

**INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E  
TECNOLOGIA GOIANO - CÂMPUS RIO VERDE  
BACHARELADO EM ENGENHARIA AMBIENTAL**

**REUSO DE ÁGUA EM INDÚSTRIA DE PAPELÃO  
ONDULADO**

**GABRIELA SANTOS MESQUITA**

**Rio Verde, GO  
2025**

**INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA  
GOIANO - CÂMPUS RIO VERDE  
BACHARELADO EM ENGENHARIA AMBIENTAL**

**REUSO DE ÁGUA EM INDÚSTRIA DE PAPELÃO  
ONDULADO**

**Gabriela Santos Mesquita**

Trabalho de Curso apresentado ao Instituto Federal Goiano – Campus Rio Verde, como requisito parcial para a obtenção de grau de Bacharel em Engenharia Ambiental.

Orientador: Prof. Dr. Édio Damásio da Silva Júnior

Rio Verde – GO  
Janeiro, 2025

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

M582r Mesquita, Gabriela  
Reuso de Água em Indústria de Papelão Ondulado / Gabriela  
Mesquita. Rio Verde - Goiás 2025.

27f.

Orientador: Prof. Dr. Prof. Dr. Édio Damásio da Silva Júnior.  
Tcc (Bacharel) - Instituto Federal Goiano, curso de 0220074 -  
Bacharelado em Engenharia Ambiental - Integral - Rio Verde  
(Campus Rio Verde).

1. Curso Bacharel em Engenharia Ambiental. I. Título.

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

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

## IDENTIFICAÇÃO DA PRODUÇÃO TÉCNICO-CIENTÍFICA

- |  |   |
|--|---|
| <input type="checkbox"/> Tese (doutorado)            | <input type="checkbox"/> Artigo científico              |
| <input type="checkbox"/> Dissertação (mestrado)      | <input type="checkbox"/> Capítulo de livro              |
| <input type="checkbox"/> Monografia (especialização) | <input type="checkbox"/> Livro                          |
| <input checked="" type="checkbox"/> TCC (graduação)  | <input type="checkbox"/> Trabalho apresentado em evento |

Produto técnico e educacional - Tipo:

Nome completo do autor:

Gabriela Santos Mesquita

Matrícula:

2019102200740107

Título do trabalho:

Reuso de Água em Indústria de Papelão Ondulado

## RESTRIÇÕES DE ACESSO AO DOCUMENTO

Documento confidencial:  Não  Sim, justifique:

Informe a data que poderá ser disponibilizado no RIIF Goiano: 30 / 03 / 2025

O documento está sujeito a registro de patente?  Sim  Não

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

## DECLARAÇÃO DE DISTRIBUIÇÃO NÃO-EXCLUSIVA

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

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

Documento assinado digitalmente  
 GABRIELA SANTOS MESQUITA  
Data: 27/02/2025 18:34:01-0300  
Verifique em <https://validar.it.gov.br>

Rio Verde - Goiás  
Local

27 / 02 / 2025  
Data

Assinatura do autor e/ou detentor dos direitos autorais

Ciente e de acordo:

Assinatura do(a) orientador(a)

Documento assinado digitalmente



EDIO DAMASIO DA SILVA JUNIOR

Data: 28/02/2025 09:48:32-0300

Verifique em <https://validar.it.gov.br>



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

Ata nº 2/2025 - CCMEAS-RV/CPG-RV/DPGPI-RV/CMPRV/IFGOIANO

### **ATA DE DEFESA DE TRABALHO DE CURSO**

Aos 04 dias do mês de fevereiro de 2025, às 16 horas, reuniu-se a banca examinadora composta pelos docentes: Édio Damásio da Silva Júnior, Lucas Peres Angelini, Patrícia Caldeira de Souza para examinar o Trabalho de Curso intitulado "REÚSO DE ÁGUA EM INDÚSTRIA DE PAPELÃO ONDULADO" da estudante GABRIELA SANTOS MESQUITA, Matrícula nº 2019102200740107 do Curso de Engenharia Ambiental do IF Goiano – Campus Rio Verde. A palavra foi concedida a estudante para a apresentação oral do TC, houve arguição da candidata pelos membros da banca examinadora. Após tal etapa, a banca examinadora decidiu pela APROVAÇÃO da estudante, com nota de 9,5. Ao final da sessão pública de defesa foi lavrada a presente ata que segue assinada pelos membros da Banca Examinadora.

*(Assinado Eletronicamente)*

Édio Damásio da Silva Júnior

Orientador

*(Assinado Eletronicamente)*

Lucas Peres Angelini

Membro

*(Assinado Eletronicamente)*

Patrícia Caldeira de Souza

Membro

Documento assinado eletronicamente por:

- Edio Damasio da Silva Junior, PROFESSOR ENS BASICO TECN TECNOLOGICO, em 10/02/2025 14:42:47.
- Lucas Peres Angelini, PROFESSOR ENS BASICO TECN TECNOLOGICO, em 10/02/2025 14:43:33.
- Patricia Caldeira de Souza, PROFESSOR ENS BASICO TECN TECNOLOGICO, em 10/02/2025 14:59:21.

Este documento foi emitido pelo SUAP em 10/02/2025. Para comprovar sua autenticidade, faça a leitura do QRCode ao lado ou acesse <https://suap.ifgoiano.edu.br/autenticar-documento/> e forneça os dados abaixo:

Código Verificador: 674041

Código de Autenticação: e8a6668054



INSTITUTO FEDERAL GOIANO

Campus Rio Verde

Rodovia Sul Goiana, Km 01, Zona Rural, 01, Zona Rural, RIO VERDE / GO, CEP 75901-970

(64) 3624-1000

## **AGRADECIMENTOS**

A conclusão deste trabalho e da minha caminhada acadêmica não seria possível sem o apoio do grupo de pessoas, às quais expresso minha profunda gratidão.

Agradeço primeiramente a Deus, por me dar forças para enfrentar desafios e seguir em frente com determinação.

Agradeço aos meus familiares, pelo incentivo e paciência ao longo desses anos. Vocês foram meu porto seguro em todos os momentos e palavras não expressariam minha gratidão.

Aos meus professores, pelo conhecimento compartilhado, pela dedicação e pelos ensinamentos que levarei para toda a vida. Suas orientações foram fundamentais para minha evolução acadêmica e profissional. Espero que nos encontremos novamente nessa jornada acadêmica.

Aos amigos adquiridos ao decorrer do curso, que fizeram com que essa jornada fosse mais leve. Os desafios superados e as amizades construídas foram essenciais para meu crescimento. Espero levar algumas dessas pessoas para a vida.

Aos colegas de trabalho onde passei parte da minha formação acadêmica, obrigada pela flexibilidade de horários, que contribuiu que eu chegasse até aqui.

Por fim, agradeço a todos que, de alguma forma, fizeram parte desta caminhada, ajudando-me a alcançar essa conquista.

Muito obrigado(a)!

## RESUMO

MESQUITA, G. S. **Reuso de água em indústria de papelão ondulado**. 2024. 26p. Monografia (Curso de Bacharelado de Engenharia Ambiental). Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano – Câmpus Rio Verde, Rio Verde, GO, 2024.

O estudo aborda a reutilização de água em indústrias de papelão ondulado, enfatizando a sustentabilidade em linha com o uso eficiente da água. Ele explora ainda mais o processo dentro da indústria e quanta água residual é gerada, focando na necessidade de tratamento eficiente para tornar a água segura para reutilização. A literatura foi revisada sistematicamente por meio da revisão de documentos relacionados para identificar as práticas e tecnologias que são aplicáveis ao setor em termos de tratamento de águas residuais industriais, reutilização em seus processos de produção, bem como os padrões exigidos para reutilização segura. Tendo conduzido tais atividades, veio como uma revelação que, de fato, águas residuais recicladas podem causar uma queda significativa na ingestão de água potável dentro da indústria de papelão ondulado, sendo assim um aspecto de benefício ambiental e econômico. Além disso, parâmetros e técnicas básicas de tratamento foram prescritos para que a água recuperada possa ser colocada em prática com segurança nos processos industriais. O setor está a caminho de ser sustentável por meio da implementação de práticas de reutilização de água, tendo assim um impacto positivo na conservação dos recursos hídricos.

**PALAVRAS-CHAVE:** gestão hídrica, sustentabilidade industrial, tratamento de efluentes, recuperação de água, eficiência no uso de água.

## ABSTRACT

MESQUITA, G. S. **Water reuse in corrugated board industry.** 2024. 26p. Monograph (Bachelor's Degree in Environmental Engineering). Federal Institute of Education, Science and Technology Goiano – Rio Verde Campus, Rio Verde, GO, 2024.

The study addresses water reuse in corrugated cardboard industries, emphasizing sustainability in line with efficient water use. It further explores the process within the industry and how much wastewater is generated, focusing on the need for efficient treatment to make the water safe for reuse. The literature was systematically reviewed by reviewing related documents to identify the practices and technologies that are applicable to the industry in terms of industrial wastewater treatment, reuse in their production processes, as well as the standards required for safe reuse. Having conducted such activities, it came as a revelation that indeed, recycled wastewater can cause a significant drop in the intake of potable water within the corrugated cardboard industry, thus being an environmental and economic benefit. Furthermore, basic treatment parameters and techniques were prescribed so that the reclaimed water can be safely put to use in industrial processes. The industry is on its way to being sustainable through the implementation of water reuse practices, thus having a positive impact on water resource conservation.

**KEYWORDS:** water management, industrial sustainability, effluent treatment, water recovery, water use efficiency.

## LISTA DE QUADROS

<b>Quadro 1.</b> Trabalhos utilizados na produção da presente revisão literária .....	9
<b>Quadro 2.</b> Dados estatísticos sobre a qualidade do efluente tratado, consumo de água e nível do poço tubular .....	14
<b>Quadro 3.</b> Principais formas de reuso e suas características .....	18
<b>Quadro 4.</b> Principais dificuldades associadas aos programas de conservação e reuso da água .....	20
<b>Quadro 5.</b> Benefícios ambientais, econômicos e sociais relacionados à prática do reuso .....	21

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO .....</b>	<b>07</b>
<b>2 METODOLOGIA .....</b>	<b>08</b>
<b>3 REVISÃO DE LITERATURA .....</b>	<b>10</b>
3.1 Processos de produção na indústria de papelão ondulado .....	10
3.2 Águas residuárias .....	11
3.3 Tratamento de Águas residuárias industriais .....	13
3.4 Reuso de águas industriais .....	15
3.5 Qualidade de água para reuso .....	21
3.6 Pesquisas sobre o uso de água em indústrias.....	22
<b>4 CONSIDERAÇÕES FINAIS .....</b>	<b>24</b>
<b>5 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....</b>	<b>25</b>

## 1 INTRODUÇÃO

Crises hídricas têm sido motivos de discussões em diferentes níveis da sociedade. Mais de 2 bilhões de pessoas em todo o mundo vivem em países em situação de estresse hídrico. Em todo o mundo, o consumo de água doce aumentou seis vezes nos últimos cem anos desde 1980, e continua a crescer uma taxa de 1% ao ano (UNESCO, 2021).

Embora as empresas tenham relatado redução do uso de água para o antigo Carbon Disclosure Project (CDP) nos anos de 2017 a 2021, ocorreu um aumento de 50% no número de empresas que relataram a maior captação de água com expansão da produção. Tais aumentos possuem foco na Ásia e América Latina (UNESCO, 2021).

No Brasil, em um “ranking” de atividades com maior captação de água o setor industrial ocupa o quarto lugar, ficando atrás somente da Agricultura Irrigada, Abastecimento Urbano e Usinas Termelétricas (ANA, 2019b). Segundo o relatório da Agência Nacional de Águas - ANA, as indústrias de transformação que mais se destacam no uso de águas são: sucoenergéticas, papel e celulose, abate e produtos de carne e bebidas alcoólicas.

Os usos múltiplos de recursos hídricos no país se devem, em parte, a urbanização e aos usos agrícolas e industriais. Uma das principais dificuldades de gerenciamento de recursos hídricos no Brasil é controlar a disposição de resíduos não tratados, impedir o uso excessivo de água pelos mecanismos de gestão integrada e descentralizada, e melhorar a relação qualidade do recurso hídrico com a qualidade de vida da população (TUNDISI, 2011).

O reúso de água e o tratamento de efluentes, faz parte de um sistema de estratégias de gestão da qualidade da água para sustentabilidade ambiental e foi estabelecido na Estratégia Global para Gestão da Qualidade da Água no PNUMA (2013). Isso representa um esforço para tornar sustentável um recurso muito necessário para a sobrevivência humana.

É responsabilidade da indústria atualizar em escala global o nível de gerenciamento de resíduos ou instituir novas tecnologias ambientais para garantir a viabilidade de seus processos de produção e atingir as metas corporativas de maneira ambientalmente correta (AMAT *et al.*, 2013).

Este trabalho tem como objetivo realizar o estudo do aproveitamento de água tratada na Estação de Tratamento de Efluentes – ETE de uma indústria de fabricação de embalagens de papelão ondulado para produção de cola a base de amido, a fim de diminuir o consumo de água captado em poços artesianos. Atualmente, toda água tratada dessa indústria é destinada para fertirrigação.

## 2 METODOLOGIA

A pesquisa foi conduzida usando uma análise qualitativa baseada em uma revisão sistemática da literatura para explorar as práticas e tecnologias de reuso de água em indústrias de papelão. A metodologia foi projetada para adquirir uma visão abrangente sobre o reuso de águas residuais industriais, descobrir as tecnologias de tratamento junto com os parâmetros de qualidade para que o reuso mais seguro e eficiente no processo de produção possa ser aplicado.

Inicialmente, foram identificadas palavras-chave específicas relacionadas aos temas: “gestão hídrica”, “sustentabilidade industrial”, “tratamento de efluentes”, “recuperação de água”, “eficiência no uso de água”. Estas palavras-chave serviram de base para a busca de artigos, dissertações, teses, normas técnicas e relatórios em bases de dados científicos renomadas, como Scielo, ScienceDirect, Web of Science e Google Acadêmico.

As buscas foram realizadas em três etapas: Seleção preliminar: A leitura dos títulos e resumos dos artigos permitiu selecionar os artigos que abordavam o processo de produção na indústria de papelão ondulado, características das águas residuais, métodos industriais disponíveis para tratamento de águas residuais, práticas para reuso de água industrial e requisitos para qualidade da água a ser reutilizada. Os critérios de inclusão consistiram em uma limitação temporal de dez anos para a data de publicação para que os dados fossem relativamente novos e a pesquisa incluísse resultados específicos para o setor industrial, no entanto, nas bases de dados as pesquisas com grande relevância sobre a temática estava disponível em documentos mais antigos, sendo necessário uma abrangência maior de inclusão.

Em uma segunda etapa de análise detalhada dos estudos selecionados, os artigos foram analisados em seu conjunto para extrair dados sobre as tecnologias aplicadas ao tratamento e reutilização da água, os requisitos de qualidade e os desafios aduzidos na implementação dessas práticas. A análise buscou identificar as boas práticas e as tecnologias mais eficazes para o tratamento de águas residuais na indústria de papelão ondulado.

Na terceira e última etapa, os dados encontrados foram organizados em categorias temáticas relacionadas aos tópicos processo produtivo na indústria de papelão ondulado; águas residuais; tratamento de efluentes industriais; reuso de água industrial; e qualidade da água para reuso. Tal categorização possibilitou a comparação dos estudos, permitindo, assim, a identificação de semelhanças e divergências entre as metodologias e soluções apresentadas na literatura. Esta revisão sistemática também oferece recomendações para futuras pesquisas e práticas dentro do setor em direção à modernização do uso de recursos hídricos e maior contribuição para a sustentabilidade industrial.

**Quadro 1.** Trabalhos utilizados na produção da presente revisão literária

<b>Título do Artigo</b>	<b>Nome do Autor</b>	<b>Ano de Publicação</b>
Conservação e Reuso de Água em Indústria de Cosméticos	ALVES, S. S	2009
Uso de água em indústria de papel e celulose sob a ótica da gestão de recursos hídricos	AMARAL, K. J	2008
Critérios e Padrões de Qualidade da Água	BLUM, J. R. C.	2003
Falta de normas técnicas para reuso de água ainda é um problema no país	CHEIS, D.	2013
Avaliação da necessidade do reuso de águas residuais	COSTA, D. M. A.; JUNIOR, A. C. DE B	2005
Análise da potencialidade do reuso indireto potável: estudo de caso da ETE Atuba Sul, Região Metropolitana de Curitiba	FRANCO, P. L. P	2010
Electrocoagulation of Corrugated Box Industrial Effluents and Optimization by Response Surface Methodology	KARABACAKOGLU, B.; TEZAKIL, F	
Reuso de Água	MANCUSO, P. C. S.	1988
Reuso da Água: Conceitos, Teorias e Práticas	TELLES, D. D. et al.	2010
Reuso de Água Residuária Industrial Tratada: uma Revisão de Literatura	TERCETTI, R. L. et al.	
Reuso de água residuária industrial tratada: uma revisão de literatura	TERCETTI, R. L.; OLIVEIRA, J. A	2021
Recursos Hídricos no século XXI, nova edição ampliada e atualizada	TUNDISI, J.	2011
Gestão do uso da água na indústria: aplicação do reuso e recuperação	VIDAL, C. M. S.	2012
Conservação de água aplicada a uma indústria de papelão ondulado.	WEBER, C. C.; CYBIS, L. F.; BEAL, L. L.	2010
Reuso da Água - Revitalização de ETE	WEBER, C. C.; CYBIS, L. F.; BEAL, L. L.	2010

Fonte: Elaborado pelo autor

### 3 REVISÃO DE LITERATURA

#### 3.1 Processos de Produção na Indústria de Papelão Ondulado

O papelão ondulado é formado pela união de elementos planos chamados de capas, com elementos ondulados chamados de miolo. Tais elementos são fixados um aos outros. Tanto o miolo quanto as capas são obtidos através de fibras de celulose, sendo de matéria prima renovável (papéis oriundos de fibras virgens) ou papel reciclado (papel reprocessado a partir de aparas de pós consumo) (EMPAPEL, 2023).

O papelão ondulado é responsável pelo transporte e proteção de aproximadamente 75% dos produtos embalados do mundo. Sua combinação de papéis gera um material leve, resistente, versátil na especificação de resistência mecânica, que contribuem para a armazenagem, movimentação, transporte e exposição de materiais (EMPAPEL, 2023). Suas vantagens resultam em alta competitividade para a função de proteção de produtos sensíveis, como alimentos (VIDAL, 2012).

Embalagens de papelão ondulado são 100% recicláveis, fazendo com que esses produtos sejam altamente competitivos no mercado, e de excelente custo-benefício devido sua produção por meio de matérias primas renováveis (EMPAPEL, 2023).

No Brasil, houve crescimento médio na década de 2000 de 4,2% ao ano, e em 2010 o país respondeu por cerca de 35% do consumo do mercado de papelão ondulado da América Latina. O consumo per capita de papelão ondulado em 2010 no Brasil foi muito semelhante à média da América Latina e à do mundo (19 Kg por habitante) (VIDAL, 2012).

A pesquisa “Trend Traker”, promovida pela Two Sides em janeiro de 2023, com participação de 10.250 consumidores em todo o mundo, sendo 1.000 participantes do Brasil, mostrou que 58% dos consumidores preferem embalagens de papel, por serem recicláveis. Com o aumento do consumo de produtos adquiridos por e-commerce, a preocupação em utilizar embalagens biodegradáveis, de baixo valor econômico e viável para transportação tem aumentado gradativamente (EMPAPEL,2023). Em conjunto com o aumento de demanda produtiva, vemos também o aumento da demanda de recursos hídricos.

O segmento industrial é o principal contribuinte para o uso global de água com cerca de 25% da água consumida em todo o mundo. A indústria de embalagens de papelão ondulado, por exemplo, ao usar tintas resistentes aos processos de tratamento convencionais, representa uma capacidade poluidora significativa. Os corantes azoicos que constituem essas tintas acabam nos corpos receptores após o tratamento de efluentes e, após a incorporação no

suprimento de água, aumentam o risco de câncer entre os humanos. Esses corantes também aumentam as cargas totais de DBO5, DQO e TKN dos efluentes descarregados, piorando ainda mais as condições dos corpos receptores (WEBER *et al.*, 2010).

### 3.2 Águas Residuárias

Por muito tempo a água foi considerada um recurso infinito. A crescente demanda para satisfazer não apenas necessidades biológicas como também geração de energia, saneamento básico, agricultura, pecuária, industrial, navegação entre outros, causa o mau uso do recurso. As autoridades e especialistas no assunto se preocupam com o evidente decréscimo das reservas de água limpa em todo o planeta (TELLES *et al.*, 2010).

As características físicas, químicas e biológicas da água variam de acordo com sua intenção de uso. Na atualidade são identificados uso de água para: Consumo humano, uso industrial, irrigação, geração de energia, transporte, aquicultura, preservação de fauna e flora, paisagismo, assimilação e transporte de efluentes (MIERZWA; HESPANHOL, 2005).

Segundo Hespagnol, a água na indústria pode ter as seguintes aplicações:

1. Matéria Prima - A água é incorporada ao processo final, sendo: indústrias de bebidas, alimentos, produtos de higiene pessoal, cosméticos, conservas, indústria farmacêutica e limpeza doméstica.
2. Uso como fluido auxiliar - a água pode ser fluido auxiliar de diversas atividades como: preparação de suspensão ou soluções químicas, compostos intermediários, reagentes químicos, veículos ou operação de lavagens.
3. Uso para geração de energia – envolve a transformação de energia cinética, potencial ou térmica acumulada na água em energia mecânica, e, posteriormente em energia elétrica. A água é utilizada em estado natural para que se aproveite sua energia potencial ou cinética. Já em processos de geração de energia mecânica ou elétrica a partir de energia térmica, a água deve ter um grau de qualidade alto para que não haja problemas nos equipamentos de geração de vapor ou no dispositivo de conversão de energia.
4. Uso como fluido de aquecimento e/ou resfriamento – água é usada para aquecer ou resfriar, principalmente em forma de vapor.
5. Transporte e assimilação de contaminantes – uso da água em: instalações sanitárias, lavagem de equipamentos e instalações, incorporação de subprodutos sólidos, líquidos ou gasosos gerados pelo processo industrial.

As características físicas da água mais analisadas no setor industrial são: cor, odor, turbidez, alcalinidade, salinidade, dureza, teor em sílica, gases dissolvidos e oxidabilidade na água, que pode influenciar no produto produzido. O abastecimento dessa água se dá por fontes diversas, como: água potável do sistema de distribuição pública, água de poço tubular ou profundo, água da chuva, água de reuso, água de rio ou córrego, caminhão-pipa, entre outros (TELLES *et al.*, 2010).

O grande volume de água gasto nos segmentos industriais chama a atenção da economia mundial, fazendo com que as empresas busquem forma de otimizar seus processos e obter maior controle de suas demandas por recursos hídricos (TELLES *et al.*, 2010).

Uma quantidade elevada de água é utilizada no processo de produção de papelão ondulado, conseqüentemente, uma quantidade alta de efluentes é liberada durante diversas etapas do processo. A maior preocupação com o efluente gerado neste segmento de indústria, é seu elevado nível de DQO (Demanda Química de Oxigênio). Esse efluente possui uma combinação de amido, cola, resina e corantes azoicos oriundos da tinta recalcitrante utilizada para impressão nas embalagens de PO, dificultando seu tratamento e podendo gerar riscos à saúde humana (KARABACAKOGLU e TEZAKIL, 2023).

A utilização de água produtiva numa indústria de papelão ondulado ocorre nas áreas de Onduladeira, Impressoras e Tratamento de Efluentes (WEBER; CYBIS; BEAL, 2010a). A utilização ocorre da seguinte forma:

- Onduladeira: produção de vapor, produção de cola a base de amido, produção de água refrigerada, diluição de produto impermeabilizante de papel (resina), limpeza da máquina e aplicação direta no papel.
- Impressoras: Consumo de água para limpeza da máquina durante trocas de pedidos para lavar a tinta anteriormente utilizada, limpezas periódicas de manutenção, lavagem de clichês após a utilização (setor de clicheria).
- Estação de Tratamento de Efluentes: Diluição dos reagentes, retro lavagem dos filtros, e processos de limpeza da ETE.

Descargas sanitárias, higiene pessoal, limpeza de louças, preparo de refeições, rega de jardins e dessedentação humana são usos não produtivos de água da indústria (WEBER; CYBIS; BEAL, 2010).

O Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA) determina que efluentes industriais devem ser tratados antes de lançados direta ou indiretamente em corpos hídricos, e os responsáveis deverão realizar o automonitoramento e acompanhamento periódico de tais

efluentes. Para tais lançamentos, a indústria deve seguir os padrões estabelecidos pela Resolução CONAMA, N° 430 de 13/05/2011.

### 3.3 Tratamento de Águas Residuárias Industriais

Os efluentes industriais abrangem uma grande variedade de poluentes e, portanto, não podem ser caracterizados de uma única forma, pois dependem das características específicas de cada indústria, dos produtos fabricados e das matérias-primas utilizadas (JORDÃO; PESSOA, 2011).

Uma série de estudos destacaram a importância do tratamento e reutilização de águas residuais industriais. Tercetti (2021) enfatiza a necessidade de práticas sustentáveis nas indústrias, defendendo especificamente o uso de novas tecnologias para tratar e reutilizar águas residuais industriais tratadas.

Uma Estação de Tratamento de Efluente (ETE) pode ser implantado por indústrias para tratar seus efluentes gerados. Ela tem como função remover maior parte da concentração de poluentes presentes no efluente, como por exemplo: suspensão de sólidos, nitrogênio, fósforo, compostos tóxicos, compostos não biodegradáveis e matéria orgânica quando aplicado (LEME, 2010).

É de extrema relevância que a indústria possua um sistema de tratamento de efluentes que atenda 100% sua demanda. O planejamento e construção de tal sistema deve ser personalizado de acordo com o volume a ser tratado, finalidade, nível do processo, qualidades originais e pretendidas e local de lançamento ou reaproveitamento (TELLES *et al.*, 2010).

Esgoto industrial possui características diferentes de esgotos domésticos, podendo possuir alta quantidade de metais pesados, produtos químicos e orgânicos acima dos limites normais. De acordo com a característica do efluente industrial, tratamentos físico-químicos devem ser utilizados (TELLES *et al.*, 2010).

Conforme descrito por Telles e Costa, existem quatro tipos de tratamento de efluentes, sendo eles:

1. Tratamento prévio ou preliminar: Remove sólidos grosseiros, areia e matérias flutuantes. Para essa etapa do tratamento são utilizadas grades, caixas de areia, e, eventualmente, tanques de remoção de óleo e graxas.
2. Tratamento primário: O efluente passa por uma unidade de sedimentação que atua na remoção de sólidos sedimentáveis. Unindo o tratamento prévio com

primário, é possível remover cerca de 60 a 70% de sólidos de suspensão (SS), de 20 a 45% de DBO e 30 a 40% de coliformes.

3. Tratamento secundário: Remove matéria orgânica biodegradável contida nos sólidos particulados, e eventualmente, de nutrientes.
4. Tratamento terciário / avançado: Nesta etapa busca-se remover partículas que não foram removidas nos processos anteriores. Geralmente é realizado em unidades de tratamento físico-químico que busca remover completamente a matéria orgânica e compostos não biodegradáveis, de nutrientes, poluentes tóxicos, metais pesados, sólidos inorgânicos dissolvidos, sólidos em suspensão remanescente e patogênias.

Na pesquisa realizada por Weber *et al.*, em uma indústria de papelão ondulado, verifica-se que esse segmento utiliza tratamento prévio, primário e secundário.

É descrito por Weber; Cybis; Real (2010b) que:

O efluente industrial, originário dos processos produtivos, é tratado por coagulação-floculação e sedimentação antes de ser misturado ao efluente doméstico no tanque pulmão (equipado com agitador). Por conseguinte, essa mistura alimenta o sistema de lodos ativados com aeração prolongada e zona anóxica para remoção de NTK (Nitrogênio Total Kjeldahl). Posteriormente, o efluente passa por filtros pressurizados de areia e carvão ativado, constituintes do tratamento terciário.

Nesta mesma pesquisa realizada por Weber, ele analisa a qualidade do seu efluente final tratado, consumo de água e nível do poço tubular, de acordo com o quadro abaixo:

**Quadro 2.** Dados estatísticos sobre a qualidade do efluente tratado, consumo de água e nível do poço tubular.

Período de junho/2003 a janeiro/2007	Efluente final tratado				Poço tubular	
	$DBO_5$ (mg/L)	DQO (mg/L)	NTK (mg/L)	$P_{total}$ (mg/L)	NAP (m)	Vazão (m <sup>3</sup> /dia)
Média	163,06	367,53	35,10	2,31	54,10	101,86
Desvio Padrão	123,67	238,50	29,51	2,12	0,93	32,29
Limite Mínimo Legal					51,68	
Limite Máximo Legal	135	405	10	1	57,43	120
Observações (un)	72	72	72	72	658	129
Não conformidades (un)	37	26	59	47	0	35
Não conformidades (%)	51	36	82	65	0	27

Fonte: (WEBER; CYBIS; BEAL, 2010a)

Conforme quadro 2, Weber relata que os parâmetros de emissão de efluentes ao corpo receptor estavam em desacordo com os limites estabelecidos na Licença de Operação da

indústria em estudo, emitida pela FEPAM. O limite máximo de consumo do poço tubular também ultrapassava limites estabelecidos pela SEMA na outorga d'água da indústria.

Para atender a legislação referente a emissão de efluentes, Weber sugere:

Esse problema pode ser contornado através da adição de matéria orgânica carbonácea no aflente do sistema de lodos ativados. Desse modo, se corrigiria a relação  $DBO_5:NTK: P_{Total}$ , melhorando a eficiência de remoção do nutriente. Outra solução viável é a dosagem de  $FeCl_3$  na entrada do sedimentador secundário, precipitando o fósforo que seria removido juntamente com os descartes de lodo ativado.

Ao caracterizar efluentes industriais, é importante considerar os grupos mais comuns de poluentes, assim classificados conforme Jordão e Pessoa (2011):

- Poluentes Convencionais: aqueles que normalmente caracterizam a matéria orgânica, os materiais sólidos e suspensos da poluição. (Demanda Bioquímica de Oxigênio, Sólidos Suspensos, Óleos e Graxas e pH);
- Poluentes Prioritários: específico uma lista de 129 poluentes tóxicos, metais pesados, compostos orgânicos voláteis e semivoláteis, pesticidas, herbicidas e outros;
- Poluentes Não Convencionais - todos aqueles que não se enquadram nas categorias acima, nomeadamente Cromo Hexavalente, Fenóis, Fluoretos, Manganês, etc.

Para definir os níveis de tratamento a serem recomendados, os critérios de segurança que devem ser seguidos e os custos de operação e manutenção relacionados ao reuso, é essencial verificar a qualidade da água que foi usada e o uso pretendido do reuso. Além disso, a possibilidade e a forma de reuso também dependeriam de decisões políticas e institucionais, viabilidade técnica e fatores econômicos, sociais e culturais (CUNHA *et al.*, 2011). A definição de tratamento para água e efluentes deve considerar que tipo de padrão de qualidade final eles vão almejar ao atender aos requisitos de qualidade para descarte ou padrões de qualidade para reuso.

### 3.4 Reuso de Águas Industriais

A demanda por água no Brasil é crescente, excedendo a demanda humana. Estima-se um aumento de aproximadamente 80% no consumo de água comparado ao total retirado nas últimas duas décadas. É previsto que até 2030 ocorra um aumento de 24% na demanda. Tal evolução dos usos de água está diretamente ligado ao desenvolvimento populacional e econômico do país (ANA, 2019).

Reuso de águas é o aproveitamento do volume de um efluente. Para alguns processos, o efluente não necessita ser tratado para reutilização. Já para outros casos, é necessário um processo específico de tratamento para seguir com o reuso. O que definirá tal tratamento ou não são os parâmetros de águas requisitados para o fim desejado (TELLES *et al.*, 2010).

A Companhia Ambiental do Estado de São Paulo (CETESB) classifica tipos de reuso de efluente, sendo eles:

- Reuso indireto não planejado: ocorre quando o efluente é descarregado no meio ambiente, e utilizada novamente a jusante, de forma diluída, não intencional e não controlada;
- Reuso indireto planejado: ocorre quando o efluente após o tratamento é descarregado de forma planejada em corpos de águas superficiais ou subterrâneos, para serem utilizados a jusante, de maneira controlada.
- Reuso direto planejado da água: Após o tratamento do efluente o mesmo é encaminhado diretamente ao seu ponto de reuso, não sendo descarregado no meio ambiente.

Já a ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT, 1997) classifica a água de reuso como:

- Reuso local: o efluente tratado deve ser utilizado para fins que não especificam qualidade de água potável, mas sanitariamente segura tais como irrigação dos jardins, lavagem dos pisos e dos veículos automotivos, na descarga dos vasos sanitários, na manutenção paisagística dos lagos e canais com água, na irrigação dos campos agrícolas e pastagens etc.
- Reuso direto: Após o tratamento do efluente, ele é encaminhado de forma planejada para seu local de reuso.
- Reuso indireto: efluentes são lançados diretamente em corpos hídricos, podendo ser tratados ou não. Tal influente pode ser captado na jusante de forma planejada ou não. 4

O artigo 2º da Resolução nº 54 de 28 de novembro de 2005 do Conselho Nacional de Recursos Hídricos também estabelece as seguintes definições:

- Reuso de água: utilização de água residuária.
- Água de reuso: água residuária, que se encontra dentro dos padrões exigidos para sua utilização nas modalidades pretendidas.

- Reuso direto da água: uso planejado de água de reuso, conduzida ao local de utilização, sem lançamento ou diluição prévia em corpos hídricos superficiais ou subterrâneos.
- Produtor de água de reuso: pessoa física ou jurídica, de direito público ou privado, que produz água de reuso.
- Distribuidor de água de reuso: pessoa física ou jurídica, de direito público ou privado, que distribui água de reuso.
- Usuário de água de reuso: pessoa física ou jurídica, de direito público ou privado, que utiliza água de reuso.

Reuso de águas industriais tem como objetivo o atendimento das próprias demandas, controle de poluição ou diminuição da captação d'água. Tal efluente pode ser reutilizado em refrigerações, águas de processo, caldeiras, entre outros (MANCUSO, 1988).

O setor industrial ganha destaque por ser uma das áreas que mais consomem água em suas operações. Além disso, a implementação de novas tecnologias para o reuso de águas residuais pode resultar em significativos benefícios econômicos para as empresas, ao mesmo tempo em que contribui para o desenvolvimento sustentável (TERCETTI *et al.*, 2021).

Apesar de o Brasil não possuir nenhuma lei ou norma que assegure à prática de reutilização de águas residuais, algumas empresas já a estão adotando para atender às suas necessidades hídricas. Este movimento já é observado em algumas indústrias localizadas na região Sudeste do país. Tais iniciativas têm gerado economias significativas nos processos produtivos dessas organizações (COSTA; JÚNIOR, 2005).

De acordo com a finalidade em relação ao uso final, o reuso pode ser classificado em diversas categorias. Para isso, Hespanhol (2008) acredita que, embora haja uma grande variedade de possibilidades de reuso de água no Brasil, as mais significativas são o reuso dentro de áreas urbanas, o reuso industrial, o reuso agrícola e o reuso associado à recarga de água de aquíferos. O Quadro 3 apresenta um resumo das principais formas de reuso de água e suas características.

**Quadro 3.** Principais formas de reuso e suas características

FORMA DE REÚSO	CARACTERÍSTICAS
Usos Urbanos	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Demanda de água com qualidade elevada;</li> <li>- Sistemas de tratamento de controles avançados;</li> <li>- Utilização para consumo humano: apresenta alto risco devido à presença de organismos patogênicos, metais pesados e compostos orgânicos sintéticos. Embora seja viável, exige rigoroso controle sanitário.</li> <li>- Uso para fins não potáveis: por apresentarem riscos reduzidos, devem ser priorizados como a primeira escolha para o reuso. Suas aplicações incluem atividades de irrigação (como em parques, jardins públicos, gramados e ao longo de rodovias), reservas para combate a incêndios, descarga sanitária, lavagem de veículos, controle de poeira em obras e na construção civil.</li> </ul>
Usos Industriais	<p>Pode ser dividido em:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Reuso macroexterno: realizado por empresas de saneamento municipais ou estaduais que disponibilizam esgoto tratado para um grupo de indústrias;</li> <li>- Reuso macrointerno: trata-se do uso do efluente tratado pela própria indústria em atividades que não exijam níveis avançados de tratamento;</li> <li>- Reuso interno específico: trata-se do uso do efluente tratado na própria indústria nos próprios processos nos quais foram gerados.</li> </ul>
Usos Agrícolas	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Utilizado na irrigação;</li> <li>- É um componente essencial nas políticas e estratégias de gestão de recursos hídricos, uma vez que o setor agrícola, especialmente a irrigação, representa a maior demanda de retirada de água do meio ambiente.</li> </ul>
Recarga artificial de aquíferos	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Proporciona reservatórios de água para o futuro;</li> <li>- Precisa ser executada com um elevado grau de planejamento e controle, pois isso reduz o risco de contaminação do atero;</li> <li>- Os custos associados à recarga, incluindo aqueles relacionados ao tratamento de efluentes, consumo de energia elétrica e exigências de infraestrutura, podem ser elevados a ponto de tornar a atividade inviável.</li> </ul>

Fonte: Adaptado de Hespanhol (2008).

No artigo 2º sobre o reuso indireto de águas, a Resolução CNRH nº 54/2005 (BRASIL, 2006), define “como planejamento da utilização de águas reutilizadas à levada até o local de uso, sem liberação prévia ou diluição em corpos d'água superficiais ou subterrâneos. Além de definir as modalidades de reuso o artigo 3º desta resolução prevê:

- I- reuso para fins urbanos: utilização de água de reuso para fins de irrigação paisagística, lavagem de logradouros públicos e veículos, desobstrução de tubulações, construção civil, edificações, combate a incêndio, dentro da área urbana;
- II- reuso para fins agrícolas e florestais: aplicação de água de reuso para produção agrícola e cultivo de florestas plantadas;
- III- reuso para fins ambientais: utilização de água de reuso para implantação de projetos de recuperação do meio ambiente;
- IV- reuso para fins industriais: utilização de água de reuso em processos, atividades e operações industriais; e,
- V- reuso na aquicultura: utilização de água de reuso para a criação de animais ou cultivo de vegetais aquáticos.

As opções de reuso direto de efluentes devem ser avaliadas e eliminadas, se necessário, antes de decidir se o reuso de efluentes tratados é viável. Isso ocorre porque, à medida que a

demanda por água e a produção de efluentes diminuem, a concentração de contaminantes permanece a mesma, tornando-a uma opção de ciclo de reuso imutável. A escolha do padrão de reuso a ser aplicado deve refletir o padrão de qualidade da água industrial necessário para um determinado uso. Portanto, a descrição do padrão para qualidade do uso da água especificará também a tecnologia de tratamento daquela água residual que será usada em um determinado propósito (MIERZWA; HESPANHOL, 2005).

O Brasil historicamente vem reciclando efluentes tratados por meio de projetos no estado de São Paulo (SP), iniciados pela SABESP (Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo) na década de 1990. O Projeto Aquapolo começou em 2011 como uma parceria entre a Sabesp e a Companhia Odebrecht, visando principalmente alimentar o Complexo Petroquímico do Grande ABC/SP. Antes de entrar na operação, o mundo inteiro soube disso ao receber o prêmio Global Water Awards, um prêmio que promovia a criatividade em projetos que impactam o fornecimento e tratamento de água. O projeto Aquapolo anteriormente se destacava como o “maior projeto de produção de água de reuso do Hemisfério Sul e o quinto maior do planeta, concebido para produzir cerca de 1.000 litros de água industrial de reuso por segundo, o suficiente para 500.000 pessoas serem constantemente abastecidas (AQUAPOLO, 2011).

Entretanto, a sociedade segundo Franco (2010) demonstra uma forte resistência em aceitar a implementação de projetos de reuso. Isso se deve à ausência de garantias, principalmente de saúde e segurança públicas. Contudo, segundo a própria literatura, nota-se uma tendência de aumento dos níveis de aplicação do reuso com o avanço das pesquisas, experiências bem-sucedidas e regulamentação legal.

Segundo a FIESP, em 2012, a Federação das Indústrias do Estado de São Paulo, juntamente com o CIESP, Centro das Indústrias do Estado de São Paulo, publicou um Manual de Diretrizes para o Setor Industrial para conservação e reuso adequados de água. Ele contém orientações sobre práticas de conservação e padrões de reuso conforme exigido pelo tipo de indústria. O Quadro 4 mostra as principais barreiras técnicas, operacionais e econômicas para a implementação de programas de conservação e reuso.

**Quadro 4.** Principais dificuldades associadas aos programas de conservação e reúso da água

Dificuldade	Técnicas	De Conhecimento	- Ausência de subsídios essenciais para avaliar os potenciais de atuação, como a falta de conhecimento sobre o uso atual da água e dos efluentes gerados (oferta e demanda), considerando tanto a qualidade quanto a quantidade; - Ausência de uma equipe qualificada para garantir a manutenção do Programa, entre outros fatores.
		De Autonomia	- Ausência de autonomia das filiais em relação às suas matrizes, o que impede mudanças no processo produtivo, entre outros aspectos.
	Operacionais	No processo de produção	- Sistema produtivo inadequado ao Programa de Conservação; - Resistência em mudanças de procedimentos operacionais; - Ausência de conscientização de funcionários em relação ao desperdício.
		Na aquisição de Equipamentos	- Necessidade de recursos para substituição de equipamento desatualizados.
	Econômicas	Na implantação e Gestão do Programa	- Demanda de recursos para possibilitar a avaliação e implementação do Programa de Conservação e Reúso. - Necessidade de capacitação de pessoal para Gestão do Programa.

Fonte: adaptado de FIESP/CIESP, 2012.

Ao considerar a reutilização nos setores de processo industrial, descobrimos que, geralmente, para o gerenciamento eficaz do recurso hídrico necessário para conduzir o processo industrial, modelos separados são preparados e seguidos para garantir a produção ideal de efluentes em processos de produção. Eles realizam o gerenciamento dos recursos hídricos necessários para conduzir o processo industrial para facilitar a adequação da água ao processo. O tratamento do efluente é feito de modo a atender aos parâmetros de descarga estipulados em normas e leis (MIERZWA; HESPANHOL, 2005).

O reúso representa a possibilidade de unir diferentes modelos de gestão de recursos hídricos dentro da indústria para que o tratamento análogo ao de disponibilização de água para condições de processo possa ser aplicado ao efluente industrial posteriormente disponibilizado para uso dentro da indústria. Franco (2010) identificou benefícios ambientais, econômicos e sociais que serão identificados no Quadro 5.

**Quadro 5.** Benefícios ambientais, econômicos e sociais relacionados à prática do reúso

AMBIENTAIS	ECONÔMICOS	SOCIAIS
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Diminuição da liberação de efluentes industriais no ambiente, resultando em melhorias na qualidade das águas nas áreas industrializadas das grandes cidades.</li> <li>- Redução da captação de águas superficiais e subterrâneas;</li> <li>- Ampliação da disponibilidade de água para aplicações que exigem maior qualidade, como o abastecimento público e hospitalar, entre outros.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Conformidade com os padrões e normas ambientais exigidos por lei, facilitando a aceitação dos produtos brasileiros nos mercados internacionais;</li> <li>- Mudanças nos padrões de produção e consumo;</li> <li>- Redução dos custos de produção;</li> <li>- Aumento da competitividade do setor;</li> <li>- Capacitação para obter incentivos e reduções nos coeficientes de cobrança pelo uso da água.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Expansão das oportunidades de negócios para empresas que fornecem serviços e equipamentos;</li> <li>- Ampliação na geração de empregos diretos e indiretos;</li> <li>- Fortalecimento da reputação do setor industrial perante a sociedade, com reconhecimento de empresas comprometidas com a responsabilidade social.</li> </ul>

Fonte: adaptado de Franco, 2010.

Assim, para Maron Junior (2006), o reúso de água colabora com a redução da demanda sobre os mananciais pela substituição da água de qualidade superior por outra de qualidade inferior, mas com características compatíveis à necessidade de uso. O reúso surge como uma vantagem ecológica frente à possibilidade de redução de consumo de um recurso natural não renovável, assim como traz vantagens econômicas para a indústria que reduz os seus custos com aquisição de água potável da companhia de saneamento ou com a captação superficial (corpos hídricos) e subterrânea (poços artesianos).

### 3.5 Qualidade de água para reúso

Segundo a Federação das Indústrias do Rio de Janeiro (FIRJAN) (2006), não há informações sobre a qualidade mínima de água necessária para fins industriais; portanto, é difícil discernir quando existem oportunidades viáveis de reúso. Portanto, uma inspeção adequada do processo industrial deve ser realizada para caracterizar a qualidade da água juntamente com um estudo de tratabilidade do efluente industrial, para a realização de um sistema de tratamento eficiente para reúso e para ser compatível com a qualidade de água necessária do processo industrial em consideração.

Cheis (2013) afirma que no Brasil existem basicamente duas normas que tratam do reúso de água: a Resolução CNRH n.º 54/2005 e a norma NBR 13969/1997, ambas de abrangência nacional. Além destas, há outras de âmbito municipal que tratam do tema, mas que, na verdade, apenas decretam a criação de programas de reúso, sem estabelecer diretrizes técnicas a respeito. Esta ausência de normas faz com que os profissionais busquem referências

em guias internacionalmente reconhecidos, elaborados por órgãos como a Organização Mundial da Saúde ou a Agência de Proteção Ambiental (EPA) dos Estados Unidos.

A Organização Mundial da Saúde (OMS, 2024) publicou recentemente um conjunto de diretrizes para o uso seguro de esgoto, excrementos e águas cinzas; no entanto, o documento é específico com relação à reutilização na agricultura e aquicultura.

De acordo com Blum (2005), há cinco critérios básicos que devem ser considerados na prática de reuso:

- Saúde Pública: quanto maior a exposição ou o nível de contato humano com a água recuperada, maior deve ser a segurança sanitária da água;
- Aceitação da Água pelo Usuário: A água deve ter uma qualidade estética dependendo do propósito específico de reuso, sem impor restrições ao seu uso.
- Preservação Ambiental: deve ficar claro da discussão em questão que a introdução de um sistema de reuso não precisa comprometer a qualidade ambiental em geral;
- Qualidade da Fonte: trata da manutenção da confiabilidade do sistema de tal forma que a água reutilizada produzida seja de um padrão aceitável;
- Adequação da qualidade para o uso pretendido: uma necessidade de definir o padrão mínimo de qualidade para que seja orientado para a saúde e específico do local para o uso pretendido.

Segundo a FIESP/CIESP (2012), o tipo e a quantidade de água necessária para o desenvolvimento das operações industriais variam conforme a atividade em si, a capacidade produtiva de cada indústria, em função de uma determinada condição climática de uma região, da disponibilidade de água, do tipo de produção utilizado pela indústria, da idade das instalações, da cultura local e da inovação tecnológica.

### 3.6 Pesquisas sobre o uso de água em indústrias

**Alves (2009)** desenvolveu uma pesquisa sobre conservação e reuso de água na indústria de cosméticos. O estudo foi baseado em um estudo de caso da indústria de cosméticos: Natura Cosméticos. As inspeções e avaliações de instalações industriais que foram realizadas formaram a base do desenvolvimento da indústria de cosméticos. Para análise do estudo de caso por meio de inspeção de campo, foi escolhida uma instalação real da indústria de cosméticos. Um programa de reuso de água estava sendo implementado pela empresa na limpeza de ruas, limpeza de edifícios, irrigação de jardins e também na rede de combate a incêndio. O objetivo da pesquisa foi avaliar a possibilidade de usar 45% do efluente tratado descartado nessa fase

em corpos d'água. Alves (2009) testou outra hipótese – a de despejar efluentes industriais em empreendimentos menos nobres como torres de resfriamento, sistemas de ar condicionado e bombas de vácuo, uma vez que o efluente não poderia ser usado para produção em condições sanitárias e – até o momento, não há leis específicas sobre essa prática de reuso de água.

**Amaral (2008)** conduziu uma pesquisa dentro de uma indústria de celulose e papel no município do Paraná - PR. A pesquisa foi baseada na coleta de dados sobre a ingestão de água, descarga de efluentes em vários estágios dos processos e as qualidades dos efluentes alimentados de cada uma das principais seções de produção. Amostras de coleta também foram usadas para medir DBO (Demanda Bioquímica de Oxigênio), DQO (Demanda Química de Oxigênio) e Sólidos Suspensos na entrada e saída do sistema de tratamento de efluentes. Finalmente, a viabilidade foi um sucesso com a necessidade de tecnologias adicionais necessárias para o tratamento que tem um custo adicional para a indústria. O tratamento convencional é relativamente caro; como tal, os benefícios ambientais que acompanham a introdução das técnicas recomendadas devem ser levados em consideração.

O trabalho desenvolvido em associação com setores industriais de diferentes categorias tem se mostrado eficaz na redução do consumo e descarte de água durante os processos produtivos. As tecnologias atuais têm um custo tão alto para otimizar que, em alguns casos, inviabilizam o reuso do efluente tratado. Embora a tecnologia tenha se mostrado eficaz na redução do consumo de água, o baixo 'preço' vigente da água (cobrado pelas empresas de saneamento) e o fato de a cobrança pelo uso direto da água não ser uma prática comum imporiam investimentos em projetos que tenham retornos maiores.

#### 4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Pode-se inferir que o uso eficiente da água representa uma opção viável e benéfica não apenas para o meio ambiente, mas também para a sustentabilidade econômica das indústrias. A análise do processo de produção na indústria de papelão ondulado deixou claro que, como setor, ele requer um grande volume de água, especialmente em certos estágios, como formação da camada de papel e adesão do papel. Portanto, o gerenciamento eficaz da água é necessário.

Isso permitiu uma visão abrangente dos pontos de geração e das características dos efluentes em relação ao processo. Assim, o tratamento de efluentes industriais parece essencial para eliminar contaminantes e permitir o reuso seguro e de qualidade da água, reduzindo assim a dependência de água potável e, conseqüentemente, conservando os recursos naturais.

A utilização de água industrial foi avaliada como uma aplicação estratégica pela qual um tratamento apropriado de águas residuais as torna reutilizáveis em diferentes processos de produção; isso de certa forma reduz significativamente a utilização de água doce e os custos relacionados à coleta e tratamento de águas residuais. Os requisitos de qualidade da água para reutilização devem ter estabelecido parâmetros e assegurado que a reutilização não prejudique a qualidade do produto final nem a eficácia dos processos.

Portanto, este estudo destaca a necessidade de incorporar tecnologias de tratamento e reuso de água na produção de papelão ondulado para uma produção mais sustentável que esteja em conformidade com os requisitos ambientais vigentes. A introdução de tais tecnologias oferece uma grande oportunidade para o desenvolvimento industrial com melhor capacidade de resposta em termos de custo e conservação de recursos hídricos. As recomendações incluem mais trabalho em tecnologias de tratamento alternativas que melhorariam ainda mais a eficiência e aumentariam os benefícios no contexto industrial.

## 5 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS (BRASIL). **Manual de Usos Consuntivos de Água no Brasil**. Brasília: [s.n.].

ALVES, S. S. **Conservação e Reúso de Água em Indústria de Cosméticos**: estudo de caso Natura cosméticos. 2009. 130 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia) - Departamento de Engenharia Hidráulica e Sanitária, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2009.

AMARAL, K. J. **Uso de água em indústria de papel e celulose sob a ótica da gestão de recursos hídricos**. 2008. 187 f. Tese (Doutorado em Engenharia Civil) - Instituto Alberto Luiz Coimbra de Pós-Graduação e Pesquisa de Engenharia, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2008.

AMAT, A. M. *et al.* Exploring reuse of industrial wastewater from exhaust dyebaths by solarbased photo-Fenton treatment. **Textile Research Journal**, v. 83, n. 13, p. 1327-1334, 2013. doi:10.1177/0040517512467061.

AQUAPOLO. Revista Projeto Aquapolo. Ano 1.N.1.11 Pág. SET 2011. Disponível em:<<http://www.aquapolo.com.br/comunicacao/revista-projeto-aquapolo-2/>>. Acesso em: 21.out.2024.

BLUM, J. R. C. Critérios e Padrões de Qualidade da Água. In: MANCUSO, P. C.; SANTOS, H. F. S. **Reúso de Água**. Universidade de São Paulo, Faculdade de Saúde Pública, Núcleo de Informações em Saúde Ambiental. Barueri, SP: Manole, 2003. p. 125-174.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. Resolução nº. 54 do CNRH – Conselho Nacional de Recursos Hídricos, de 28 de novembro de 2005. Estabelece modalidades, diretrizes e critérios gerais para a prática de reúso direto não potável de água, e dá outras providências. Diário Oficial [da] União, Presidência da República, Brasília, DF, 9 mar. 2006.

CHEIS, D. **Falta de normas técnicas para reúso de água ainda é um problema no país**. Revista TAE. 2013. Disponível em: <<http://revistatae.com.br/noticiaInt.asp?id=5798&genero=4>>. Acesso em: 01 nov. 2024.

COSTA, D. M. A.; JUNIOR, A. C. DE B. **Avaliação da necessidade do reúso de águas residuais**. Rio Grande do Norte - RN: Centro Federal de Educação e Tecnologia do Rio Grande do Norte, set. 2005.

**EMPAPEL - Encontro Nacional de Meio Ambiente e Produção de Papel**. 15º Encontro Nacional de Meio Ambiente e Produção de Papel, 2023, São Paulo. Associação Brasileira Técnica de Celulose e Papel (ABCP). São Paulo: ABTCP, 2023.

FEDERAÇÃO E CENTRO DAS INDÚSTRIAS DO ESTADO DE SÃO PAULO - FIESP. **Conservação e reúso da água: manual de orientações para o setor industrial**. v. 1. São Paulo: FIESP/CIESP, 2004.

FEDERAÇÃO DAS INDÚSTRIAS DO ESTADO DO RIO DE JANEIRO - FIRJAN. **Manual de conservação e reúso de água na indústria**. 1. ed. Rio de Janeiro: DIM, 2006.

FRANCO, P. L. P. Análise da potencialidade do reúso indireto potável: estudo de caso da ETE Atuba Sul, Região Metropolitana de Curitiba / Dissertação (mestrado profissional) – Universidade Federal do Paraná, Setor de Tecnologia, Programa de Mestrado Profissional em Meio Ambiente Urbano e Industrial Pedro Luís Prado Franco. – Curitiba, 2010.

HESPANHOL, I. Um novo paradigma para a gestão de recursos hídricos. *Estudos Avançados*, v. 22, n. 63, p. 131-158, 2008. doi:10.1590/S0103-40142008000200009.

KARABACAKOGLU, B.; TEZAKIL, F. **Electrocoagulation of Corrugated Box Industrial Effluents and Optimization by Response Surface Methodology**. [s.l.: s.n.].

LEME, E. J. DE A. **Manual Prático de Tratamento de Águas Residuárias**. São Carlos - São Paulo, Brasil: Editora da Unidade Federal de São Carlos, 2010.

MANCUSO, P. C. S. **Reúso de Água**. São Paulo: Universidade de São Paulo, 1988.

MIERZWA, J. C.; HESPANHOL, I. **Água na Indústria: Uso Racional e Reúso**. São Paulo - SP: Oficina de Textos, 2005.

ORGANIZAÇÕES DAS NAÇÕES UNIDAS - ONU. Alertando para escassez de água doce, ONU pede esforços globais para proteger recursos naturais. Brasil. 23 de maio de 2013. Disponível em: <<http://www.onu.org.br/alertando-para-escassez-de-agua-doce-onupede-esforcos-globais-para-protoger-recursos-naturais/>>. Acesso em: 15 out. 2024.

TELLES, D. D. *et al.* **Reúso da Água: Conceitos, Teorias e Práticas**. 2º Edição ed. São Paulo - SP: Fundação de Apoio a Tecnologia, 2010.

TERCETTI, R. L. *et al.* **Reúso de Água Residuária Industrial Tratada: uma Revisão de Literatura**. Foz do Iguaçu, Paraná: [s.n.].

TERCETTI, R. L.; OLIVEIRA, J. A. **Reúso de água residuária industrial tratada: uma revisão de literatura**. Minas Gerais - MG: Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Minas Gerais - Campus Bambuí, 2021.

TUNDISI, J. Recursos Hídricos no século XXI, nova edição ampliada e atualizada. 1 Ed. São Paulo: Oficina de Textos, 2011.

VIDAL, C. M. S. Gestão do uso da água na indústria: aplicação do reúso e recuperação. 2012. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Ambiental) – Universidade do Estado de Santa Catarina, Joinville, 2012.

WEBER, C. C.; CYBIS, L. F.; BEAL, L. L. **Conservação de água aplicada a uma indústria de papelão ondulado**. Rio Grande do Sul: Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2010a.

WEBER, C. C.; CYBIS, L. F.; BEAL, L. L. **Reúso da Água - Revitalização de ETE**. Rio Grande do Sul - RS: Instituto de Pesquisas Hidráulicas da UFRGS, 2010b.

WORLD WATER ASSESSMENT PROGRAMME - WWAP. **Water and industry**. Paris. UNESCO. Disponível em: <[http://webworld.unesco.org/water/wwap/facts\\_figures/water\\_industry.shtml](http://webworld.unesco.org/water/wwap/facts_figures/water_industry.shtml)>. Acesso em: 18 out. 2024.