônio em âmbito nacional, foi publicado no Diário Oficial da União em 07 de agosto de 2023, o Decreto de Lei N° 14.648 de 04 de agosto de 2023, o qual sanciona o uso da ozonioterapia em território nacional (BRASIL, 2023A). Em 07 de agosto de 2023, a Anvisa publicou um comunicado à imprensa em resposta a sanção. Em nota, a agência comenta que as indicações para os equipamentos aprovados para uso da ozonioterapia são restritos à estética (limpeza e assepsia da pele) e à odontologia (dentística,

periodontia, endodontia e cirurgia odontológica). No comunicado, a Anvisa reforça que não há equipamentos autorizados para outros fins, visto que ainda não foram apresentadas evidências científicas que comprovem sua eficácia e segurança (BRASIL, 2023B).

## CONCLUSÃO

Pode-se concluir que foi possível fazer uma revisão narrativa acerca da utilização do ozônio em todas as suas áreas de aplicação na indústria e na agroindústria de alimentos. Onde se ressaltou todos os cuidados que se deve ter quanto ao uso do ozônio em virtude da sua toxicidade em concentrações elevadas, bem como das boas práticas de segurança durante seu manuseio, tanto para manter a qualidade dos produtos, como para manter a saúde, segurança e integridade do manipulador. Conclui-se também, que há uma urgente necessidade de se criar mais regulamentações específicas para ajudar a padronizar as práticas da indústria e agroindústria em relação ao uso do ozônio, equilibrando, assim, os benefícios dessa tecnologia com as suas responsabilidades sociais e ambientais.

## REFERÊNCIAS

ALEXANDRE, E M.C.; BRANDÃO, T.R.S.; SILVA, C.L.M. Efficacy of nonthermal technologies and sanitizer solutions on microbial load reduction and quality retention of strawberries. *Journal Food Engineering*, v.108, p.417-426, 2012. Doi: <http://dx.doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2011.09.002>

BASSANI, L. Desinfecção de efluente sanitário por ozônio: parâmetros operacionais e avaliação econômica. [Dissertação de Mestrado]. Florianópolis: Universidade Federal de Santa Catarina, 2003.

BELTRAME, C.A.; KUBIAK, G.B.; LERIN, L.A.; ROTTAVA, I.; MOSSI, A.J.; OLIVEIRA, D.; CANSIAN, R.L.; TREICHEL, H.; TONIAZZO, G. Influence of different sanitizers on food contaminant bacteria: effect of exposure temperature, contact time, and product concentration. *Food Science and Technology*, v.32, n.2, p.228-232, 2012.

BRASIL. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Resolução nº 216, de 15 de setembro de 2004. Aprova o Regulamento Técnico de Boas Práticas para Serviços de Alimentação.

BRASIL. Anvisa esclarece sobre uso de ozônio como desinfetante. Brasília, DF: Agência Nacional de Vigilância Sanitária, 2020a. Disponível em: <https://www.gov.br/anvisa/pt-br/assuntos/noticias-anvisa/2020/anvisa-esclarece-sobre-uso-de-ozonio-como-desinfetante>. Acesso em: 27 set. 2023.

BRASIL. Comunicado à imprensa. Brasília, DF: Agência Nacional de Vigilância Sanitária, 2023b. Disponível em: <https://www.gov.br/anvisa/pt-br/assuntos/noticias-anvisa/2023/comunicado-a-imprensa>. Acesso em: 18 out. 2023.

BRASIL. Instrução normativa conjunta nº 18, de 28 de maio de 2009. Brasília, DF: Ministério de Estado da Agricultura, Pecuária e Abastecimento / Ministério da Saúde, 2009.

BRASIL. Instrução Normativa nº 2, de 3 de Janeiro de 2008. Brasília, DF: Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, [2008] 2020. Disponível em: <https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/insumos-agropecuarios/aviacao-agricola/legislacao/3-in-2-de-03-de-janeiro-de-2008-com-alteracoes-da-in-37-2020.pdf>. Acesso em: 24 out. 2023.

BRASIL. Lei nº 14.648, de 4 de agosto de 2023. Autoriza a ozonioterapia no território nacional. *Diário Oficial da União*: seção 1, Brasília, DF, 2023a, ano 202 da Independência, e 135 da República. Disponível em: <https://www.in.gov.br/en/web/dou/-/lei-n-14.648-de-4-de-agosto-de-2023-501165161> Acesso em: 27 out. 2023.

BRASIL. Norma Regulamentadora No. 15 (NR-15). Brasília, DF: Ministério do Trabalho e Emprego, 2020b. Disponível em: <https://www.gov.br/trabalho-e-emprego/pt-br/>. Acesso em: 24 out. 2023.

BRASIL. NR 15 da Portaria MTB nº 3.214, de 08 de junho de 1978. Brasília, DF: Ministério do Trabalho e

Emprego, 1978. Disponível em: <https://www.camara.leg.br>. Acesso em: 21 out. 2023.

BRASIL. Portaria GM/MS nº 888, de 4 de maio de 2021. Brasília, DF: Ministério da Saúde, 2021. Disponível em: [https://bvsmis.saude.gov.br/bvsmis/sau-delegis/gm/2021/prt0888\\_07\\_05\\_2021.html](https://bvsmis.saude.gov.br/bvsmis/sau-delegis/gm/2021/prt0888_07_05_2021.html). Acesso em: 24 out. 2023.

CAVALCANTE, D.; LEITE JÚNIOR, B.; TRIBST, A.; CRISTIANINI, M.; COELHO, V. Uso da água ozonizada na sanitização dos tetos de bovinos e sua influência na qualidade do leite. *Revista do Instituto de Laticínios Cândido Tostes*, v.68, n.392, p.33-39, 2013.

CAVALCANTE, D., LEITE JÚNIOR, B., TRIBST, A., & CRISTIANINI, M. Uso de ozônio gasoso na sanitização de câmaras frigoríficas. *Revista do Instituto de Laticínios Cândido Tostes*, v.69, n.2, p.121-128, 2014. Doi: <https://doi.org/10.14295/2238-6416.v69i2.280>

CHIATTONE, P.V.; TORRES, L.M.; ZAMBIAZI, R.C. Application of ozone in industry of food. *Alimentos e Nutrição*, v.19, p.341-349, 2008.

COELHO, N.R.A. Noções de higienização na indústria de alimentos. Universidade Católica de Goiás, 2014.

COELHO, C.C.S.; FREITAS-SILVA, O.; CAMPOS, R.S.; BEZERRA, V.S.; CABRAL, L.M.C. Ozonização como tecnologia pós-colheita na conservação de frutas e hortaliças: uma revisão. *Agriambi - Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v.19, n.4, p.369-375, 2015. Doi: <https://doi.org/10.1590/1807-1929/agriambi.v19n4p369-375>

COSTA, S.B.; GUEDES, C.M.; PINTO, M.M. F; EMPI, P.; MARTINS, M.MOLDÃO. Alternative sanitizing methods to ensure safety and quality of fresh-cut kiwi-fruit. *Journal of Food Processing and Preservation*, v.38, p.1-10, 2014.

COUTO, E.P.; ALENCAR, E.R.; GONÇALVES, V.S.P.; SANTOS, A.J.P.; RIBEIRO, J.L.; FERREIRA, M.A. Efeito da ozonização sobre a contagem da *Staphylococcus Aureus* inoculado em leite. *Semina:*

*Ciências Agrárias*, [S. l.], v.37, n.4, p.1911-1918, 2016. Doi: 10.5433/1679-0359.2016v37n4p1911

DEGRADAÇÃO de agrotóxicos com ozônio. MyOZONE Blog. 2021. Disponível em: <https://www.myozone.com.br/areas-de-atuacao/degradacao-de-agrotoxicos-com-ozonio/>. Acesso em: 07 out 2023.

DOBEIC, M. Ozone as a disinfectant in the food industry. *MESO*, v.19, n.4., 2017.

FELLOWS, P.J. Tecnologia do processamento de alimentos: princípios e prática. Métodos de processamento mínimo. Porto Alegre: Artmed, 2019.

FREITAS-SILVA, O.; SOUZA, A.M.; OLIVEIRA, E.M.M. Potencial da ozonização no controle de fitopatógenos em pós-colheita. In: LUZ, W. C. da. (org.). *Revisão anual de patologia de plantas*. 1.ed. Passo Fundo: Gráfica e Editora Padre Berthier dos Missionários da Sagrada Família, v.21, p.96-130, 2013.

GUZEL, S.Z.B.; GREENEB, A.K.; SEYDIMA, A.C. Use of ozone in the food industry. *Food Science and Technology*, v.37, p.453-460, 2004.

HORVATH, M.; BILITZKY, L.; HUTTNER, J. Fields of utilization of ozone. In: CLARK, R. J. H. *Ozone*. New York: Elsevier Science, p.257-316, 1985.

IBANOGLU, S. Wheat washing with ozonated water: effects on selected flour properties. *International Journal of Food Science and Technology*, v.37, p.579-584, 2002.

JACQUES, A.C.; ZAMBIAZI, R.C.; GANDRA, E.Á.; KRUMREICH, F.; LUZ, S.R.; MACHADO, M.R.G. Sanitização com produto à Base de Cloro e com Ozônio: Efeito Sobre Compostos Bioativos de Amora-preta (*rubus fruticosus*) cv. Tupy. *Revista Ceres*, v.62, n.6, 2015. Doi: <https://doi.org/10.1590/0034-737X201562060001>

KECHINSKI, C. PEREIRA. Avaliação do uso de ozônio e de outros tratamentos alternativos para conservação do mamão papaia (*Carica papaya* L.).



- [Dissertação de Mestrado]. Porto Alegre: Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2007.
- KHADRE, M.A.; YOUSEF, A.E.; KIM, J.G. Microbiological aspects of ozone applications in food: a review. *Journal of Food Science*, Malden, v.66, n.9, p.1242-1252, 2001.
- 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*, Des Moines, v.62, n.9, p.1071-1087, 1999.
- LANGLAIS, B.; RECKHOW, D.A.; BRINK, D.R. *Ozone in water treatment: application and engineering*. Chelsea: AWWARF and Lewis Publishers, 1991.
- LAPOLLI, F.R.; SANTOS, L.F.; HASSEMER, M.E.N.; AISSE, M.M.; PIVELI, R.P. Desinfecção de efluentes sanitários por meio da ozonização. In: GONÇALVES, R.F. (Coord.). *Desinfecção de efluentes sanitários, remoção de organismos patogênicos e substâncias nocivas: aplicação para fins produtivos como agricultura, aquicultura e hidropônica*. Vitória: PROSAB, p.169-208, 2003.
- LIANGJI, X. Use of ozone to improve the safety of fresh fruits and vegetables. *Food Science Technology*, Chicago, v.53, n.10, p.58-61, 1999.
- LIMA, M.; FELIX, E.; CARDOSO, A. Aplicações e implicações do ozônio na indústria, ambiente e saúde. *Química Nova*, n.44, v.9, 2021. Doi: <https://doi.org/10.21577/0100-4042.20170759>
- LÔBO, A.S.M.T. *Água Ozonizada (O<sub>3</sub>) no controle de Salmonella entérica Typhimurium em carne Resfriada de Jacaré do Pantanal (CAYMAN CROCODILOS YACARE)*. [Dissertação de Mestrado]. Cuiabá: Universidade Federal de Mato Grosso, 2013.
- LULLIEN, P.V. Ozone in grain processing. In: O'DONNELL, C.; TIWARI, B.K.; CULLEN, P.J.; RICE, R.G. *Ozone in Food Processing*, Ed. Blackwell Publishing Ltd. 1.ed., 2012.
- MARSHALL, J.I.; CIERCO, A.A.; ROCHA, A.V.; MOTA, E.B. *Gestão da qualidade*. 2.ed. Rio de Janeiro: FGV, 2003.
- MASON FILHO, VIVALDO. Ozônio: uma alternativa segura para as indústrias de alimentos. MyOZONE Blog. 2019b. Disponível em: <https://foodsafetybrazil.org/ozonio-alternativa-segura-para-industrias-de-alimentos/>. Acesso em: 15 ago. 2023.
- MASON FILHO, VIVALDO. FISPQ do Ozônio: ficha de informação de segurança de produtos químicos. MyOZONE Blog, 2021. Disponível em: <https://www.myozone.com.br/fispq-do-ozonio-ficha-de-informacao-de-seguranca-de-produtos-quimicos/>. Acesso em: 11 out. 2023 (Referência das figuras 1, 2 e 3).
- MASON FILHO, VIVALDO. Aplicação de ozônio em bebidas. MyOZONE Blog. 2021c. Disponível em: <https://www.myozone.com.br/areas-de-atuacao/aplicacao-de-ozonio-em-bebidas/>. Acesso em: 11 out. 2023.
- MATTOS, L. FERNANDO. O ozônio tem outras aplicações na indústria de alimentos além de sanitizante? *Food Safety Brazil*. 2022. Disponível em: <https://foodsafetybrazil.org/ozonio-outras-aplicacoes-na-industria-de-alimentos-alem-de-sanitizante/>. Acesso em: 28 jul. 2023.
- MELLO, F. R. de. *Controle e qualidade dos alimentos*. Porto Alegre: SAGAH, 2017.
- MONTEIRO, E. RODRIGUES; TIECHER, A. Sanitização de frutas e hortaliças: uma revisão. *Revista Higiene Alimentar*, v. 36, jul./dez., 2022. Disponível em: <https://doi.org/10.37585/HA2022.02frutas>. Acesso em: 22 set. 2023.
- MONTEIRO, J. CAROLINE. *Avaliação do uso do ozônio na sanitização de facas e na eliminação de Salmonella em língua suína*. 2021. 45f. 2021. Dissertação (MESTRADO EM TECNOLOGIA DE ALIMENTOS) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Londrina, 2021.
- MOORE, G.; GRIFFITH, C.; PETERS, A. Bactericidal properties of ozone and its potential application as a

- terminal disinfectant. *Journal of Food Protection*, v.63, p.1100-1106, 2000.
- OZÔNIO na indústria de alimentos. MyOZONE Blog. 2021c. Disponível em: <https://www.myozone.com.br/ozonio/ozonio-na-industria-de-alimentos/>. Acesso em: 23 set. 2023.
- OZÔNIO em produtos orgânicos: regulamentação no Brasil. MyOZONE Blog, 2022. Disponível em: <https://www.myozone.com.br/ozonio-em-produtos-organicos-regulamentacao-no-brasil/>. Acesso em: 29 set. 2023.
- OZÔNIO: uma alternativa “verde” na produção de alimentos. *Food Safety Brazil*. 2018. Disponível em: <https://foodsafetybrazil.org/ozonio-alternativa-verde-producao-de-alimentos/>. Acesso em: 26 set. 2023.
- O'DONNELL, C.; TIWARI, B.K.; CULLEN, P.J.; RICE, R.G. *Ozone in Food Processing*, Ed. Blackwell Publishing Ltd. 1.ed., 2012.
- PANDISELVAM, R.; SHAJAHAN, S.; RAMARATHINAM, M.; KOTHAKOTA, A.; HEBBAR, K. Application and Kinetics of Ozone in Food Preservation. *Ozone: Science & Engineering*. v.39, n.2, p.115-126, 2017.
- PEREIRA, A.S.C. Efeitos da aplicação do ozônio em produtos cárneos. *Beef Point*, 2005. Disponível em: <https://www.beefpoint.com.br/category/radares-tecnicos/qualidade-da-carne/>. Acesso em: 31 ago. 2023.
- PERRY, J.J.; YOUSEF, A.E. Decontamination of Raw Foods Using Ozone-Based Sanitization Techniques. *Annu. Rev. Food Science Technology*, v.2, p.281-298, 2011.
- PINTO, P.S. ARRUDA. *Higiene Industrial*. 2.ed. Viçosa: Ed. UFV, 2014.
- PIRANI, S. Application of ozone in food industries. Doctoral Program in Animal Nutrition and Food Safety, Università degli Studi di Milano, 2011.
- PRESTES, E.B. Avaliação da eficiência do ozônio como sanitizante em hortaliças folhosas minimamente processadas. [Tese de Doutorado]. Campinas: Universidade Estadual de Campinas, 2007.
- RIBEIRO, D.F. Ozônio como agente fungicida e de degradação de micotoxinas em híbridos de milho. [Dissertação de Mestrado]. Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, 2016.
- ROZADO, A.F.; FARONI, L.R.D.; URRUCHI, W.M.I.; GUEDES, R.N.C.; PAES, J.L. Aplicação de ozônio contra *Sitophilus zeamais* e *Tribolium castaneum* em milho armazenado. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola Ambiental*, v.12, n.3, p.282-285, 2008.
- ROZADO, A.F. Distribuição do gás ozônio em milho armazenado em silo metálico usando sistema de aeração. [Tese de Doutorado]. Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, 2013.
- RUSSEL, A.D.; HUGO, W.B.; AVLIFFE, G.A.J. Principles and practice of disinfection, preservation and sterilization. 3.ed. Oxford: Blackwell Science, 1999.
- SILVA, A.M.M.; GONÇALVES, A.A. Potencialidade do uso de água ozonizada no processamento de peixes. *Acta of Fisheries and Aquatic Resources*. v.2, n.1, 2014.
- SILVA, E.M. Controle de qualidade: limpeza e higienização nas indústrias alimentícias. [Trabalho de Conclusão de Curso]. Centro Universitário Internacional – Uninter, [s.l.], 2022. Disponível em: <https://repositorio.uninter.com/handle/1/944?show=full>. Acesso em: 04. ago.2023.
- SILVA, S.B.; LUVIELMO, M.M.; GEYER, M.C.; PRÁ, I. Potencialidades do uso do ozônio no processamento de alimentos. *Ciências Agrárias*, v.32, p.659-682, 2011. Doi: <http://dx.doi.org/10.5433/1679-0359.2011v32n2p659>
- SOUZA, J.B. Avaliação de métodos para desinfecção de água, empregando cloro, ácido peracético, ozônio e o processo de desinfecção combinado ozônio/cloro. [Tese de Doutorado]. São Carlos: Universidade de São Paulo, 2006.

termTORRES, E.A.F.S.; FERREIRA, A.F.R.; RÍMOLI, C.D. Estudos das propriedades desinfetantes do ozônio em alimentos. *Higiene Alimentar*, Itapetininga, v.10, n.42, p.8-23, 1996.

TORLAK, E.; SERT, D.; ULCA, P. Efficacy of gaseous ozone against *Salmonella* and microbial population on dried oregano. *International Journal of Food Microbiology*, v.165, p.276-280, 2013.

TORTORA, G.J.; FUNKE, B.R.; CASE, C.L. *Microbiologia*. 10.ed. Porto Alegre: Artmed, 2017.

VERA, Y.M. Simulação da degradação de atrazina com ozônio gerado eletroquimicamente in situ para remediação de águas subterrâneas. [Tese de Doutorado]. Rio de Janeiro: Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro, 2008.

WERLANG, G.O. Eficácia da aplicação de ozônio gasoso em carcaças suínas na etapa de resfriamento para o controle de bactérias indicadoras e causadoras de doenças transmitidas por alimentos. [Dissertação de Mestrado]. Porto Alegre: Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2015.

Submetido em: 29.11.2023

Aceito em: 10.12.2023