

INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA
GOIANO-CAMPUS RIO VERDE
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA, PÓS-GRADUAÇÃO E INOVAÇÃO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM TECNOLOGIA DE
ALIMENTOS

**ESTUDO DO PROCESSO DE NEBULIZAÇÃO COM ÁCIDO PERACÉTICO
NA INATIVAÇÃO DE *SALMONELLA* SPP. EM SUPERFÍCIES COMPOSTAS
POR POLIPROPILENO (PP) E POLIETILENO (PE)**

Autora: Jaine Zanol
Orientador: Dr. Leandro Pereira Cappato

**Rio Verde - GO
Setembro, 2025**

INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA
GOIANO-CAMPUS RIO VERDE
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA, PÓS-GRADUAÇÃO E INOVAÇÃO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM TECNOLOGIA DE
ALIMENTOS

**ESTUDO DO PROCESSO DE NEBULIZAÇÃO COM ÁCIDO PERACÉTICO
NA INATIVAÇÃO DE *SALMONELLA* SPP. EM SUPERFÍCIES COMPOSTAS
POR POLIPROPILENO (PP) E POLIETILENO (PE)**

Autora: Jaine Zanol
Orientador: Dr. Leandro Pereira Cappato

Dissertação apresentada, como parte das exigências para obtenção do título de MESTRE EM TECNOLOGIA DE ALIMENTOS, no Programa de Pós- Graduação e Tecnologia de Alimentos do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano – Campus Rio Verde – Linha de Pesquisa: Caracterização, desenvolvimento e inovação de produtos de origem animal.

Rio Verde - GO
Setembro, 2025

**Ficha de identificação da obra elaborada pelo autor, através do
Programa de Geração Automática do Sistema Integrado de Bibliotecas do IF Goiano - SIBi**

Z33j zanol, jaine
Estudo Do Processo De Nebulização Com Ácido Peracético Na
Inativação De Salmonella Spp. Em Superfícies Compostas Por
Polipropileno (Pp) E Polietileno (Pe) / jaine zanol. Rio Verde
2025.

49f. il.

Orientador: Prof. Dr. Leandro Pereira Cappato.
Dissertação (Mestre) - Instituto Federal Goiano, curso de
0233074 - Mestrado Profissional em Tecnologia de Alimentos -
Rio Verde (Campus Rio Verde).
I. Título.

TERMO DE CIÊNCIA E DE AUTORIZAÇÃO PARA DISPONIBILIZAR PRODUÇÕES TÉCNICO-CIENTÍFICAS NO REPOSITÓRIO INSTITUCIONAL DO IF GOIANO

Com base no disposto na Lei Federal nº 9.610, de 19 de fevereiro de 1998, AUTORIZO o Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano a disponibilizar gratuitamente o documento em formato digital no Repositório Institucional do IF Goiano (RIIF Goiano), sem ressarcimento de direitos autorais, conforme permissão assinada abaixo, para fins de leitura, download e impressão, a título de divulgação da produção técnico-científica no IF Goiano.

IDENTIFICAÇÃO DA PRODUÇÃO TÉCNICO-CIENTÍFICA

☐ Tese (doutorado)	☐ Artigo científico
☒ Dissertação (mestrado)	☐ Capítulo de livro
☐ Monografia (especialização)	☐ Livro
☐ TCC (graduação)	☐ Trabalho apresentado em evento
☐ Produto técnico e educacional - Tipo:	
Nome completo do autor: Jaime Zanoli	Matrícula: 2023202330740007
Título do trabalho: 	

RESTRIÇÕES DE ACESSO AO DOCUMENTO

Documento confidencial: ☒ Não ☐ Sim, justifique:

Informe a data que poderá ser disponibilizado no RIIF Goiano: / /

O documento está sujeito a registro de patente? ☐ Sim ☒ Não

O documento pode vir a ser publicado como livro? ☐ Sim ☒ Não

DECLARAÇÃO DE DISTRIBUIÇÃO NÃO-EXCLUSIVA

O(a) referido(a) autor(a) declara:

- Que o documento é seu trabalho original, detém os direitos autorais da produção técnico-científica e não infringe os direitos de qualquer outra pessoa ou entidade;
- Que obteve autorização de quaisquer materiais incluídos no documento do qual não detém os direitos de autoria, para conceder ao Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano os direitos requeridos e que este material cujos direitos autorais são de terceiros, estão claramente identificados e reconhecidos no texto ou conteúdo do documento entregue;
- Que cumpriu quaisquer obrigações exigidas por contrato ou acordo, caso o documento entregue seja baseado em trabalho financiado ou apoiado por outra instituição que não o Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano.

Documento assinado digitalmente
JAIME ZANOLI
Data: 03/09/2023 07:04:46 -0300
Verifique em <https://validar.jf.gov.br>

/ /
Local Data

Assinatura do autor e/ou detentor dos direitos autorais

Ciente e de acordo:


Assinatura do(a) orientador(a)



SERVIÇO PÚBLICO FEDERAL
MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
SECRETARIA DE EDUCAÇÃO PROFISSIONAL E TECNOLÓGICA
INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA GOIANO

INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA GOIANO - CAMPUS RIO VERDE
DIRETORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM TECNOLOGIA DE ALIMENTOS

**ESTUDO DO PROCESSO DE NEBULIZAÇÃO COM ÁCIDO PERACÉTICO NA
INATIVAÇÃO DE SALMONELLA SPP. EM SUPERFÍCIES COMPOSTAS POR
POLIPROPILENO (PP) E POLIETILENO (PE)**

Autora: Jaine Zanol
Orientador: Leandro Pereira Cappato

TITULAÇÃO: Mestre em Tecnologia de Alimentos - Área de Concentração em Tecnologia de Alimentos

APROVADA em 03 de setembro de 2025.

Dra. Letícia Fleury Viana
Avaliadora interna
IF Goiano/RV

Dr. Wilson José Fernandes Lemos Junior
Avaliador externo
Parma University

Dr. Leandro Pereira Cappato
Presidente da banca

IF Goiano/RV

Documento assinado eletronicamente por:

- Leandro Pereira Cappato, PROFESSOR ENS BASICO TECN TECNOLÓGICO, em 03/09/2025 17:58:04.
- Letícia Fleury Viana, PROFESSOR ENS BASICO TECN TECNOLÓGICO, em 03/09/2025 18:34:40.
- Wilson José Fernandes Lemos Junior, Wilson José Fernandes Lemos Junior - Professor Avaliador de Banca - Instituto Federal Goiano - Campus Rio Verde (10651417000500), em 04/09/2025 10:26:36.

Este documento foi emitido pelo SUAP em 15/08/2025. Para comprovar sua autenticidade, faça a leitura do QRCode ao lado ou acesse <https://suap.ifgoiano.edu.br/autenticar-documento/> e forneça os dados abaixo:

Código Verificador: 732913
Código de Autenticação: 321fe4698f



SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO GERAL	1
2	OBJETIVOS.....	5
3.1	Geral.....	5
3.2	Específico	5
3	REVISÃO DE LITERATURA.....	6
CAPÍTULO I – Análise bibliométrica dos estudos envolvendo nebulização na área de alimentos por meio do software VOSviewer.		6
3.1	INTRODUÇÃO	8
3.2	Metodologia	9
3.3	Resultados e Discussão	11
3.3.1	Perfil Geral Das Publicações.....	11
3.3.2	Perfil Das Publicações Com Maior Número De Citações	12
3.3.3	Rede De Nações Com Mais Trabalhos Publicados.	14
3.3.4	Rede Entre Instituições Agrupados Por Coautoria.....	17
3.3.5	Rede De Periódicos	18
3.3.6	Rede De Coocorrência de Palavras-Chave entre Autores Mais Frequentes	21
3.3.7	Limitações Do Estudo.....	25
3.3.8	Perspectivas.....	26
3.2	REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA	28
4	CAPÍTULO II – Estudo Do Processo De Nebulização Com Ácido Peracético Na Inativação De Salmonella Spp. Em Superfícies Compostas Por Polipropileno (Pp) E Polietileno (Pe)	31
4.1	INTRODUÇÃO	33
4.2	MATERIAIS E MÉTODOS	34
4.3	RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	37
4.4	CONCLUSÃO	43
4.5	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	44
5.	CONCLUSÃO GERAL.....	49

AGRADECIMENTO

Em primeiro lugar, agradeço a Deus, fonte de toda força, sabedoria e esperança. Em cada etapa desta caminhada, nos momentos de dúvida e nos dias mais difíceis, senti Sua presença me guiando e sustentando. Sem Ele, nada disso seria possível.

À minha esposa, Cinthia Santos meu amor, minha parceira de vida, obrigado por estar ao meu lado em todos os momentos, por me apoiar com paciência, carinho e por acreditar em mim mesmo quando eu duvidava. Este trabalho também é seu, pois sem seu apoio e compreensão eu não teria conseguido chegar até aqui.

Aos meus pais, Eliane Bazzo e Edmilson Farias, meu eterno agradecimento por tudo o que sou. Por me ensinarem desde cedo o valor do esforço, da honestidade e da perseverança. Obrigado por sempre torcerem por mim e por me darem base e coragem para seguir.

Ao meu avô, Armindo João Zanol, que foi um exemplo de compaixão e sabedoria, deixando em nossos corações uma doce lembrança de sua presença amável e carinhosa, todo o meu amor e carinho.

Ao meu orientador, Professor Leandro Pereira Cappato, minha gratidão pela orientação, pela escuta atenta e pelo apoio ao longo deste processo. Obrigado por acreditar no meu trabalho, pelas contribuições tão valiosas e pela paciência em cada etapa dessa jornada.

À minha colega, Izadora Meireles pela colaboração e auxílio nessa jornada.

Ao Instituto Federal Goiano – Campus Rio Verde, CAPES, CNPQ e FAPEG, minha sincera gratidão pelo acolhimento, pela estrutura e pelo ambiente propício ao aprendizado e à pesquisa. Agradeço também aos professores, colegas e servidores que, direta ou indiretamente, contribuíram com essa caminhada.

A todos que, de alguma forma, fizeram parte desse caminho com uma palavra de incentivo, um gesto de apoio ou uma simples presença, meu muito obrigado. Levo comigo cada contribuição e cada momento compartilhado.

"Não deixe que ninguém defina seus limites por causa de onde você veio.

O único limite é a sua alma." - Ratatouille (2007)

BIOGRAFIA DO AUTOR

Jaine Zanol, nasceu em 3 de julho de 1998, em Capinzal - Santa Catarina, e mudou-se ainda na infância para Rio Verde - Goiás, onde cursou o ensino fundamental, médio e superior. Graduiu-se em Medicina Veterinária pela Universidade de Rio Verde (UniRV), (2017-2021). Durante a graduação, participou do Programa Institucional Voluntário de Iniciação Científica (PIVIC), tendo seus primeiros contatos com a pesquisa acadêmica e desenvolvendo habilidades em metodologia científica e investigação aplicada. Em 2023, ingressou no Programa de Pós-Graduação em Tecnologia de Alimentos do Instituto Federal Goiano (PPGTA) – Campus Rio Verde, no nível de mestrado, voltando-se para estudos relacionados à ciência e tecnologia de alimentos, com ênfase em inovação, qualidade e segurança alimentar.

ÍNDICE DE FIGURAS

CAPÍTULO I

Figura 1 – Fluxograma metodológico: base de dados Scopus (2014–2024).....	09
Figura 2 - Relação de publicações por ano de artigos que abordam o método de nebulização aplicado em alimentos.....	12
Figura 3 – Rede de países que mais publicam artigos que abordam o método de nebulização aplicado em alimentos.....	14
Figura 4 – Rede de ocorrência entre países e coautoria que publicaram artigos sobre o processo de nebulização aplicado em alimentos	15
Figura 5 – Rede de ocorrência de citações entre países que publicaram artigos sobre o processo de nebulização aplicado em alimentos.....	16
Figura 6 – Rede de periódicos que publicaram artigos que abordam o processo de nebulização aplicado a área de alimentos.....	18
Figura 7 – Rede de periódicos mais citados que abordam o processo de nebulização aplicado à área de alimentos	19
Figura 8 – Rede de coocorrência de palavras-chave mapeadas entre os anos de 2014 e 2024 (*palavras sem coocorrência entre autores disponíveis em anexo*).....	21
Figura 9 – Rede de palavras-chave com coocorrência entre autores formada a partir da ocorrência de “nebulização”, palavra-chave de maior correlação entre autores.....	21
Figura 10 - Gráfico de colunas das 10 principais palavras-chave em função de ocorrências (a) e número de links (b)	24

CAPÍTULO II

Figura 1 – Modelo de cupons disponibilizados (Intralox) (A); (B) Modelo utilizado para o experimento; Técnica de Tratamento de nebulização (equipamento desenvolvido) (C) e Técnica de imersão (D).....	37
Figura 2 – População de persistentes (Log UFC/ml) de <i>Salmonella Typhimurium</i> , <i>Salmonella Enteritidis</i> e de <i>Salmonella Kentucky</i> nos cupons de polietileno (Pe) e polipropileno (Pp), após a aplicação de sanitizante (Ácido peracético), pelas técnicas de nebulização (azul e laranja) e imersão (amarelo e cinza).	38

ÍNDICE DE TABELA

CAPÍTULO I

Tabela 1 - Top 10 trabalhos de pesquisa científica com o maior número de citações publicadas entre 2014 e 2024.....	12
--	----

RESUMO

ZANOL, JAINE. Instituto Federal Goiano – Campus Rio Verde – GO, agosto de 2025.
COMPARAÇÃO DA EFICIÊNCIA DO PROCESSO DE NEBULIZAÇÃO x IMERSÃO COM ÁCIDO PERACÉTICO NA INATIVAÇÃO DA *SALMONELLA* *TYPHIMURIUM*. EM SUPERFÍCIES COMPOSTAS POR POLIPROPILENO (PP) E POLIETILENO (PE), Orientador: Dr. Leandro Pereira Cappato.

As Doenças de Transmissão Hídrica e Alimentar (DTHA), decorrentes da ingestão de agentes patogênicos, tais como bactérias, vírus, parasitas, toxinas ou substâncias químicas, representam relevante problema de saúde pública. A prevenção dessas enfermidades está diretamente associada à implementação de rigorosos controles higiênico-sanitários nos ambientes destinados ao processamento de alimentos. Dentre os principais agentes bacterianos relacionados a surtos alimentares em nível mundial, destaca-se a *Salmonella* spp., frequentemente associada a quadros graves de infecções alimentares. A etapa de higienização representa uma barreira essencial contra a disseminação de DTHA nos ambientes de manipulação, sendo crucial para conter a multiplicação e a propagação de bactérias no processo produtivo. No entanto, essa etapa demanda elevado volume de água, o que reforça a necessidade do desenvolvimento de métodos que mantenham a eficácia da sanitização ao mesmo tempo que promovam a otimização do uso da água. Entre as técnicas emergentes de controle microbiológico ambiental, a nebulização, também denominada aerossolização, tem se destacado como uma alternativa promissora, especialmente em razão da forma de aplicação, baseada na dispersão de uma fina névoa sanitizante. Essa característica favorece uma cobertura homogênea das superfícies e possibilita a utilização em diferentes ambientes produtivos, ampliando a eficácia do processo de higienização. Diante do exposto, o presente estudo teve por objetivo avaliar a eficácia sanitizante do ácido peracético aplicado sobre superfícies de polipropileno (PP) e polietileno (PE), previamente contaminadas de forma experimental com pools de cepas de *Salmonella Typhimurium*, *Salmonella Enteritidis* e *Salmonella Kentucky*. Para tanto, foi empregada as técnicas de nebulização e imersão, analisando a eficiência do processo de sanitização em distintos tempos de exposição, bem como, o volume de água utilizado em cada um dos métodos aplicados. Os resultados demonstraram efetividade de ambas as técnicas avaliadas, sendo esse um método emergente aplicável para descontaminação de superfícies compostas por polipropileno (Pp) e polietileno (Pe).

Palavras-Chave: aerossolização; ácido peracético; consumo de água; sanitização.

ABSTRACT

ZANOL, JAINE. Goiano Federal Institute – Rio Verde Campus – GO, August 2025.
Comparison of the Nebulization Efficiency of vs. Immersion with Peracetic Acid in the Inactivation of a *Salmonella* spp. Pool on Surfaces Composed of Polypropylene (PP) and Polyethylene (PE). Advisor: Dr. Leandro Pereira Cappato.

Waterborne and Foodborne Diseases (WFD), resulting from the ingestion of pathogenic agents such as bacteria, viruses, parasites, toxins, or chemical substances, represent a significant public health concern. These diseases prevention is directly linked to the implementation of strict hygiene and sanitary controls in environments dedicated to food processing. Among the main bacterial agents associated with foodborne outbreaks worldwide, *Salmonella* spp. stands out, often linked to severe cases of foodborne infections. The sanitation stage serves as an essential barrier against the spread of WFDs in handling environments and is crucial for preventing the bacteria multiplication and dissemination throughout the production process. However, this stage requires a high volume of water, which underscores the need to develop methods that maintain sanitization effectiveness while optimizing water usage. Among the emerging techniques for environmental microbiological control, fogging, also known as aerosolization, has emerged as a promising alternative, especially due to its application method, which involves the dispersion of a fine sanitizing mist. This characteristic allows for homogeneous surface coverage and enables its use in different production environments, enhancing the overall effectiveness of the sanitation process. Given this context, the present study aims to evaluate the sanitizing efficacy of peracetic acid applied to polypropylene (PP) and polyethylene (PE) surfaces experimentally contaminated with pooled strains of *Salmonella* Typhimurium, *Salmonella* Enteritidis, and *Salmonella* Kentucky. Then, fogging and immersion techniques were employed, and the efficiency of the sanitization process was analyzed at different exposure times, along with the volume of water used in each method. The results demonstrated the effectiveness of both techniques evaluated, indicating that this is an emerging and applicable method for the decontamination of surfaces composed of polypropylene (PP) and polyethylene (PE).

Keywords: aerosolization; peracetic acid; water consumption; sanitization.

1 INTRODUÇÃO GERAL

O processo de higienização na indústria alimentícia é um ponto crucial para garantir o padrão sanitário dos alimentos produzidos (Artilha-Mesquita et al., 2021; Coelho; Moura; Andrade, 2021; Palmorio; Gaio; Ribeiro, 2021). Desvios higiênico-sanitários na indústria de alimentos ocasionam impactos diretos na segurança dos alimentos, resultando em maior disseminação das Doenças de Transmissão Hídrica e Alimentar – DTHA (Feitosa; Andrade, 2022).

A correta higienização dos ambientes e superfícies de manipulação são fundamentais para reduzir a formação e crescimento de biofilmes (Esteves Braga et al., 2022). Entre os microrganismos de maior impacto na saúde pública, destaca-se *Escherichia coli*, *Staphylococcus aureus*, *Listeria monocytogenes* e *Salmonella* spp., sendo estes os de maior relevância quanto a incidência de DTHA pelos alimentos contaminados (Amaral et al., 2021; Batista et al., 2022).

Para mitigar as incidências e garantir o controle dos processos de produção, a etapa de sanitização pode ser descrita como fundamental para o controle sanitário de locais e equipamentos, sendo caracterizada pelo potencial de redução e inativação de microrganismos (Ban et al., 2023a). Contudo, diversos são os compostos químicos disponíveis para utilização, e sua escolha deve ser baseada nas características químicas e a fonte de contaminação (Barbosa; Martins, 2023; Palmorio; Gaio; Ribeiro, 2021).

Técnicas convencionais de higienização, como a aspersão e imersão de produtos químicos, garantem a eficiência do processo, entretanto, promove grande gasto de consumo de água. Neste cenário, o desenvolvimento de tecnologias emergentes, como nebulização, ozonização, Luz UV, vem ganhando destaque quanto ao potencial e eficiência na redução de microrganismos e redução do consumo de água (Masotti et al., 2019). A técnica da aerossolização ou nebulização, apresenta-se como uma das tecnologias emergentes mais promissora, por possuir baixo custo frente as demais técnicas e por ser versátil, podendo ser aplicado para descontaminação ambiental, de equipamentos e da superfície de alimentos (Pierozan et al., 2024; Fernandes Lemos Junior et al., 2025). Esta técnica promove a dispersão do sanitizantes em forma de nevoa fina pelo ar, podendo ser aplicada em ambientes e alimentos, sendo uma tecnologia de grande versatilidade para indústria de alimentos (Park; Kang, 2015).

Diante do exposto, o presente estudo teve como objetivo avaliar a eficácia do método de nebulização com ácido peracético (solução comercial – 108 ppm), em comparação ao método convencional de aspersão, aplicado sobre superfícies compostas por polipropileno (PP) e polietileno (PE), materiais comumente presentes em equipamentos utilizados na indústria de alimentos. A pesquisa busca verificar o potencial de redução da contaminação por *Salmonella Typhimurium* (ATCC® 13311™ and ATCC® 14028™). Em paralelo, o estudo também buscou analisar a redução no consumo de água durante a etapa de sanitização, com o intuito de evidenciar o potencial da técnica de nebulização como uma tecnologia emergente promissora para redução microbiológica e redução de recursos hídricos.

REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA

AMARAL, S. M. B. et al. **Panorama dos surtos de doenças transmitidas por alimentos no Brasil no período de 2009 a 2019.** *RECIMA21 - Revista Científica Multidisciplinar*, v. 2, n. 11, p. e211935, 17 dez. 2021.

ARTILHA-MESQUITA, C. A. F. et al. **Avaliação da gestão da qualidade e suas ferramentas: aplicabilidade em indústria de alimentos de origem animal.** *Research, Society and Development*, v. 10, n. 1, p. e20210111248, 7 jan. 2021.

BAN, G. H. et al. **Comparison of the efficacy of physical and chemical strategies for the inactivation of biofilm cells of foodborne pathogens.** *Food Science and Biotechnology*, The Korean Society of Food Science and Technology, 1 out. 2023.

BARBOSA, F.; MARTINS, A. **Biofilme na indústria de alimentos: micro-organismos envolvidos e métodos de controle.** *Higiene Alimentar*, v. 2023, n. 2, p. 1, 2023.

BATISTA, J. D. S. et al. **Intoxicações por alimentos e bebidas e ocorrência das doenças de transmissão hídrica e alimentar no Brasil.** *Saúde e Pesquisa*, v. 15, n. 4, p. 1–21, 7 dez. 2022.

COELHO, R. H.; MOURA, G. S.; ANDRADE, V. O. A. **Contaminação de alimentos e seus fatores predisponentes: uma revisão integrativa / Food contamination and its predisposing factors: an integrative review.** *Brazilian Journal of Health Review*, v. 4, n. 3, p. 10071–10087, 10 maio 2021.

ESTEVES BRAGA, E. et al. **Pesquisa de *Escherichia coli* e avaliação da produção qualitativa de biofilme em amostras de leite pasteurizado comercializado na cidade do Rio de Janeiro.** *Alimentos: Ciência, Tecnologia e Meio Ambiente*, 2022.

FEITOSA, J.; ANDRADE, P. **Segurança dos alimentos e ferramentas da qualidade.** *Enciclopédia Biosfera*, v. 19, n. 39, 30 mar. 2022.

FERNANDES LEMOS JUNIOR, W. J. et al. **Fogging vs immersion techniques for sustainable pathogen inactivation on stainless steel surfaces using commercial sanitizers.** *Journal of Food Engineering*, v. 384, 1 jan. 2025.

MASOTTI, F. et al. **Effectiveness of air disinfection by ozonation or hydrogen peroxide aerosolization in dairy environments.** *Food Control*, v. 97, p. 32–38, 1 mar. 2019.

PALMORIO, L.; GAIO, F. N.; RIBEIRO, D. H. B. **Avaliação da eficiência de diferentes agentes de limpeza utilizados na indústria de alimentos / Efficiency evaluation of different cleaning agents used on food industry.** *Brazilian Journal of Development*, v. 7, n. 12, p. 120035–120049, 29 dez. 2021.

PARK, S. H.; KANG, D. H. **Combination treatment of chlorine dioxide gas and aerosolized sanitizer for inactivating foodborne pathogens on spinach leaves and tomatoes.** *International Journal of Food Microbiology*, v. 207, p. 103–108, 1 ago. 2015.

PIEROZAN, R. C. et al. **Exploring the potential of natural fibers to enhance stability and load-bearing capacity in shallow foundations.** In: *Editora Omnis Scientia*, 19 dez. 2024.

2 OBJETIVOS

3.1 Geral

Comparar os dois processos de sanitização (Nebulização e Imersão) com ácido peracético (Solução comercial – 108 ppm), avaliando a eficiência na inativação de *Salmonella* Typhimurium (ATCC® 13311™ and ATCC® 14028™), em superfície de compostas por Polipropileno (PP) e Polietileno (PE).

3.2 Específico

- Elaborar um artigo de análise bibliométrica sobre a aplicação do processo de nebulização na indústria de alimentos, destacando seu potencial como tecnologia para a descontaminação ambiental e de superfícies em ambientes de processamento de alimentos.
- Avaliar a efetividade do processo de nebulização com o ácido peracético na inativação da *Salmonella* Typhimurium em diferentes tempos de aplicação para ambas as técnicas de sanitização nos diferentes materiais (PP e PE)
- Avaliar o potencial ambiental da técnica de nebulização em comparação ao processo de imersão, com foco na redução do consumo de água.

3 REVISÃO DE LITERATURA

CAPÍTULO I – Análise bibliométrica dos estudos envolvendo nebulização na área de alimentos por meio do software VOSviewer.

RESUMO

O processo de nebulização apresenta-se como uma tecnologia emergente promissora quanto ao processo de sanitização para indústria de alimentos. Diante disto, a análise bibliométrica tem como finalidade avaliar e comparar o perfil científico das publicações relacionados a técnica de nebulização para sanitização em alimentos, da última década. Ao total foram analisadas 38 publicações, sendo que, 65,78% destas pertenciam aos Estados Unidos, Coreia do Sul e China respectivamente. O objetivo principal dos estudos está relacionado a avaliação sobre a eficácia da técnica e a aplicação quando submetida a fatores externos ou a diferentes agentes sanitizantes, bem como, seu potencial de resposta a patógenos de interesse alimentar. Outro fator relevante é a associação entre técnicas de modo a potencializar seus efeitos, a associação entre nebulização e plasma frio, apresenta-se promissora. Estudos futuros devem ser baseados na ampliação da técnica na área de alimentos, visto que grande parte das publicações se limitou a processos relacionados a alimentos minimamente processados, assim como, mapear as dificuldades na aplicação e a avaliação residual persistente, de modo a identificar o tempo de permanência. O presente estudo é pioneiro na análise bibliométrica de publicações relacionados a técnica de nebulização em alimentos, sendo esta fonte para futuros estudos.

Palavras-chave: Contaminação microbiológica; Higienização de superfícies; Indústria de alimentos; Nebulização; Sanitização; Tecnologia emergente

ABSTRACT

The nebulization process presents itself as a promising emerging technology for sanitization in the food industry. Therefore, this bibliometric analysis aims to evaluate and compare the scientific profile of publications related to the nebulization technique for food sanitization over the last decade. A total of 38 publications were analyzed, with 65.78% of them originating from the United States, South Korea, and China, respectively. The main objective of the studies is to evaluate the efficacy of the technique and its application when subjected to external factors or different sanitizing agents, as well as its potential response to foodborne pathogens. Another relevant factor is the combination of techniques to enhance their effects; the association between nebulization and cold plasma appears promising. Future studies should focus on expanding the application of this technique in the food sector, as most publications were limited to minimally processed foods, as well as mapping the difficulties in application and assessing residual persistence to identify the duration of its effect. This study is pioneering in the bibliometric analysis of publications related to the nebulization technique in foods, serving as a foundation for future research.

Keywords: Microbiological contamination; Surface sanitization; Food industry; Nebulization; Sanitization; Emerging technology

3.1 INTRODUÇÃO

Para assegurar a segurança dos alimentos, a etapa de sanitização é essencial no controle sanitário de ambientes, equipamentos e produtos alimentares, caracterizando-se por sua capacidade de reduzir e inativar microrganismos a níveis seguros (Ban et al., 2023). O desenvolvimento de tecnologias emergentes, como a nebulização, vem ganhando destaque quanto ao potencial e eficiência na redução de microrganismos e redução do consumo de água. A técnica da nebulização, conhecida também como aerossolização, destaca-se como uma tecnologia promissora para higienização industrial, por ser versátil, possuir baixo custo e possibilitar redução do consumo de água, frente as técnicas convencionais de higienização.

A técnica da nebulização é baseada na dispersão de sanitizantes químicos em forma de névoa fina pelo ar, podendo ser aplicada tanto para descontaminação de equipamentos e ambientes de processamento, quanto para descontaminação superficial de alimentos, sendo uma tecnologia de grande versatilidade para indústria de alimentos (Park; Kang, 2015). Neste cenário, esta tecnologia é promissora para descontaminação ambiental, em razão da cobertura 3D nos ambientes de processamento, reduzindo a possibilidade de recontaminação dos equipamentos por microrganismos ambientais. Adicionalmente, promove descontaminação das superfícies de equipamentos, atingindo regiões de difícil acesso (pontos frios) de equipamentos, sendo assim, uma técnica de grande potencial para redução da formação de biofilmes bacterianos.

Recentemente, diversas pesquisas têm apresentado resultados promissores quanto ao potencial para descontaminação de ambiente, equipamentos e em alimentos. Hayrapetyan et al., (2020) reportaram que a nebulização com ácido peracético (0,06%) foi eficaz no controle de esporos de *Geobacillus stearothermophilus* em ambiente, reduzindo 3 logs, após 10 min de aplicação. Pierozan et al., (2024) avaliaram o efeito antimicrobiano da nebulização e imersão com ácido láctico (LA - 3%) e com ácido peracético (PAA - 300 ppm) em filés de tilápia. Os autores relataram que a nebulização apresentou os melhores resultados para controle de *S. Typhimurium* (redução de 1,66 e 1,23 log com PAA e LA), sem afetar negativamente a qualidade do pescado. Fernandes Lemos Junior et al., (2025) relataram que a nebulização com desinfetantes à base de hipoclorito de sódio e de ácido peracético reduziram para *S. aureus*, *S. Typhimurium* e *E. coli*, pelo menos 5 logs em cupons de ácido inox, após 15 min de aplicação. Além disso,

a técnica de nebulização resultou em redução no consumo de solução sanitizante em aproximadamente 50% em relação ao processo de imersão.

A análise bibliométrica é uma das ferramentas utilizada no meio científico para avaliar e mensurar o perfil das produções científicas publicadas em um tema específico. Essa análise permite mapear e quantificar a produção de conhecimento em determinada área, identificando tendências, lacunas, autores mais produtivos, instituições de destaque, revistas mais relevantes e redes de colaboração entre pesquisadores. Além disso, contribui para avaliar o impacto de publicações e tecnologias emergentes, oferecendo subsídios valiosos para pesquisadores, gestores acadêmicos e formuladores de políticas científicas (Mauro Gouveia de Medeiros; Albeti Vieira Vitoriano, 2015).

Este estudo visa contribuir para futuras pesquisas científicas relacionadas ao tema, ao realizar uma análise do perfil bibliométrico de artigos publicados na última década (2014-2024), utilizando o software VOSviewer. A pesquisa visa correlacionar os padrões de publicação, identificando necessidades de aprimoramento no desenvolvimento e aplicação de técnicas para garantir a produção de alimentos seguros. Além disso, busca destacar os principais tópicos abordados, a fim de orientar futuras investigações na área.

3.2 Metodologia

Para realizar esta análise bibliométrica, foram utilizados documentos indexados na base de dados da plataforma Scopus, com foco em estudos e pesquisas sobre a utilização do processo de nebulização como método de sanitização na área de alimentos. A pesquisa foi realizada no mês de maio de 2024 utilizando os seguintes scriptors: “Fogging” OR “aerosolization” OR “Fog system” OR “Aerosolized” OR “Disinfectant fogging” OR “Fogging Technique” OR “Aerosolization system” AND “food industry” OR “food” OR “meat” OR “fish” OR “fruit” OR “dairy” OR “vegetable” OR “surface” OR “environment” OR “Environmental decontamination” OR “Surface decontamination” OR “biofilm” OR “Stainless Steel” OR “Peracetic acid” OR “Chlorine dioxide” OR “disinfect*” OR “Acetic acid” OR “Hydrogen peroxide” OR “Sanit*” AND NOT “COVID-19” OR “Dental” OR “Respiratory” OR “patient” OR “dengue” OR “aedes”, resultando em 2.882 publicações identificadas. Como forma de seleção, foram utilizados critérios de exclusão e seleção, iniciando pelo período de avaliação das publicações. Considerando entre os anos de 2014-2024 foram selecionadas 1.732

publicações, em seguida foram selecionados apenas artigos, resultando em 1.355 publicações, considerando apenas artigos no idioma inglês resultaram em 1.298 artigos.

A partir desta etapa foram selecionados apenas artigos ligados a área de alimentos, excluindo assim 1.260 publicações, das quais divergiam do quesito de alimentos. As pesquisas excluídas, na maioria, estavam relacionadas a utilização do processo de nebulização em ambientes hospitalares, clínica, equipamentos relacionados a área da saúde/medicina ou publicações relacionadas a métodos de anti-embacamento de vidros e embalagens. Desta forma, foram analisadas 38 publicações para análise e aprofundamento. Na **Figura 1**, pode-se observar o fluxograma metodológico realizado.

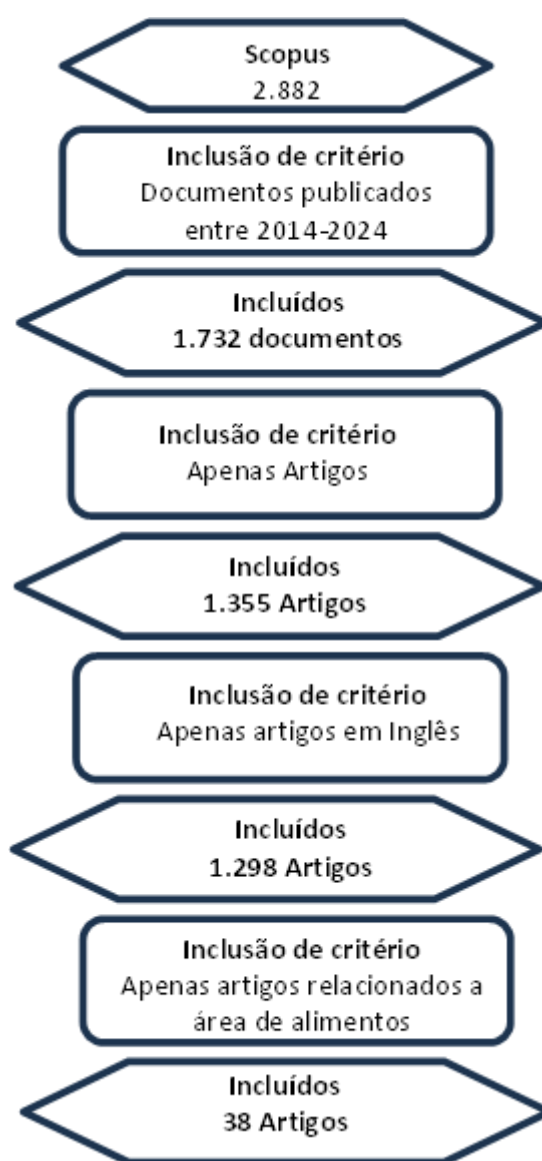


Figura 1. Fluxograma metodológico base de dados Scopus (2014-2024).

Para a realização da análise bibliométrica, os artigos selecionados foram exportados da base de dados Scopus em formato CSV, seguindo a metodologia adotada por (Salerno; De Araújo; Freitas, 2021) em estudo similar. A análise foi conduzida utilizando o software VOSviewer, versão 1.6.20 (<https://www.vosviewer.com>). O VOSviewer é um aplicativo utilizado para mapear e analisar redes de dados (Bukar et al., 2023). Lançado em 2010 na Scientometrics por (Van Eck; Waltman, 2010), o aplicativo destaca-se pelas diversas funcionalidades e pela facilidade na análise e formatação dos gráficos, permitindo vasta análise de dados e aprofundamento para estudiosos de diversas áreas (Orduña-Malea; Costas, 2021).

3.3 Resultados e Discussão

3.3.1 Perfil Geral Das Publicações

As pesquisas selecionadas foram analisadas com base nas áreas temáticas disponível na plataforma Scopus, contendo 13 classificações. Ciências Agrárias e Biológicas (n=29), Imunologia e Microbiologia (n=17), Bioquímica, Genética e Biologia Molecular (n=7), Medicina (n=6), Ciência Ambiental (n=4), Engenharia química (n=4), Engenharia (n=3), física e Astronomia (n=3), Ciências sociais (n=2), Profissões da Saúde (n=2), Química (n=2), Ciência dos Materiais (n=1) e Informática (n=1). Todas as publicações selecionadas (n=38), foram classificadas baseadas em sua aplicação na área de tecnologia de alimentos e aplicação no contexto da especialidade. Entretanto, grande parte das publicações selecionadas apresentam mais de uma área temática na classificação da base de dados Scopus. A principal área temática das publicações avaliadas é direcionada a ciências agrárias e biológicas (n=29), seguida da área temática de imunologia e microbiológica (n=17) e Bioquímica, Genética e Biologia Molecular (n=7), tal relação pode ser explicada pelo potencial do processo de nebulização aplicado a descontaminação e inativação microbiológica (Kim, Kim e Park, 2023; Møretro et al., 2019; Park e Kang, 2015). As demais áreas citadas, como por exemplo, ciência dos materiais (n=1), informática (n=1), física e astronomia (n=3), ciências sociais (n=2) e engenharia química (n=4), destacam a interação dos estudos relacionados ao processo de nebulização com as demais áreas, demonstrando perfil de aplicação e associação, sendo isto fundamental para alavancar o alcance do tema na área academia. Para a compilação dos dados foram desconsideradas publicações não originais como capítulos de livros,

book e revisões, sendo consideradas apenas publicações científicas (artigos), para o desdobramento bibliométrico.

3.3.2 Perfil Das Publicações Com Maior Número De Citações

A Tabela 1 descreve as dez publicações mais citada de acordo com a base de dados da Scopus, incluindo os autores, títulos, número de citações, revistas publicadas e os fatores de impacto. Em ordem decrescente, os trabalhos de maior relevância foram: (De Oliveira; Tikekar; Nitin, 2018; Fan; Sokorai; Gurtler, 2020; Jiang et al., 2017; Masotti et al., 2019; Møretro et al., 2019; Park; Kang, 2015; Song; Fan, 2020; Van de Velde et al., 2016; Van De Velde et al., 2016; Wang; Wu; Wang, 2022).

Considerando os periódicos de publicação, a revista *International Journal of Food Microbiology* (IF 5.4) possui quatro ocorrências entre as publicações (#1, #5, #6 e #8), estando em 5ª colocação quanto aos fatores de impacto dos periódicos avaliados. Considerando apenas o fator de impacto, o periódico de maior relevância científica foi a revista *Ultrasonics Sonochemistry*, destacando-se com um fator de impacto 8.4, seguido da *Food Research International* (IF 8.1), *Postharvest Biology and Technology* (IF 7.0), *Food Control* (IF 6.0), *International Journal of Food Microbiology* (IF 5.4), *Food Microbiology* (IF 5.3) e *Food Science and Technology International* (IF 2.3).

Ao decorrer da última década, as publicações relacionadas a aplicação do processo de nebulização, aplicado aos alimentos, apresentou oscilações, tendo o primeiro destaque significado em 2017, 2020 e 2021, conforme **Figura 2**. Esse aumento pode ser atribuído ao período crítico da pandemia de COVID-19, quando a segurança dos alimentos se tornou uma preocupação central. A maioria dos trabalhos desse período focou na prevenção da disseminação de patógenos em superfícies e alimentos (Ribeiro-Silva et al., 2020), por outro lado, devido ao período pandêmico ocorrido entre 2019 e 2021, o declínio de produções científicas impactou também o número de publicações, em especial pela dificuldade em manter a pesquisa em um período de restrição social como o ocorrido.

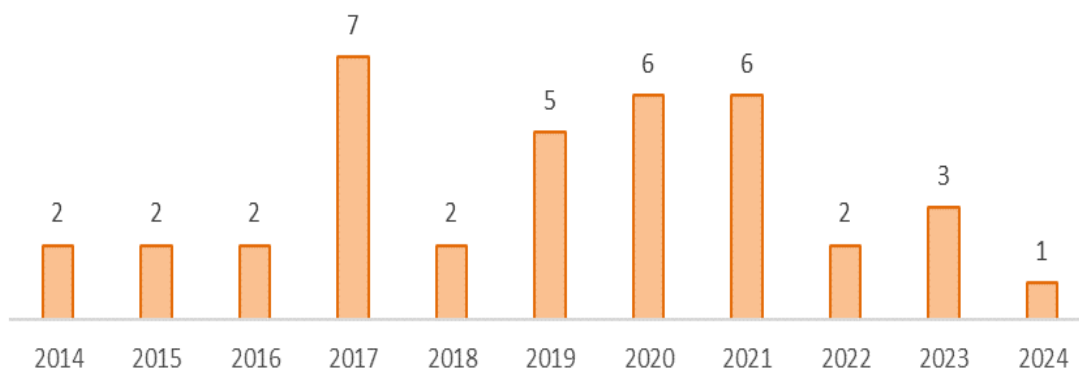


Figura 2. Relação de publicações por ano de artigos que abordam o método de nebulização aplicado em alimentos.

Quando avaliado as dez publicações mais relevantes em termos de citações tiveram início em 2015, no entanto, entre 2019 e 2020, observou-se aumento significativo no número de publicações sobre o tema.

Tabela 01: Top 10 trabalhos de pesquisa científica com o maior número de citações publicadas entre 2014 e 2024

	Autores	Títulos Periódicos	Citações	Revista	Fator de Impacto
#1	Y. Jiang et al. (2017)	Plasma frio aumenta a eficácia do peróxido de hidrogênio aerossolizado na redução de populações de <i>Salmonella</i> Typhimurium e <i>Listeria innocua</i> em tomates-uva, maçãs, melão cantalupo e alface-romana.	82	International Journal of Food Microbiology	5.4
#2	E.F. de Oliveira et al. (2018)	Combinação de curcumina aerossolizada e luz UV-A para a inativação de bactérias em superfícies de produtos frescos.	47	Food Research International	8.1
#3	F.Masotti et al. (2019)	Eficácia da desinfecção do ar por ozonização ou aerossolização de peróxido de hidrogênio em ambientes de laticínios.	38	Food Control	6.0
#4	Y. Song and X. Fan (2020)	Plasma frio aumenta a eficácia do peróxido de hidrogênio aerossolizado na redução de populações de <i>Salmonella</i> Typhimurium e <i>Listeria innocua</i> em tomates, maçãs, melão cantalupo e alface.	37	Food Microbiology	5.3

#5	S.-H. Park, D.-H. Kang (2015)	Tratamento combinado de gás dióxido de cloro e sanitizante aerossolizado para inativação de patógenos transmitidos por alimentos em folhas de espinafre e tomates.	34	International Journal of Food Microbiology	5.4
#6	T. Møretro et al. (2019)	Desinfecção de ambiente completo com névoa de peróxido de hidrogênio para o controle de <i>Listeria monocytogenes</i> em ambientes relacionados à indústria de alimentos.	29	International Journal of Food Microbiology	5.4
#7	J. Wang et al. (2022)	Combinação de lavagem com ácido peracético e ultrassom e aplicação de ácido ascórbico aerossolizado assistida por ultrassom: um novo método de desinfecção sem enxágue que melhora as atividades antibacteriana e antioxidante em tomate-cereja.	24	Ultrasonics Sonochemistry	8.4
#8	X. Fan, et al. (2020)	Processo de oxidação avançada para inativação de <i>Salmonella</i> Typhimurium em tomates por meio da combinação de ozônio gasoso e peróxido de hidrogênio aerossolizado.	22	International Journal of Food Microbiology	5.4
#9	F. Van de Velde et al. (2016)	Otimização da desinfecção de morangos por nebulização de uma mistura de ácido peracético e peróxido de hidrogênio com base na redução microbiana, cor e retenção de fitoquímicos.	21	Food Science and Technology International	2.3
#10	F. Van de Velde et al. (2016)	Impacto de um novo método de desinfecção pós-colheita baseado na nebulização de ácido peracético sobre o perfil fenólico dos morangos.	20	Postharvest Biology and Technology	7.0

3.3.3 Rede De Nações Com Mais Trabalhos Publicados.

Na **Figura 03**, pode-se observar a rede de países com maior número de publicações. Desta forma, tem a participação de 17 países (Fig. 01), sendo estes: Estados Unidos (n=12), Coreia do Sul (n=08), China (n=5), Argentina (n=03), Brasil (n=2), Japão (n=02), Tailândia (n=02), Austrália (n=02), Índia (n=01), França (n=01), Reino Unido (n=01), Itália (n=01), Noruega (n=01), Holanda (n=01), Suíça (n=01), Polônia (n=01), Alemanha (n=01). É importante destacar que um mesmo documento pode estar associado

a mais de um país, o que contribui para a ampla disseminação e evidencia a variação de estudos sobre o tema, bem como a difusão entre diferentes nações.

Entre os 10 artigos mais citados (**Tabela 1**), os países relacionados a tais publicações incluem: Estados Unidos (n=05), Argentina (n=02), China (n=02), Brasil (n=01), Itália (n=01), Noruega (n=01), Polônia (n=01) e Coreia do Sul (n=01). Assim, observando na análise geral das publicações (**Figura 3**), os 10 artigos mais citados também demonstram interligação entre os países de origem.

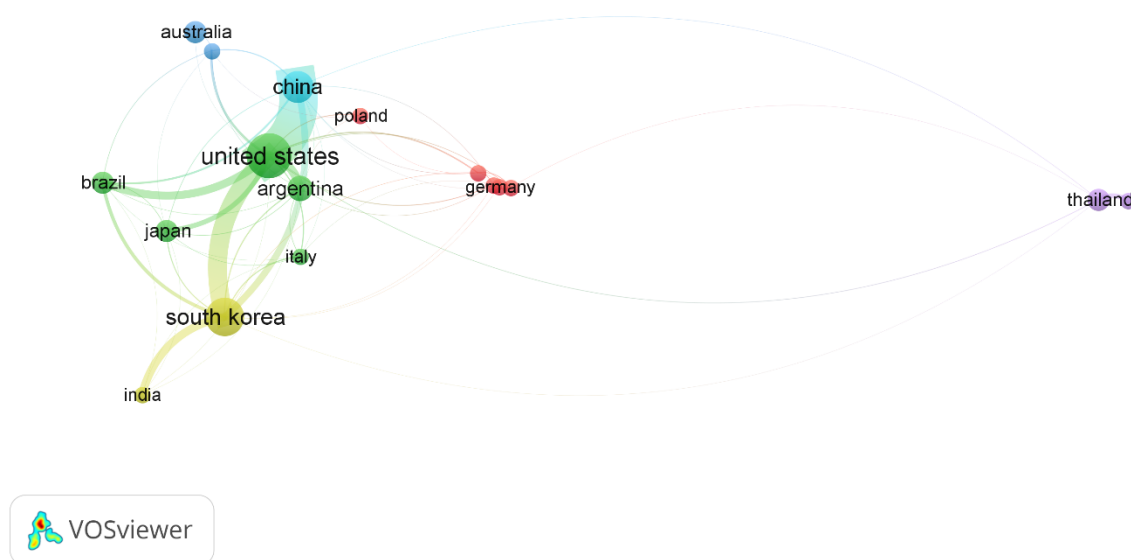


Figura 3 Rede de países que mais publica artigos que abordam o método de nebulização aplicado em alimentos.

Os países que mais publicam artigos sobre o processo de nebulização aplicado às tecnologias de alimentos são os Estados Unidos (n=12), Coreia do Sul (n=08) e China (n=05). Esses três países destacam-se como grandes potências no desenvolvimento de novas tecnologias (Castelã Nascimento, 2024; Gislene e Silva, 2024). Entre os dezessete países mapeados na rede de dados, cinco apresentaram coautoria em pelo menos uma publicação: Estados Unidos (n=12), Argentina (n=02), Brasil (n=01), China (n=02) e Japão (n=02) (Fig. 02). Os demais países não mostraram relações de coautoria (anexo). No total, os Estados Unidos representam 26,66% das publicações, sendo considerados precursores na aplicação do processo de nebulização em tecnologia de alimentos.

A **Figura 4** apresenta a rede de coautoria entre países. Observa-se que, no período de 2017 a 2018, os Estados Unidos, Argentina e Japão (cluster azul) foram os principais contribuidores em termos de número de publicações. Em contraste, a China concentrou suas publicações em 2019 (cluster verde), enquanto o Brasil teve um destaque significativo em 2021 (cluster amarelo). Outra informação relevante pode ser observada na correlação das citações entre países (Fig. 03). A análise revela uma correlação entre as citações de países como Itália (2019), Noruega (2019) e Índia (2023), além dos demais países apresentados na **Figura 5**.

Esses dados revelam uma expansão relevante do interesse acadêmico e científico na técnica de nebulização. A crescente quantidade de estudos e a diversificação das instituições envolvidas, demonstram o potencial do método para gerar novas descobertas e aplicações práticas, evidenciando a importância da técnica da nebulização como uma tecnologia emergente no processamento de alimentos seguros.

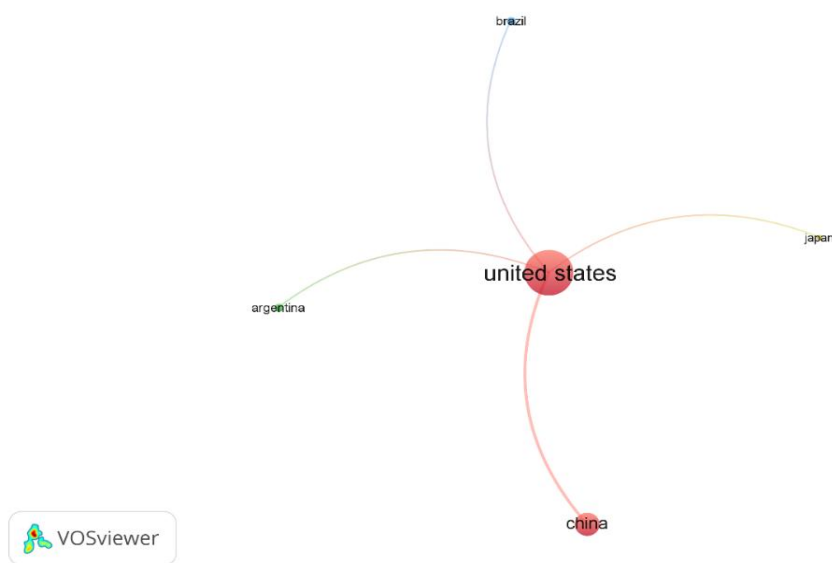


Figura 4. Rede de ocorrência entre países e coautoria que publicaram artigos que abordam o processo de nebulização aplicado em alimentos.

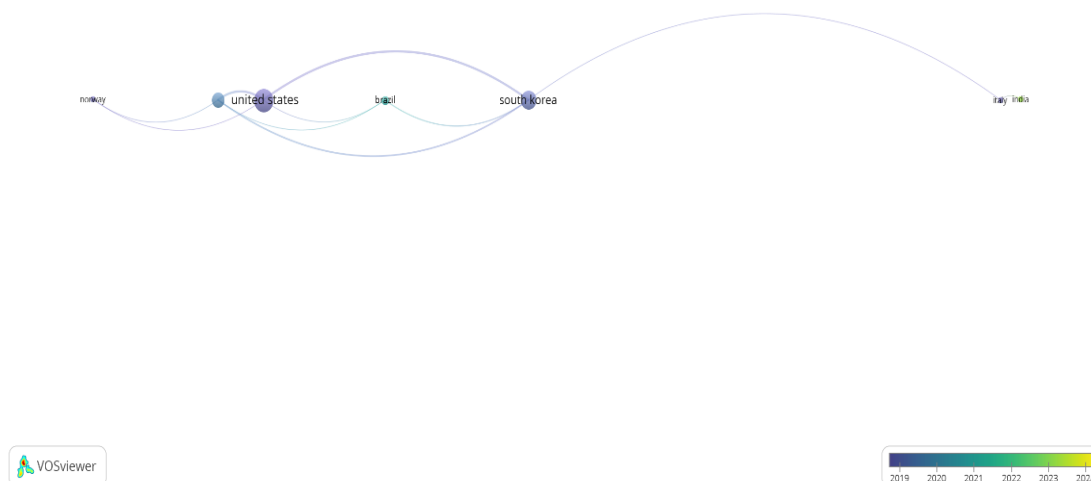


Figura 5. Rede de ocorrência de citações entre países que publicaram artigos que abordam o processo de nebulização aplicado em alimentos.

3.3.4 Rede Entre Instituições Agrupados Por Coautoria

No que diz respeito às instituições envolvidas na publicação dos artigos analisados, foram identificadas 81 instituições responsáveis pela publicação de trabalhos relacionados à aplicação do método de nebulização na área de alimentos. Dentre as 81 instituições destacam-se por número de citações: “Serviço de Pesquisa Agropecuária - Estados Unidos” (n=138), “Laboratório Chave de Nutrição e Segurança Alimentar – China” (n=101), “Centro de Nanotecnologia e Nanotoxicologia - Estados Unidos” (n=82) e “Fundação Capes – Brasil” (n=47).

Na análise da quantidade de publicações por instituição, quatro destacam-se com mais de uma publicação sobre o tema. Entre elas, o 'Department of Agriculture, Agricultural Research Service, Eastern Regional Research Center - USA' (n=3), "Faculty of Food and Chemical Engineering, Shaoyang University - China" (n= 02), “Food Technology Institute, National University Del Litoral - Argentina" (n= 02) and "Key Laboratory of Nutrition and Food Safety, University of Science and Technology - China" (n= 02).

Embora tenham sido identificadas 81 instituições envolvidas nas publicações analisadas, apenas três instituições apresentam colaboração nas publicações: a Faculdade de Alimentos e Engenharia Química da Universidade de Shaoyang, a Faculdade de Ciência Alimentar da Universidade Agrícola de Shenyang e a Shijiashike em Liaoyang, todas localizadas na China. Essa concentração de colaborações em um número restrito de

instituições chinesas sugere um padrão de colaboração predominantemente intranacional e, potencialmente, intrainstitucional.

A ausência de uma rede de cooperação internacional e de maior diversidade interinstitucional aponta para uma lacuna significativa no cenário atual da pesquisa. A expansão dessas colaborações, tanto no âmbito global quanto entre diferentes instituições de pesquisa, representa uma oportunidade estratégica para enriquecer o corpo de conhecimento existente. O estabelecimento de parcerias com instituições de pesquisa ao redor do mundo poderia não apenas diversificar as abordagens metodológicas e analíticas, mas promover compreensão mais profunda e holística do método de nebulização aplicado à tecnologia de alimentos. Essa ampliação colaborativa tem o potencial de acelerar inovações, promover a transferência de conhecimento entre culturas científicas distintas, e contribuir para avanços significativos na área.

3.3.5 Rede De Periódicos

Na **Figura 6**, pode-se observar a relação dos periódicos publicados. No total, as 38 publicações selecionadas foram disseminadas em 22 periódicos especializados na área. Quanto ao número de publicações por periódico destacam-se: International Journal of Food Microbiology (n= 05), Food Control (n= 04), Postharvest Biology and Technology (n= 04), Food Microbiology (n= 03), Ultrasound sonochemistry (n= 02), Journal of Food Safety (n= 02), Journal of Food Protection (n= 02) e Foods (n= 02).

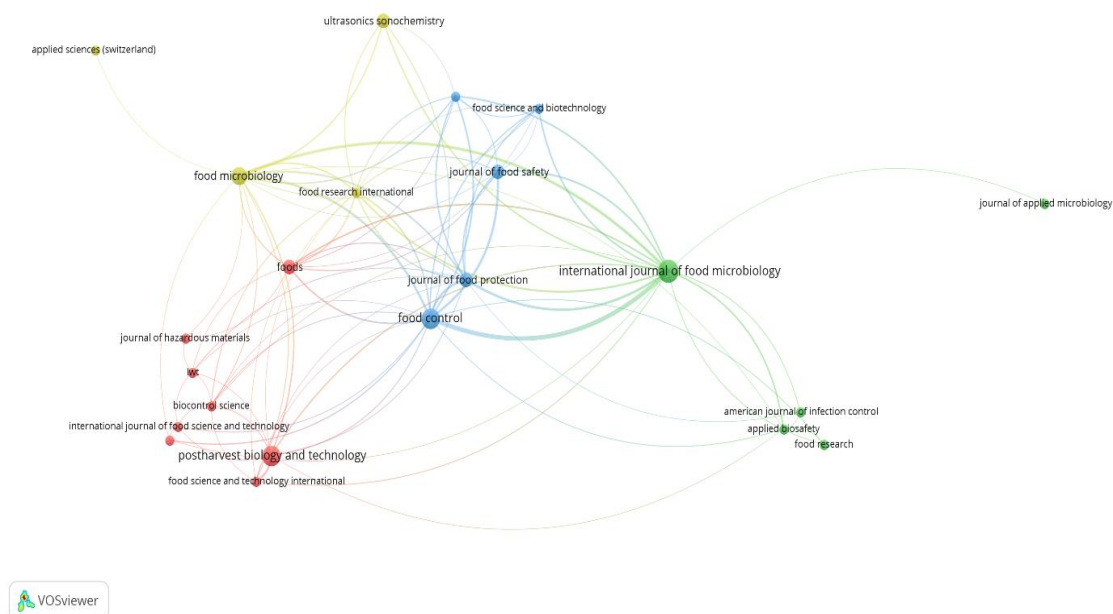


Figura 6. Rede de periódicos que publicaram artigos que abordam o processo de nebulização aplicado a área de alimentos.

Um dado relevante a ser destacado é a relação das dez revistas com o maior número de citações, sendo essas: International Journal of Food Microbiology (n= 180); Food Control (n= 76); Postharvest Biology and Technology (n= 62); Food Microbiology (n= 60); Food Research International (n= 47); Ultrasonics sonochemistry (n= 37); International Food Science and Technology (n= 21); Journal of Food Engineering (n= 16); Applied Biosafety (n= 14) E Journal of Food Safety (n= 10) (**Figura 7**). A relação entre os periódicos destacadas pela figura 5 e pela figura 6, demonstram a relação entre número de documentos e citações, entre os periódicos.

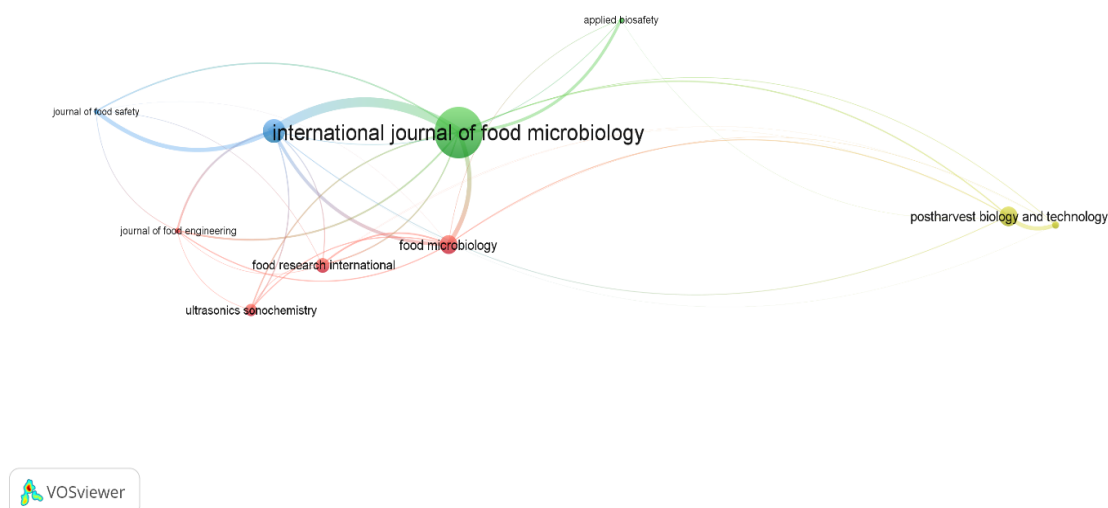


Figura 7. Rede de periódicos mais citados que abordam o processo de nebulização aplicado a área de alimentos.

A análise das publicações, considerando o fator de impacto dos dez periódicos mais relevantes em termos de número de citações, revela uma predominância de periódicos de alto impacto, sugerindo a importância e a qualidade das pesquisas. Destaque-se, entre eles, *Ultrasound Sonochemistry*, com fator de impacto de 8,7; *International Food Research*, com fator de impacto de 7,0; *Postharvest Biology and Technology*, com 6,4; e *Food Control*, com 5,6.

A distribuição das publicações em variedade de periódicos de alto impacto sugere que as pesquisas relacionadas à aplicação de métodos inovadores na área de alimentos, como a nebulização, estão ganhando reconhecimento significativo. Isso ressalta a crescente importância do campo e a necessidade de continuar explorando e divulgando esses avanços tecnológicos em periódicos de prestígio, para fomentar o desenvolvimento e a adoção de novas práticas na indústria de alimentos.

Quando avaliado o perfil temático das publicações analisados pela plataforma Scopus, 35,80% das 38 publicações são classificadas na área temática de Ciências Agrárias e Biológicas e 20,98% na área de Imunologia e Microbiologia. Além disso, as publicações abrangem diversas outras áreas temáticas, incluindo Bioquímica, Genética e Biologia Molecular; Medicina; Ciência Ambiental; Engenharia Química; Engenharia; Física e Astronomia; Ciências Sociais; Profissões da Saúde; Química; Ciência dos Materiais; e Informática. No total, as publicações foram classificadas em 81 áreas temáticas distintas.

É importante destacar que uma única publicação pode ser categorizada em mais de uma área temática, refletindo a natureza interdisciplinar das pesquisas realizadas. Essa diversidade temática evidencia a ampla aplicabilidade e o impacto das tecnologias estudadas, como o método de nebulização, em múltiplos campos do conhecimento. A presença significativa em áreas como Ciências Agrárias e Biológicas, bem como em Imunologia e Microbiologia, sugere forte ênfase para produção de alimentos seguros.

Além disso, a inclusão de áreas como Engenharia Química e Ciência dos Materiais aponta para a relevância das abordagens tecnológicas e de engenharia no desenvolvimento e aplicação de novas soluções para a produção e segurança de alimentos. Esse perfil temático diversificado sublinha a importância de uma abordagem multidisciplinar no avanço das tecnologias inovadoras no processamento de alimentos, promovendo interações relevantes entre diferentes áreas do conhecimento, incentivando colaborações entre si.

3.3.6 Rede De Coocorrência de Palavras-Chave entre Autores Mais Frequentes

Foram identificadas 135 coocorrências de palavras-chave entre os autores nos dados analisados (**Figura 8 e 9**). As palavras-chave de maior relevância no período avaliado (2014-2024) incluem 'nebulização' (n=08), 'aerossolização' (n=06), 'peróxido de hidrogênio' (n=06), 'desinfecção' (n=05) e 'qualidade' (n=05). Além dessas, a análise das 135 coocorrências permite identificar outras palavras-chave com mais de uma ocorrência, demonstrando uma tendência sobre os assuntos estudados nesta área. Entre elas destacam-se: 'produtos frescos' (n=04), 'biofilme' (n=03), 'ácido peracético' (n=03), 'tomate' (n=03), 'ácido acético' (n=02), 'dióxido de cloro' (n=02), 'ácido cítrico' (n=02), 'interação' (n=02), '*Listeria monocytogenes*' (n=02), 'patógeno' (n=02), '*Salmonella*' (n=02) e '*Salmonella Typhimurium*' (n=02).

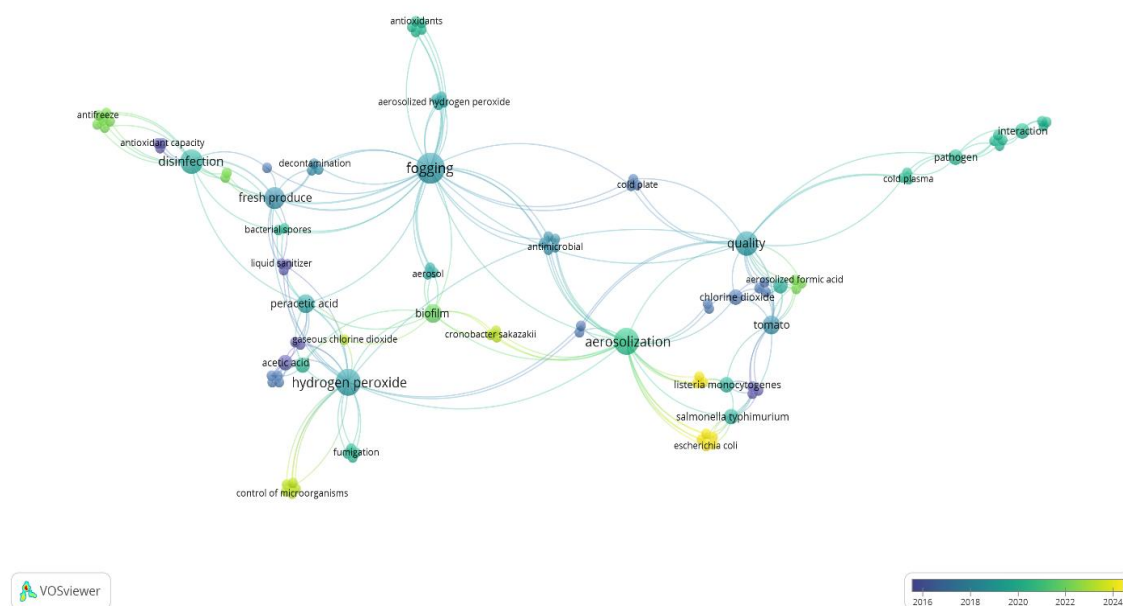


Figura 8. – Rede de coocorrência de palavras-chaves mapeadas entre os anos de 2014 e 2024. (Além das relações demonstrada na figura acima, foram identificadas palavras-chaves sem coocorrência entre os autores (anexo)).

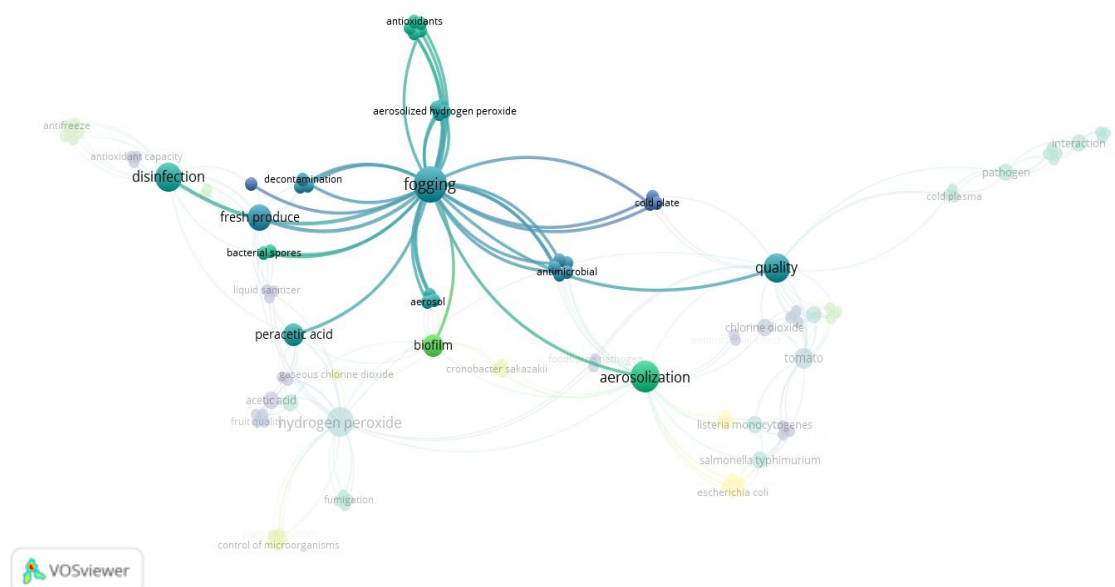


Figura 9. – Rede de palavras-chaves com coocorrência entre autores formadas a partir da ocorrência de “nebulização”, palavra-chave de maior correlação entre autores.

Analisando de forma cronológica (**Figura 8**) revela a evolução do tema e as diversas adaptações às diferentes possibilidades de aplicação da tecnologia na área de alimentos, indicando o direcionamento de pesquisas para o contexto de desinfecção. Entretanto, entre 2017 e 2019, houve crescimento significativo na diversidade e frequência das palavras-chave associadas, refletindo o desenvolvimento e a consolidação da área. Destacam-se nesse período: "nebulização" (n=08), "peróxido de hidrogénio" (n=06), "desinfecção" (n=05), "qualidade" (n=05), "produtos frescos" (n=04), "ácido peracético" (n=03), "tomate" (n=03), "dióxido de cloro" (n=02), "*Listeria monocytogenes*" (n=02), "*Salmonela*" (n=02) e "*Salmonella Typhimurium*" (n=02), sendo este período fundamental para o desenvolvimento da área, quanto a aplicação na área de alimentos.

Avançando para o período de 2020 a 2022 as palavras que apresentaram maior coocorrência entre autores foram: "aerossolização" (n=06), "biofilme" (n=03), "ácido cítrico" (n=02), "interação" (n=02), "patógeno" (n=02), bactérias transportadas pelo ar (n=03). Já nos anos de 2023, até maio de 2024, foram identificadas as seguintes palavras-chave: "Controle de microrganismos", "*Cronobacter sakazakii*", "*Escherichia coli*", "Segurança alimentar", "Dióxido de cloro gasoso", "Temperatura de crescimento", "Contaminação microbiana", "Inativação microbiana", "Proteção de plantas", "Estimulantes vegetais", "Conservantes", "Indução de resistência", "Nanopartículas de prata", "Água eletrolisada levemente ácida", "Água eletrolisada levemente ácida (AEA)", "*Staphylococcus aureus*" e "Análise transcriptômica".

Esses termos refletem um avanço da pesquisa, demonstrando a versatilidade e o potencial da técnica para o processamento de alimentos. Diante das palavras-chave identificadas é possível analisar o potencial de evolução do tema na área de alimentos, em especial, no início da década entre os anos de 2014 e 2019. Neste período, as publicações baseavam-se no potencial de desinfecção do método de nebulização e o agente sanitizante utilizado, principalmente sobre produtos minimamente processados, visto sua recorrência de correlação entre palavras-chave como "produtos frescos" (n=04) e "tomate" (n=03).

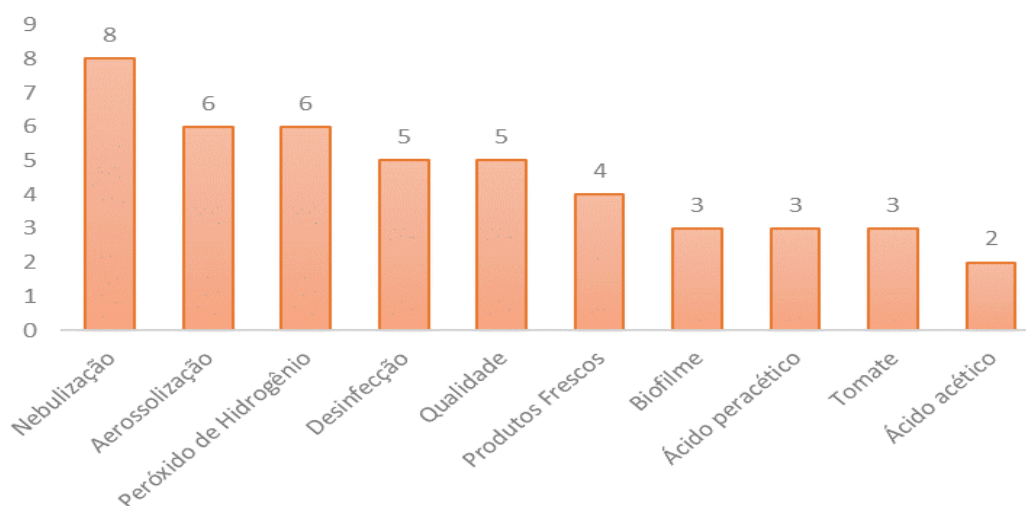
A aplicabilidade inicial da técnica de nebulização em produtos minimamente processados, como frutas e hortaliças, está possivelmente associada à necessidade de desenvolver e implementar novas técnicas de preservação, em função da alta perecibilidade desses produtos. Neste cenário, a nebulização pode atuar como uma

técnica adicional as técnicas convencionais de descontaminação (Fan; Sokorai; Gurtler, 2020).

Em decorrência da pandemia de COVID-19, os estudos subsequentes sobre o método de nebulização na área de alimentos identificaram novas palavras-chave, como 'Controle de microrganismos', 'Segurança de alimentos', 'Dióxido de cloro gasoso', 'Temperatura de crescimento', 'Contaminação microbiana', 'Inativação microbiana' e 'Indução de resistência'. Esses termos refletem a crescente preocupação com o controle de contaminações e agentes microbiológicos, devido a possibilidade de disseminação do SARS-CoV-2 por meio de alimentos, bem como seu potencial de permanência em superfícies de contato, como embalagens, que podem servir como vetores de contaminação cruzada para os consumidores (Franco; Landgraf; Pinto, 2020; Moraes, 2021). Adicionalmente, foi identificada a coocorrência de agentes patogênicos, com destaque para *Listeria monocytogenes*, *Salmonella Typhimurium*, *Escherichia coli*, *Cronobacter sakazakii* e *Staphylococcus aureus*, microrganismos frequentemente associados à contaminação de alimentos durante o processamento. (Umeda et al., 2017; Amaral et al., 2021; Batista et al., 2022).

Na **Figura 10**, pode-se observar as dez principais palavras-chave de maior relevância por coocorrência por citação e “link strength” (força de ligação), sendo: Nebulização; Aerossolização; Peróxido de Hidrogênio; Desinfecção; Qualidade; Produtos Frescos; Biofilme; ácido peracético; Tomate e Ácido acético, as palavras identificadas pela análise de dados pela plataforma Scopus.

a)



b)

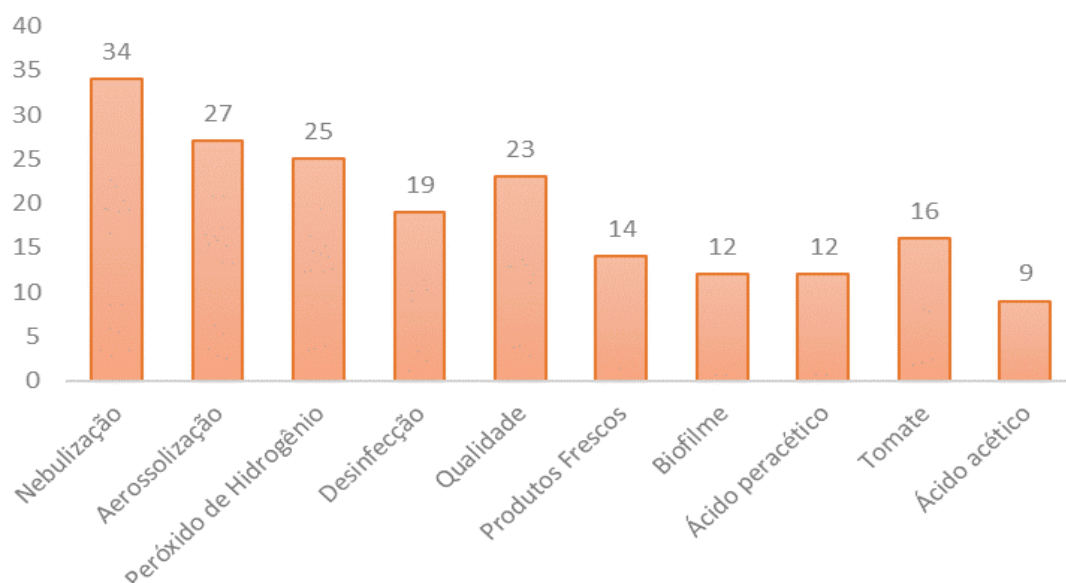


Figura 10. Gráfico de colunas dos 10 principais palavras-chave em função de ocorrências (a) e número de links (b).

As palavras “peróxido de hidrogênio”, “ácido peracético” e “ácido acético” direcionam ao agente químico sanitizante preferencialmente utilizado na aplicação das pesquisas publicadas. Estes agentes químicos demonstram alta eficácia contra patógenos como *Escherichia coli*, *Salmonella* e *Listeria* (Joshi et al., 2013; Cáceres Espitia, 2022), além de serem eficazes contra *Cronobacter sakazakii* em pepinos (Bang et al., 2017). Dada a relevância desses patógenos, esses agentes sanitizantes são de particular interesse em estudos que envolvem a aplicação da técnica de nebulização em alimentos, conforme ilustrado na **Figura 10**. Essa análise permite uma correlação entre os sanitizantes químicos utilizados e os patógenos predominantes analisados nesses estudos.

3.3.7 Limitações Do Estudo

O software **VOSviewer** realiza uma gama abrangente de análises bibliométricas, fornecendo aos pesquisadores acesso rápido e eficiente aos principais elementos correlacionados nas publicações. Isso facilita a identificação da incidência e coocorrência de temas, auxiliando a formulação de novas pesquisas com base em padrões emergentes. Contudo, apesar da vasta rede de correlações disponibilizadas, o software apresenta limitações significativas no que diz respeito à visualização clara da formação dos clusters

resultantes. Essa deficiência impede a identificação precisa dos perfis de rede associados a cada cluster, o que compromete a compreensão das relações estruturais subjacentes.

Além disso, foi identificada a ausência de informações descritivas detalhadas sobre as publicações analisadas dentro da plataforma. Essa lacuna pode limitar a capacidade dos pesquisadores de identificar as publicações específicas no momento da geração dos gráficos, dificultando a interpretação de sua relevância e conexão na rede de dados analisada. Assim, embora o software ofereça um poderoso ferramental para análise bibliométrica, essas limitações afetam a profundidade e a clareza das interpretações derivadas das análises realizadas.

3.3.8 Perspectivas

Por meio desta análise de dados coletados pela plataforma Scopus de pesquisas literárias, foi possível analisar as principais tendências e necessidades quanto a aplicação e disseminação da técnica de nebulização aplicada a área de alimentos. Foram analisados o perfil das publicações, tendência cronologia, palavras-chave, países e redes de ligações entre autores e periódicos.

Os dados revelam uma concentração significativa de publicações nos Estados Unidos, Coreia do Sul e China, sugerindo oportunidades para futuras colaborações com instituições e autores desses países, com o objetivo de ampliar a rede de publicações sobre o tema. Essa necessidade torna-se evidente ao analisar as redes de citação entre autores e coautores, que mostram uma predominância de pesquisadores chineses, e pode estar relacionado às barreiras linguísticas que dificultam associações internacionais mais amplas.

As palavras-chave mapeadas por meio da análise de coocorrência indicam o perfil do desenvolvimento das pesquisas sobre o tema, que se consolidou em 2019. Contudo, devido à pandemia de COVID-19, houve queda nas publicações subsequentes, com uma retomada do interesse a partir de 2023. As palavras-chave em destaque sugerem uma forte relação entre a técnica de nebulização e a redução da carga microbiológica, com aplicações frequentes em frutas e hortaliças. Diante desse panorama, torna-se essencial o desenvolvimento de novos estudos voltados a outros tipos de alimentos, como observado recentemente para descontaminação de pescado (Pierozan et al., 2024), a fim de avaliar o potencial de aplicação da técnica em uma gama mais ampla de produtos alimentares.

Desta forma as pesquisas seguintes devem direcionar-se para a análises sobre a viabilidade de aplicação, expandindo o foco para as demais áreas alimentícias e desenvolvendo modelos aplicáveis também para produtos de origem animal, ampliando as possibilidades de aplicação e analisando outros agentes bacterianos de importância alimentar.

3.2 REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA

BAN, Ga Hee *et al.* **Comparison of the efficacy of physical and chemical strategies for the inactivation of biofilm cells of foodborne pathogens.** *Food Science and Biotechnology* The Korean Society of Food Science and Technology, 1 out. 2023.

BANG, H.-J.; KIM, S.-E.; PARK, S.-Y.; RAHAMAN, M. F.; HA, S.-D. *Synergistic effects of combined ultrasound and peroxyacetic acid treatments against Cronobacter sakazakii biofilms on fresh cucumber.* **LWT – Food Science and Technology**, v. 84, p. 91–98, 2017. DOI: 10.1016/j.lwt.2017.05.037.

BUKAR, Umar Ali *et al.* A method for analyzing text using VOSviewer. **MethodsX**, v. 11, 1 dez. 2023.

CÁCERES ESPITIA, John Jairo; CAYCEDO LOZANO, Liliana; TRUJILLO SUÁREZ, Diana Marcela. *Efecto bactericida del ácido acético presente en el vinagre, una alternativa a desinfectantes sintéticos o químicos: revisión sistemática.* **Revista Boletín REDIPE**, v. 11, n. 1, p. 440–451, 2022.

FAN, Xuetong; SOKORAI, Kimberly J. B.; GURTLE, Joshua B. Advanced oxidation process for the inactivation of Salmonella typhimurium on tomatoes by combination of gaseous ozone and aerosolized hydrogen peroxide. **International Journal of Food Microbiology**, v. 312, 2 jan. 2020.

FERNANDES LEMOS JUNIOR, Wilson José *et al.* Fogging vs immersion techniques for sustainable pathogen inactivation on stainless steel surfaces using commercial sanitizers. **Journal of Food Engineering**, v. 384, 1 jan. 2025.

FRANCO, Bernadette Dora Gombossy de Melo; LANDGRAF, Mariza; PINTO, Uelinton Manoel. Alimentos, Sars-CoV-2 e Covid-19: contato possível, transmissão improvável. **Estudos Avancados**, v. 34, n. 100, p. 189–202, 1 jan. 2020.

HAYRAPETYAN, Hasmik *et al.* Inactivation kinetics of Geobacillus stearothermophilus spores by a peracetic acid or hydrogen peroxide fog in comparison to the liquid form. **International Journal of Food Microbiology**, v. 316, 2 mar. 2020.

JIANG, Yunbin *et al.* Cold plasma-activated hydrogen peroxide aerosol inactivates Escherichia coli O157:H7, Salmonella Typhimurium, and Listeria innocua and maintains

quality of grape tomato, spinach and cantaloupe. **International Journal of Food Microbiology**, v. 249, p. 53–60, 16 maio 2017.

JOSHI, K.; MAHENDRAN, R.; ALAGUSUNDARAM, K.; NORTON, T.; TIWARI, B. K. *Novel disinfectants for fresh produce*. **Trends in Food Science & Technology**, v. 34, p. 54–61, 2013. DOI: 10.1016/j.tifs.2013.08.008.

MASOTTI, Fabio *et al.* Effectiveness of air disinfection by ozonation or hydrogen peroxide aerosolization in dairy environments. **Food Control**, v. 97, p. 32–38, 1 mar. 2019.

MAURO GOUVEIA DE MEDEIROS, José; ALBETI VIEIRA VITORIANO, Maria. **A EVOLUÇÃO DA BIBLIOMETRIA E SUA INTERDISCIPLINARIDADE NA PRODUÇÃO CIENTÍFICA BRASILEIRA THE EVOLUTION OF BIBLIOMETRICS AND ITS INTERDISCIPLINARITY IN BRAZILIAN'S SCIENTIFIC PRODUCTION**. 2015.

MORAES, Gustavo Henrique. **Covid-19: Persistência do SAR-CoV-2 em superfícies inanimadas e risco de contágio por embalagens para alimentos** Pesquisador do Cetea. 2021.

MØRETRØ, Trond *et al.* Whole room disinfection with hydrogen peroxide mist to control *Listeria monocytogenes* in food industry related environments. **International Journal of Food Microbiology**, v. 292, p. 118–125, 2 mar. 2019.

OLIVEIRA, Marcel De Campos. CONDIÇÕES HIGIENICOSSANITÁRIAS DO PROCESSO DE FABRICAÇÃO DE QUEIJO MINAS FRESCAL PRODUZIDO ARTESANALMENTE: UMA REVISÃO DA LITERATURA CIENTÍFICA. *In: Ciência e Tecnologia de Alimentos: o avanço da ciência no Brasil - Volume 2*. 2018. Editora Científica Digital, 2022. p. 143–159.

ORDUÑA-MALEA, Enrique; COSTAS, Rodrigo. Link-based approach to study scientific software usage: the case of VOSviewer. **Scientometrics**, v. 126, n. 9, p. 8153–8186, 1 set. 2021.

PARK, Sang Hyun; KANG, Dong Hyun. Combination treatment of chlorine dioxide gas and aerosolized sanitizer for inactivating foodborne pathogens on spinach leaves and tomatoes. **International Journal of Food Microbiology**, v. 207, p. 103–108, 1 ago. 2015.

PIEROZAN, Rodrigo Cesar *et al.* Exploring the Potential of Natural Fibers to Enhance Stability and Load-Bearing Capacity in Shallow Foundations. *In: Editora Omnis Scientia*, 19 dez. 2024.

RIBEIRO-SILVA, Rita de Cássia *et al.* Covid-19 pandemic implications for food and nutrition security in Brazil. **Ciencia e Saude Coletiva**, v. 25, n. 9, p. 3421–3430, 2020.

SALERNO, Byanca Neumann; DE ARAÚJO, Paula Carina; FREITAS, Maria do Carmo Duarte. Curadoria Digital. **Em Questão**, p. 185–208, 7 dez. 2021.

SONG, Yuanyuan; FAN, Xuetong. Cold plasma enhances the efficacy of aerosolized hydrogen peroxide in reducing populations of Salmonella Typhimurium and Listeria innocua on grape tomatoes, apples, cantaloupe and romaine lettuce. **Food Microbiology**, v. 87, 1 maio 2020.

UMEDA, Natália Scudeller *et al.* Phenotypic characterization of Cronobacter spp. strains isolated from foods and clinical specimens in Brazil. **Food Research International**, v. 102, p. 61–67, 1 dez. 2017.

VAN DE VELDE, Franco *et al.* Impact of a new postharvest disinfection method based on peracetic acid fogging on the phenolic profile of strawberries. **Postharvest Biology and Technology**, v. 117, p. 197–205, 1 jul. 2016.

VAN DE VELDE, Franco *et al.* Optimization of strawberry disinfection by fogging of a mixture of peracetic acid and hydrogen peroxide based on microbial reduction, color and phytochemicals retention. **Food Science and Technology International**, v. 22, n. 6, p. 485–495, 1 set. 2016.

VAN ECK, Nees Jan; WALTMAN, Ludo. Software survey: VOSviewer, a computer program for bibliometric mapping. **Scientometrics**, v. 84, n. 2, p. 523–538, 2010.

WANG, Jiayi; WU, Zhaoxia; WANG, Hongbin. Combination of ultrasound-peracetic acid washing and ultrasound-assisted aerosolized ascorbic acid: A novel rinsing-free disinfection method that improves the antibacterial and antioxidant activities in cherry tomato. **Ultrasonics Sonochemistry**, v. 86, 1 maio 2022.

4 **CAPÍTULO II** – Estudo Do Processo De Nebulização Com Ácido Peracético Na Inativação De *Salmonella* Spp. Em Superfícies Compostas Por Polipropileno (Pp) E Polietileno (Pe)

RESUMO

A etapa de sanitização nas rotinas produtivas é parte fundamental para garantir o padrão microbiológico e sanitário dos alimentos. Para assegurar a inocuidade, é essencial a avaliação criteriosa da técnica empregada e do agente químico sanitizante mais adequado a cada aplicação. A *Salmonella* spp. é um dos principais agentes microbiológicos envolvidos com contaminação de alimentos e surtos de Doenças de Transmissão Hídrica e Alimentar, sendo foco de estudos quanto ao seu controle ambiental e em alimentos. Diante dessa realidade, o aprofundamento no desenvolvimento e validação de novas tecnologias de controle microbiológico torna-se essencial para apoiar a indústria na adoção de estratégias mais eficazes, sustentáveis e seguras, contribuindo para a redução dos riscos à saúde pública. O presente estudo comparou a eficiência da sanitização de solução comercial à base de ácido peracético (108ppm), por meio das técnicas de imersão e nebulização em superfícies compostas por polietileno (PE) e polipropileno (PP) em diferentes tempos, assim como, avaliou o impacto ambiental quanto a redução no consumo hídrico entre as técnicas. Os resultados obtidos demonstraram efetividade de sanitização em ambas as técnicas, contudo, pelo método de imersão a inativação ocorreu em 10 minutos de aplicação, enquanto na nebulização, a inativação das cepas foi observada, após 15 minutos. Em relação aos aspectos ambientais, a sanitização por nebulização apresentou redução em 48,6% sobre o volume hídrico utilizado em relação à imersão, sem perda de eficácia, após 15 min de aplicação.

Palavras-chaves: Ácido peracético; Nebulização; *Salmonella* spp.; Sanitização; Segurança dos alimentos.

ABSTRACT

The sanitization step in production routines is a fundamental part of ensuring the microbiological and sanitary standards of food products. To guarantee safety, it is essential to carefully evaluate the technique used and the most appropriate chemical sanitizing agent for each application. *Salmonella* spp. is one of the main microbiological agents involved in food contamination and outbreaks of Waterborne and Foodborne Diseases (WFD), and it is a focus of studies regarding its environmental and food control. Given this reality, the advancement in the development and validation of new microbiological control technologies is essential to support the industry in adopting more effective, sustainable, and safe strategies, thereby contributing to the reduction of public health risks. This study compared the sanitization efficiency of a commercial solution based on peracetic acid (108 ppm) using immersion and nebulization techniques on surfaces composed of polyethylene (PE) and polypropylene (PP) at different exposure times, as well as evaluating the environmental impact in terms of water consumption reduction between the techniques. The results demonstrated effective sanitization with both techniques; however, the immersion method achieved inactivation within 10 minutes of application, while in nebulization, strain inactivation was observed after 15 minutes. Regarding environmental aspects, sanitization by nebulization resulted in a 48.6% reduction in water volume used compared to immersion, without loss of efficacy after 15 min of application.

Keywords: Peracetic acid; Nebulization; *Salmonella* spp.; Sanitization; Food safety.

4.1 INTRODUÇÃO

A segurança dos alimentos baseia-se em ações realizadas ao longo do processo de produção, até o consumo dos alimentos, das quais são constituídas por procedimentos preventivos para mitigar desvios dos quais impactem na saúde pública (Pandolfi; Moreira; Teixeira, 2020). Falhas nas ferramentas de auto controle durante ou após a produção, resultam no desenvolvimento de DTHA (Doenças de Transmissão Hídrica e Alimentar) causadas pela ingestão de agentes patogênicos como bactérias, vírus, parasitas, toxinas ou substâncias químicas.

De acordo com (Batista et al., 2022) os principais agentes etiológicos relacionados ao desenvolvimento de DTHA são *Escherichia coli*, *Staphylococcus aureus* e *Salmonella* spp. A elevada notificação dos agentes etiológicos em surtos hídricos e alimentares, podem ser associados em especial a falhas no processo de limpeza e sanitização de utensílios e equipamentos, visto que estes microrganismos, pertencentes a família Enterobacteriaceae, são inativados através do processo de sanitização adequado. (Gabaron et al., 2020; Oliveira, 2022; Morais de Oliveira; Severo; Jantsch, 2023).

O processo de higienização refere-se a etapa de retirada de resíduos visíveis, bem como a garantia quanto a qualidade microbiológica dos alimentos produzidos (Menegaro et al., 2016). Falhas ocasionadas durante esta etapa impactam no controle higiênico dos alimentos, propiciando o crescimento e a multiplicação de microrganismos patogênicos (Pereira Junior et al., 2024). A sanitização química é atualmente o método mais utilizado, sendo este amplamente implementado nas indústrias alimentícias para sanitização de ambientes e equipamentos, sendo caracterizada quanto ao seu potencial de desnaturação de proteínas e a peroxidação lipídica e alterações estruturais nas membranas celulares, ocasionando morte celular (Ban et al., 2023).

Embora os métodos convencionais de sanitização demonstrem eficácia na garantia da descontaminação, apresentam limitações, como o elevado consumo de sanitizantes e de água, bem como a dificuldade de alcançar áreas de difícil acesso “pontos cegos”. Tais restrições podem comprometer a eficiência do processo e, consequentemente, representar riscos à segurança dos alimentos. Diante dessas limitações, técnicas inovadoras de sanitização, classificadas como tecnologias emergentes, vêm sendo desenvolvidas e gradualmente incorporadas aos processos industriais, visando maior eficiência, sustentabilidade e segurança (Ribeiro; Rocha; Cruz, 2021). A implementação dessas

técnicas tem sido objeto de estudo em países como Estados Unidos, China e em diversas nações europeias, com expansão progressiva também observada na América Latina.

Uma das técnicas em ascensão é a nebulização, conhecida também como aerossolização, da qual visa a aplicação de sanitização por um meio com compostos sanitizantes por névoa fina no ar, podendo ser amplamente utilizada em ambientes ou alimentos (Park; Kang, 2015). Estudos recentes indicam a aplicabilidade e potencial de sanitização tanto para ambientes e equipamentos, mas também para alimentos, demonstrando ser uma técnica bastante versátil para indústria alimentícia (Alves dos Santos; Vieira do Amaral; Sartori, 2022; Fan; Sokorai; Gurtler, 2020; Pierozan et al., 2024).

De modo geral, a indústria alimentícia demanda de elevados volumes de água para a manutenção de seus processos produtivos, especialmente no que se refere à garantia dos padrões de higienização exigidos pelos órgãos reguladores (Liu; Haynes, 2011). Tal demanda torna-se particularmente significativa nas etapas da produção em que o uso da água é intrínseco aos procedimentos operacionais, como no controle de resíduos, no tratamento de efluentes e nas fases de processamento propriamente ditas (Borges et al., 2022). Com o intuito de mitigar os impactos ambientais decorrentes dessas práticas, têm-se intensificado os investimentos em tecnologias emergentes, que se destacam não apenas pelo elevado potencial sanitizante e pela capacidade de assegurar a segurança microbiológica dos alimentos, mas também pela contribuição significativa para a redução do consumo hídrico nas etapas de sanitização industrial e alimentícia (Botondi et al., 2023).

Diante disto, o presente estudo visou avaliar de forma comparativa a utilização da sanitização com desinfetante comercial (à base de ácido peracético - 108 ppm) por meio das técnicas de nebulização e imersão na descontaminação de superfícies compostas por polietileno (PE) e polipropileno (PP), contaminadas experimentalmente por pools de cepas de *Salmonella* Typhimurium (ATCC® 13311™ and ATCC® 14028™).

4.2 MATERIAIS E MÉTODOS

O experimento foi conduzido no laboratório de microbiologia aplicada do Instituto Federal Goiano – Campus Rio Verde – GO. As cepas utilizadas foram cedidas pelo próprio Instituto Federal Goiano – Campus Rio Verde, sendo utilizadas as cepas *Salmonella* Typhimurium (ATCC® 13311™ and ATCC® 14028™), das quais foram utilizadas para

contaminar de forma experimental os cupons de Polipropileno (PP) e Polietileno (PE), sendo que os cupons foram gentilmente cedidos pela empresa Intralox (Figura 1a) para a verificação da influência dos tratamentos de nebulização e imersão frente ao pool de *Salmonella* spp., utilizada para o experimento. As cepas foram padronizadas a (10^8) e mantidas acondicionadas em câmara incubadora BOD (Limatec, modelo LT 320 T) a 4°C.

Para a padronização do inóculo, as cepas de *Salmonella* Typhimurium (ATCC® 13311™ and ATCC® 14028™), foram cultivadas, separadamente, em tubos Falcon com caldo Brain Heart Infusion (BHI) e incubadas em estufa bacteriológica (Thelga, modelo TE64CB) a 37°C/24 horas. Posteriormente, realizou-se a centrifugação (Solab, modelo SL-701 da marca) a 5190 rpm por 10 minutos a 4°C, e em seguida, foram retirados os sobrenadantes e realizado a lavagem dos pellets por 3 vezes seguidas, utilizando solução salina 0,85%. Os pellets foram, então, reidratados com água salina 0,85% para ajuste da concentração através da escala de McFarland, sendo padronizadas em $1,5 \times 10^8$ UFC/mL (Tubo 0,5), em seguida, foi feita a mistura para a formação dos pools de *Salmonella* Typhimurium. Para confirmação da concentração, foi utilizado 0,1 ml em superfície do ágar PCA para quantificação das células, sendo incubado em estufa bacteriológica a 37°C por 24 horas.

Para a retirada de sujidades foi realizado a limpeza dos cupons em solução alcalina de hidróxido de sódio (NaOH) a 1% sendo sonificados (Cristófoli, modelo cuba de ultrassom cristófoli) por 20 minutos, sendo posteriormente lavados, até a remoção completa da solução alcalina. Posteriormente, os cupons foram secos e acondicionados individualmente nas placas de Petri, seguindo com todo o material para esterilização 121°C/15 min. Após a esterilização, as placas foram secas em estufas e identificadas para realização das análises. Nesta etapa, foram adicionados em cada cupons 10 µL do pool de *Salmonella*, sendo espalhada com auxílio de alça estéril formando uma fina camada líquida, em seguida, aguardou-se 30 minutos para a secagem dos cupos em estufa de fluxo laminar (Filterflux, modelo SBIIA1) com ventilação de ar.

Para sanitização, foi utilizada uma solução comercial à base de ácido peracético (Vortexx™ ES ECOLAB - 13,5% p/p ácido peracético), considerando a diluição recomendada no rótulo de 0,8 mL para 1 L de água destilada estéril, resultando em concentração final de 108 ppm. Para a execução da técnica de nebulização, foi utilizado um compartimento do nebulizador (VENTISOL, modelo U-04), acoplado a uma mangueira plástica e a caixa de acrílico (30 L) (Figura 1b). Todos os componentes

estruturais foram devidamente limpos com água e detergente neutro e posteriormente descontaminados com álcool 70% e exposição a luz UV por 30 minutos, para descontaminação. Em seguida, foi adicionado ao nebulizador 1 L da solução sanitizante padronizada. Para o processo de imersão, foi empregado o mesmo preparo da solução sanitizante utilizado na técnica de nebulização, no entanto, nesta técnica, 45 mL da solução sanitizante foram adicionados diretamente sobre os cupons dispostos em placas de Petri (Figura 1c). Em relação aos tempos de exposição, foram adotados os intervalos de 0, 5, 10 e 15 minutos para ambas as técnicas de sanitização (nebulização e imersão).

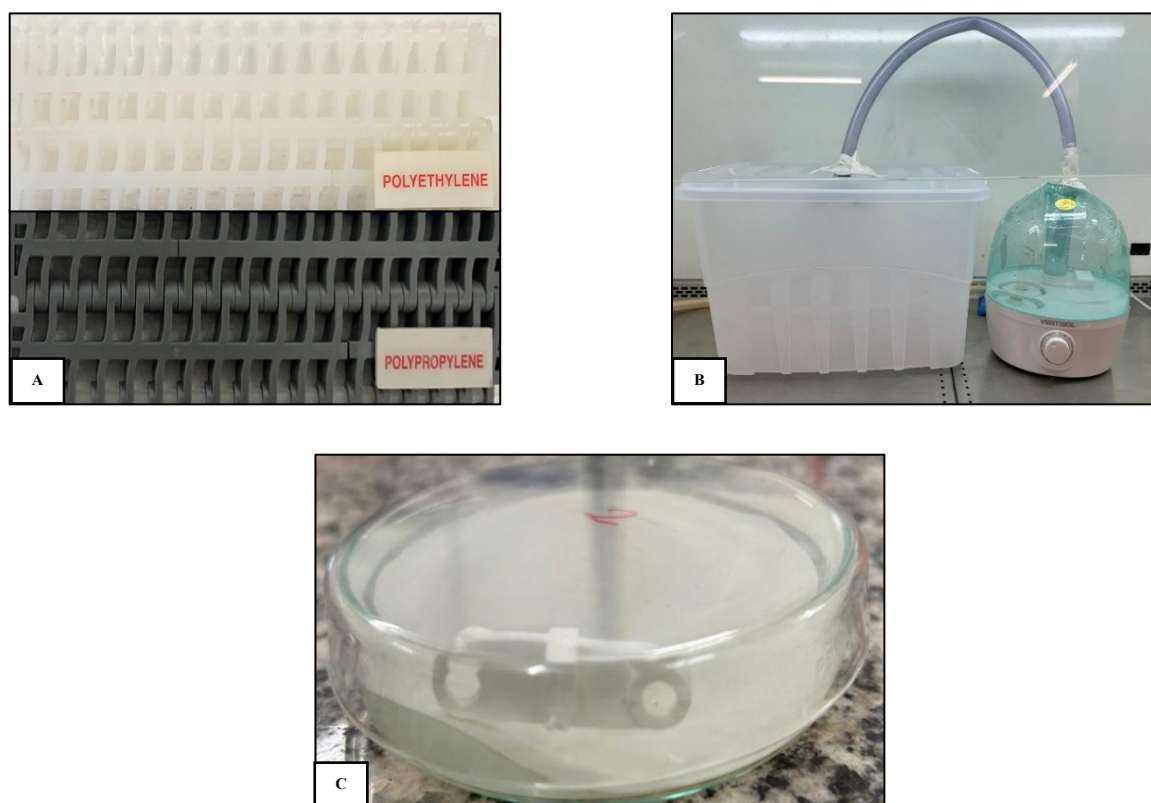


FIGURA 1 – Modelo de cupons disponibilizados (Intralox) (A); Técnica de Tratamento de nebulização (equipamento desenvolvido) (B) e Técnica de imersão (C). Fonte: Própria autora.

Em seguida, os cupons que foram submetidos ao tratamento pelas técnicas de sanitização, foram retirados das placas de Petri com o auxílio de uma pinça estéril e colocados em tubos de ensaio contendo 10 mL de Caldo Neutralizante Dey Engley contendo 1g de pérolas de vidro, para facilitar o desprendimento dos microrganismos dos cupons. Os tubos foram levados ao vórtex na velocidade máxima por 30 segundos. Após o vórtex, 1 mL de amostra foi retirado do tubo de ensaio e realizado a técnica da diluição seriada e o plaqueamento realizado em superfície em ágar PCA. As análises foram feitas

para as amostras de cupons de cada tratamento, em duplicatas, e as placas foram incubadas a 37°C por 24 horas.

4.3 RESULTADOS E DISCUSSÕES

A higienização adequada de ambientes, estruturas e superfícies em uma indústria de alimentos é ponto crucial para garantir a qualidade higiênico-sanitária dos produtos (Silva et al., 2024), falhas nos processos de limpeza e sanitização podem resultar na formação de biofilmes, os quais aderem às estruturas e propiciam a contaminação cruzada nos processos industriais, sendo essa formação facilitada pela composição física e estrutural das superfícies, desta forma, é essencial a aplicação de técnicas de higienização adaptadas a cada situação (Marreiro Carlos; Paolo Germano Lima Araújo; Herlene Greyce da Silveira Queiroz, 2018).

A Figura 2 apresenta os resultados obtidos, após a aplicação das técnicas de nebulização e imersão, referentes à persistência bacteriana dos *pools* inoculados sobre os cupons. A quantificação foi expressa em escala log de UFC/cupon permitindo a comparação do padrão de redução microbiana em função do tempo de aplicação para cada técnica.

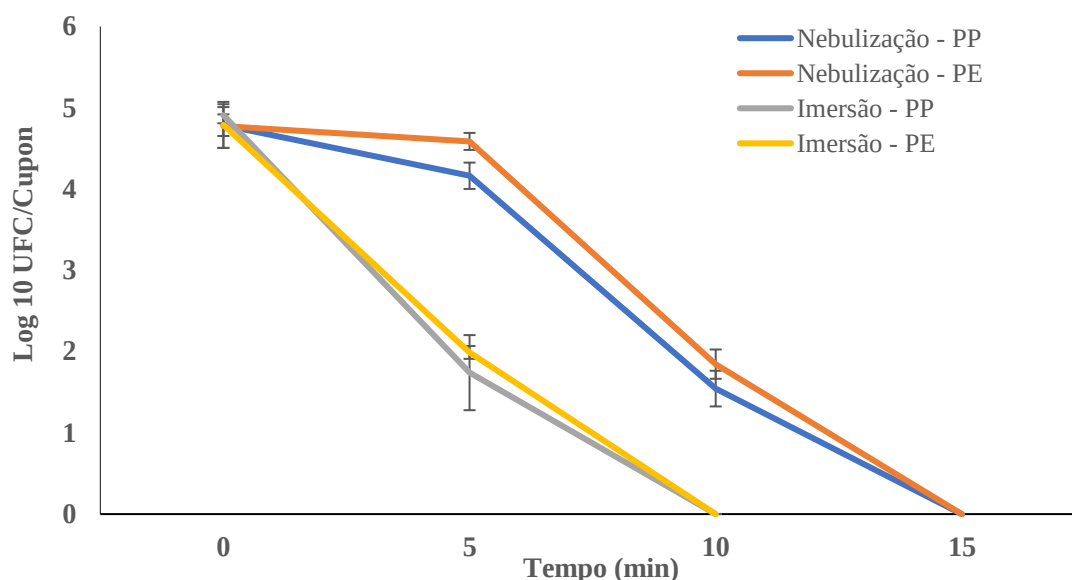


FIGURA 2 – População de sobreviventes (Log UFC/cupon) do pool de *Salmonella* Typhimurium nos cupons de polietileno (PE) e polipropileno (PP), após a aplicação de sanitizante (Ácido peracético), pelas técnicas de nebulização (azul e laranja) e imersão (amarelo e cinza).

Os resultados demonstram que a técnica de imersão apresentou maior velocidade

na redução microbiana em comparação à nebulização, considerando os mesmos tempos de exposição (Figura 2). Esse desempenho superior pode estar relacionado ao maior contato da solução sanitizante com toda a superfície dos cupons, favorecendo a ação direta do ácido peracético sobre as células microbianas. Observou-se que, independentemente do método de aplicação e do tipo de material avaliado (PP ou PE), a inativação microbiana apresentou comportamento semelhante, sem apresentar diferença significativa ($p > 0,05$), indicando que a natureza da superfície polimérica não influenciou significativamente na eficácia do processo. Tal constatação é relevante, uma vez que evidencia a aplicabilidade dos métodos em diferentes superfícies de equipamentos comum na indústria de alimentos, ampliando o potencial de implementação em distintos equipamentos e condições operacionais.

Especificamente, verificou-se que, para a imersão, ocorreu a redução de aproximadamente 3 log após 5 minutos de tratamento, enquanto resultado equivalente foi obtido pela nebulização, após 10 minutos de aplicação. Além disso, após 10 minutos de imersão, a contagem de microrganismos sobreviventes atingiu valores inferiores ao limite mínimo de detecção (10^1 UFC/cupon), demonstrando a elevada eficácia do método nesse intervalo de tempo. Em contrapartida, para a nebulização, esse mesmo patamar foi alcançado, após 15 minutos de exposição, indicando uma necessidade de maior tempo de contato para garantir níveis de sanitização equivalentes.

Os resultados obtidos neste estudo foram semelhantes aos relatados por Fernandes Lemos Junior et al., (2025), que compararam a eficácia das técnicas de nebulização e imersão em cupons de aço inoxidável e também observaram maior eficiência da imersão em relação à nebulização. De acordo com os dados apresentados, após 5 minutos de aplicação do ácido peracético (108 ppm) por imersão, foi verificada a redução de aproximadamente 6 log de *Salmonella Typhimurium*, enquanto a nebulização promoveu redução a cerca de 3 log no mesmo intervalo de tempo. Tal diferença pode ser explicada pelo maior contato da solução sanitizante com a superfície no processo de imersão, assegurando ação mais rápida e uniforme sobre os microrganismos. No caso da nebulização, é necessário que ocorra a saturação do sanitizante no ambiente para que sejam observadas reduções mais expressivas (Jarvis et al., 2021). Essa mesma tendência foi constatada no presente estudo (Figura 2), no qual a taxa de redução microbiana até 5 minutos quase não foi alterada, além de ser consideravelmente menor na nebulização em comparação à imersão. No trabalho de Fernandes Lemos Junior et al., (2025), esse comportamento também foi evidenciado pela presença de um “ombro” na curva de

inativação de *Salmonella Typhimurium* durante a aplicação por nebulização, indicando uma fase inicial de maior resistência antes do início do declínio acentuado da população microbiana.

Ao comparar os resultados do presente estudo com os de Fernandes Lemos Junior et al., (2025), observa-se que a taxa de redução microbiana, após 5 minutos de aplicação do sanitizante foi inferior em ambos os processos avaliados. Essa diferença pode estar associada às características das superfícies testadas. Segundo Picollo de Oliveira et al., (2019) a superfície regular do aço inoxidável favorece a higienização, pois reduz a adesão microbiana, facilita a remoção dos microrganismos aderidos e dificulta a formação de biofilmes em ambientes industriais. Em contraste, a maior rugosidade e porosidade das superfícies poliméricas utilizadas no presente estudo (PP e PE) podem ter favorecido maior fixação celular, o que explica a menor taxa de inativação observada no mesmo intervalo de tempo quando comparada ao aço inox.

Apesar de alguns autores relatarem diferentes afinidades de determinadas espécies bacterianas por diferentes materiais, no presente estudo, não foram verificadas diferenças estatisticamente significativas entre as taxas de redução microbiana obtidas para polipropileno e polietileno. Dalla Costa et al., (2016), por exemplo, avaliaram a capacidade de adesão de diferentes microrganismos e constataram que *Salmonella Typhimurium* e *Pseudomonas aeruginosa* apresentaram maior adesão ao polipropileno, reforçando a maior resistência desse material aos processos de higienização. Por outro lado, (Meneses Barros; Strasburg, 2014) ao estudarem tábuas de corte de polipropileno, verificaram maior aderência de *Staphylococcus aureus* e *Escherichia coli*. Esses resultados sugerem que a interação entre microrganismo e material não é uniforme, podendo variar de acordo com a espécie bacteriana e com as características específicas da superfície avaliada.

Essa variabilidade evidencia a importância de considerar o tipo de polímero empregado em ambientes industriais, visto que superfícies mais suscetíveis à colonização microbiana podem demandar estratégias adicionais de higienização ou o uso de sanitizantes mais eficazes, de modo a garantir a segurança dos alimentos e a efetividade dos procedimentos de sanitização (Fysun et al., 2019).

Mesmo diante dos resultados menos expressivos relacionados à sanitização de superfícies de polietileno, esse material permanece amplamente utilizado em ambientes industriais voltados à produção de alimentos, considerando que diversas estruturas de

manipulação e contato com os alimentos são compostas por este material, em especial devido suas características, que se apresentam quimicamente inertes por causa da estrutura parafínica, com alto peso molecular e cristalinidade parcial, ganhando destaque na indústria alimentícia por não possuírem componentes tóxicos (Fernanda M. B. Coutinho; Ivana L. Mello; Luiz C., 2003).

Apesar dos resultados observados indicarem maior tempo de aplicação necessário para a inativação dos microrganismos, a técnica de nebulização mostrou-se eficaz no controle ambiental, considerando o período atualmente adotado na etapa de sanitização em indústrias de alimentos de 15 minutos (Mendes Da Silva; Dupont; Machado, 2022). Adicionalmente, a nebulização é uma técnica de grande versatilidade, podendo ser aplicada para descontaminação de ambientes, superfícies de equipamentos e da superfície de alimentos. Além disso, por possibilitar a dispersão de sanitizantes em forma de névoa fina, favorece a penetração e a descontaminação de fissuras e áreas de difícil acesso, permitindo uma cobertura 3D do ambiente de processamento (Masotti et al., 2019; Oh et al., 2005; Pierozan et al., 2024).

Diversos estudos têm demonstrado a eficácia da nebulização para a descontaminação de superfícies de equipamentos. Park et al., (2012) avaliaram a redução microbiana, expressa em log UFC/cupon, em materiais de PVC e aço inoxidável experimentalmente contaminados com *Escherichia coli* O157:H7, *Salmonella* Typhimurium e *Listeria monocytogenes*. Os autores não observaram diferenças significativas entre os materiais testados; entretanto, verificaram que a sanitização com ácido peracético apresentou maior eficácia em comparação ao hipoclorito de sódio na mesma concentração, embora demandasse um período de exposição mais prolongado. Esses achados corroboram os resultados do presente estudo, uma vez que, para ambos os materiais avaliados, a aplicação do ácido peracético por nebulização mostrou-se efetiva, sem diferenças significativas entre os tipos de superfície.

Em estudo similar (Choi et al., 2012), destaca a utilização da técnica para descontaminação por *E. coli* O157:H7, *Salmonella* Typhimurium e *Listeria monocytogenes*, sanitizados com solução de peróxido de hidrogênio (0,25 e 0,5%) em aço inox, sendo que o limite de detecção (1 log) foi observado entre os tempos de 15 a 60 minutos de aplicação para as respectivas concentrações.

Além da eficácia da nebulização na descontaminação de equipamento a técnica

apresenta grande potencial para descontaminação ambiental de ambientes de processamento (Masotti et al., 2019). Esta capacidade ganhou mais notoriedade com o cenário recente vivido mundialmente durante a pandemia da COVID-19, em que o controle ambiental em diversos ambientes de processamento, passou a ter maior relevância (Ding; Yu; Cao, 2020; Maqbool; Farhan; Qamar, 2024). Assim, desenvolver técnicas e barreiras sanitárias nos ambientes industriais deixou de ser uma exigência complementar e passou a fazer parte integrante dos processos, atuando de forma proativa no controle higienizo-sanitário em indústrias de alimentos (Zimmerman et al., 2021).

Hayrapetyan et al., (2020), avaliaram o efeito da nebulização em esporos de *Geobacillus stearothermophilus* presentes em cupons espalhados em uma cabine e observaram uma inativação maior que 5 logs, após 10 minutos de aplicação de ácido peracético a 0,06%. Em outro estudo avaliando o impacto da nebulização na descontaminação ambiental, (Masotti et al., 2019) observaram resultados relevantes para controle ambiental de setores específicos de uma indústria de laticínios com a aerossolização química com peróxido de hidrogênio (5–15%). Os autores verificaram a presença de microrganismos nos equipamentos em virtude da recontaminação proveniente do ambiente, ressaltando a relevância da técnica de nebulização, como medida de descontaminação ambiental.

Além de garantir a eficácia na descontaminação, o desenvolvimento de métodos aplicados à indústria de alimentos tem avançado com o objetivo de assegurar a segurança microbiológica e, ao mesmo tempo, minimizar o impacto ambiental associado aos processos convencionais de higienização. Considerando que o setor alimentício apresenta elevado consumo de água potável em suas operações, torna-se imprescindível adotar alternativas que conciliem eficiência sanitizante e uso racional dos recursos hídricos (Meneses; Stratton; Flores, 2017; Pascual; Llorca; Canut, 2007). De acordo com a Agência Nacional de Águas, o setor alimentício, destaca-se entre os principais ofensores no controle hídrico (Agência Nacional de Águas (Brasil), 2017).

De acordo com (Montoya; Finamore, 2020), com base em dados de 2015, cerca de 80,07% do consumo de água no Brasil está associado à produção agroindustrial, sendo que uma parcela expressiva se concentra nas indústrias de abate e derivados de carne, laticínios, pesca e na indústria de alimentos em geral. Além do consumo vinculado aos requisitos legais de produção — como na avicultura e suinocultura, que possuem volumes pré-estabelecidos de água por animal para abate e desossa —, esses setores apresentam

consumo significativo de água, também em função das etapas de limpeza e sanitização de ambientes, equipamentos e utensílios (Cristina; Leme; Leme, 2018; Lazzaretti Dal Pai, 2023).

Diante do impacto hídrico ambiental associado aos processos de fabricação em indústrias alimentícias, é fundamental o aprofundamento de novas técnicas direcionadas a redução do consumo durante as etapas de produção. Conforme abordado por (Fernandes et al., 2024), as tecnologias emergentes apresentam-se promissoras quanto a integração com a sustentabilidade, estabelecendo a inovação e impulsionando a inclusão dos aspectos ambientais. Nesse contexto, a nebulização configura-se como uma tecnologia inovadora e promissora, capaz de reduzir significativamente o consumo de água e de sanitizantes químicos, sem comprometer a eficiência na inativação microbiana. Assim, em relação às técnicas tradicionais, como a imersão, a nebulização destaca-se não apenas pela eficácia, mas também pelo potencial de contribuir para práticas mais sustentáveis na indústria de alimentos (Fernandes Lemos Junior et al., 2025; Masotti et al., 2019).

Os resultados presentes neste estudo demonstraram que a nebulização reduziu significativamente o consumo de água na descontaminação de *Salmonella Typhimurium* em comparação à imersão, sem comprometer a segurança microbiológica. Após 15 min de aplicação, tempo geralmente aplicado durante o processo de sanitização industrial, foi observado a redução de 48,6% no consumo de água e sanitizante em relação ao volume médio registrado na imersão. Poucos estudos são encontrados na literatura comparando o consumo hídrico entre os processos de sanitização de equipamentos via nebulização e imersão, contudo este resultado obtido está de acordo com o obtido por (Fernandes Lemos Junior et al., 2025). Os autores também identificaram a redução do consumo de água pela técnica de nebulização, constatando a redução média de até 50% quando comparado com a técnica de imersão, reforçando a aplicabilidade da técnica como tecnologia emergente sustentável em ambientes produtivos.

Esses achados reforçam o potencial da nebulização como alternativa sustentável ao método de imersão tradicionalmente empregado na indústria de alimentos, conciliando eficácia sanitizante e uso racional de recursos. Neste contexto, os resultados demonstram que a técnica de nebulização apresenta maior efetividade para a redução do consumo de água na etapa de sanitização de superfícies, sem comprometer a segurança dos alimentos.

4.4 CONCLUSÃO

Diante do exposto, conclui-se que a técnica de nebulização, assim como a de imersão, são alternativas viáveis para a descontaminação de superfícies compostas por polietileno (PE) e polipropileno (PP), apesar da necessidade de um tempo de exposição mais prolongado, quando comparado a técnica de imersão, para a completa inativação dos pools de cepas de *Salmonella* spp., a técnica manteve a eficácia, especialmente quando avaliada nos parâmetros médios de aplicação utilizados nas rotinas industriais. Em conjunto, a aplicação da técnica é excelente alternativa para a redução de gastos hídricos, auxiliando no controle ambiental e na disseminação da técnica como uma tecnologia sustentável.

4.5 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS (BRASIL). **ÁGUA NA INDÚSTRIA: uso e COEFICIENTES TÉCNICOS**. Brasília: 2017

ALVES DOS SANTOS, Damaris; VIEIRA DO AMARAL, Gabriela; SARTORI, Fabio. Jessica do Vale Simas. **Society and Development**, 2022.

BAN, Ga Hee *et al.* **Comparison of the efficacy of physical and chemical strategies for the inactivation of biofilm cells of foodborne pathogens. Food Science and Biotechnology**The Korean Society of Food Science and Technology, 1 out. 2023.

BATISTA, Jeniffer Dutra de Souza *et al.* Intoxicações por alimentos e bebidas e ocorrência das doenças de transmissão hídrica e alimentar no Brasil. **Saúde e Pesquisa**, v. 15, n. 4, p. 1–21, 7 dez. 2022.

BOTONDI, Rinaldo *et al.* **The Use of Ozone Technology: An Eco–Friendly Method for the Sanitization of the Dairy Supply Chain. Foods**MDPI, , 1 mar. 2023.

CHOI, Na Young *et al.* Efficacy of aerosolized hydrogen peroxide-based sanitizer on the reduction of pathogenic bacteria on a stainless steel surface. **Food Control**, v. 27, n. 1, p. 57–63, set. 2012.

CRISTINA, Rosana; LEME, Biral; LEME, Ricardo Carvalho. O CONSUMO DE ÁGUA NA PRODUÇÃO DE AVES, LEITE E SUÍNOS DO MUNICÍPIO DE FRANCISCO BELTRÃO-SO PR: UMA PROPOSTA DE EDUCAÇÃO AMBIENTAL NAS AULAS DE GEOGRAFIA Water Consumption in Chicken, Milk and Swine Production in the Municipality of Francisco Beltrão-SO PR: A Proposal for Environmental Education in Geography Lessons. 2018

DALLA COSTA, Karine Angélica *et al.* FORMAÇÃO DE BIOFILMES BACTERIANOS EM DIFERENTES SUPERFÍCIES DE INDÚSTRIAS DE ALIMENTOS. **Revista do Instituto de Laticínios Cândido Tostes**, v. 71, n. 2, p. 75, 7 jun. 2016.

DING, Junwei; YU, Chuck Wah; CAO, Shi Jie. HVAC systems for environmental control to minimize the COVID-19 infection. **Indoor and Built Environment**, v. 29, n. 9, p. 1195–1201, 1 nov. 2020.

FAN, Xuotong; SOKORAI, Kimberly J. B.; GURTNER, Joshua B. Advanced oxidation process for the inactivation of *Salmonella typhimurium* on tomatoes by combination of gaseous ozone and aerosolized hydrogen peroxide. **International Journal of Food Microbiology**, v. 312, 2 jan. 2020.

FERNANDES LEMOS JUNIOR, Wilson José *et al.* Fogging vs immersion techniques for sustainable pathogen inactivation on stainless steel surfaces using commercial sanitizers. **Journal of Food Engineering**, v. 384, 1 jan. 2025.

FERNANDES, Allysson Barbosa *et al.* TECNOLOGIAS EMERGENTES E SUSTENTABILIDADE: TENDÊNCIAS E PERSPECTIVAS FUTURAS. **Revista Políticas Públicas & Cidades**, v. 13, n. 1, p. e722, 6 maio 2024.

GABARON, Débora de Almeida *et al.* MICRO-ORGANISMOS INDICADORES DE CONTAMINAÇÃO DE UM ABATEDOURO DE FRANGOS COLONIAIS SITUADO NA REGIÃO NOROESTE DO ESTADO DO PARANÁ. **Brazilian Journal of Development**, v. 6, n. 8, p. 60998–61007, 2020.

HAYRAPETYAN, Hasmik *et al.* Inactivation kinetics of *Geobacillus stearothermophilus* spores by a peracetic acid or hydrogen peroxide fog in comparison to the liquid form. **International Journal of Food Microbiology**, v. 316, 2 mar. 2020.

JARVIS, T. *et al.* Efficacy of three disinfectant formulations and a hydrogen peroxide/silver fogging system on surfaces experimentally inoculated with meticillin-resistant *Staphylococcus pseudintermedius*. **Journal of Veterinary Science**, v. 22, n. 4, p. e48, 2021.

LAZZARETTI DAL PAI, Elisa. **CONSUMO CONSCIENTE DE ÁGUA EM ABATEDOURO DE AVES**. 2023. Disponível em: <www.journal.idesf.org.br>.

LIU, Y. Y.; HAYNES, R. J. Influence of land application of dairy factory effluent on soil nutrient status and the size, activity, composition and catabolic capability of the soil microbial community. **Applied Soil Ecology**, v. 48, n. 2, p. 133–141, jun. 2011.

MAQBOOL, Muhammad Ehsan; FARHAN, Ahmad; QAMAR, Muhammad Azam. **Global impact of COVID-19 on food safety and environmental sustainability: Pathways to face the pandemic crisis**. **Heliyon**Elsevier Ltd, , 15 ago. 2024.

MARREIRO CARLOS, Daniely; PAOLO GERMANNO LIMA ARAÚJO, Lattes; HERLENE GREYCE DA SILVEIRA QUEIROZ, Lattes. **Higienização em indústrias de bebidas-segmento cerveja: uma revisão de literatura Hygienization in beverage industries-beer segment: a literature review.** 2018.

MASOTTI, Fabio *et al.* Effectiveness of air disinfection by ozonation or hydrogen peroxide aerosolization in dairy environments. **Food Control**, v. 97, p. 32–38, 1 mar. 2019.

MENDES DA SILVA, Elierbeth; DUPONT, Gabriele Kuhn; MACHADO, Fábio Pereira. **CONTROLE DE QUALIDADE: LIMPEZA E HIGIENIZAÇÃO NAS INDÚSTRIAS ALIMENTÍCIAS QUALITY CONTROL: CLEANING AND SANITIZATION IN FOOD INDUSTRIES.** 2022.

MENEGARO, A. *et al.* Sanitizantes: Concentrações e Aplicabilidade na Indústria de Alimentos. **Scientia Agraria Paranaensis**, v. 15, n. 2, p. 171–174, 30 jun. 2016.

MENESES BARROS, Cintia; STRASBURG, Virgílio José. **Artigo Original Avaliação de microrganismos mesófilos Aeróbicos em placas de corte Após diferentes métodos de higienização Evaluation of mesophilic aerobic in cutting boards after different methods of cleaning Clin Biomed Res.** 2017.

MENESES, Yulie E.; STRATTON, Jayne; FLORES, Rolando A. **Water reconditioning and reuse in the food processing industry: Current situation and challenges. Trends in Food Science and Technology** Elsevier Ltd, , 1 mar. 2017.

MONTOYA, Marco Antonio; FINAMORE, Eduardo Belisário. Os recursos hídricos no agronegócio brasileiro: Uma análise insumo-produto do uso, consumo, eficiência e intensidade. **Revista Brasileira de Economia**, v. 74, n. 4, p. 441–464, 2020.

MORAIS DE OLIVEIRA, Andréia; SEVERO, Joseana; JANTSCH, Marla Teresinha. Avaliação de Salmonella spp e enterobactérias em carcaças, utensílios e equipamentos em um frigorífico de suínos. **Revista de Ciência e Inovação**, v. 9, n. 1, p. 1–17, 12 jun. 2023.

OH, S. W. *et al.* Aerosolization as novel sanitizer delivery system to reduce food-borne pathogens. **Letters in Applied Microbiology**, v. 41, n. 1, p. 56–60, 2005.

OLIVEIRA, Marcel De Campos. CONDIÇÕES HIGIENICOSSANITÁRIAS DO PROCESSO DE FABRICAÇÃO DE QUEIJO MINAS FRESCAL PRODUZIDO ARTESANALMENTE: UMA REVISÃO DA LITERATURA CIENTÍFICA. *In: Ciência e Tecnologia de Alimentos: o avanço da ciência no Brasil - Volume 2.* [S.l.]: Editora Científica Digital, 2022. p. 143–159.

PANDOLFI, Izabela Andrade; MOREIRA, Larissa Quirino; TEIXEIRA, Estelamar Maria Borges. Segurança alimentar e serviços de alimentação-revisão de literatura. **Brazilian Journal of Development**, v. 6, n. 7, p. 42237–42246, 2020.

PARK, Sang Hyun *et al.* Inactivation of biofilm cells of foodborne pathogen by aerosolized sanitizers. **International Journal of Food Microbiology**, v. 154, n. 3, p. 130–134, 15 mar. 2012.

PARK, Sang Hyun; KANG, Dong Hyun. Combination treatment of chlorine dioxide gas and aerosolized sanitizer for inactivating foodborne pathogens on spinach leaves and tomatoes. **International Journal of Food Microbiology**, v. 207, p. 103–108, 1 ago. 2015.

PASCUAL, A.; LLORCA, I.; CANUT, A. Use of ozone in food industries for reducing the environmental impact of cleaning and disinfection activities. **Trends in Food Science and Technology**, v. 18, n. SUPPL. 1, jan. 2007.

PEREIRA JUNIOR, José *et al.* HIGIENIZAÇÃO DE AMBIENTE EM AGROINDÚSTRIA FAMILIAR DE EMBUTIDOS CÁRNEOS. **Higiene Alimentar**, v. 2024, n. 01, p. 01, 2024.

PICOLLO DE OLIVEIRA, Amauri *et al.* Adesão de Salmonella Enteritidis envolvida em surtos alimentares sob diferentes superfícies e condições ambientais. **Scientia Plena**, v. 15, n. 11, 15 dez. 2019.

PIEROZAN, Rodrigo Cesar *et al.* Exploring the Potential of Natural Fibers to Enhance Stability and Load-Bearing Capacity in Shallow Foundations. *In: Editora Omnis Scientia*, 19 dez. 2024.

RIBEIRO, Nathalia; ROCHA, Ramon S.; CRUZ, Adriano G. Tecnologias emergentes aplicadas na América Latina. **Ver Alimentos: Ciência, Tecnologia e Meio Ambiente**, v. 2, n. 7, p. 23, 2021. Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio de Janeiro (IFRJ).

SILVA, Juliana Bernardo da *et al.* Aspectos gerais e principais agentes biológicos envolvidos em surtos de doenças veiculadas por alimentos (DVA's): uma revisão. **OBSERVATÓRIO DE LA ECONOMÍA LATINOAMERICANA**, v. 22, n. 4, p. e4031, 5 abr. 2024.

ZIMMERMAN, Tahl *et al.* Tackling airborne virus threats in the food industry: A proactive approach. **International Journal of Environmental Research and Public Health**, v. 18, n. 8, 2 abr. 2021.

5. CONCLUSÃO GERAL

O processo de higienização na indústria alimentícia é fundamental para o controle higiênico-sanitário, sendo a escolha da técnica adequada determinante para a eficiência da descontaminação. A nebulização destaca-se como uma tecnologia emergente, capaz de atingir superfícies e ambientes de difícil acesso, garantindo ampla cobertura e controle microbiológico efetivo. Além de apresentar eficácia similar aos métodos convencionais, a nebulização com ácido peracético (108 ppm) mostrou-se eficiente na inativação de microrganismos em superfícies de polietileno e polipropileno em apenas 15 minutos, evidenciando a capacidade sanitizante. Ademais, a técnica apresenta-se como alternativa sustentável, reduzindo significativamente o consumo de água e sanitizantes, sem comprometer os padrões de qualidade e segurança dos alimentos. Dessa forma, a nebulização configura-se como uma ferramenta promissora para a indústria alimentícia, conciliando eficiência microbiológica e redução do impacto ambiental.