

REFLEXÕES SOBRE AVANÇOS E TENDÊNCIAS NA APLICAÇÃO DE PROJETOS PARA TRATAMENTO DE EFLUENTES INDUSTRIALIS

REFLECTIONS ON ADVANCES AND TRENDS IN THE APPLICATION OF PROJECTS FOR THE TREATMENT OF INDUSTRIAL EFFLUENTS

Tatiane Marcela Faber - e-mail: tatyfaber2014@gmail.com
 Faculdade de Tecnologia de Taquaritinga (Fatec) – Taquaritinga – São Paulo – Brasil

André Luiz Oliveira - andre.oliveira@fatectq.edu.br
 Faculdade de Tecnologia de Taquaritinga (Fatec) – Taquaritinga – São Paulo – Brasil

DOI: 10.31510/infa.v21i1.1867
 Data de submissão: 03/04/2024
 Data do aceite: 10/03/2024
 Data da publicação: 20/06/2024

RESUMO

A indústria alimentícia desempenha um papel fundamental na economia global. No entanto, sua produção gera uma quantidade significativa de efluentes que podem causar danos ambientais se não forem tratados adequadamente. Este artigo aborda a imperiosa necessidade de práticas sustentáveis e tecnologias inovadoras para gerenciar os efluentes industriais provenientes do setor alimentício. A revisão bibliográfica abrange os principais parâmetros de qualidade da água, tecnologias convencionais e emergentes de tratamento de efluentes, bem como estratégias para aprimorar a eficiência e a sustentabilidade dos processos de tratamento. O objetivo é destacar as tendências e desafios enfrentados pelo setor, propondo soluções mais eficazes e sustentáveis para o tratamento de efluentes. Espera-se que esta revisão evidencie a eficácia de determinadas tecnologias de tratamento de efluentes industriais, reforçando a necessidade de práticas mais sustentáveis e eficientes para enfrentar os desafios ambientais atuais.

Palavras-chave: Efluentes. Industriais. Tecnologias. Sustentabilidade.

ABSTRACT

The food industry plays a fundamental role in the global economy. However, its production generates a significant amount of effluents that can cause environmental damage if not treated properly. This article addresses the imperative need for sustainable practices and innovative technologies to manage industrial effluents from the food sector. The literature review covers the main water quality parameters, conventional and emerging effluent treatment technologies, as well as strategies to improve the efficiency and sustainability of treatment processes. The objective is to highlight the trends and challenges faced by the sector, proposing more effective and sustainable solutions for effluent treatment. This review is expected to highlight the effectiveness of certain industrial effluent treatment technologies, reinforcing the need for more sustainable and efficient practices to face current environmental challenges.

Keywords: Effluents. Industrial. Technologies. Sustainability.

1 INTRODUÇÃO

A indústria alimentícia tem um papel fundamental na economia global, sendo responsável por fornecer alimentos indispensáveis para a população mundial. Entretanto, o processo de produção resulta em uma quantidade significativa de efluentes industriais que, se não forem devidamente tratados, podem causar danos ambientais.

Diversos setores industriais dependem fortemente da água para seus processos, sendo a indústria de processamento de alimentos um dos maiores consumidores de água potável em todo o mundo. A quantidade de água utilizada varia conforme o tipo de processo, o tamanho da unidade, as práticas de limpeza e os equipamentos utilizados (FAO, 2021). Setores como cervejarias, vinícolas, fabricantes de refrigerantes e processadores de alimentos consomem quantidades significativas de água em suas operações, incluindo a utilização de água em etapas de preparação dos ingredientes, fermentação, limpeza de equipamentos, lavagem, descascamento, embalagem, enxágue e cozimento. Esses processos, além de consumirem uma quantidade considerável de recursos hídricos, geram uma variedade de efluentes, incluindo subprodutos sólidos e líquidos (Compton et al., 2018; Sodhi et al., 2020a; Barbera e Gurnari, 2018; Mateus et al., 2021).

Neste contexto, é fundamental que esses setores adotem práticas sustentáveis e tecnologias que visem garantir a resiliência ambiental e econômica, levando em consideração as crescentes preocupações com a escassez de água e a poluição. O gerenciamento desses desafios requer esforços colaborativos das indústrias, governos e “stakeholders” para assegurar os recursos hídricos para as futuras gerações. É essencial desenvolver alternativas ecológicas e sustentáveis para o tratamento de efluentes industriais, incluindo métodos físicos, químicos e biológicos, que são fundamentais para garantir a sustentabilidade ambiental e cumprir as regulamentações governamentais (Kumar e Pal, 2020; Basak et al., 2019; Xu et al., 2020; Tong et al., 2022; Li et al., 2019).

De acordo com Atangana et al. (2021), há várias técnicas e práticas de gestão de águas residuais existentes que são utilizadas nas indústrias para tratar e gerir seus efluentes. Os processos de tratamento biológico mais comuns incluem lodo ativado, filtros gotejantes e digestão anaeróbica, isso envolve o uso de microrganismos para decompor e remover poluentes das águas residuais (Verstraete et al., 2022). Além disso, produtos químicos como coagulantes, floculantes e oxidantes são usados para remover poluentes das águas residuais. Os processos de

tratamento químico incluem precipitação, oxidação e adsorção (Zou et al., 2021). Processos físicos, como sedimentação, filtração e separação por membranas, também são usados para remover poluentes de águas residuais (Dwivedi et al., 2022). Tecnologias avançadas, como osmose reversa, ultrafiltração e troca iônica, são empregadas para remover poluentes específicos de águas residuais (Burge et al., 2020).

Neste contexto, o objetivo principal deste artigo é realizar uma revisão bibliográfica dos (i) principais parâmetros de qualidade da água; (ii) tecnologias convencionais e emergentes de tratamento de efluentes industriais e (iii) recentes tecnologias inovadoras e estratégias para aprimorar a eficiência e a sustentabilidade dos processos de tratamento. O artigo abordará as principais tendências e desafios que a indústria alimentícia enfrenta no tratamento de seus efluentes, além das perspectivas futuras para o desenvolvimento de soluções mais eficazes e sustentáveis. Espera-se que a revisão da literatura evidencie a eficácia de determinadas tecnologias de tratamento de efluentes industriais na indústria alimentícia, destacando a necessidade de soluções mais sustentáveis e eficientes para lidar com os desafios ambientais enfrentados pelo setor.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEORICA

A indústria alimentícia desempenha um papel crucial na economia global, fornecendo alimentos essenciais para a população mundial. No entanto, os processos produtivos dessa indústria geram efluentes que, se não forem adequadamente tratados, podem ter impactos ambientais significativos. O aumento contínuo da urbanização e da industrialização em todo o mundo tem aumentado consideravelmente a quantidade e a diversidade de resíduos gerados, especialmente de efluentes residuais, que contêm uma ampla gama de contaminantes orgânicos e inorgânicos (Boinpally et al., 2023).

Para enfrentar esses desafios ambientais, é imperativo que a indústria alimentícia adote práticas sustentáveis e efetivas de tratamento de efluentes. Isto implica no desenvolvimento e implementação de tecnologias inovadoras e eficientes de tratamento, assim como a adoção de estratégias de gestão ambiental que visam minimizar a geração de resíduos e reduzir o consumo de recursos naturais (Shahedi et al., 2020; Slorach et al., 2019; Moussa et al., 2017).

Para Araújo et al, 2006, uma organização ecologicamente sustentável age de maneira socialmente responsável, considerando os interesses dos stakeholders afetados por suas atividades. Isso envolve promover programas sociais, reduzir impactos ambientais e manter viabilidade econômica no mercado.

Existem várias tecnologias e procedimentos disponíveis para o tratamento de resíduos industriais na indústria alimentícia. Estes incluem métodos convencionais, como os tratamentos físico, químico e biológico, e também tecnologias emergentes, tais como processos de oxidação avançada, tratamentos por membranas e tratamento biológico avançado. Estas últimas têm demonstrado serem promissoras em virtude de sua eficácia na eliminação de poluentes e na redução de resíduos (Nidheesh et al., 2022). Adicionalmente, essas tecnologias tendem a ser mais sustentáveis e podem trazer benefícios extras, como a recuperação de recursos e a produção de bioenergia a partir de resíduos.

Recentes trabalhos enfatizam a importância da eletrocoagulação no tratamento de águas residuais industriais. Shahedi et al. (2020) realizaram uma revisão destacando a eficácia da eletrocoagulação na remoção de uma ampla gama de contaminantes. Eles compararam sua eficiência com outras técnicas convencionais, ressaltando sua simplicidade, menor tempo de remediação e custo adequado. Além disso, Moussa et al. (2017) também abordaram a eletrocoagulação como uma tecnologia promissora, especialmente na remoção de metais pesados, com a eficiência dependente de vários parâmetros operacionais. Esses estudos destacam a eficácia de uma das técnicas de tratamento de efluentes e reforçam a importância de promover a busca por novas tecnologias nessa área.

O chamado ESG (Ambiental, Social e Governança) tem se tornado cada vez mais relevante no cenário empresarial brasileiro. Segundo Balassiano (2020), as práticas de ESG impactam diretamente o custo de capital das empresas, influenciando suas operações, reputação e relacionamento com stakeholders. A integração desses fatores em estratégias de negócios é fundamental para a sustentabilidade e a longevidade das organizações.

Estudos como o de Slorach et al. (2019) destacam a sustentabilidade ambiental da digestão anaeróbica de resíduos alimentares domésticos. Por sua vez, Loizia et al. (2019) discutem o conceito de economia circular na gestão de resíduos alimentares, visando otimizar a produção de energia por meio da digestão anaeróbica.

Além das tecnologias de tratamento, é crucial considerar a implementação de práticas de gestão ambiental, como a otimização de processos, o reuso de água e a reciclagem de resíduos, para minimizar o impacto ambiental das operações industriais. A colaboração entre

as empresas, o governo, as instituições de pesquisa e as comunidades locais também é fundamental para promover a sustentabilidade na indústria alimentícia e garantir a proteção dos recursos naturais para as gerações futuras. Esses trabalhos evidenciam a importância crescente da abordagem integrada e sustentável na gestão de resíduos sólidos ou líquidos alimentares, bem como na produção de energia.

2.1 Qualidade Da Água na Indústria Alimentícia: Importância, parâmetros de qualidade e Legislação

A água é um recurso indispensável nas operações industriais, e sua disponibilidade, qualidade e confiabilidade podem impactar significativamente nas operações comerciais (Singh et al., 2023; Shrivastava et al., 2022; Li et al., 2019). Está presente em diversos processos, como limpeza, produção e processamento de alimentos, sendo fundamental que esteja livre de contaminantes que possam comprometer a saúde dos consumidores e a integridade dos alimentos. A importância da qualidade da água na indústria alimentícia está diretamente relacionada à sua influência nos produtos finais. Dependendo do tipo de indústria de processamento de alimentos, as águas residuais contêm carboidratos, proteínas, sais inorgânicos e orgânicos, graxa, óleo e fermentos (Asgharnejad et al., 2021). A água contaminada pode introduzir microrganismos patogênicos, substâncias químicas e partículas indesejadas nos alimentos, resultando em produtos impróprios para o consumo humano (Akhtar et al., 2021).

Para assegurar a qualidade da água utilizada na indústria alimentícia, são estabelecidos índices e parâmetros de qualidade que devem ser monitorados e atendidos. Um exemplo é o Índice de Qualidade das Águas (IQA), criado em 1970 nos Estados Unidos pela *National Sanitation Foundation* e adotado a partir de 1975 pela CETESB (Companhia Ambiental do Estado de São Paulo) e, posteriormente, por outros Estados brasileiros, tornando-se o principal índice de qualidade da água utilizado no país. Esses parâmetros, conforme demonstrado na Tabela 1, incluem características físicas, químicas e microbiológicas da água, tais como pH, turbidez, teor de sólidos totais, presença de substâncias químicas como pesticidas e metais pesados, e contagem de microrganismos indicadores de contaminação fecal (Cetesb, 2022).

Tabela 1. Parâmetros de Qualidade da Água IQA e respectivo peso.

Parâmetros de Qualidade da Água	Peso (w)
---------------------------------	----------

Oxigênio dissolvidos	0,17
Coliformes termolerantes	0,15
Potencial hidrogeniônico - pH	0,12
Demanda bioquímica de Oxigênio - DBO	0,10
Temperatura da Água	0,10
Nitrogênio total	0,10
Fósforo total	0,10
Turbidez	0,8
Resíduos totais	0,8

Fonte: Cetesb (2022)

A legislação relacionada à qualidade da água na indústria alimentícia varia de acordo com o país e a região, mas geralmente estabelece limites e padrões de qualidade que devem ser seguidos. Essas regulamentações visam garantir a segurança dos alimentos e a proteção da saúde pública, estabelecendo diretrizes para o uso seguro da água em processos industriais alimentícios.

Para garantir a qualidade da água na indústria alimentícia, é essencial seguir as legislações e normas vigentes, que estabelecem padrões de qualidade e critérios de monitoramento. No Brasil, a Resolução da Diretoria Colegiada (RDC) nº 275/2002 da Agência Nacional de Vigilância Sanitária (Anvisa) estabelece os padrões microbiológicos e físico-químicos da água potável, incluindo os parâmetros de qualidade para uso na indústria de alimentos. Além das normas regulatórias, é importante que as empresas adotem medidas preventivas para evitar a contaminação da água, como a implementação de programas de controle de qualidade da água, o uso de tecnologias de tratamento de efluentes e a capacitação dos colaboradores em boas práticas de higiene e segurança alimentar.

Em resumo, a qualidade da água na indústria alimentícia é um aspecto fundamental que deve ser cuidadosamente monitorado e controlado. A adoção de práticas e tecnologias adequadas de tratamento de água, juntamente com o cumprimento das normas e regulamentações vigentes, é essencial para garantir a segurança e a qualidade dos produtos alimentícios.

2.2 Tecnologias convencionais e emergentes de tratamento de efluentes industriais

Entre as tecnologias convencionais, destaca-se o tratamento físico-químico, que utiliza processos como coagulação, floculação, sedimentação, filtração e adsorção para remover sólidos suspensos, materiais orgânicos e metais pesados dos efluentes. O tratamento biológico também é amplamente utilizado, empregando microrganismos para decompor a matéria orgânica, sendo mais sustentável e eficaz em termos de remoção de poluentes. Além disso, os sistemas de lagoas aeradas ou anaeróbias são comuns, promovendo a degradação biológica dos poluentes por meio da atividade microbiana (Shrivastava et al., 2022; Xu et al., 2020).

A Tabela 2 apresenta uma variedade de tratamentos, oferecendo uma visão detalhada de estudos que investigaram ou revisaram a aplicação de diversas tecnologias (físicas, químicas, biológicas, combinadas) para a reutilização da água e a recuperação de recursos, especialmente em águas residuais provenientes das indústrias de processamento de alimentos.

Tabela 2. Tecnologias de tratamento de águas residuais relatadas na literatura

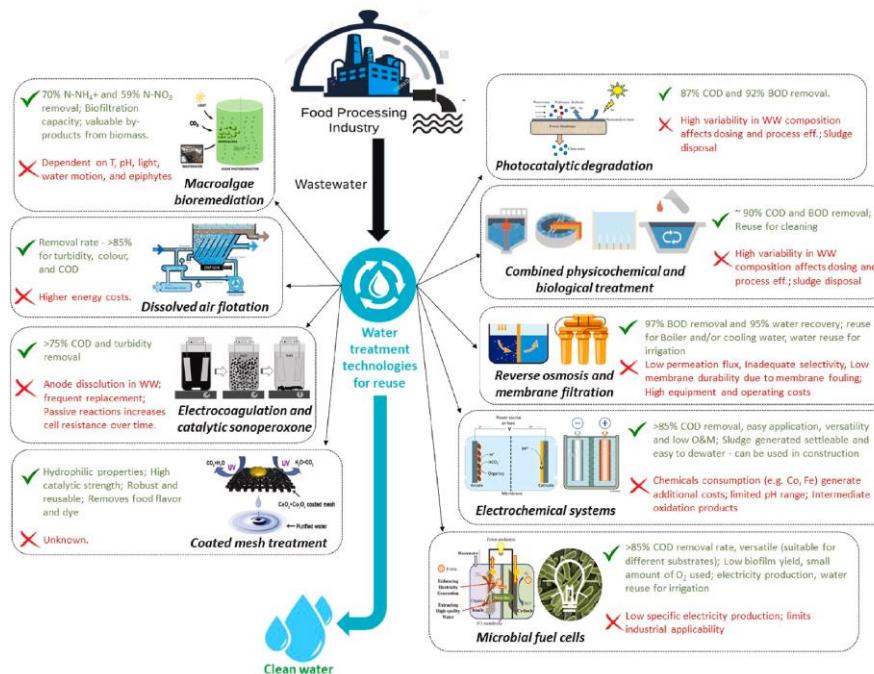
Métodos	Referências
Combinação de métodos físicos e biológicos	Pavón-Silva et al. (2009)
Osmose reversa	Vourch et al. (2008)
Eletroquímica	Varank et al. (2018)
Oxidação química e eletro	Tiwari and Sahu (2017)
Células microbianas	Cecconet et al. (2018)
Flutuação de ar dissolvido	Dos Santos Pereira et al. (2018)
Micro, ultra e nano filtração	Ochando-Pulido and Martinez-Ferez. (2018)
Degradação fotocatalítica	Garg and Joshi. (2014)
Recuperação de Proteínas e lipídeos	Kurup et al. (2019)
Recuperação de nutrientes	Wang et al. (2020)

Fonte: Shrivastava (2022)

Esta revisão da literatura é de suma importância, pois destaca os avanços científicos na área. A Figura 1 ilustra as diferentes tecnologias atualmente empregadas no tratamento de águas residuais na indústria alimentar. É possível observar que uma única tecnologia ou uma combinação de várias pode ser utilizada de forma integrada para atender aos critérios de descarga estabelecidos para diversos parâmetros físicos, químicos e biológicos. A escolha da tecnologia a ser empregada geralmente depende da natureza e da concentração dos

contaminantes presentes nas águas residuais (Shrivastava et al., 2022; Shahedi et al., 2020; Moussa et al., 2017; Klemes et al., 2008).

Figura 1. Tecnologias para tratamento e reutilização de águas residuais da indústria alimentar.



Fonte: Shrivastava (2022)

No campo das tecnologias emergentes, as membranas de ultrafiltração se destacam por separar eficientemente sólidos suspensos, bactérias e vírus dos efluentes. A osmose reversa também demonstra eficácia na remoção de íons, moléculas orgânicas e materiais suspensos, sendo extremamente importante para efluentes com resíduos metálicos. Além disso, a eletrocoagulação utiliza corrente elétrica para remover contaminantes, enquanto a fotocatálise emprega luz ultravioleta para degradar poluentes orgânicos. Outra tecnologia emergente é a oxidação avançada, que inclui métodos como ozonização, peroxidação e radiação ultravioleta, eficazes na degradação de compostos orgânicos persistentes (Nidheesh et al., 2022; Vourch et al., 2008; Tiwari e Sahu, 2017).

3 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

A presente pesquisa foi realizada com base em uma revisão bibliográfica a partir de dados científicos publicadas em periódicos, artigos científicos, dissertações e teses, assumindo

a natureza de uma pesquisa exploratória de natureza descritiva, que tem como objetivo mapear e analisar um problema ou fenômeno pouco conhecido, buscando caracterizá-lo em detalhes. Baseia-se, portanto, na coleta e análise de dados, utilizando como método principal a revisão da literatura existentes sobre o tema central, abordando informações sobre suas causas, consequências e possíveis soluções.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

O tratamento de efluentes industriais na indústria alimentícia é um desafio significativo devido à complexidade e à composição variável desses efluentes, que muitas vezes contêm altas concentrações de matéria orgânica, gorduras, óleos e outros contaminantes. Além disso, a necessidade de atender a regulamentações ambientais cada vez mais rigorosas e a crescente preocupação com a sustentabilidade e a gestão responsável dos recursos hídricos tornam imperativa a busca por soluções eficazes e inovadoras para o tratamento desses efluentes.

Nesse contexto, estudos como o de Pavón-Silva et al. (2009) e Joudah e Racoviteanu (2019) têm desempenhado um papel fundamental no avanço do conhecimento e na identificação de tecnologias eficientes para o tratamento de efluentes industriais na indústria alimentícia.

O estudo de caso de Pavón-Silva et al. (2009) investigou o sistema de tratamento de águas residuais de uma indústria alimentar que produz bolachas e massas. Duas unidades de produção foram consideradas: amassar e assar, ambas gerando águas residuais com altas concentrações de gorduras e óleos. O tratamento primário consistiu em um reator de tela e neutralização, seguido por um reservatório bombeador para controle da vazão volumétrica. Este reservatório abastece os sistemas secundários de tratamento anaeróbico-aeróbico. Para a desinfecção das águas residuais tratadas, foi utilizado hipoclorito de sódio como etapa terciária. Além disso, o processo incluiu coagulação-flocação, combinando técnicas físico-químicas e biológicas.

Após a primeira semana de tratamento, a eficiência foi de 87% na remoção de Demanda Química de Oxigênio (DQO), 92% na remoção de Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO), e não foram detectados óleos e graxas no efluente final. Entretanto, a eficiência do processo dependia da dosagem correta dos produtos químicos, devido à variação na composição das águas residuais ao longo do dia devido às diferentes operações unitárias. O lodo formado no processo de coagulação-flocação foi separado para tratamento ou destinação adequada. Este estudo ressalta a importância da abordagem integrada e sustentável na gestão de resíduos de origem alimentar e na produção de energia.

Em outro estudo, Joudah e Racoviteanu (2019) complementam essa abordagem, destacando o uso eficaz do tratamento aeróbio-anaeróbio com biorreatores de membrana (MBR) como etapa secundária para processar águas residuais da indústria de carne. Com um tempo de retenção hidráulica (TRH) de 24 horas, observou-se uma redução significativa de 99% nos sólidos suspensos totais (SST), 95% na demanda bioquímica de oxigênio (DBO5) e 96% na demanda química de oxigênio (DQO). As águas residuais tratadas foram empregadas para retrolavagem ocasional do reator, demonstrando a viabilidade e eficiência dessa tecnologia para o tratamento de efluentes complexos da indústria alimentícia.

Esses estudos ressaltam a importância da implementação de tecnologias avançadas e integradas para o tratamento de efluentes industriais, visando não apenas atender aos padrões regulatórios, mas também promover a sustentabilidade e a eficiência no uso dos recursos hídricos e na gestão de resíduos.

A descrição detalhada dos processos de tratamento, como a coagulação-flocação e o tratamento anaeróbico-aeróbico, ajuda a compreender melhor a importância dessas etapas no tratamento de efluentes. É crucial fornecer detalhes sobre a metodologia de análise dos resultados de eficiência, como a dosagem correta dos produtos químicos para garantir a eficácia do processo.

Esses estudos contribuem significativamente para o avanço do conhecimento e para a melhoria das práticas industriais, destacando a importância da implementação de tecnologias avançadas e integradas no tratamento de efluentes industriais.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Considerando o exposto, é evidente que o tratamento de efluentes industriais na indústria alimentícia é uma questão de extrema importância, dada a magnitude dos impactos ambientais e a necessidade de práticas mais sustentáveis. A revisão bibliográfica realizada neste artigo destaca a diversidade de tecnologias disponíveis para o tratamento de efluentes, bem como a importância de adotar estratégias inovadoras e sustentáveis para garantir a eficiência dos processos de tratamento.

É crucial que as indústrias alimentícias e os órgãos reguladores continuem a investir em pesquisa e desenvolvimento de novas tecnologias e práticas sustentáveis para o tratamento de efluentes. Além disso, é necessário promover uma maior conscientização sobre a importância da gestão adequada dos recursos hídricos e da redução do impacto ambiental das atividades industriais.

Diante dos desafios ambientais cada vez mais prementes, é imperativo que a indústria alimentícia se comprometa com a implementação de medidas sustentáveis e eficazes para o tratamento de seus efluentes. Somente assim será possível garantir a preservação dos recursos naturais para as futuras gerações e promover um desenvolvimento industrial mais responsável e sustentável.

REFERÊNCIAS

- AKHTAR, N.; SYAKIR ISHAK, M. I.; BHAWANI, S. A.; UMAR, K. Various natural and anthropogenic factors responsible for water quality degradation: A review. *Water*, v. 13, n. 19, p. 2660, 2021.
- ARAÚJO, G. C.; BUENO, M. P.; SOUSA, A. A.; MENDONÇA, P. S. M. Sustentabilidade empresarial: Conceitos e Indicadores. In: CONGRESSO ONLINE, 3, 2006, Anais... III CONVIBRA, 2006, p. 1-20.
- ASGHARNEJAD, H. et al. Comprehensive review of water management and wastewater treatment in food processing industries in the framework of water-food-environment nexus. *Compr. Rev. Food Sci. Food Saf.*, v. 20, n. 5, p. 4779-4815, 2021.
- BALASSIANO, Rafael Salim. Efeitos das práticas de ESG no custo de capital das empresas brasileiras. *REUNIR: Revista de Administração, Ciências Contábeis e Sustentabilidade da Universidade Presbiteriana Mackenzie*. Vol. 18. Junho de 2023. Disponível em: <https://reunir.revistas.ufcg.edu.br/index.php/uacc/article/view/1538/724>. Acesso em 11.06.2024.
- BARBERA, M.; GURNARI, G. *Wastewater treatment and reuse in the food industry*. Cham: Springer International Publishing, 2018.
- BASAK, B. et al. Biodegradation of high concentration phenol using sugarcane bagasse immobilized *Candida tropicalis* PHB5 in a packed-bed column reactor. *Ecotoxicol. Environ. Saf.*, v. 180, p. 317-325, 2019.
- BOINPALLY, S. et al. A state-of-the-art review of the electrocoagulation technology for wastewater treatment. *Water Cycle*, v. 4, p. 26-36, 2023.
- CETESB, São Paulo. Qualidade das águas interiores no estado de São Paulo 2021. São Paulo: CETESB, 2022.
- COMPTON, M. et al. Food processing industry energy and water consumption in the Pacific northwest. *Innovative food science & emerging technologies*, v. 47, p. 371-383, 2018.
- CECILIA, D. et al. Agro-food industry wastewater treatment with microbial fuel cells: energetic recovery issues. *Int. J. Hydrogen Energy*, v. 43, n. 1, p. 500-511, 2018.

DOS SANTOS PEREIRA, M. et al. Treatment of synthetic milk industry wastewater using batch dissolved air flotation. *J. Clean. Prod.*, v. 189, p. 729-737, 2018.

FAO, 2021. The state of food and Agriculture 2020. Available at: <http://www.fao.org/state-of-food-agriculture/en>. Accessed in 2021.

JOUDAH, A. A.; RACOVITEANU, G. The treatment of effluent from food industry using anaerobic-aerobic process with MBR system. *Int. J. Enginee. Appli. Scie.*, v. 6, n. 2, 2019.

KUMAR, M. et al. Algae as potential feedstock for the production of biofuels and value-added products: opportunities and challenges. *Sci. Total Environ.*, v. 716, p. 137116, 2020.

LI , K. et al. A novel electro catalytic membrane contactor for improving the efficiency of ozone on wastewater treatment. *Appl. Catal.*, v. 249, p. 316-321, 2019.

MOUSSA, D. T. et al. A comprehensive review of electrocoagulation for water treatment: Potentials and challenges. *Journal of environmental management*, v. 186, p. 24-41, 2017.

NIDHEESH, P. V. et al. Emerging technologies for mixed industrial wastewater treatment in developing countries: An overview. *Environmental Quality Management*, v. 31, n. 3, p. 121-141, 2022.

PAVÓN-SILVA, T. et al. Physicochemical and biological combined treatment applied to a food industry wastewater for reuse. *Journal of Environmental Science and Health, Part A*, v. 44, n. 1, p. 108-115, 2009.

SHAHEDI, A. et al. A review on industrial wastewater treatment via electrocoagulation processes. *Current opinion in electrochemistry*, v. 22, p. 154-169, 2020.

SHRIVASTAVA, V. et al. Wastewater in the food industry: Treatment technologies and reuse potential. *Chemosphere*, v. 293, p. 133553, 2022.

SINGH, B. J.; CHAKRABORTY, A.; SEHGAL, R. A systematic review of industrial wastewater management: Evaluating challenges and enablers. *Journal of Environmental Management*, v. 348, p. 119230, 2023.

SODHI, H. S.; SINGH, D.; SINGH, B. J. A conceptual examination of Lean, Six Sigma and Lean Six Sigma models for managing waste in manufacturing SMEs. *World Journal of Science, Technology and Sustainable Development*, v. 17, n. 1, p. 20-32, 2020.

SLORACH, P. C. et al. Sustentabilidade ambiental da digestão anaeróbica de resíduos alimentares domésticos. *Revista de gestão ambiental*, v. 236, p. 798-814, 2019.

TIWARI, O.; SAHU, S. Treatment of food-agro (sugar) industry wastewater with copper metal and salt: chemical oxidation and electro-oxidation combined study in batch mode. *Water Resour. Ind.*, v. 17, p. 19-25, 2017.

VERSTRAETE, W. et al. Engineering microbial technologies for environmental sustainability: choices to make. *Microb. Biotechnol.*, v. 15, n. 1, p. 215-227, 2022.

XU, A. et al. Towards the new era of wastewater treatment of China: development history, current status, and future directions. *Water Cycle*, v. 1, p. 80-87, 2020.

Y. TONG et al. Influence of social and environmental drivers on nutrient concentrations and ratios in lakes: a comparison between China and Europe. *Water Res.*, v. 227, p. 119347, 2022.

Y. ZOU et al. Fe-Mn binary oxides activated aluminosilicate mineral and its Tl (I) removal by oxidation, precipitation and adsorption in aqueous. *J. Solid State Chem.*, v. 303, p. 122383, 2021.