



UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
“JÚLIO DE MESQUITA FILHO”
Instituto de Ciência e Tecnologia
Câmpus de Sorocaba

ULISSES RODRIGUES DE JESUS

**REUSO DE ÁGUA COMO ALTERNATIVA SUSTENTÁVEL PARA UMA
INDÚSTRIA DE ALIMENTOS LOCALIZADA EM UMA CIDADE COM ESTRESSE
HÍDRICO: UM ESTUDO DE CASO**

Sorocaba

2024

ULISSES RODRIGUES DE JESUS

**REUSO DE ÁGUA COMO ALTERNATIVA SUSTENTÁVEL PARA UMA
INDÚSTRIA DE ALIMENTOS LOCALIZADA EM UMA CIDADE COM ESTRESSE
HÍDRICO: UM ESTUDO DE CASO**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à Universidade Estadual Paulista (UNESP), Instituto de Ciência e Tecnologia, Sorocaba, como parte dos requisitos para obtenção do grau de Bacharel em Engenharia Ambiental.

Orientador: Prof. Dr. Leonardo Fernandes Fraceto

Sorocaba

2024

J58r

Jesus, Ulisses Rodrigues de

Reuso de água como alternativa sustentável para uma indústria de alimentos localizada em uma cidade com estresse hídrico: um estudo de caso / Ulisses Rodrigues de Jesus. -- Sorocaba, 2024

47 p. : il., tabs., fotos

Trabalho de conclusão de curso (Bacharelado - Engenharia Ambiental) - Universidade Estadual Paulista (UNESP), Instituto de Ciência e Tecnologia, Sorocaba

Orientador: Leonardo Fernandes Fraceto

1. Engenharia ambiental. 2. Sustentabilidade. 3. Água - Reuso. I. Título.

ULISSES RODRIGUES DE JESUS

**REUSO DE ÁGUA COMO ALTERNATIVA SUSTENTÁVEL PARA UMA
INDÚSTRIA DE ALIMENTOS LOCALIZADA EM UMA CIDADE COM ESTRESSE
HÍDRICO: UM ESTUDO DE CASO**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Instituto de Ciência e Tecnologia de Sorocaba, Universidade Estadual Paulista (UNESP), como parte dos requisitos para obtenção do grau de Bacharel em Engenharia Ambiental.

Data de aprovação: 02/12/2024

Trabalho aprovado por meio de parecer, homologado pelo Conselho de Curso em reunião de 04 de dezembro de 2024.

AGRADECIMENTO

Neste momento de finalização da graduação, gostaria de deixar registrado meu profundo agradecimento a quem, de alguma forma, me apoiou e contribuiu para minha formação e para que esse trabalho fosse realizado.

Primeiramente, agradeço a minha família, mesmo diante de tantos desafios na vida puderam me dar o suporte e carinho para que eu nunca desistisse dos meus sonhos.

Aos docentes e funcionários da UNESP, deixo minha eterna gratidão por todo conhecimento, acolhimento, orientações e diálogos que me ajudaram, além de ser um profissional capacitado, a ser um cidadão melhor.

Por fim, deixo também meus agradecimentos aos meus amigos da República 5 Bola, que durante esse período desafiador de morar pela primeira vez em outra cidade, se tornaram minha segunda família. Graças a esse convívio, puderam compartilhar comigo conhecimento e momentos de descontração.

A todos vocês, muito obrigado por fazerem parte da minha trajetória.

“...Na complexidade da pós-modernidade um brinde ao gesto, ao eterno erguer as mãos para aprender a aprender. Aprender a coragem de se dar, de escutar, de falar, de silenciar, de comprometer com a educação do olhar e para o olhar...”

(Silva, 2009)

RESUMO

A água é um recurso natural que chama cada vez mais atenção para a necessidade de sua preservação, devido ao aumento nas demandas de consumo em nosso planeta. Ao contrário do que se possa imaginar, trata-se de um bem precioso, de valor agregado e finito, que requer uma gestão responsável para seu uso. O volume de água disponível para consumo humano pouco se alterou nas últimas décadas e, atualmente, diversos países, emergentes ou não, enfrentam problemas de desperdício e deterioração da qualidade da água, além de uma distribuição desproporcional em relação à alocação populacional em diferentes territórios. A sustentabilidade na gestão desse recurso natural exige planejamento em curto, médio e longo prazos, e demanda atenção do poder público e da população para a necessidade de novas alternativas que garantam condições adequadas de consumo para todos os seres vivos. Este trabalho abordará a situação atual dos recursos hídricos, os critérios de gestão e as leis envolvidas. Será apresentado um estudo de caso, baseado em pesquisa bibliográfica, sobre o reaproveitamento de água através do processo de reuso, destacando a iniciativa de uma indústria alimentícia localizada no interior de São Paulo, que desenvolveu uma estação de tratamento de efluentes com o objetivo de tornar-se autossuficiente, contribuindo assim para a comunidade local e o meio ambiente.

Palavras-chave: alternativa sustentável; reuso; efluente; tratamento.

ABSTRACT

Water is a natural resource that increasingly demands attention for its preservation as consumption needs are rising on our planet. Contrary to what might be assumed, water is a precious, finite resource with added value, necessitating responsible management in its use. The volume of water available for human consumption has not changed significantly in recent decades, yet many countries—emerging and developed alike—face waste and deteriorating water quality challenges, compounded by unequal distribution relative to population allocation across territories. Sustainability in water management requires planning over short, medium, and long-term horizons. It demands the attention of both governmental authorities and the public to explore new alternatives that ensure access to water for all living beings. This work will discuss the current state of water resources, including regulatory criteria and relevant laws. A case study will also be presented, based on a literature review, that explores water reuse within the food industry in the interior of São Paulo. This industry developed an effluent treatment facility aiming for self-sufficiency, thus benefiting both the local community and the environment.

Keywords: sustainable alternatives; reuse; effluent; treatment.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 - Distribuição de água doce superficial no mundo.....	16
Figura 2 - Peneiramento Rotativa.....	30
Figura 3 - Tanque de equalização.....	31
Figura 4 - Tanque de coagulação e floculação.....	32
Figura 5 - Tanque de flotação	33
Figura 6 – Tanques de tratamento biológico	34
Figura 7 - MBR (<i>Membrane bioreactor</i>).....	35
Figura 8 - Equipamento com Radiação UV	36
Figura 9 - Radiação UV	36
Figura 10 - Filtros de carvão ativado	37
Figura 11 - Osmose Reversa	38
Figura 12 - Participação de demais unidades no fornecimento de efluentes	40

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Exemplos de possíveis reusos de água na indústria de alimentos	24
Quadro 2 – Participação de demais unidades no fornecimento de efluentes.....	27

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Consumo antes a implantação da ETE	39
Tabela 2 – Consumo após a implantação da ETE	39
Tabela 3 – Potabilidade Fábrica x CIS x portaria 888.	41
Tabela 4 – Comparativo entrada e saída DQO.	42

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	11
2 OBJETIVOS	14
2. 1 Objetivo geral	14
2. 2 Objetivos específicos	14
3 REVISÃO DE LITERATURA	15
3.1 Disponibilidade de água no Brasil	15
3.2 O consumo de água no Brasil	16
3.3 Aspectos legais	17
3.4 Gestão dos recursos hídricos	19
3.4.1 Potabilidade da água	20
3.5 Considerações sobre a água de reuso	22
3.5.1 Técnicas de tratamento de efluente industrial	25
4 METODOLOGIA	28
5 ESTUDO DE CASO	29
5.1 Motivação para início do projeto	29
5.2 Etapas do tratamento de efluentes	29
5.2.1 Fluxo de tratamento	30
6 RESULTADOS	39
7 CONCLUSÃO	43
REFERÊNCIAS	44

1 INTRODUÇÃO

A água é fundamental para sustentar todas as formas de vida na Terra. Por isso, deveria ser acessível a todos os seres vivos, de modo a garantir a continuidade e a sustentabilidade do planeta. No entanto, a água é um recurso limitado, o que significa que pode se esgotar algum dia. Agravando esta situação, apenas uma pequena porção da água presente na Terra é doce e apropriada para consumo humano, sendo a maior parte salgada. Isso torna a água doce um recurso altamente importante, exigindo uso consciente, preservação e proteção.

Conforme dados da Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico (ANA) (2024), somente 2,5% da água disponível no planeta é doce e dessa forma apropriada para consumo humano, enquanto 97,5% é salgada, tornando-a imprópria para consumo direto. Do montante disponível para consumo, 69% estão armazenados em geleiras, dificultando assim seu acesso, 30% são reservas subterrâneas localizadas em aquíferos e apenas 1% está presente nos rios e de fácil acesso. Dessa forma, adotar estratégias conscientes para utilização desse recurso sem comprometer todas as suas aplicabilidades se torna cada vez mais essencial.

A falta de água tornou-se uma questão global que afeta milhões de pessoas, questão essa que afeta países com crescimento populacional acelerado ou nações mais vulneráveis, onde a qualidade e a quantidade dos recursos hídricos estão se esgotando.

Desde o começo do século passado o Brasil vem desenvolvendo legislações e políticas para elevar seus recursos hídricos. Com a crise econômica entre o fim do século XIX e o início do século XX, marcada pela transição do setor agrário para o industrial, houve maior demanda por energia elétrica. Nesse cenário, foi publicado em 1934 o Decreto 24.643, que instituiu o Código de Águas Brasileiro, focado na priorização da energia elétrica, mas que também iniciou uma mudança de conceitos sobre o uso e propriedade da água¹.

A escassez de água e os custos elevados para o seu tratamento podem motivar investidores a implementarem práticas de reutilização do reuso de água.

¹ <https://cetesb.sp.gov.br/aguas-interiores/tpos-de-agua/historico-da-legislacao-hidrica-no-brasil/#:~:text=C%C3%B3digo%20de%20%C3%A1guas%20minerais%2C%20que,Estaduais%20de%20Gest%C3%A3o%20de%20%C3%81guas>

Barros *et al.* (2015), explicam que a água de reuso é o reaproveitamento de águas oriundas do tratamento de efluentes. A utilização segura desta água de reuso permite que o fornecimento de água, em condições para consumo, seja destinado a fins efetivos, enquanto a água de reuso é utilizada para outros propósitos, como atividades agrárias, irrigação de jardins externos e limpeza de áreas urbanas (Pinto *et al.*, 2014).

Nesse contexto, o reuso de água emerge como uma estratégia crucial para gerenciar a demanda hídrica na indústria. Isso ocorre porque o resultado do efluente tratado durante uma etapa do processo de produção pode ser reutilizado em outra fase, substituindo o uso de água potável. Esse reaproveitamento pode ocorrer independente de tratamento prévio, estando sujeito a qualidade do efluente e da finalidade pretendida, contribuindo significativamente para a diminuição do consumo total de água (Hespanhol, 2008).

Apesar de ser uma estratégia crucial na gestão da demanda hídrica industrial, a implementação do reuso de efluentes exige um planejamento abrangente e um estudo detalhado (Odpes, Michalovicz, Bilotta, 2018).

Muitas vezes, essa etapa não é realizada adequadamente, o que acaba inviabilizando o reuso. Além disso, a condução de um exame preciso sobre a utilização da água e a formação de efluentes pode ajudar os gestores industriais nas decisões a serem tomadas visando ações futuras.

A justificativa para a elaboração deste trabalho baseia-se na necessidade de incremento da prática do reuso industrial de efluentes, especialmente nas regiões metropolitanas, diante do aumento da demanda e da crise hídrica, que impacta diretamente o setor industrial. Ações como esta promovem a necessidade da indústria em manter uma tecnologia atualizada em relação ao consumo competente e coerente de seus recursos hídricos dentro do processo produtivo e à sustentabilidade empresarial.

O reuso de água serve como uma alternativa à captação e utilização de água de abastecimento, visando reduzir o consumo hídrico e o descarte de efluentes.

Conseqüentemente, essa prática diminui os custos da empresa, otimiza a produção e se alinha com as práticas sustentáveis.

A finalidade deste estudo foi avaliar, através de um estudo de caso, os resultados obtidos na implementação do reuso macro interno de efluentes em uma indústria de alimentos (*snacks*, popularmente chamados de “salgadinhos”) da cidade

de Itú (interior do Estado de São Paulo), considerando os parâmetros de potabilidade.

2 OBJETIVOS

2.1 Objetivo geral

Apresentar a viabilidade de reutilização de efluentes industriais para uso potável como uma medida parcial para substituir água de abastecimento público e captação por poços nos processos industriais de apoio à fabricação de alimentos, trazendo como exemplo de sucesso neste processo a implantação de uma Estação de Tratamento de Efluentes (ETE) em uma fábrica de alimentos localizada na cidade de Itú-SP.

2.2 Objetivos específicos

- Abordar a situação atual a respeito da crise Hídrica no Brasil e no Mundo.
- Apresentar os aspectos legais que envolvem a questão hídrica.
- Avaliar a compatibilidade do efluente industrial tratado nos processos secundários da produção de alimentos da indústria objeto deste estudo.
- Expor os benefícios e potenciais vantagens para a indústria ao substituir parcialmente o fornecimento de água por "água reutilizada".

3 REVISÃO DE LITERATURA

3.1 Disponibilidade de água no Brasil

O Brasil detém as mais vastas bacias hidrográficas do planeta, apesar disso a questão da disponibilidade de grandes quantidades de água, com qualidade, se torna cada vez maior, esse fato se deve pelo uso inadequado, a poluição e pela distância existente entre a localização da água disponível e os centros industriais e populacionais que dela se utilizam.

O Brasil reúne em seus rios cerca de 12% da água doce do mundo. Figura 1.

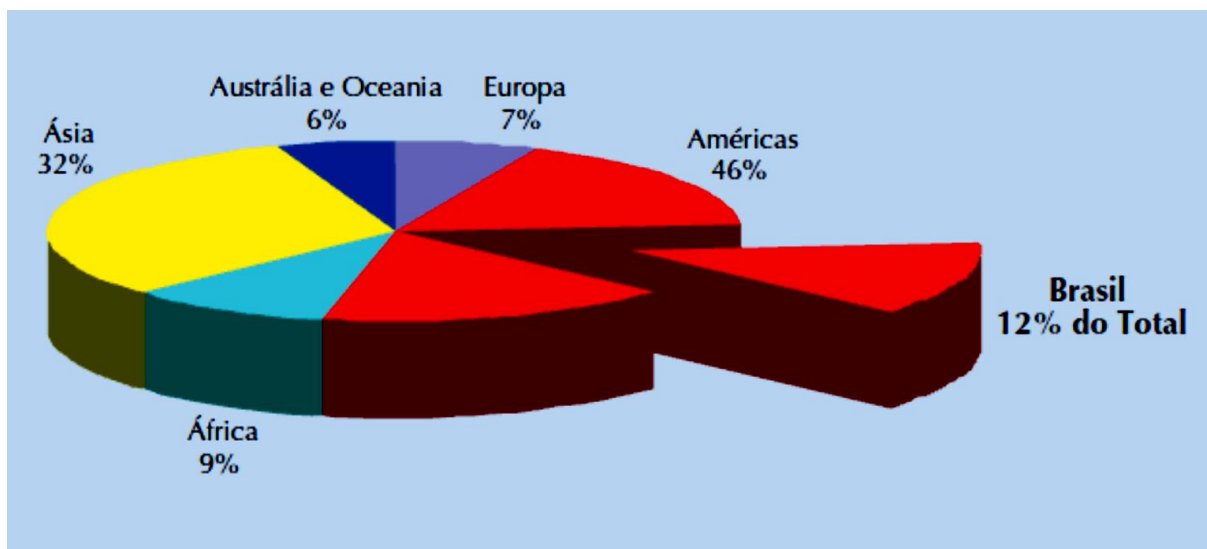
Sua maior concentração se dá no rio Amazonas, além disso as condições climáticas e geológicas do país favorecem, com exceção do semiárido, a formação de uma ampla e espessa gama de rios. (GEO Brasil, 2007). No entanto, apesar de abundante, essa distribuição ocorre de forma irregular.

Por exemplo a região sudeste, onde se localiza a empresa objeto deste estudo, uma das maiores concentrações populacionais do país tem acesso a 6% do total de água disponível enquanto, por exemplo, a Amazônia com menor índice populacional tem acesso a 78% da água superficial. (Macêdo, 2007).

Ao avaliar a relação entre os recursos hídricos disponíveis e a distribuição da população brasileira, nota-se uma situação preocupante na região Nordeste onde adaptações ao semiárido podem ser viabilizadas por meio de tecnologias externas para o aproveitamento de água, como sistemas de coleta e armazenamento em tanques de pedra, cisternas "calçadão", captação de água da chuva, construção de barragens subterrâneas e pequenos reservatórios conhecidos como barraginhas.

O crescimento da necessidade por água, somado à expansão urbana, à impermeabilização do solo, à diminuição da capacidade produtiva dos mananciais, à contaminação dos recursos hídricos e ao desperdício, gera um panorama alarmante para a sustentabilidade do abastecimento público (Brasil, 2006).

Figura 1 - Distribuição de água doce superficial no mundo.



Fonte: GEO Brasil (2007) – Adaptado de UNESCO.

3.2 O consumo de água no Brasil

Um dos grandes consumidores de água disponível no planeta é o setor industrial, seu crescimento, principalmente em países considerados emergentes impacta diretamente na demanda de água oferecida onde sua atividade irá determinar volume e qualidade necessárias para sua produção (Matsumura, 2007).

Lobo (2004), ressalta que o uso adequado da água envolvendo a prática de reuso implica em outros resultados não mensurados como, por exemplo, o reforço positivo da imagem da indústria uma vez que ao otimizar recursos colabora com a questão da sustentabilidade.

Outro setor responsável por utilização em larga escala das águas disponíveis é o setor agrícola, com uma grande concentração destinada a irrigação.

Sua necessidade se acentua em regiões onde o solo é seco ou acometidas por grandes períodos de estiagem. Apesar de atualmente o setor contar com equipamentos que regulam a quantidade de água necessária por área a ser irrigada tal tecnologia ainda é muito onerosa, impedindo o acesso a agricultores de pequeno porte, além do fato da existência da cultura popular que quanto mais água mais produtividade (Costa, 2007).

A Agência Nacional de Águas (ANA) traz em seu relatório “Conjuntura dos Recursos Hídricos no Brasil” que:

Os principais usos de água no Brasil, que utilizaram cerca de 84% do volume de água retirada, foram a irrigação (50,5%), o abastecimento urbano (23,9%) e a indústria (9,4%). Outros usos considerados foram o uso animal (8%), as termelétricas (5%), o abastecimento rural (1,6%) e a mineração (1,6%).(ANA,2023)

3.3 Aspectos legais

Em 1934 surge o Código das Águas, cujo objetivo do então governo era iniciar a nacionalização e estatização de empresas estrangeiras onde até a década de 1930 eram responsáveis pelo saneamento, além de outros serviços públicos.

Em 08 de Janeiro de 1997 foi promulgada a Lei Federal 9.433 que instituiu a Política Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos (PNRH), sendo vista como ponto importante no processo de controle e gestão deste recurso.

A referida lei trouxe pontos importantes no entendimento de preservação e gestão desse recurso, dispondo:

Art. 1º A Política Nacional de Recursos Hídricos baseia-se nos seguintes fundamentos:

- I - a água é um bem de domínio público;
- II - a água é um recurso natural limitado, dotado de valor econômico;
- III - em situações de escassez, o uso prioritário dos recursos hídricos é o consumo humano e a dessedentação de animais;
- IV - a gestão dos recursos hídricos deve sempre proporcionar o uso múltiplo das águas;
- V - a bacia hidrográfica é a unidade territorial para implementação da Política Nacional de Recursos Hídricos e atuação do Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos;
- VI - a gestão dos recursos hídricos deve ser descentralizada e contar com a participação do Poder Público, dos usuários e das comunidades.

Art. 5º São instrumentos da Política Nacional de Recursos Hídricos:

- I - os Planos de Recursos Hídricos;
- II - o enquadramento dos corpos de água em classes, segundo os usos preponderantes da água;
- III - a outorga dos direitos de uso de recursos hídricos;
- IV - a cobrança pelo uso de recursos hídricos;
- V - a compensação a municípios;
- VI - o Sistema de Informações sobre Recursos Hídricos. (Brasil, 1997).

A Portaria nº 518, de 25 de março de 2004, emitida pelo Ministério da Saúde, define os padrões de qualidade para a água destinados ao consumo humano. Ela especifica as responsabilidades das entidades produtoras, como os sistemas de

abastecimento e as soluções alternativas, que devem realizar o “controle de qualidade da água”.

Estabelece ainda um conjunto de diretrizes importantes para garantir a qualidade da água dedicada ao consumo humano no Brasil, com foco na proteção da saúde pública. Alguns aspectos dessa regulamentação merecem destaque:

- Potabilidade: A portaria atribui aos órgãos de saúde pública a responsabilidade de monitorar a qualidade da água fornecida para o consumo humano, compreendendo a fiscalização dos sistemas de abastecimento e a verificação dos padrões exigidos.
- Padrões de potabilidade: A água potável deve atender a condições específicas de qualidade, incluindo critérios microbiológicos, como a presença de coliformes fecais; físicos, como cor, turbidez e temperatura e químicos, como níveis de metais pesados e substâncias tóxicas e radioativas. O objetivo é garantir que a água seja ideal para consumo, sem oferecer riscos à saúde da população.
- Responsabilidade do poder público: A gestão dos sistemas de abastecimento de água é de responsabilidade do poder público, seja de forma direta ou por meio de concessões para empresas privadas. Aqui se inclui a implantação, operação e manutenção das infraestruturas adequadas para o fornecimento contínuo de água potável.
- Monitoramento contínuo: O controle da qualidade da água envolve um processo contínuo com a realização de testes frequentes e a manutenção de um sistema eficaz de gestão da qualidade da água envolvendo desde sua captação bruta até a distribuição para a população.

Essas disposições são fundamentais para garantir que a população receba a água fornecida dentro dos padrões exigidos para preservar a saúde pública e minimizar os riscos de doenças associadas ao consumo de água contaminada.

Autoridades sanitárias, órgãos de controle ambiental e gestores dos sistemas de abastecimento devem atuar de forma conjunta para atingir a eficiência que a portaria estabelece (Brasil, 2004).

3.4 Gestão dos recursos hídricos

O gerenciamento dos recursos hídricos envolve a coordenação de ações entre diversos agentes sociais que deles se utilizam, buscando harmonizar seu uso, controle e proteção, sempre com foco no desenvolvimento sustentável. O principal desafio nessa área é preservar tais recursos disponíveis atualmente, de modo que no futuro a população tenha acesso à água em quantidade e qualidade adequadas.

Para atender às diversas demandas das águas, a gestão de recursos hídricos tem adotado como ferramenta estratégica a implantação de reservatórios, contudo, o crescimento expressivo da demanda por energia elétrica e pelo uso da água no abastecimento industrial, público e agrícola gerou conflitos relacionados a questões ambientais e de operação, independentemente do objetivo inicial da reserva (ANA, 2004).

De acordo com Tucci *et al.* (2001) as utilizações que requerem outorga estão sob o domínio da administração pública, sendo elas: a derivação ou captação de uma parte da água de um corpo hídrico para consumo final ou como insumo em processos produtivos; extração de água de aquíferos densos para consumo final ou como insumo; lançamento de esgoto, tratado ou não, em corpos d'água com fins de diluição, transporte ou provisão final; aproveitamento de potenciais hidrelétricos; e outros usos que possam alterar o regime, a quantidade ou a qualidade da água em corpos hídricos.

O estado teve uma atuação importante em várias políticas públicas no Brasil, desde a década de 1940, como a geração de energia hidrelétrica, o plano nacional de saneamento, os programas de transporte hidroviário e os esforços para garantir maior transparência na gestão dos recursos hídricos, todavia, o autor destaca uma série de problemas persistentes na área de recursos hídricos no país, como a escassez de água, enchentes periódicas nas grandes cidades, a falta de práticas eficazes para gestão dos recursos hídricos, a distribuição desigual dos custos sociais relacionados ao uso da água, a participação limitada da sociedade na gestão desses recursos, bem como a tomada de decisões sem processos organizados e métodos quantitativos de avaliação.

Questões como essas apontam para a necessidade urgente de aprimorar a gestão e a governança dos recursos hídricos no Brasil, de modo a garantir um uso

mais sustentável e justo da água, levando em consideração os desafios socioambientais que o país enfrenta.

O artigo 12 da Lei nº 9.433/97 estabelece que:

Art. 12. Estão sujeitos a outorga pelo Poder Público os direitos dos seguintes usos de recursos hídricos:

I - derivação ou captação de parcela da água existente em um corpo de água para consumo final, inclusive abastecimento público, ou insumo de processo produtivo;

II - extração de água de aquífero subterrâneo para consumo final ou insumo de processo produtivo;

III - lançamento em corpo de água de esgotos e demais resíduos líquidos ou gasosos, tratados ou não, com o fim de sua diluição, transporte ou disposição final;

IV - aproveitamento dos potenciais hidrelétricos;

V - outros usos que alterem o regime, a quantidade ou a qualidade da água existente em um corpo de água.

§ 1º Independem de outorga pelo Poder Público, conforme definido em regulamento:

I - o uso de recursos hídricos para a satisfação das necessidades de pequenos núcleos populacionais, distribuídos no meio rural;

II - as derivações, captações e lançamentos considerados insignificantes;

III - as acumulações de volumes de água consideradas insignificantes.
(Brasil, 1997)

3.4.1 Potabilidade da água

Conforme Simensato e Bueno (2019), a água potável exerce um papel crucial na indústria alimentícia, influenciando diretamente a qualidade dos produtos.

Qualquer uso de água não potável em qualquer fase do processo de fabricação comprometeria a integridade sanitária do produto. Em certos alimentos, a água utilizada na indústria é incorporada diretamente ao produto, destacando a necessidade absoluta de garantir sua potabilidade. Para que isso ocorra a qualidade da água utilizada deve atender a alguns parâmetros:

A análise microbiológica da água é de extrema importância, pois permite identificar a presença de microrganismos patogênicos. A detecção de bactérias pode indicar contaminação por fezes humanas ou animais, muitas vezes associada à contaminação por esgoto. Isso é preocupante, pois tais microrganismos têm o potencial de causar diversas doenças, como diarreia, febre tifoide e infecções intestinais graves, podendo até mesmo resultar em óbito. O consumo de água contaminada ou seu uso na preparação de alimentos pode ser responsável pela propagação de novos casos de infecção (Leite, 2003).

A água potável deve estar isenta de microrganismos patogênicos e indicadores de contaminação fecal. Um dos principais indicadores desse tipo de contaminação são as bactérias coliformes. A Portaria nº 518/2004 do Ministério da Saúde estabelece critérios para avaliar a potabilidade da água, incluindo a existência de coliformes totais e termotolerantes de preferência *Escherichia coli*, além da contagem padrão de bactérias heterotróficas. Essa portaria sugere que a contagem padrão de bactérias na água não deve exceder 500 Unidades Formadoras de Colônias por 1 mililitro de amostra (500/UFC/mL) (Funasa, 2006). Os marcadores dessa espécie de contaminação, comumente aceitos, fazem parte de um grupo de bactérias nomeadas coliformes (Simensato e Bueno, 2019).

A análise físico-química engloba várias análises que avaliam variações da propriedade da água em aspectos referentes a cor, turbidez, cloro residual e pH.

A principal condição para que a água seja considerada potável é que ela seja insípida, incolor e inodora (FUNASA, 2006).

- Cor: A cor da água é derivada dos elementos que nela se encontram dissolvidas. Em grandes volumes seu estado de pureza irá apresentar uma cor azulada, o tom arroxeadado indica a presença de ferro, quando negra é abundante em manganês e o tom amarelado indica que é rica em ácidos húmicos (Brasil, 2011).
- Turbidez: Refere-se a materiais de qualquer gênero que se encontram suspensos. Ocasionalmente devido à alteração da infiltração da luz pelas partículas que se encontram suspensas, causando a sua difusão e absorção. Essas partículas podem ser combinadas por plâncton, areia, fontes de poluição, bactérias, argila e outros (Leite, et al., 2003).
- pH: Mede a alcalinidade da água, sua escala variar de 1 a 14, assinalando a concentração de íons H^+ existentes na água e determinando seu caráter ácido sendo apropriado a água com pH acima de 7 (Sperling, 2014).
- Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO) - Mede a quantidade de oxigênio necessária para que microrganismos aeróbicos decomponham a matéria orgânica presente na água, irá indicar a quantidade de oxigênio que seria consumida pelos microrganismos ao realizarem a preservação biológica da matéria orgânica em um determinado período. Essa medida é utilizada como um

indicador de poluição orgânica onde quanto maior a DBO, maior a quantidade de matéria orgânica e, portanto, maior o potencial de impacto ambiental (ANA, 2024).

- Cloro residual: A Medição do teor de cloro ativo que permanece na água é essencial para garantir sua qualidade microbiológica e verificar se está apta para consumo. A contaminação com cloro é uma medida importante para a proteção contra doenças infecciosas de origem hídrica. A eficácia desse processo é verificada por análises microbiológicas, e a concentração de cloro deve ser monitorada diariamente (Libânio, 2008).

3.5 Considerações sobre a água de reuso

De acordo com Mierza e Hespanhol (2005), o uso de água de aproveitamento na indústria é visto como uma medida essencial para reduzir o consumo de água e a geração de efluentes, sendo necessário um planejamento adequado para garantir a eficiência sem comprometer as operações. A prática de reuso deve ser adotada apenas após a implementação de medidas de otimização do uso de água, para evitar impactos nos efluentes gerados. Embora importante, o reuso não deve ser uma meta central no gerenciamento de água e efluentes, devido aos altos investimentos para atender aos padrões de qualidade. O reuso, então, deve se integrar a outras estratégias de uso racional da água.

A preocupação dos autores é válida visto que na indústria um efluente tratado, após sua participação nos processos industriais, irá absorver substâncias capazes de alterar suas características originais, necessitando assim de tratamento complementar.

O reuso de efluentes industriais refere-se à substituição total ou parcial das fontes convencionais de água pelo próprio efluente ou por efluente tratado em estações específicas, que garantem características similares à água bruta (Mierzwa e Hespanhol, 2005). As aplicações mais frequentes incluem atividades que não requerem padrões de qualidade tão rigorosos, como usos urbanos não potáveis (irrigação de gramados, lavagem de ruas, reservatórios de incêndio etc.), além de usos industriais e agrícolas (Embrapa, 2022).

O reuso industrial de efluentes pode ser classificado em duas categorias principais:

a) Macro externo - Trata-se do efluente a ser reutilizado tem origem em uma estação de tratamento de esgoto municipal ou de uma estação de tratamento de efluentes de outra indústria. A aplicação industrial de diferentes segmentos, está centralizada basicamente em: Caldeiras, torres de resfriamento, lavagem e limpeza de peças e equipamentos, Irrigação de jardins, limpeza de pisos e lavagem de veículos.

b) Macro interno - Trata-se do efluente gerado por atividades diferentes dentro da própria indústria onde se pretende realizar o reuso. Esta última categoria se divide em duas subcategorias:

- Reuso direto (em cascata) - Efluente gerado em uma fase do processo industrial podendo ser reutilizado diretamente em outra etapa sem a necessidade de tratamento prévio, desde que sua qualidade seja compatível com a nova aplicação e atenda aos requisitos técnicos
- Reuso de efluente tratado - Onde o efluente, como o próprio nome indica, deve passar tratamento e subsequentemente ser reutilizado em outro setor da indústria (Mancuso & Santos, 2003).

A Lei 9.433 de 1997 que estabeleceu a cobrança pela utilização dos recursos hídricos no Brasil como ferramenta de gestão, aliada ao fato da necessidade crescente por água intensificaram a utilização da água de reuso, tornando tal prática extremamente relevante atualmente (Brasil, 1997).

O planejamento de reuso deve ser visto como parte mais extensa de um projeto ao considerar o uso eficiente e lógico da água, onde há de se incluir um controle efetivo de perdas e desperdícios, além da minimizar a geração de efluentes (Cunha *et al.*, 2011).

A possibilidade da troca de água potável pela água de reuso favorece a sustentabilidade desse recurso precioso para a vida humana (Schulz e Henkes, 2013).

A água captada nos rios muitas vezes apresenta qualidade inferior a aquela já

empregada nos processos industriais, tornando a questão de reuso viável economicamente e ambientalmente principalmente se considerarmos sua aplicação em processos chamados de “segundo uso” como: alguns tipos de irrigação, resfriamento de equipamentos, lavagem de pisos e maquinários (Torres, *et al.* 2018).

A espécie de tratamento necessário para a água de reuso será definida de acordo com os níveis de qualidade em que essa água se encontra ao concluir sua passagem pelo processo original a que foi submetida e qual será sua aplicação secundária no processo subsequente (Koning, 2008; Legner, 2013).

O quadro 1 descreve determinadas aplicações específicas para utilização na indústria alimentícia.

Quadro 1 – Exemplos de possíveis reusos de água na indústria de alimentos

Processo	Fonte potencial de água	Possibilidade de reuso
Processamento de alimentos	Água condensada	Direto na preparação do produto
	Água gelada	Produtos de lavagem
	Água de rejeito	Produção de gelo, água quente e vapor
	Água de enxágue de equipamentos	Controle de umidade e condicionamento de ar
	Água de enxágue de produtos	Iniciar, enxaguar e limpar equipamentos de processos
	Permeados de membrana/filtração	Limpeza e desinfecção de processos
	Água de sanitização	Alimentar caldeira e extinguir fogo

Fonte: Codex Alimentarius Commission, 2000

Para assegurar a qualidade da água, a segurança dos alimentos e dos consumidores, o Ministério da Saúde (MS), por meio da Portaria nº 2.914/2011, estabeleceu que água potável de alta pureza e livre de contaminação é exclusivamente utilizada para higiene pessoal, produção farmacêutica e alimentícia (Brasil, 2011). Dessa forma, o reuso de água nas indústrias alimentícias é hoje em

dia muito voltado às atividades externas ou de suporte à produção, sendo denominado como "reciclagem interna".

3.5.1 Técnicas de tratamento de efluente industrial

Os efluentes provenientes do processamento e fabricação de alimentos geralmente contêm quantidades significativas de matéria orgânica e resíduos de produtos de limpeza, que podem comprometer a eficácia dos tratamentos convencionais aplicados e representar potencial ameaça ao oxigênio dissolvido na água, essencial para a sustentação da vida aquática (Moreira, 2023).

Conforme Matsumura (2007), temos as seguintes técnicas:

- Filtração: Utilizando-se areia ou qualquer outro meio poroso para remoção de partículas.
- Adsorção em carvão ativado: A superfície do carvão ativado retém contaminantes, retira amônia nitrogenada e voláteis orgânicos;
- Sedimentação: Técnica aplicada através da gravidade que gera a sedimentação de substâncias encontradas em forma de partículas ou flocos químicos.;
- Coagulação e Floculação Química: Por meio de um coagulante (policloreto de alumínio, tanino, polímero entre outros) irá propiciar a desestabilização das partículas coloidais do esgoto recuperado;
- Tratamento Aeróbio Biológico: Realiza, por meio de micro-organismos, a remoção da matéria orgânica em suspensão ou diluída no esgoto.
- Troca Iônica: Utilizando um fluxo através de reator irá gerar a troca de íons entre resina de troca e água. Processo com resultado excelente na remoção de cátions como magnésio, cálcio, e ânions ferro, como nitrato;
- Ultra filtração: Promove a remoção de micro-organismos:
- Osmose reversa: Através de pressão osmótica reversa é separado um meio mais concentrado de um meio menos concentrado. Retira sais dissolvidos e íons minerais de solução, apresenta bons resultados na remoção de partículas;
- Demais técnicas como: dissipação, queima de líquido etc.

O tipo de tratamento é selecionado com base na origem e nas características específicas do efluente, além das condições operacionais da indústria. Dependendo

do método empregado e da natureza do resíduo, os processos de tratamento podem ser categorizados da seguinte forma (Giordano, 2004).

- **Tratamentos Físicos:** empregam técnicas para remover sólidos, matérias orgânicas ou inorgânicas em suspensão, reduzir a carga microbológica e, em alguns casos, desinfetar. Exemplos incluem gradeamento, caixas de areia, filtração e decantação.
- **Tratamentos Químicos:** utilizam produtos químicos como flocculantes, oxidantes e neutralizantes para remover poluentes e/ou auxiliar na remoção em etapas subsequentes. Exemplos incluem clarificação, cloração e oxidação por ozônio.
- **Tratamentos Biológicos:** visam remover matéria orgânica dissolvida e/ou em suspensão por meio da ação de microrganismos, podendo ser aeróbios ou anaeróbios. Exemplos incluem lagoas de estabilização, biodigestores e processo de lodo ativado.

Além disso, as fases do processo de tratamento seguem uma sequência ordenada conforme exigido pela indústria, tipicamente consistindo em estágios preliminares, primários, secundários e terciários. Essas etapas são interdependentes e empregam métodos físicos, químicos e/ou biológicos para assegurar que o efluente atende completamente aos padrões estabelecidos (Silva, Dutra e Cadima, 2010).

1. **Pré-tratamento:** Visa remover sólidos flutuantes e grosseiros, gorduras e areia utilizando métodos físicos.
2. **Tratamento primário:** Objetiva a remoção de sólidos sedimentáveis e parte da Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO) por meio de métodos físicos ou físico-químicos.
3. **Tratamento secundário:** Foco na remoção da matéria orgânica dissolvida e em suspensão através de processos biológicos realizados por microrganismos.
4. **Tratamento terciário:** Opcional, visa remover partículas restantes das etapas anteriores, nutrientes e poluentes específicos, aumentando o nível de desinfecção do efluente. Utiliza métodos físicos, químicos e/ou biológicos.

Após o tratamento, o pós-tratamento inclui a gestão dos resíduos gerados, como lodo biológico e rejeitos gordurosos, que devem ser adequadamente destinados, podendo ser reciclados ou reutilizados quando viável. É importante

destacar que as etapas preliminar e primária, combinadas, são responsáveis por remover até 70% dos sólidos presentes no efluente e até 45% da DBO, representando uma parte significativa do tratamento (Telles e Costa, 2010). A eficiência do processo reside na integração de técnicas e procedimentos para garantir a conformidade com os requisitos legais e específicos de cada indústria. O quadro abaixo (Quadro 2) resume as etapas do tratamento, os mecanismos de ação e os possíveis poluentes removidos, segundo Giordano (2004).

Quadro 2 – Participação de demais unidades no fornecimento de efluentes

Nível de Tratamento	Preliminar	Primário	Secundário	Terciário
Poluente Removido	Sólidos flutuantes e grosseiros	Sólidos sedimentáveis; Matéria orgânica em suspensão	Matéria orgânica em suspensão e dissolvida; nutrientes.	Colóides; metais pesados. nutrientes; compostos orgânicos refratários;
Mecanismos de ação	Físico	Físico ou Físico-químico	Biológico	Físico, químico ou biológico

Fonte: Moreira (2023) adaptado de Giordano (2004).

4 METODOLOGIA

A realização deste estudo foi realizada em duas etapas. A primeira incidiu em uma pesquisa bibliográfica em artigos, nas bases de dados CAPES Periódicos, SCIELO e Google Acadêmico. Os filtros estabelecidos foram: artigos escritos na língua portuguesa publicados nos últimos dez anos com as palavras chaves: água de reuso, indústria alimentícia e sustentabilidade, bem como uma pesquisa na internet em sites governamentais, sites de notícias de grande visualização além de sites e blogs voltados ao tema, estes com o intuito de se ter acesso a notícias relevantes a respeito do assunto aqui proposto.

Conforme Cervo e Bervian (2002), a pesquisa bibliográfica tem como objetivo explicar um problema se utilizando de referências publicadas por diversos autores, sendo realizada de forma independente ou como fração de pesquisa experimental ou descrita. Sua finalidade é conhecer e avaliar as contribuições culturais ou científicas publicadas anteriormente, oferecendo assim um domínio sobre determinado assunto, tema ou problema através da metodologia científica.

A segunda etapa apresenta um estudo de caso conduzido em uma unidade industrial localizada na cidade de Itú-SP, pertencente a uma grande empresa do ramo de alimentos e bebidas, especializada na produção de *snacks*., que propõem a implantação do sistema de reaproveitamento de água.

Diante das novas exigências de produção e da necessidade de cumprir as regulamentações ambientais dos órgãos fiscalizadores, bem como de promover a sustentabilidade e preservar o meio ambiente local, a empresa decidiu investir em uma Estação de Tratamento de Efluentes (ETE) para produzir água de reuso destinada ao consumo interno.

A análise qualitativa se fundamenta em dados concretos coletados por meio de observação direta do processo em questão e análise de documentos.

Além disso, o estudo contextualiza a implementação do reuso de efluentes e os processos de tratamento adotados na indústria de *snacks*, além de identificar oportunidades decorrentes da integração do sistema de reuso na unidade.

5 ESTUDO DE CASO

5.1 Motivação para início do projeto

A empresa descrita neste estudo de caso se motivou a buscar soluções na busca pelo consumo sustentável de água em função da crise hídrica ocorrida na cidade de Itu no estado de São Paulo em 2014 onde o município passou a ser um dos principais exemplos do impacto da crise hídrica que afetou o estado.

Permanecendo em situação de racionamento por um período de 11 meses, os moradores enfrentaram longos períodos sem abastecimento regular, com relatos de até dez dias seguidos sem água em algumas regiões. A escassez gerou profundas consequências sociais e econômicas, com alguns moradores recorrendo a métodos extremos, como perfuração de água de fontes alternativas e até roubos de caminhões-pipa que transportavam água para áreas de maior necessidade. Esse cenário crítico evidenciou tanto a fragilidade da infraestrutura hídrica quanto a vulnerabilidade das comunidades urbanas diante de eventos de seca severa, além de ter ressaltado a necessidade de políticas públicas mais robustas de gestão de recursos hídricos e de conscientização sobre o uso adequado da água².

Diante deste cenário visando a viabilização do projeto a indústria de alimentos aqui analisada realiza alinhamentos prévios com os órgãos ambientais competentes, no caso a Companhia Ambiental do Estado de São Paulo (CETESB) e a Vigilância Sanitária de Itu (VISA) e adota uma Estação de Tratamento de Efluentes (ETE) com o objetivo de reutilizar o efluente industrial exclusivamente nos processos produtivos. Vale destacar que essa estratégia não envolve o tratamento de efluente sanitário.

Este estudo de caso foi realizado a partir de dados coletados na indústria em questão e apresenta uma descrição dos processos de tratamento avançado desta unidade e controles e resultados analíticos que garantem um caso de sucesso de tratamento de efluente industrial até parâmetros aceitáveis de potabilidade.

² <https://www.metropoles.com/brasil/tres-dias-sem-agua-como-crise-hidrica-afeta-a-vida-na-cidade-de-itu>

5.2 Etapas do tratamento de efluentes

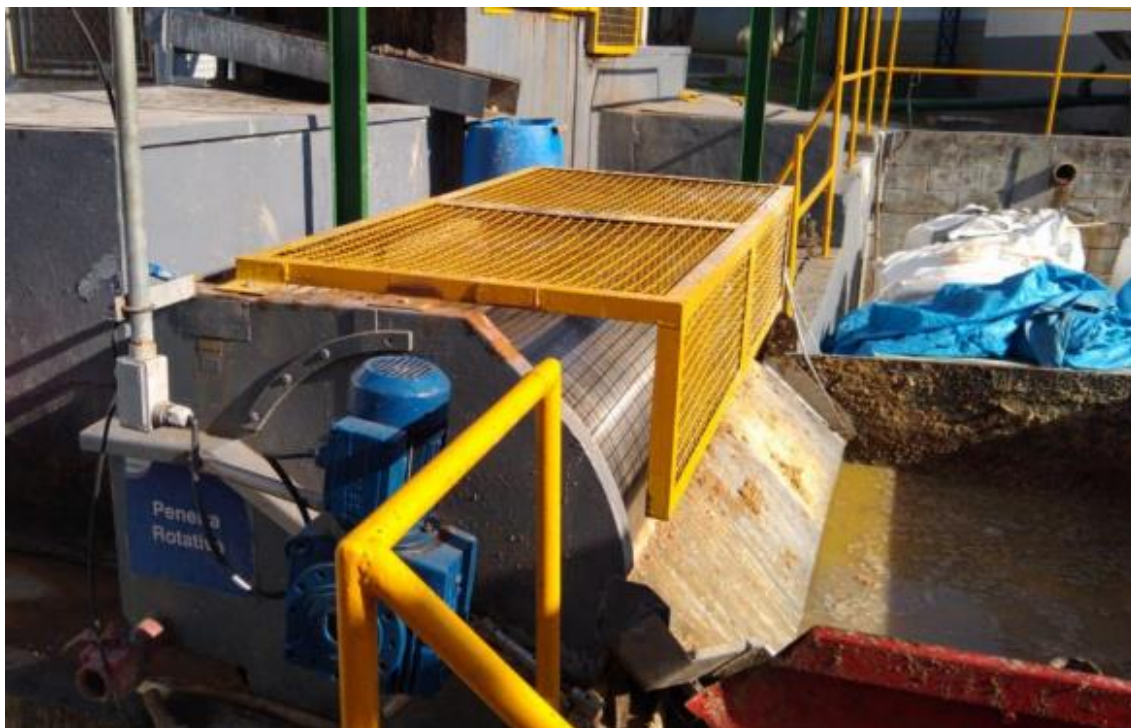
Para analisar o impacto positivo da implantação do projeto, apelidado de “Sistema MBR” (*Membrane Bioreactor*), foi primeiramente definido e avaliado o fluxo de tratamento do efluente passo a passo nesta ETE, conforme especificado a seguir:

5.2.1 Fluxo de tratamento

- Gradeamento

O gradeamento, formado por uma grade e uma peneira rotativa, tem como função reter materiais grosseiros indesejados como sobras de batata e de milho e de outros materiais que possam vir a cair na rede de efluente industrial durante a limpeza de equipamentos.

Figura 2 - Peneiramento Rotativa



Fonte: Arquivos da empresa

- Tanque de equalização

O tanque de equalização tem como função controlar as cargas de efluente para que não venham com picos de concentrações elevadas e controlar a vazão

para que se mantenha sempre em um nível seguro para o sistema tendo como capacidade máxima 300 m³.

Figura 3 - Tanque de equalização.



Fonte: A autoria do próprio autor

- Tanques de coagulação e floculação

Nessas duas etapas, primeiramente, o permeado passa pelo tanque de coagulação, onde através de um misturador serão inseridos coagulantes e realizada a neutralização do pH, com isso serão formados os flocos através da aglutinação de partículas suspensas, após isso, em outro tanque é realizada a floculação, em que serão formados flocos maiores através de uma agitação mais lenta.

Figura 4 - Tanque de coagulação e floculação.



Fonte: Autoria do próprio autor

- Flotação

Após a etapa de coagulação e floculação, o permeado passa pela flotação por ar dissolvido, técnica utilizada para a injeção de microbolhas que “empurram” os flocos para a superfície, onde é formado um lodo que é removido por raspador. Durante essa etapa é possível retirar quantidade significativa de sólidos, óleos e graxas e redução de parâmetros como DQO e DBO, entre outros.

Figura 5 - Tanque de flotação.



Fonte: Arquivos da empresa

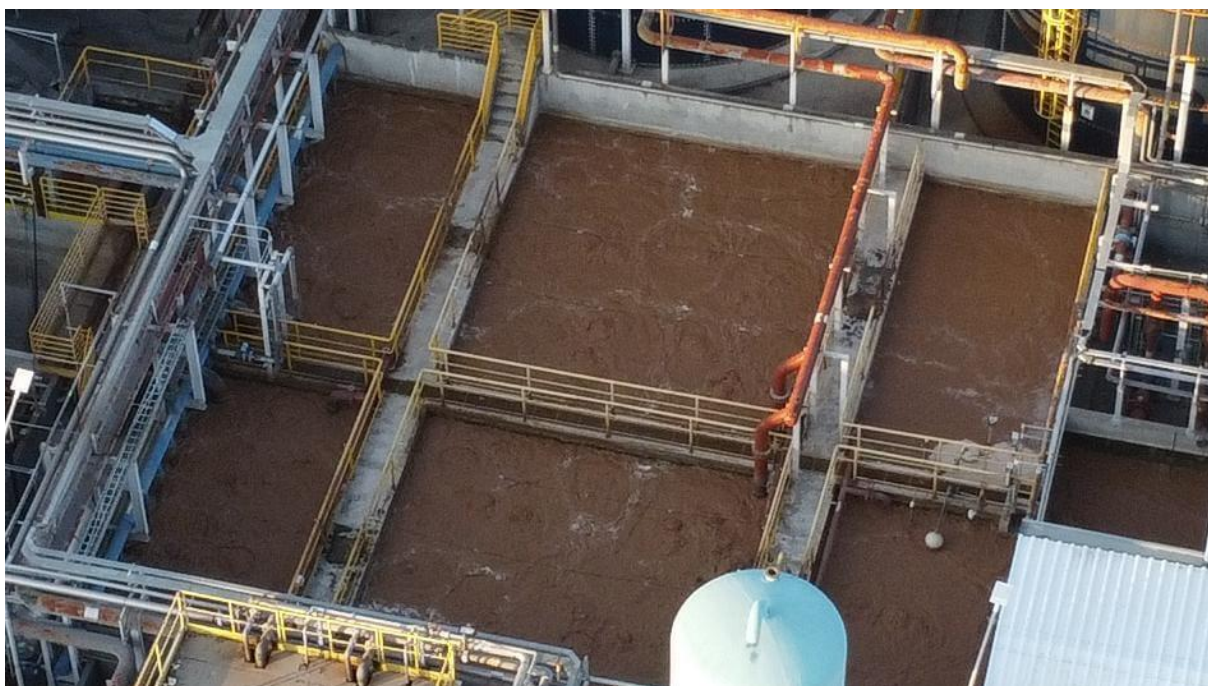
- Peneiramento fino

Etapa onde através de contenção física de 1 mm, evita-se que materiais não-biodegradáveis danifiquem as membranas do MBR (tecnologia empregada em etapa posterior).

- Tratamento biológico

O permeado “pós flotação” segue para os tanques de tratamento biológico, onde a matéria orgânica será consumida por microrganismos. Nessa ETE, unidade desse estudo, os tanques têm em sua totalidade capacidade para 1500 m³. Nessa etapa, são utilizados sopradores para aeração do efluente acelerar o consumo da matéria orgânica pelos microrganismos.

Figura 6 – Tanques de tratamento biológico.



Fonte: A autoria do próprio autor

- MBR

Após o tratamento biológico, o permeado passa por membranas de ultrafiltração, sistema conhecido como MBR (*Membrane Bioreactor*). Elas são capazes de reter sólidos em suspensão e microrganismos, trazendo parâmetros excelentes para o permeado, porém, ainda não potável.

Figura 7 – MBR (Membrane bioreactor).



Fonte: A autoria do próprio autor

- Pré-tratamento osmose reversa

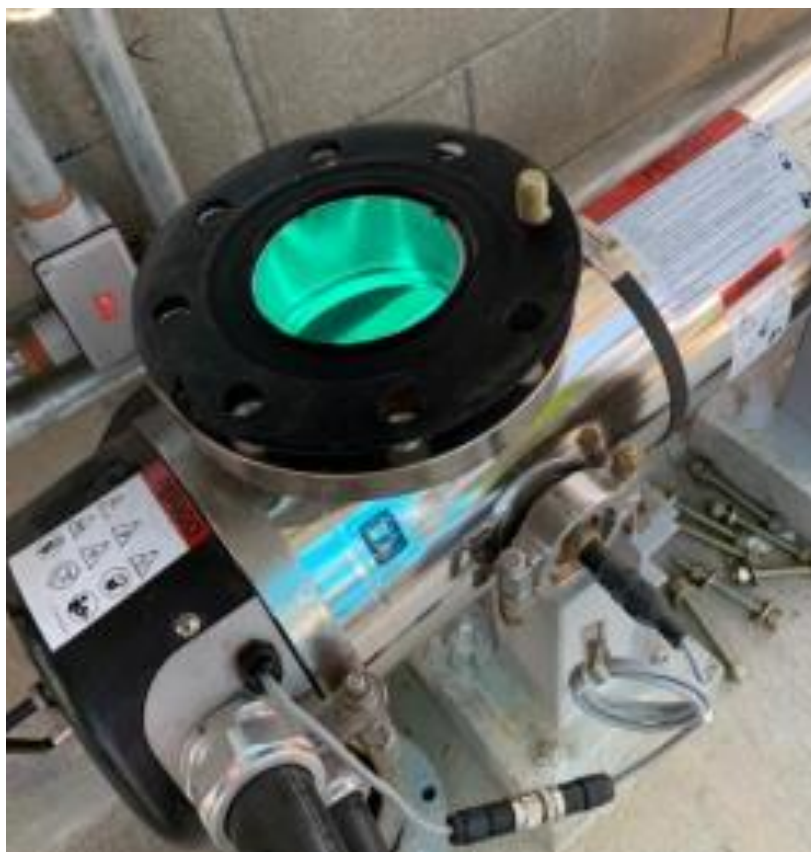
Após o MBR, com o intuito de evitar entupimentos nos filtros do carvão ativado e da osmose reversa, o permeado é clorado e passa por luz ultravioleta garantindo em mais uma etapa a ausência de microrganismos.

Figura 8 - Equipamento com radiação UV.



Fonte: Arquivos da empresa

Figura 9 – Radiação UV.



Fonte: Arquivos da empresa

- Filtros de carvão ativado

Como uma garantia extra, os filtros de carvão têm a função de eliminar possíveis agentes orgânicos que possam não ter sido eliminados pelo MBR.

Figura 10 - Filtros de carvão ativado.



Fonte: Arquivos da empresa

- Sistema de osmose reversa (OR)

A última etapa do processo, a osmose reversa, tem como objetivo separar um meio mais concentrado de sais de um meio menos concentrado, ou seja, a água com menos sais (~75% [em nível potável]) é direcionada para o consumo e o meio mais concentrado (~25%) é direcionado para a rede de tratamento de efluente municipal.

Figura 11 - Osmose Reversa.



Fonte: Arquivos da empresa

- Tratamento do lodo
O lodo gerado durante todo o tratamento é desidratado por centrifugas, para ser enviado como resíduos para compostagem.

6 RESULTADOS

As etapas realizadas nos processos pertinentes a ETE apontam que a iniciativa da empresa, voltada a preservação dos recursos hídricos atingiu os resultados esperados, conforme demonstrado nos dados a seguir.

Cálculo de Redução de Pegada Hídrica

A redução da pegada hídrica da empresa pode ser calculada comparando o consumo de água antes e depois do reuso da seguinte forma.

Cálculo da redução na pegada hídrica:

$$\frac{\text{Consumo de água antes do reuso} - \text{Consumo de água após reuso}}{\text{Consumo de água antes do reuso}} \times 100 = \text{Redução atingida}$$

As tabelas 1 e 2 trazem um comparativo em um intervalo de doze meses de consumo de água pela unidade aqui apresentada, pelo estudo de caso realizado, e oferece uma análise comparativa de consumo de Volume de água faturada (poço + pipa) em m³ antes e após a implantação da ETE.

Tabela 1 – Consumo antes a implantação da ETE

	Mês1	Mês 2	Mês 3	Mês 4	Mês 5	Mês 6	TOTAL	MÉDIA m ³
Total	17.306	17.042	17.342	17.130	16.757	14.153	99.730,00	16.621,67

Fonte: Autoria do próprio autor

Tabela 2 – Consumo após a implantação da ETE

	Mês 7	Mês 8	Mês 9	Mês 10	Mês 11	Mês 12	TOTAL	MÉDIA m ³
Total	2.356	703	400	552	1.566	1.112	6.689,00	1.114,83

Fonte: Autoria do próprio autor

Dessa forma:

$$\frac{16.621,67 - 1.114,83}{16.621,67} \times 100 = 93,29\% \quad (\text{Equação 1})$$

Redução da pegada hídrica equivale a 93,29% de consumo de água, o que contribui de forma significativa para a preservação de recursos e a sustentabilidade. Esta redução significativa no consumo de água da bacia hidrográfica em que a empresa está localizada aponta resultados muito próximos de uma autonomia

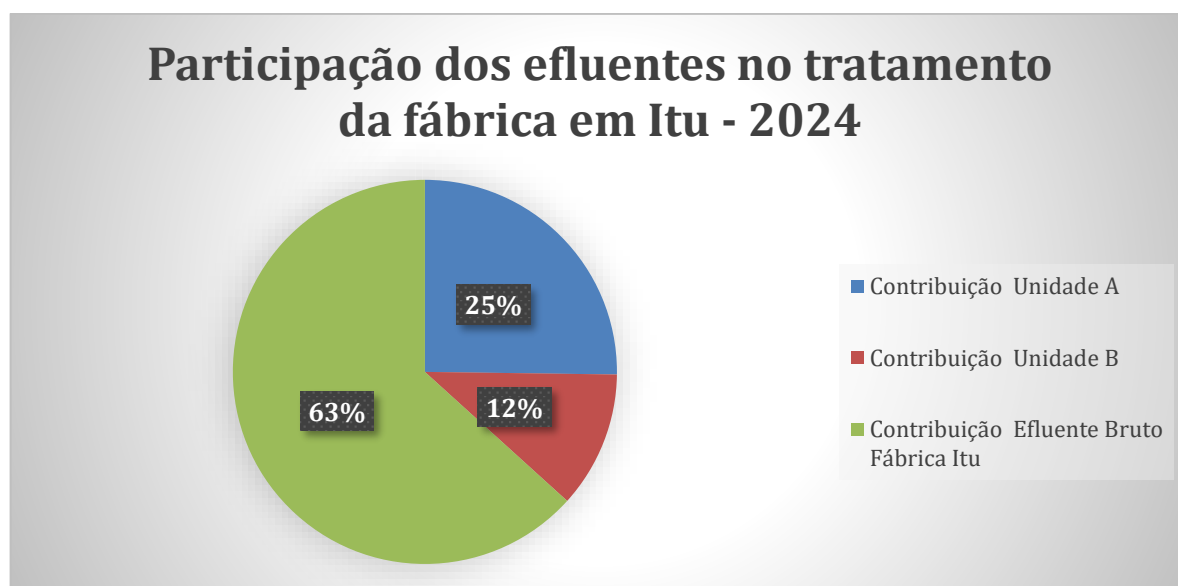
hídrica, ou seja, de não precisar utilizar água do sistema de abastecimento da cidade nem de captação de poços.

Os motivos relacionados para a empresa não ter alcançado os 100% de reaproveitamento estão relacionados principalmente ao consumo para realização de análises obrigatórias de água dos poços e os picos de consumo em momentos de limpezas das áreas, onde, por ser uma indústria de alimentos tal processo necessita ser realizado com alto volume de água para garantir a sanitização adequada do local.

Outro ponto seria a necessidade da realização de limpezas nos próprios reservatórios, uma vez que a empresa trabalha em 3 turnos a mesma consumiria toda a água neles disponíveis, sendo necessário outra fonte de reposição para garantir esse consumo, já que a estação estaria parada para a realização dessa atividade.

Como solução para este caso a empresa transfere efluente de outras unidades para que haja maior produção de água (Figura 12).

Figura 12 - Participação de demais unidades no fornecimento de efluentes.



Fonte: Autoria do próprio autor

Inserida no processo de tratamento da água para reuso a potabilidade alcançada para seu manejo é de fundamental importância visto que a indústria aqui estudada atua no segmento alimentício.

Não basta apenas ser autosuficiente no consumo da água, esta deve atender aos padrões para consumo humano.

Os dados colhidos para execução deste trabalho apontam que a qualidade da água em relação aos critérios físicos/químicos/biológicos, tratada pela empresa,

se mostra superior a fornecida externamente pela Companhia Ituana de Saneamento (CIS), conforme demonstrado na tabela 3.

Tabela 3 – Potabilidade Fábrica x CIS x portaria 888.

	Jan.	Fev.	Mar.	Abr.	Mai.	Jun.	Jul	CRITÉRIOS	
	Fábrica	0,52	0,1	0,1	0,14	0,1	0,1	0,2	< 5 UNT
5,4		3	5	5,5	3	5,2	3	< 15 Pt-Co	Cor
6,66		6,1	6,02	6,31	7,1	6,45	6,25	-	pH
0,063		0,225	0,2	0,02	0,2	0,175	0,095	< 1,5 mg/L	Fluoretos
1,98		2	2,01	1,87	1,95	2	2,01	De 0,2 a 5 mg/L	Cloro
Aus.		Aus.	Aus.	Aus.	Aus.	Aus.	Aus.	Ausência em 100 mL	Coliforme
Aus.		Aus.	Aus.	Aus.	Aus.	Aus.	Aus.	Ausência em 100 mL	Eschiric
CIS	1,73	0,8	0,63	1,22	1,06	NI	0,79	0 - 5 NTU	Turbidez
	7	8	4	5	3	2	4	0 - 15	Cor
	6,83	7,07	6,8	7,06	7,04	7,15	7,12	6 a 9	pH
	0,69	0,8	0,75	0,66	0,72	0,6	0,78	0,6 - 0	Fluoretos
	1,35	1,16	1,14	1,31	1,46	1,41	1,46	0,2 - 2	Cloro
	Aus.	Aus.	Aus.	Aus.	Aus.	Aus.	Aus.	95% aus	Coliforme
	Aus.	Aus.	Aus.	Aus.	Aus.	Aus.	Aus.	0	Eschiric

Fonte: A autoria do próprio autor

Para se comprovar que uma estação de tratamento de efluentes está melhorando a qualidade da água, deve-se comparar a concentração de poluentes na água antes e depois do tratamento.

Uma abordagem comum é calcular a eficiência do tratamento, que pode ser feita utilizando a redução percentual dos parâmetros de qualidade da água, como Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO), Demanda Química de Oxigênio (DQO), sólidos totais ou coliformes fecais.

No contexto da qualidade da água, o DQO é amplamente utilizado para avaliar o nível de poluição em corpos d'água e efluentes. Altos valores de DQO indicam uma grande quantidade de matéria oxidável, que pode ser prejudicial ao

meio ambiente, especialmente pela redução do oxigênio dissolvido (OD) disponível para a vida aquática.

A análise do DQO é fundamental nas ações de tratamento de água e efluentes, pois ajuda a determinar a eficiência dos sistemas de remoção de matéria orgânica e as estratégias planejadas de controle da poluição hídrica.

O DQO é uma medida da quantidade de oxigênio necessária para oxidar quimicamente as substâncias orgânicas e inorgânicas.

O Cálculo da redução percentual do DQO pode ser realizado pela Equação x.

$$\text{Eficiência de remoção (\%)} = \frac{\text{DQO inicial} - \text{DQO final}}{\text{DQO inicial}} \times 100 \quad (\text{Equação x})$$

A tabela 4 traz um comparativo, em um intervalo de seis meses, da análise de DQO na entrada e saída de efluente na ETE demonstrando a eficácia no processo de purificação da água.

Tabela 4 – Comparativo entrada e saída DQO.

mg O ₂ /litro	Janeiro	fevereiro	março	abril	Maio	junho	Total	Média
DQO Entrada ETE	3550	3585	3660	5270	2940	3280	22285	3714,17
DQO Saída da OR	0	0	0	0	0	0	0	0

Fonte: Autoria do próprio autor

Segundo equação 2:

$$\text{Eficiência de remoção (\%)} = \frac{3.714,17 - 0}{3.714,17} \times 100 \quad (\text{Equação 2})$$

$$\text{Eficiência de remoção} = 100\%$$

7 CONCLUSÃO

É evidente a necessidade da água nos processos industriais, na indústria de alimentos nosso objeto de estudo, sendo utilizada de formas diversas como no preparo de ingredientes, nos processos de limpeza e higiene de insumos. Ao se considerar todas as suas aplicações fica nítido que a água deva atender os padrões de qualidade quanto às suas propriedades físico-químicas e bacteriológicas. Tal questão é fundamental dentro do processo produtivo para que se evite alteração no preparo dos produtos e assim possam se manter em condições sanitárias aceitáveis e não apresentem riscos à saúde da população consumidora. Grande parte dos alimentos consumidos atualmente são processados e sendo assim trazem a necessidade de um volume de consumo hídrico em larga escala fazendo-se necessário uma gestão adequada de sua utilização a fim de favorecer as questões relacionadas a sua preservação no meio ambiente. Dessa forma concluímos que a iniciativa da construção de uma ETE por parte da empresa aqui estudada se mostrou além de coerente, eficiente e apresenta, com base nos resultados apresentados, não só sua viabilidade de execução, mas os benefícios sociais atingidos ao oferecer a população ao seu entorno um maior volume de água disponível para consumo, ao adotar a política de águas de reuso em seus processos produtivos.

REFERÊNCIAS

ANA, **Água no mundo** (2024), disponível em <https://www.gov.br/ana/pt-br/acesso-a-informacao/acoes-e-programas/cooperacao-internacional/agua-no-mundo>. Acesso em 01, nov. 2024.

ANA, **Qualidade da água superficial no Brasil** (2024), disponível em <https://qualidadedaagua.ana.gov.br/dbo.html>. Acesso em 11, nov. 2024.

ANA, **Conjuntura dos Recursos Hídricos no Brasil** (2023), disponível em [https://agenciagov.ebc.com.br/noticias/202402/relatorio-conjuntura-dos-recursos-hidricos-no-brasil-atualiza-informacoes-sobre-aguas-do-pais#:~:text=Os%20principais%20uso%20de%20%C3%A1gua,minera%C3%A7%C3%A3o%20\(1%2C6%25\)](https://agenciagov.ebc.com.br/noticias/202402/relatorio-conjuntura-dos-recursos-hidricos-no-brasil-atualiza-informacoes-sobre-aguas-do-pais#:~:text=Os%20principais%20uso%20de%20%C3%A1gua,minera%C3%A7%C3%A3o%20(1%2C6%25).). Acesso em 07, nov. 2024.

ANA/GEF/PNUMA/OEA. **Projeto de Gerenciamento Integrado das Atividades Desenvolvidas em Terra na Bacia do São Francisco, Subprojeto 4.5C** – Plano Decenal de Recursos Hídricos da Bacia do Rio São Francisco – PBHSF (2004-2013). Síntese do Resumo Executivo do PBHSF com Apreciação das Deliberações do CBHSF Brasília – Distrito Federal, 2004. Disponível em <https://www.gov.br/ana/pt-br/search?origem=form&SearchableText=Projeto%20de%20Gerenciamento%20Integrado%20das%20Atividades%20Desenvolvidas%20em%20Terra%20na%20Bacia%20do%20S%C3%A3o%20Francisco,%20Subprojeto%204.5C>. Acesso em 01, nov. 2024.

BARROS, H.M.M.; VERIATO, M.K.L.; SOUZA, L.P.; CHICÓ, L.R.; BAROSI, K.X.L. (2015) Reuso de água na agricultura. *Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável*, v. 10, n. 5, p. 11-16.

BRASIL. **Lei Federal nº 9.433, de 8 de janeiro de 1997**. Institui a Política Nacional de Recursos Hídricos, cria o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos, regulamenta o inciso XIX do art. 21 da Constituição Federal, e altera o art. 1º da Lei nº 8.001, de 13 de março de 1990, que modificou a Lei nº 7.990, de 28 de dezembro de 1989. *Diário Oficial da União*, Brasília, DF, 1997. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/l9433.htm. Acesso em 01, nov. 2024,

BRASIL. Ministério da Saúde. **Portaria n.º 518, de 25 de março de 2004**. Estabelece os procedimentos e responsabilidades relativos ao controle e vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade, e dá outras providências. *Diário Oficial da União*, Brasília, DF, mar. 2004. Disponível em: https://bvsms.saude.gov.br/bvs/publicacoes/portaria_518_2004.pdf Acesso em 01, nov. 2024.

BRASIL. **Portaria nº2.914, 12 de dezembro de 2011**. Dispõe sobre os procedimentos de controle e de vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade. Brasília, DF. Ministério da Saúde, 2011. Disponível em:

https://bvsmis.saude.gov.br/bvs/saudelegis/gm/2011/prt2914_12_12_2011.html. Acesso em: 17 jun. 2024.

BRASIL. TUCCI, C. E.M.; & MENDES, C. A. Ministério do Meio Ambiente / Secretaria de Qualidade Ambiental. **Avaliação ambiental integrada de bacia hidrográfica**. Brasília, 2006. Disponível em: <https://ojs.brazilianjournals.com.br/ojs/index.php/BRJD/article/view/56988>. Acesso em: 17 jun. 2024.

CERVO, A. L.; BERVIAN, A. **Metodologia científica**. 5. ed. São Paulo: Prentice Hall, 2002.

CODEX ALIMENTARIUS COMMISSION. **Organização das Nações Unidas para Alimentação e Agricultura - FAO**. Food Standards Programme: Rome, Italy. 2000.

CUNHA, A. H. N. et al. **O reuso de água no Brasil: a importância da reutilização de água no país**. Enciclopédia Biosfera, Centro Científico Conhecer-Goiânia, v. 7, n. 13, 2011.

COSTA, R. H. P.G. TELLES, D. D. A. e COSTA, **Reuso da água: conceitos, teoria e prática** 1ª.ed. São Paulo: Editora Blucher, 2007.

EMBRAPA (Brasil). **Objetivos de desenvolvimento sustentável - ODS: Embrapa e a agenda 2030**. EMBRAPA E A AGENDA 2030. Disponível em: <https://www.embrapa.br/objetivos-de-desenvolvimento-sustentavel-ods/o-que-sao-os-ods>. Acesso em: 17 jun. 2024.

FUNASA. **Saneamento domiciliar**. Manual de instruções de uso das melhorias sanitárias domiciliares. Brasília, DF. Ed. Coordenação de Comunicação Social (Coesc/GabPr/Funasa/MS), Divisão de Editoração e Mídias de Rede (Diedi) 2006.

Geo-Brasil. **Recursos Hídricos**. Componentes da série relatórios sobre o estado e perspectiva do meio ambiente no Brasil. 2007, 264 p. Disponível em <https://www.ceivap.org.br/estudos/GEO-Brasil-Recursos-Hidricos.pdf>. Acesso em 05 nov. 2024.

GIORDANO, G. **Tratamento e controle de efluentes industriais**. Abes, Rio de Janeiro, v. 4, p. 1-84, jan. 2004.

HESPANHOL, I. **Um novo paradigma para a gestão de recursos hídricos**. Revista de Estudos Avançados, v. 22, n. 63, p. 131-157, 2008.

KONING, J. et al. **Characterisation and assessment of water treatment technologies for reuse. Desalination**, v. 218, n. 1-3, p. 92-104, 2008.

LEGNER, C. **Reuso de água e seus benefícios para a indústria e meio ambiente**. Revista TAE, n. 12, ano II, 2013.

LEITE, M.O.; ANDRADE, N.J.; SOUZA, M.R.; FONSECA, L.M.; CERQUEIRA, M.M.O.P.; PENNA, C.F.A.M. **Controle de qualidade da água em indústrias de alimentos. Leite & Derivados**, v.69, p.38-45, 2003

LIBÂNIO, M.; **Fundamentos de Qualidade e Tratamento de Água**. Campinas, SP: Ed. ÁTOMO, 2008.

LOBO, L.P. **Análise Comparativa dos Processos de Filtração em Membranas e Clarificação Físico-Química para Reuso de Água na Indústria**, (2004). Dissertação (Mestrado) – Faculdade de Engenharia da Universidade Estadual do Rio de Janeiro.

MANCUSO, P. C. S., Santos, H. F. Coord.: Philippi, A. Jr. **Reuso de água**. São Paulo: Editora Manole, 2003.

MATSUMURA, E. M.. **Perspectiva para conservação e reuso de água na indústria de alimentos** – estudo de uma unidade de processamento de frango. 2007.

MIERZWA, J. C.; HESPANHOL, I. **Água na Indústria: uso racional e reuso**. São Paulo: Oficina de Textos, 2005. 144 p.

MOREIRA, G. de A. **Reuso de efluente industrial: um estudo de caso em indústria de margarinas no Ceará**. 2023. 54 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia de Alimentos) – Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2023.

ODPPES, R. J.; MICHALOVICZ, D. T.; BILOTTA, P. **Reuso de água em indústria de fabricação de estruturas em concreto: uma estratégia de gestão ambiental**. Revista Tecnologia e Sociedade, v. 14, n. 34, 2018.

PINTO, H.S.; FARIA, I.D.; BAPTISTA, R.; KASSMAYER, K.; ABBUD, A.; PINTO, V.C. (2014) **A Crise Hídrica e suas Consequências Brasil: Núcleo de Estudo e Pesquisas**, Senado Federal. 32 p.

SCHULZ, C. T.; HENKES, J. A. **Reaproveitamento d'água da estação de tratamento de efluentes: empresa Intelbras – São José (SC)**. Revista Gestão & Sustentabilidade Ambiental, v. 2, n. 2, p. 338-384, 2013.

SILVA, G.; DUTRA, P. R. S., CADIMA, I. M.. **Higiene na Indústria de Alimentos**. Recife: EDUFRPE, 2010. 134 p.

SIMENSATO, L. A.; BUENO, S. M.. **Importância da qualidade da água na indústria de alimentos**. Revista Científica Unilago, v. 1, n. 1, 2019.

SPERLING, M. V.; **Introdução à Qualidade das águas e ao Tratamento de Esgotos**. Belo Horizonte: Ed. UFMG, 2014.

TELLES, D. D'A.; COSTA, R. P.. **Reuso de Água: conceitos, teorias e práticas**. 2. ed. São Paulo: Blucher, 2010. 408 p.

TORRES, T. L. et al. **Gestão do uso da água na indústria: aplicação do reuso e recuperação**. Revista Gestão & Sustentabilidade Ambiental, v. 7, n. 2, p. 370-385, 2018.

TUCCI, C.E.M.; HESPANHOL, I.; CORDEIRO NETTO, O. de M. **Gestão da Água no Brasil**. Brasília – Editora Unesco, 2001.