

UNIVERSIDADE FEDERAL DO PAMPA

INGRIDY MACHADO FAVERO

**ÁGUA: UMA POTENCIAL FONTE DE CONTAMINAÇÃO NA INDÚSTRIA DE
ALIMENTOS**

Itaqui, RS

2024

INGRIDY MACHADO FAVERO

ÁGUA: UMA POTENCIAL FONTE DE CONTAMINAÇÃO NA INDÚSTRIA DE ALIMENTOS

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Ciência e Tecnologia de Alimentos da Universidade Federal do Pampa, como requisito parcial para obtenção do Título de Bacharel em Ciência e Tecnologia de Alimentos.

Orientadora: Dra. Caroline Tuchtenhagen Rockembach

Itaqui

2024

Ficha catalográfica elaborada automaticamente com os dados fornecidos
pelo(a) autor(a) através do Módulo de Biblioteca do
Sistema GURI (Gestão Unificada de Recursos Institucionais) .

F55Á Favero, Ingridy Machado

Água: Uma potencial fonte de contaminação na indústria de
alimentos / Ingridy Machado Favero.

35 p.

Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) - Universidade
Federal do Pampa, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE ALIMENTOS, 2024.

"Orientação: Caroline Tuchtenhagen Rockembach".

1. LEGISLAÇÃO. 2. CONTROLE DE QUALIDADE. 3. POTABILIDADE.

I. Título.


INGRIDY MACHADO FAVERO

ÁGUA: UMA POTENCIAL FONTE DE CONTAMINAÇÃO NA INDÚSTRIA DE ALIMENTOS


Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Ciência e Tecnologia de Alimentos da Universidade Federal do Pampa, como requisito parcial para obtenção do Título de Bacharel em Ciência e Tecnologia de Alimentos.

Trabalho de Conclusão de Curso defendido e aprovado em 18 de Julho de 2024.


Banca examinadora:

 Documento assinado digitalmente
CAROLINE TUCHTENHAGEN ROCKEMBACH
Data: 25/07/2024 23:15:20-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Profa. Dra. Caroline Tuchtenhagen Rockembach
(orientadora)
UNIPAMPA

 Documento assinado digitalmente
GUSTAVO PETRI GUERRA
Data: 25/07/2024 23:10:49-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Prof. Dr. Gustavo Petri Guerra
UNIPAMPA

 Documento assinado digitalmente
MAGALI KEMMERICH
Data: 25/07/2024 19:03:59-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Profa. Dra. Magali Kemmerich
UFFS

“A persistência, é o caminho do êxito.”

Charles Chaplin

Dedico este trabalho aos meus pais, Rose e Miro Favero, a minha avó Cirlei S. de Moura e meu cachorro Luke.

AGRADECIMENTO

Agradeço à minha orientadora, Caroline Rockembach e ter desempenhado tal função com dedicação, paciência e amizade com certeza a senhora tornou tudo mais fácil. Agradeço também a minha banca, Drº Gustavo Guerra e a Drª Magali Kemmerich, a qual eu escolhi com admiração, obrigado pelos ensinamentos.

Agradeço a minha família, por sempre estarem ao meu lado, torcendo por mim.

Ao meu cachorro Luke Afonso Favero, por ser fonte inesgotável de amor e por ser meu companheiro em todos os momentos

À minha mãe Rose Favero, obrigada pelo amor incondicional que me deste e por ser minha incentivadora e me dar a certeza que sempre estará ao meu lado.

A minha avó Cirlei S. de Moura, por sempre acreditar em mim e sempre estar ao meu lado.

Ao meu pai, Miro Favero, que sempre fez tudo acontecer, obrigado pelos ensinamentos e por me dar certeza que eu nunca estarei sozinha.

Pai, mãe e avó, vocês três são meus exemplos de determinação, força e coragem.

Aos amigos, que sempre estiveram ao meu lado, obrigada pela amizade incondicional e pelo apoio demonstrado ao longo de todo o período de tempo em que me dediquei a este trabalho, ao meu amigo Junior Lamb e principalmente a minha amiga Carolina Ferreira, que foi incansável em me apoiar nesse período.

A minha amiga Simone Sierra *in memoriam*, que esteve comigo durante 23 anos, você continua presente na minha vida como uma das minhas memórias favoritas.

Ao Edilberto Matos, pelo apoio e dedicação neste período por sempre ter me encorajado a buscar a excelência e a superar meus próprios limites.

Ao Matheus Madril, meu primo-irmão, por ter crescido ao meu lado e por me fazer entender o real significado de amor, amizade e companheirismo, seremos um pelo outro até o fim da vida.

Por fim, não menos importante, a todas as amizades que a graduação me proporcionou: João Pedro de Souza, Livia Amorim, Tamyres Alves e Laura Gimenez, sem vocês o caminho teria sido mais difícil e não seria tão divertido. Obrigada por cada momento que vivemos.

RESUMO

A água é um recurso indispensável na indústria de alimentos, presente em diversos aspectos da produção e crucial para garantir a qualidade, segurança e sabor dos produtos que consumimos. Sua importância se manifesta em diversas etapas da produção, desde a composição dos produtos até a garantia da segurança e qualidade final. Garantir sua qualidade é fundamental, e a implementação dos programas de controle de qualidade como BPF (Boas Práticas de Fabricação) e POP (Procedimento Operacional Padrão) podem garantir uma produção de alimentos livre de contaminações. O objetivo deste trabalho foi realizar uma revisão sistemática sobre a importância da água utilizada na indústria de alimentos e quais suas possíveis fontes de contaminação. De acordo com os resultados obtidos, a água utilizada na indústria deve estar dentro das especificações exigidas em relação a qualidade microbiológica, pois não deve possuir microrganismos patogênicos, a água a maioria das vezes é incorporada ao alimento, então garantir sua potabilidade é essencial. A contaminação microbiológica em alimentos pode ocorrer devido à contaminação cruzada, manipulação inadequada, condições de armazenamento impróprias, entre outros fatores. Portanto, compreender as fontes de contaminação e investir em práticas de gestão rigorosas, é imprescindível, a fim de garantir a qualidade higiênico sanitária dos produtos.

Palavras-Chave: Legislação, Controle de Qualidade, Potabilidade

ABSTRACT

Water is an indispensable resource in the food industry, present in various aspects of production and crucial to guarantee the quality, safety and flavor of the products we consume. Its importance is manifested in several stages of production, from the composition of products to ensuring safety and final quality. Ensuring its quality is fundamental, and the implementation of quality control programs such as GMP (Good Manufacturing Practices) and SOP (Standard Operating Procedure) can guarantee contamination-free food production. The objective of this work was to carry out a systematic review on the importance of water used in the food industry and its possible sources of contamination. According to the results obtained, the water used in the industry must be within the required specifications in relation to microbiological quality, as it must not contain pathogenic microorganisms. Water is most often incorporated into food, so ensuring its potability is essential. Microbiological contamination in food can occur due to cross-contamination, inadequate handling, improper storage conditions, among other factors. Therefore, understanding the sources of contamination and investing in rigorous management practices is essential in order to guarantee the hygienic and sanitary quality of products.

Keywords: Legislation, Quality Control, Potability

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Processo de seleção dos artigos da revisão sistemática.

18

LISTA DE TABELAS

Quadro 1. Descrição do resumo dos artigos selecionados para revisão sistemática.	21
---	----

LISTA DE ABREVIATURAS

APPCC - Sistema de Análise de Perigos e Pontos Críticos de Controle

AIEW - Água eletrolisada alcalina

AcEW - Água eletrolisada ácida

BPF - Boas Práticas de Fabricação

BIS - Bureau of Indian Standard

CI - Índice de Contaminação

DTAs - Doenças Transmitidas por Alimentos

EW - Electrolyzed Water

EPI - Equipamento de Proteção Individual

HACCP - Hazard Analysis and Critical Control Point

HPI - Índice de Poluição por Metais Pesados

HMEI - Índice de Enriquecimento de Metais Pesados

IQA - Índice de Qualidade da Água

MEI - Índice de Enriquecimento de Metais

ml - Mililitro

ML - Machine Learning

OMS - Organização Mundial da Saúde

POP - Procedimento Operacional Padrão

PAW - Plasma Activated Water

PME - Pequenas e Médias Empresas

UFC - Unidades formadoras de colônias

O presente trabalho de conclusão de curso está apresentado na forma de artigo seguindo as normas da Unipampa e está disponível no site <https://sites.unipampa.edu.br/sisbi/normalizacao/>.

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	14
2 METODOLOGIA.....	18
3 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	20
3.1 Contaminação microbiológica.....	20
3.2 Contaminação química.....	27
3.4 Reutilização da água.....	31
4 CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	32
REFERÊNCIAS.....	34

1. INTRODUÇÃO

A água é uma substância essencial para a indústria de alimentos, e garantir sua qualidade é fundamental, pois tem um impacto significativo na fabricação dos produtos alimentícios. Esta revisão sistemática é fundamentada pelo fato de que a água é a principal matéria prima utilizada na indústria alimentícia, sendo de extrema importância garantir a qualidade da água na hora da fabricação de alimentos e bebidas, visto que está ligada a inúmeras rotinas dentro da indústria, desde a fabricação, lavagem de equipamentos e EPI (Equipamento de Proteção Individual) de funcionários que em determinado momento manuseiam alimentos de forma direta dentro da indústria. Sendo assim, o papel da água tratada e livre de impurezas na produção de alimentos é crucial, e identificar as possíveis causas de contaminação, quais medidas preventivas devem ser tomadas e assegurar o padrão de potabilidade se torna imprescindível, pois o conjunto dessas práticas poderá contribuir com a segurança e qualidade dos alimentos.

Segundo o Ministério da Saúde, é indispensável que a água esteja nos padrões de potabilidade exigidos na Portaria Nº 888, de 07 de maio de 2021, que define que a água seja potável quando destinada a consumo humano, preparação de alimentos e higiene pessoal (Brasil, 2021). O Brasil é considerado um país com forte produção no setor econômico, por isso 72% de toda a água do país é utilizada na atividade agropecuária e a indústria utiliza 22% dos recursos hídricos (Coin, 2022).

O abastecimento de água nas indústrias pode vir da rede pública ou rede de abastecimento da própria indústria que pode ser de poço artesiano ou de rios ou riachos, poço artesiano normalmente sofre apenas um tratamento parcial (desinfecção ou cloração) e em águas obtidas de rios ou riachos inicia-se uma inspeção pelo sistema de tratamento, em uma indústria abastecida por água de rede pública, partimos do princípio de que o tratamento da água já foi devidamente realizado pelo serviço de saneamento básico municipal, onde a indústria somente deveria voltar sua atenção ao sistema de armazenamento interno (caixa d'água, tubulações e torneiras) (Simensato, 2019).

O controle de qualidade da água, em aspectos físicos e químicos, é fundamental visto que as contaminações existentes também podem ocorrer por falta de saneamento básico, onde a indústria é abastecida por água de rede

pública e acaba sendo exposta a contaminação cruzada seja por sujidades de tubulações e torneiras, quanto por bactérias já existentes na água.

A frequência mínima de amostragem para controle de qualidade da água, segundo a portaria N°888, de 4 de maio de 2021 no anexo 15, estabelece para manancial superficial as análises de cor, turbidez, pH, coliformes totais e escherichia coli são feitas semanalmente, já as análises residual de desinfetante em caso de manancial superficial ou subterrâneo, são feitas diariamente.

Garantir a potabilidade da água para a produção de alimentos e bebidas se torna fundamental, a fim de evitar problemas de contaminação e garantir a segurança alimentar. A análise microbiológica da água é muito importante, pois identifica a presença de microrganismos patogênicos. A água não deve possuir microrganismos patogênicos e bactérias indicadoras de contaminação fecal, o principal representante desse grupo de bactérias é denominado *Escherichia Coli* (Funasa, 2013). A grande preocupação é que podem causar diversas doenças, como diarreia, febre tifoide e infecção intestinal, levando inclusive à morte. O consumo de água contaminada ou seu uso na preparação de alimentos pode resultar em novos casos de infecção (Leite *et al.*, 2018).

De acordo com o Ministério da Saúde, grande parte das doenças de origem alimentar são causadas pelas práticas inadequadas de manipulação, matérias primas contaminadas e falta de higiene (Brasil, 2010). Segundo o Ministério de saúde, a ocorrência de Doenças Transmitidas por Alimentos (DTAs) vem aumentando de modo significativo em nível mundial. As DTAs têm crescido em todo o mundo, sendo justificadas pelo aumento da população, aumento de grupos vulneráveis, processo desordenado de urbanização e produção de alimentos em larga escala (Andrade e Sturion, 2015). Mas não são apenas os agentes biológicos que podem causar prejuízos à segurança dos alimentos, os riscos físicos e químicos implicados em todo o processo de fabricação, manipulação, estocagem e fornecimento dos alimentos (Sebrae, 2018). Marmentini *et al.*, (2015) afirmam que ainda existem muitas práticas inadequadas dentro da indústria, o que facilita a contaminação e proliferação dos microrganismos que são os causadores das DTAs.

Em conjunto com a segurança alimentar, a gestão da qualidade compõe fundamentos básicos para que o processo de produção de alimentos seja feito de forma a evitar o surgimento de doenças veiculadas pelos alimentos (Pereira e

Zanardo, 2020). O controle de qualidade da água na indústria de alimentos garante melhor rendimento na produção, durabilidade de produtos na prateleira e qualidade de vida para os consumidores. Para garantir a segurança dos alimentos, torna-se cada vez mais necessária a adequação de procedimentos que visam prevenir falhas dentro da indústria de alimentos, como adoção de *checklist*, planilhas de controle e treinamento de manipuladores, pois esses procedimentos esclarecem quais os pontos falhos no processo, e propiciam a produção de alimento de qualidade (Pereira e Zanardo, 2020). Sendo assim, a implementação de programas como Boas Práticas de Fabricação (BPF), Procedimento Operacional Padrão (POP) e Sistema de Análise de Perigos e Pontos Críticos de Controle (APPCC), é de extrema importância pois esses procedimentos visam prevenir falhas dentro da indústria, com o intuito de garantir segurança na hora da produção.

As BPF é um conjunto de normas e procedimentos que estabelecem as condições higiênico sanitária e tecnológicas adequadas para um processo ou serviço na área de alimentos, abrange todos os aspectos da produção, desde as matérias primas, instalações e equipamentos até o treinamento e higiene pessoal dos funcionários (Embrapa, 2021).

O POP é um documento obrigatório, exigido pela Vigilância Sanitária e é citado em duas resoluções, RDC Nº 216, 15 de setembro de 2004, é o regulamento técnico de boas práticas de fabricação destinado a serviços de alimentação (Brasil, 2004). E a RDC Nº 275, de 21 de outubro de 2002, é o regulamento técnico de procedimentos operacionais padronizados aplicados aos estabelecimentos produtores e industrializadores de alimentos (Brasil, 2002). Se tornando um instrumento simples e eficaz, este documento prevê de maneira detalhada todas as práticas e recomendações envolvidas em um processo, ou seja, garante que as atividades e procedimentos sejam sempre realizados da mesma forma. Os serviços de alimentação devem dispor de Manual de Boas Práticas de Fabricação e Procedimento Operacional Padrão (Brasil, 2004).

O sistema APPCC, cuja sigla em inglês é HACCP (*Hazard Analysis and Critical Control Point*), foi desenvolvido nos Estados Unidos por volta da década de 60, devido à preocupação com a saúde dos astronautas, em função dos alimentos que deveriam consumir. Segundo a Portaria Nº 1.428, de 26 de novembro de 1993, o APPCC é um sistema que identifica, avalia e controla perigos de contaminação,

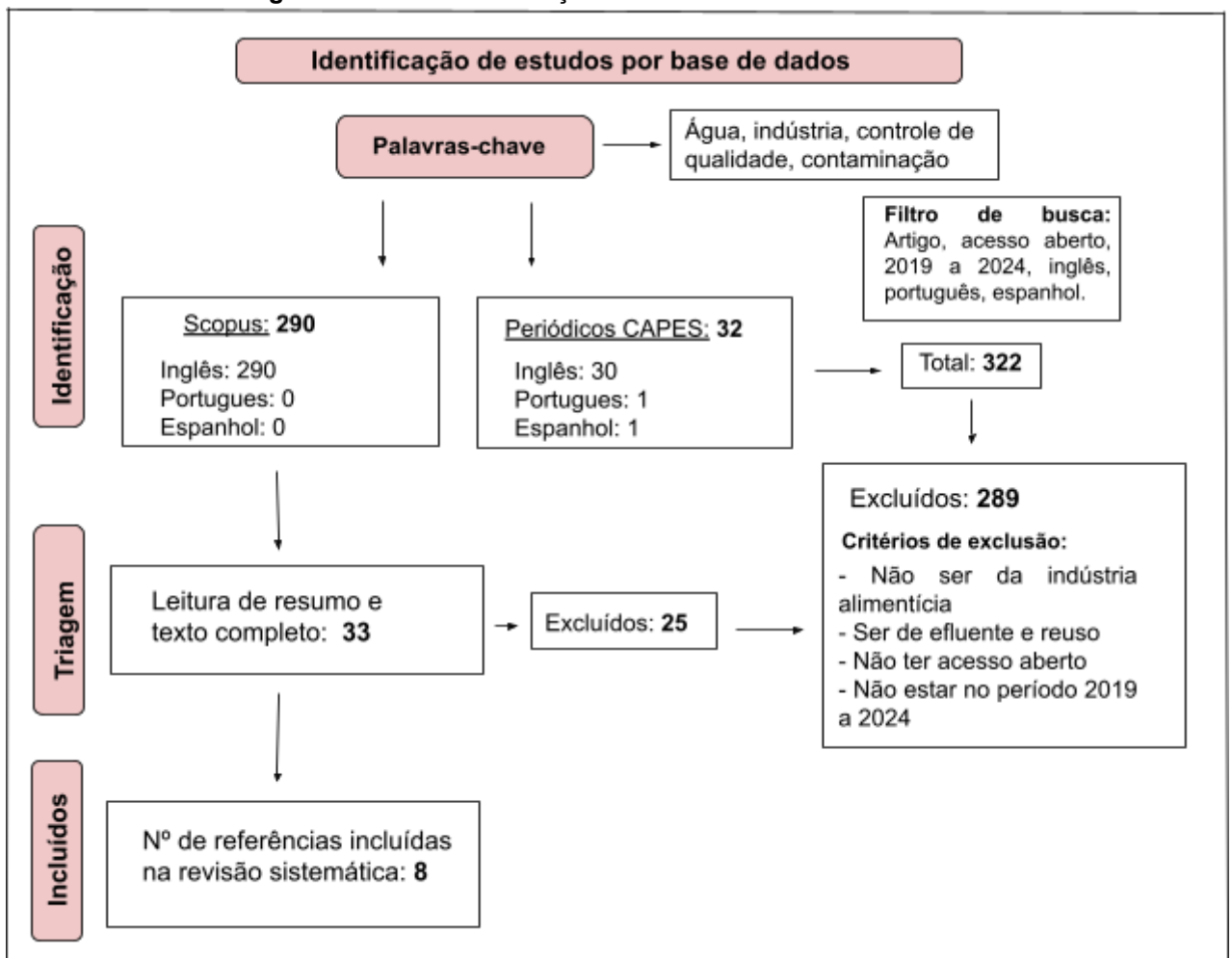
visando a segurança dos alimentos (Brasil, 1993). Esses programas se tornam essenciais para a segurança dos alimentos produzidos.

Portanto, o objetivo desta revisão sistemática foi buscar na literatura a importância da água na indústria de alimentos e suas possíveis causas de contaminações, buscando também os principais programas de gestão de qualidade visando assegurar a excelência dos produtos alimentícios dentro e fora da indústria de alimentos.

2. METODOLOGIA

O presente estudo baseou-se em uma revisão sistemática realizada em base de dados eletrônicos, o intuito da busca foi a investigação da contaminação da água de uso industrial (sendo a água que é utilizada no processo de produção dos alimentos), por este motivo muitos artigos não se enquadraram na pesquisa. A metodologia utilizada para esta revisão sistemática foi baseada nos estudos do Venturini *et al.*, (2016) que consiste em identificar, avaliar e interpretar as pesquisas já existentes.

Figura 1. Processo de seleção dos estudos da revisão sistemática.



Fonte: Autor, 2024.

A Figura 1 apresenta o fluxo do processo de seleção das referências juntamente com os números obtidos em cada etapa. A busca bibliográfica realizada nas bases de dados Scopus e Periódicos CAPES resultou em 322 referências, no

entanto, 289 itens não se enquadram no escopo da pesquisa e foram excluídos, contabilizando 33 referências para leitura do texto completo, depois da leitura ter sido feita houve a exclusão de 25 artigos também com os critérios de exclusão: não ser da indústria alimentícia, efluente e reuso, não ter acesso aberto, não estar no período 2019 a 2024. Resultando em 8 artigos incluídos nesta revisão sistemática.

Esta revisão sistemática pretende responder a seguinte questão problema: Como a água utilizada na indústria de alimentos pode atuar como uma fonte de contaminação, quais são as principais causas dessas contaminações, e quais programas de gestão de qualidade são mais eficazes para garantir a segurança e excelência dos produtos alimentícios?

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os artigos incluídos para esta revisão sistemática serão apresentados no quadro 1, contendo objetivo, tipo de contaminação, onde houve contaminação e os principais resultados. A partir da análise do quadro e das discussões sobre os artigos selecionados, busca-se responder à questão-problema proposta, identificando como a água pode ser uma fonte de contaminação na indústria de alimentos, as principais causas dessas contaminações, e avaliando a eficácia dos programas de gestão de qualidade na garantia da segurança e excelência dos produtos alimentícios.

3.1 Contaminação microbiológica

Santos e Barros (2021) observaram que as análises microbiológicas realizadas nas amostras de bebidas lácteas fermentadas não evidenciaram a presença de coliformes totais e *Escherichia coli*, portanto obedeceram aos critérios de aceitação microbiológica estabelecidos pela resolução. O estudo realizado por Roma et al. (2020) analisou a deterioração da microbiota de derivados lácteos fermentados e não detectou bactérias do grupo Coliforme e os produtos não sofreram contaminação durante as análises realizadas, estando adequados quanto à qualidade higiênico-sanitária exigida pela legislação.

Santos e Barros (2021), também analisaram as amostras de água sem detecção de teores de cloro residual livre porém apresentaram valores acima do padrão microbiológico recomendado pela legislação, para a pesquisa de coliformes totais e bactérias heterotróficas, além da presença de *Aeromonas spp.* Esse perfil das amostras pode causar intoxicações e problemas de saúde pública, já que a água é um elemento fundamental na indústria de alimentos. Assim podemos perceber a importância da qualidade da água utilizada na produção de alimentos, juntamente com a adequação das boas práticas, podendo prevenir riscos de contaminação nos alimentos produzidos (Santos e Barros, 2021).

Quadro 1. Descrição do resumo dos artigos selecionados para revisão sistemática.

Referências	Objetivo	Tipo de contaminação	Principais resultados
Santos e Barros, 2021.	Investigar microrganismos em bebidas lácteas fermentadas e água de produtos lácteos.	Contaminação por micro organismos	- Contaminação na água e no alimento.
Frankish, 2021.	- Aplicação de controles em pomares e embalagens australianas. - Avaliar as práticas de produção.	Contaminação microbiana	- Alimento
Sicheng <i>et al.</i> , 2023.	- Estudar a relação entre o teor de umidade e temperatura elevada no chocolate ao leite.	Contaminação de bactéria Salmonella	- Alimento
Garg, 2022.	- Determinar o nível de diferentes contaminantes nas amostras de água.	Contaminação	- Água
De Oliveira <i>et al.</i> , 2021.	- Programas de controle de qualidade em função da segurança dos alimentos com ênfase nas DTAS.	Todos os tipos de contaminação	- Implementação de boas práticas de fabricação
Puterro <i>et al.</i> , 2024.	- A indústria alimentícia tem enfrentado uma série de desafios complexos relacionados tanto com o controle de qualidade como com a sustentabilidade.	Controle de qualidade	- Controle de qualidade

Zhao <i>et al.</i> , 2020.	- PAW é uma água na qual é aplicada plasma atmosférico, é uma tecnologia que pode ser utilizada como desinfetante de lavagem em vários processos dentro da indústria de alimentos.	Água ativada por plasma como descontaminante de superfícies.	- Descontaminante de superfície.
Khalid <i>et al.</i> , 2021.	- Identificar o potencial da EW como limpador e desinfetante verde em PMEs da indústria alimentícia.	Água eletrolisada como limpador e desinfetante.	- Descontaminante de superfície.

Fonte: Autor (2024).

Frankish *et al.*, (2021), observou que dois dos seis lotes de maçãs apresentaram 1 UFC/100 ml de coliformes totais e coliformes termotolerantes na água de lavagem, o Ministério da Saúde estabelece que sejam localizados na água a presença de coliformes totais e termotolerantes, e a contagem deve ser padrão de bactérias, não excedendo a (500/UFC/ml) Unidades formadoras de colônias por 1 mililitro de amostra (Funasa, 2006), e os fornecedores sem protocolo de monitoramento apresentaram níveis elevados de todos os contaminantes microbianos, foi utilizado água de rede pública tratada com sanitizante e foi feito o monitoramento diário a fim de tentar reverter os quadros de contaminações, porém os monitoramentos diários apontaram falhas no processo e não garantem a ausência de coliformes totais e coliformes termotolerantes. Quando foi utilizado águas sem sanitizante ou pluviais sem monitoramento, observaram altos níveis de bactérias, indicando um risco potencial de maçãs contaminadas por bactérias patogênicas.

Segundo Frankish *et al.*, (2021), as amostras de maçãs coletadas durante a etapa de processamento não apresentaram carga microbiana. Não foram detectadas *Escherichia Coli* e *salmonella* nas amostras de maçã deste estudo, porém a avaliação observacional tem evidências muito inconsistentes do controle de higiene em relação a água, obteve-se uma indicação que os agentes contaminantes entram no pomar pela água de lavagem das maçãs e manter um monitoramento da água seria importante, pois a avaliação microbiana da água de lavagem teve variação, isso destaca a necessidade de ferramentas para controle de qualidade.

Sicheng *et al.*, (2023), relatou que houve contaminação no chocolate por *Salmonella* e as contaminações ocorreram de duas formas, a primeira ocorreu a contaminação cruzada onde os grãos do cacau foram contaminados durante a colheita ou transporte e a segunda foi devido às precárias condições de higiene dos equipamentos. A resistência térmica da *Salmonella* tem sido investigada em uma variedade de alimentos de baixa umidade e foi estabelecido que existe uma correlação inversa na atividade de água e na temperatura do tratamento, segundo Tang *et al.*, (2020) relataram valor de salmonella em amêndoas em pó, a correlação desses alimentos existe por serem alimentos com alto teor de gordura. Assim, o resultado é de que a atividade de água é um fator chave para determinar a resistência térmica de *Salmonella*, em diferentes produtos.

Os valores de salmonella no chocolate ao leite foram menores do que nos alimentos de baixa umidade, a atividade de água no chocolate ao leite, é extremamente sensível a mudanças no teor de umidade e temperatura, porque o chocolate é um produto com alto teor de gordura e o grupo hidrofóbicos fornece menor capacidade de ligação com a água, permitindo mais água livre no alimento o que facilita a proliferação de agentes contaminantes. Neste estudo, ficou evidente que para a indústria alimentícia, uma pequena mudança no teor de umidade resulta em uma grande mudança na atividade de água do chocolate, sendo assim, cuidados especiais devem ser tomados para evitar a perda de umidade, pois uma queda no teor de umidade reduz a atividade de água, que aumenta drasticamente a resistência térmica bacteriana.

3.2 Contaminação química

Em relação à qualidade da água, Garg *et al.*, (2022) analisou a concentração de metais pesados em amostras de água de seis diferentes locais em uma área industrial de Himachal Pradesh, na Índia. Foram avaliados o Índice de Qualidade da Água (IQA), o Índice de Poluição por Metais Pesados (HPI), o Índice de Contaminação (CI), o Índice de Enriquecimento de Metais (MEI) e o Índice de Enriquecimento de Metais Pesados (MEI). Nas seis amostras, elementos como Cl, K, Ca, Fe, Zn, Ga, Br, Sr, As, Pb e Ni foram analisados e quantificados e seus valores foram comparados aos valores prescritos pela OMS (Organização Mundial da Saúde) e BIS (Bureau of Indian Standard). Em alguns locais, os níveis de Fe, As, Ni e Cr ultrapassaram os valores limites determinados pela OMS. Em outros locais, o índice da qualidade da água é muito mais elevado que os limites determinados pela OMS e pelo BIS. No que diz respeito à contaminação por Pb os níveis estão acima do limite permitido. Por fim, a água em duas localizações foi considerada imprópria para o consumo. Devido a esses resultados, algumas medidas corretivas devem ser aplicadas para reduzir o nível de contaminantes da água até os níveis desejados. O monitoramento da qualidade da água é uma alternativa e deve ser realizada em intervalos regulares e curtos, para que qualquer crise sanitária possa ser interrompida.

3.3 Controle de qualidade e segurança alimentar

De Oliveira *et al.* (2021) indicam que a segurança dos alimentos é um tema atual e deve ser discutido, se refere também a saúde de seus consumidores e não somente a qualidade dos produtos. Está ligada diretamente ao controle de qualidade, pois as DTAs vêm aumentando a nível mundial e diversos fatores colaboram para a emergência, por exemplo o aumento da população e automaticamente da produção em larga escala, são alguns agravantes desses fatores.

As DTAs ocorrem pela ingestão de alimentos ou água contaminados. As definições de qualidade sofreram mudanças, sendo um simples conjunto de ações operacionais buscando melhoria no processo produtivo. Reconhecer os principais pontos de contaminação é essencial para garantir a qualidade e a segurança alimentar.

O controle de qualidade na indústria de alimentos é de extrema importância para evitar surtos de contaminação, segundo Puterro *et al.*, (2024) a indústria vem enfrentando vários desafios globais em questões de sustentabilidade e economia o que envolve o crescimento da população, alterações climáticas e o desperdício alimentar. O desperdício de alimentos é um dos fatores mais preocupantes porque acabam representando uma perda econômica bem significativa e também contribuem com a poluição. O *Machine Learning* (ML) é o subconjunto da inteligência artificial que se concentra na construção de sistemas que aprendem, e melhoram o desempenho, com base nos dados que consomem. Esses algoritmos são frequentemente usados para analisar grandes quantidades de dados, onde os métodos tradicionais não são suficientes, o ML supera os modelos tradicionais pois não são adequados para banco de dados de alta dimensão e podem causar atrasos na produção. Um dos problemas da indústria, é a incapacidade de armazenar produtos por longo período de tempo devido a deterioração, o ML pode ser usado para monitorar e controlar fatores como temperatura, umidade e vida útil, ajudando a manter a qualidade e a segurança dos alimentos (Puterro *et al.*, 2024).

Puterro *et al.* (2024) mostra que o ML pode prever o desperdício de alimentos, este estudo mostra como as empresas de alimentos podem se beneficiar da aplicação de análises sofisticadas, o algoritmo oferece várias vantagens para reduzir o desperdício de alimentos, devido à sua capacidade de lidar com conjuntos

de dados excessivos e fazer previsões com base nesses dados. Um dos principais benefícios é sua capacidade de otimizar os processos de produção, visto que, os algoritmos podem ajudar a indústria tendo mais eficiência na produção e menos desperdício.

Zhao *et al.* (2020), abordou a água ativada por plasma como uma alternativa para a indústria de alimentos. A água ativada por plasma (PAW) e a água eletrolisada (EW) estão sendo utilizadas na indústria alimentícia por serem indicadas para a descontaminação de superfícies, higienização de alimentos e para o tratamento de parâmetros de qualidade. A PAW é uma tecnologia emergente para a segurança de produtos, prolongamento do prazo de validade, retenção de qualidade e processamento sustentável por ser considerada mais ecológica e saudável quando comparada a sanitizantes químicos tradicionais. Dependendo da condição de armazenamento da PAW, suas propriedades antimicrobianas permanecem estáveis por um período considerável, o que permite sua aplicação em larga escala.

A respeito da utilização da água como descontaminante, Khalid *et al.*, (2021) abordou a água eletrolisada como limpador e desinfetante ecológico. As indústrias alimentícias, geralmente, utilizam três tipos de detergentes para higienização: produtos químicos puros, detergentes formulados e produtos químicos puros com aditivos. Entretanto, há a busca por um produto que realize a mesma função de uma maneira mais rentável, saudável e ecológica. Uma alternativa para higienizador “verde” é a água eletrolisada. Além dos benefícios já citados, ela tem a vantagem de ser produzida no local em que será utilizada através do processo de eletrólise da solução salina, e não é necessária nenhuma área específica de armazenamento (Khalid *et al.*, 2021).

O estudo identificou o potencial da EW como limpador e desinfetante verde em Pequenas e Médias Empresas (PME) da indústria alimentícia. Realizou-se entrevistas e reuniões com os funcionários das PMEs para entender os desafios durante o processo de higienização e desinfecção e sua disponibilidade para aceitar um produto ecológico alternativo (Khalid *et al.*, 2021).

Em relação à água eletrolisada como um limpador acessível, com base nas entrevistas, as PMEs se dispuseram a aceitar o uso, devido ao baixo custo com gastos operacionais com água, sais e eletricidade para operar a unidade de eletrólise, entretanto, o custo de investimento e manutenção não foi considerado. Há dois tipos de EW: a água eletrolisada alcalina e a água eletrolisada ácida. Os efeitos

de duração do armazenamento de ambas foram estudados por sete dias, podendo ser armazenados por sete e três dias respectivamente. Os resultados obtidos com este trabalho podem ser usados como diretriz para as PMEs aplicarem e armazenarem água eletrolisada como limpador desinfetante (Khalid *et al.*, 2021).

3.4 Reutilização da água

Apesar da reutilização da água ter sido um critério de exclusão para o trabalho, pois a ideia não era a avaliação da reutilização da água, o artigo a seguir que vai ser discutido é de extrema importância para a indústria, o autor traz uma possível reutilização da água dentro da indústria, pois a reutilização é uma forma de minimizar o desperdício, alegando também a importância da água e quais as principais causas de contaminação na indústria de alimentos.

Bailone *et al.* (2021) demonstra que nos últimos anos um número crescente de pesquisa em relação de como as indústrias e empresas podem se adaptar à mudança dos novos métodos e processos de produção relacionados à sustentabilidade. Na indústria de alimentos além do uso de água potável como um ingrediente para a fabricação dos produtos, existe uma necessidade de usar a água para diversas outras aplicações, o que torna a água de reuso uma alternativa viável e econômica. No entanto, sabemos que existem inúmeros contaminantes na água e sabemos que a água potável não deve conter microrganismos patogênicos que indiquem contaminação, sendo necessária a realização de análises microbiológicas e físico químicas antes da utilização.

A análise microbiológica da água permite identificar a presença de microrganismos patogênicos, sendo este o mais importante em termos de saúde pública, e as análises físicas da água são vários os testes que podem ser usados para analisar as mudanças na qualidade da água. A água deve cumprir o pré requisito de ser incolor, não tendo odor e nem sabor, qualquer sinal de turbidez pode ser um indício de matéria orgânica ou presença de microrganismos.

Segundo Bailone *et al.* (2021), o reuso da água pode ser direto ou indireto, o uso direto ocorre quando os efluentes são enviados diretamente do seu ponto de descarga para tanques de retenção, não sendo descartados no meio ambiente e o uso indireto ocorre quando a água é descartada no meio ambiente, captada e utilizada novamente. O método eletroquímico no tratamento da água ainda é raro,

mas eficaz no tratamento de efluentes industriais, existe outra possibilidade para o tratamento de efluentes na indústrias que é o tratamento por enzimas, a utilização de enzimas catalisa a oxidação de compostos fenólicos e a desintoxicação de efluentes. Em indústrias que descartam efluentes com alta demanda bioquímica de oxigênio, esse tipo de tratamento pode ser muito vantajoso, oferecendo uma oportunidade para que as empresas alimentícias alcancem a destinação quase zero de seus resíduos.

Diante da crescente escassez de água devido à degradação, poluição ambiental e mudanças climáticas, a indústria de alimentos deve estar mais atenta a métodos de produção mais limpos e implementar sistemas ecologicamente corretos e sustentáveis.

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Esta revisão sistemática evidenciou a importância sobre o estudo do tema água como uma fonte de contaminação na indústria de alimentos e suas possíveis causas de contaminação em função de ser essencial para a produção de alimentos, limpeza e higienização fabril. Com os artigos encontrados na busca para esta revisão verificou-se que há dois principais tipos de contaminação na indústria de alimentos, a química e a microbiológica.

A contaminação química da água, causada pelo descarte inadequado de substâncias tóxicas provenientes de atividades industriais, representa uma grave ameaça à saúde e ao meio ambiente. A falta de tratamento adequado dos resíduos industriais e a prática de despejo irregular em corpos d'água são as principais causas desse problema.

A microbiológica o principal patógeno encontrado foi *Escherichia Coli*, que é representada por coliformes totais e termotolerantes e é um problema comum. A detecção desses microrganismos em níveis superiores aos permitidos pela legislação indica a presença de contaminação fecal e a necessidade de medidas corretivas, sendo assim para diminuir os riscos também foram encontrados estudos que abordam a importância das BPFS, gestão da qualidade programas de boas práticas como BPF, POP e APPCC são fundamentais para assegurar que os produtos fabricados estejam em conformidade com as normas e expectativas dos clientes.

O reúso da água é uma prática essencial para reduzir o desperdício hídrico e promover a sustentabilidade. Ao tratar e reutilizar efluentes, a indústria pode destinar a água para diversas finalidades, como limpeza de equipamentos e áreas industriais, desde que atenda aos padrões de qualidade exigidos para cada aplicação. Para garantir a segurança alimentar, a água reutilizada na indústria alimentícia passa por processos rigorosos de tratamento e monitoramento.

Demonstra-se a tamanha importância de garantir a qualidade da água e da matéria prima que são utilizadas na indústria de alimentos, aliando aos sistemas de controle de qualidade, garantindo enfim um alimento seguro e livre de contaminações.

Por fim foi possível identificar que há necessidade de mais estudos na área para garantir a produção de alimentos seguros e saudáveis, mitigando assim as possibilidades de contaminação.

REFERÊNCIAS

ANDRADE, M. L.; STURION, G. L. Segurança dos alimentos em serviços de alimentação do setor de turismo. **Segurança Alimentar e Nutricional**, Campinas, v. 22, n. 1, p 618-632, nov., 2015. Acesso em: 04 jul. 2024

BRASIL. **Ministério da Saúde**. Manual Integrado de Vigilância, Prevenção e Controle de Doenças Transmitidas por Alimentos, Brasília, 2010. Acesso em: 08 jul. 2024

BAILONE, R. L. et al. Water reuse in the food industry. **Discover Food**, São Paulo, v. 2, n. 5, jan., 2022. Acesso em: 11 jul. 2024

BRASIL. Portaria GM/MS Nº 888, de 4 de maio de 2021. Procedimento de controle e de vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade. **Ministério da Saúde**, 2021. Acesso em: 11 jul. 2024.

BRASIL. Portaria nº 1.428, de 26 de novembro de 1993. Regulamentos Técnicos sobre Inspeção Sanitária, Boas Práticas de Produção/Prestação de Serviços e Padrão de Identidade e Qualidade na Área de Alimentos. **Ministério da Saúde**. Secretaria de Vigilância Sanitária, 1993. Acesso em: 11 jul. 2024.

BRASIL. **Ministério da Saúde**. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Resolução RDC nº 275, de 21 de outubro de 2002. Dispõe sobre o Regulamento Técnico de Procedimentos Operacionais Padronizados aplicados aos Estabelecimentos Produtores/Industrializadores de Alimentos e a Lista de Verificação das Boas Práticas de Fabricação em Estabelecimentos Produtores/Industrializadores de Alimentos. Diário Oficial da União, Brasília, DF, 2002. Acesso em: 11 jul 2024.

BRASIL. **Ministério da Saúde**. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Resolução nº 216, de 15 de setembro de 2004. Dispõe sobre Regulamento Técnico de Boas Práticas para Serviços de Alimentação. Diário Oficial da União, Brasília, DF, 2004. Acesso em: 01 jul. 2024.

COIN, J. P. **Os fluxos de água virtual nas exportações dos setores do agronegócio brasileiro**. 2022. 65 p. Dissertação (Pós-Graduação em Agronegócio) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2022. Acesso em: 10 jul. 2024.

EMBRAPA. **Boas Práticas de Fabricação**. 4. ed. rev., atual. e ampl. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica, 2021. Acesso em: 10 jul. 2024.

FUNASA - **Fundação Nacional de Saúde**. Manual prático de análise de água. 4^a ed- Brasília, 2013.

FRANKISH, E. J. et al. An observational assessment of Australian apple production practices for microbial control. **Food control**, Australia, v. 123, p. 1-8, mai., 2021. Acesso em: 06 jul. 2024.

GARG, V. K. et al. Water quality assessment using synchrotron-based TXRF. **Water Environment Research**, India, v. 94, p. 1-10, jun., 2022. Acesso em: 29 jun. 2024.

KHALID, N. I. et al. Stability of electrolyzed water: from the perspective of food industry. **Food Research**, Malaysia, v. 5, p. 47-56, jan., 2021. Acesso em: 29 jun. 2024.

LEITE, M. O. et al. Controle de qualidade da água em indústrias de alimentos. **Revista Leites e derivados**. 2018. Disponível em <http://www.dipemar.com.br/leite/69/materia_atecnico_leite.htm>. Acesso em: 29 jun. 2024.

MARMENTINI, R. P.; RONQUI, L.; ALVARENGA, V. O. A importância das boas práticas de manipulação para os estabelecimentos que manipulam alimentos. **Revista Facimed**, Brasil, v. 40, n. 8, 2015. Acesso em: 09 jul. 2024

OLIVEIRA, P. O. et al Revisão: Implantação das boas práticas de fabricação na indústria brasileira de alimentos. **Research, Society and Development**, Brasil, v. 10, n. 1, jan., 2021. Acesso em: 25 jun. 2024.

PUTTERO, S. et al. Improved quality control and sustainability in food production by machine learning. **Science Direct**, Italia, v. 122, p. 533-538, abr., 2024. Acesso em: 29 jun. 2024. Acesso em: 10 jul. 2024.

PEREIRA, W. B. B., & ZANARDO, V. P. S. (2020). Gestão de boas práticas em uma cantina escolar. **Vivências**, 16 (30), 193-200. Acesso em: 02 jul. 2024.

ROMA, L. et al. Análise de microrganismos deteriorantes em derivados lácteos fermentados durante o prazo comercial. **Pubvet**, Brasil, v.14, n. 11, p. 1-5, nov., 2020.

SANTOS, K. BARROS, L. Scrutiny of Microorganisms in Fermented Milk Beverage and Water from Dairy under State Inspection. **Food and Nutrition Sciences**, Cruz das Almas, v. 12, n. 11, p. 1-8, nov., 2021. Acesso em: 06 jul. 2024.

SEBRAE. SERVIÇO DE APOIO ÀS MICRO E PEQUENAS EMPRESAS DO AMAZONAS SEBRAE/AM. **Boas Práticas para Manipuladores de Alimentos**, 2018. Acesso em: 10 jul. 2024.

SIMENSATO, L. A.; BUENO, S. M. Importância da qualidade da água na indústria de alimentos. **Revista Científica Unilago**, São Paulo, v. 1, n. 1, out., 2019. Acesso em: 02 jul. 2024. Acesso em: 29 jun. 2024.

VENTURINI, C. Q; NARVAI, P. C; MANFREDINI, M. A; FRAZÃO, P. Vigilância e monitoramento de fluoretos em águas de abastecimento público: uma revisão sistemática. **Revista Ambiente & Água**, v. 11 n. 4 Taubaté, 2016. Disponível em: <https://doi.org/10.4136/ambi-agua.1929>. Acesso em: 11 jul. 2024.

ZHAO, Y. M. et al. Plasma-activated water: Physicochemical properties, microbial inactivation mechanisms, factors influencing antimicrobial effectiveness, and applications in the food industry. **Comprehensive Reviews in food science and food safety**, Irlanda, v. 19, p. 3951-3979, set., 2020. Acesso em: 02 jul. 2024.