

## II-873 IMPLEMENTAÇÃO DE SISTEMA DE TRATAMENTO DE EFLUENTES E REUSO EM INDÚSTRIA DE ÓLEOS VEGETAIS

### **Izabela de Macêdo Resende<sup>(1)</sup>**

Engenheira Ambiental e Sanitarista pelo Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Ceará (IFCE).

### **Karyna Oliveira Chaves de Lucena**

Tecnóloga em Processos Químicos pelo Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Ceará (IFCE). Mestre e Doutora em Engenharia Civil (Saneamento Ambiental) pela Universidade Federal do Ceará (UFC).

### **Carlos Ronald Pessoa Wanderley**

Engenheiro Civil pela Universidade Federal do Ceará (UFC). Mestre em Engenharia Civil (Saneamento Ambiental) pela Universidade Federal do Ceará (UFC). Doutorando em Engenharia Civil (Recursos Hídricos) pela Universidade Federal do Ceará (UFC).

### **Maria do Socorro Ribeiro Hortegal Filha**

Engenheira Civil pela Universidade Estadual do Maranhão (UEMA). Mestre em Engenharia Civil (Saneamento Ambiental) pela Universidade Federal do Ceará (UFC). Doutora em Engenharia Civil (Recursos Hídricos) pela Universidade Federal do Ceará (UFC).

**Endereço<sup>(1)</sup>:** Av. Parque Central, 1315 - Distrito Industrial I, Maracanaú - CE, CEP: 61939-140. Telefone: (85) 3512-8701- e-mail: izabela\_resende@outlook.com

## RESUMO

O consumo excessivo de recursos hídricos representa uma ameaça significativa, podendo levar à escassez de água, degradação ambiental e impactos adversos na saúde humana. A pressão sobre os recursos hídricos é intensificada pelo crescimento populacional, pela expansão industrial e pela mudança climática. Para mitigar esses problemas, é importante que a indústria adote métodos alternativos e sustentáveis de gestão da água. Uma prática eficaz nesse contexto é o reuso de efluentes industriais, que envolve o tratamento e a subsequente reutilização da água residual. Esse método não só conserva os recursos hídricos, mas também reduz a poluição ambiental e pode trazer benefícios econômicos para as empresas.

Este estudo tem como objetivo avaliar a aplicação do reuso de efluentes em um sistema de resfriamento e geração de vapor de uma indústria localizada no nordeste do Brasil. O exame abrange as etapas envolvidas no tratamento do efluente para reuso, considerando aspectos técnicos e operacionais, bem como as características do efluente tratado. A análise inclui uma revisão dos processos de tratamento de efluentes, como a filtração, a desinfecção e a remoção de contaminantes específicos, e discute os desafios e soluções associadas à implementação dessas tecnologias. Além disso, o estudo investiga a redução de custos associada ao lançamento de efluentes em virtude da adoção da prática do reuso, fornecendo uma visão abrangente sobre a viabilidade e os benefícios dessa prática para a indústria.

**PALAVRAS-CHAVE:** Reuso de efluentes; Tratamento de água residual; Eficiência hídrica industrial.

## INTRODUÇÃO

A demanda por água é crescente e essencial para a produção, processamento e manutenção de alimentos. As indústrias utilizam a água em diversas atividades, tais como: resfriamento, aquecimento, solubilização, limpeza e produção de energia elétrica e composição do produto. Após o processo de utilização, a água incorpora contaminantes, como metais pesados, compostos orgânicos, produtos químicos, entre outros, a depender do processo de fabricação, esse subproduto não pode ser descartado incorretamente para não contaminar mananciais e o solo.



A fim de evitar a poluição dos corpos hídricos receptores, as indústrias empregam sistemas de tratamento de efluentes, capazes de controlar a concentração de poluentes e atender aos requisitos estabelecidos pela Resolução CONAMA nº 430/2011 quando dispostos em corpos aquáticos.

O tratamento de efluentes desempenha um papel crucial na preservação da qualidade da água, especialmente considerando sua subsequente reutilização. Para isso, a água residual é tratada mediante processos físicos, químicos e biológicos, a fim de utilizá-la novamente em outras atividades dentro da própria indústria, promovendo o reuso direto não potável. Assim, o reuso de efluentes industriais tratados consistem numa técnica eficaz quanto a redução do consumo de água industrial, em que, ao invés de descartar a água residual, rica em poluentes e substâncias químicas, o reuso permite que essa água seja reciclada e reutilizada desde que seja essencial levar em consideração as características específicas da utilização da água a fim de adequá-la aos padrões de qualidade requeridos.

Nesse contexto, o reuso da água emerge como uma das principais alternativas para promover um uso mais eficiente dos recursos hídricos e que a sua integração ao tratamento de efluentes oferece uma oportunidade essencial para a conservação de recursos hídricos, minimização da poluição e atendimento às demandas crescentes por água limpa. Ressalta-se que desde 2005, o Conselho Nacional de Recursos Hídricos através da Resolução nº 54/05, preconiza a adoção de práticas de reuso direto não potável da água. Cita-se como práticas regulamentadas o reuso em sistemas de fertirrigação de efluentes provenientes de indústrias de alimentos, bebidas, laticínios, frigoríficos e graxarias (Resolução CONAMA nº 503/2021) e reuso na modalidade agrícola e florestal (Resolução do CNRH nº 121/2010).

Destaca-se que, recentemente, o estado do Paraná tem estabelecido diretrizes e critérios gerais para reuso de água em seu estado, através da Resolução CERH nº 122/2023. Ao passo que, o Rio Grande do Sul estabeleceu critérios e procedimentos para a utilização de água de reuso para fins urbanos, industriais, agrícolas e florestais por meio da Resolução CONSEMA nº 419/2020. Em comum, essas resoluções dispõem que as condições e padrões da água de reuso para fins industriais deverão obedecer às especificações técnicas de acordo com a finalidade e tecnologia do processo industrial a que se destina. Dessa forma, após o tratamento do efluente, é essencial verificar se o efluente líquido atende aos requisitos necessários; caso contrário, deve-se realizar tratamentos adicionais.

Conforme Telles e Costa (2007), o reuso de água com características similares ao esgoto doméstico, provenientes de atividades como higiene e preparação de alimentos, deve ser direcionado para fins menos nobres, onde não são necessários os padrões de qualidade da água potável por questões de segurança pública. Além disso, o reuso de água não potável auxilia na redução da exploração de fontes de água potável, contribuindo para a preservação desses recursos e a mitigação da escassez hídrica.

A prática do reuso da água desempenha um papel significativo na redução do volume de água captada pelos sistemas convencionais de abastecimento de água e na minimização dos efluentes líquidos gerados por atividades diversas. Isso deve ser adotado sempre que as características do efluente líquido disponível estejam em conformidade com os requisitos de qualidade exigidos para a sua finalidade de aplicação (MIERZWA; HESPANHOL, 2005).

Com isso, a presente pesquisa busca implantar tratamento físico-químico e biológico do efluente de uma indústria nordestina referência no processamento de óleos vegetais e produção de margarinas com vistas ao reuso do efluente líquido tratado em sistemas de resfriamento e geração de vapor.

## MATERIAIS E MÉTODOS

Este estudo descritivo foi baseado em dados de uma indústria alimentícia responsável pelo processamento de óleos vegetais e produção de margarinas, localizada no nordeste brasileiro. A pesquisa foi realizada nas seguintes etapas:

1. Coleta e Classificação dos Efluentes

Os efluentes gerados nas instalações da empresa foram classificados em dois tipos: industriais e domésticos. Os efluentes domésticos, provenientes de lavatórios, sanitários e refeitórios, foram encaminhados para a concessionária de tratamento de águas e efluentes. Os efluentes industriais foram coletados por meio de uma rede de esgoto interligada por caixas de passagem herméticas, garantindo o manejo adequado dos resíduos líquidos industriais. Setores específicos da fábrica contavam com reservatórios subterrâneos para armazenamento dos efluentes, que eram bombeados para tratamento ao atingirem a capacidade máxima.

## 2. Tratamento do efluente industrial

O tratamento dos efluentes industriais realizado na Estação de Tratamento de Efluentes (ETE) foi dividido em quatro etapas principais: tratamento preliminar, tratamento primário, tratamento secundário e tratamento terciário.

### 2.1 Pré-tratamento

No pré-tratamento, os efluentes passaram por sete tanques decantadores onde ocorreram a separação de sólidos, óleos e sedimentos. Os sedimentos foram direcionados para um tanque específico para posterior compostagem, enquanto os líquidos seguiram para o tratamento na ETE.

### 2.2 Tratamento Primário

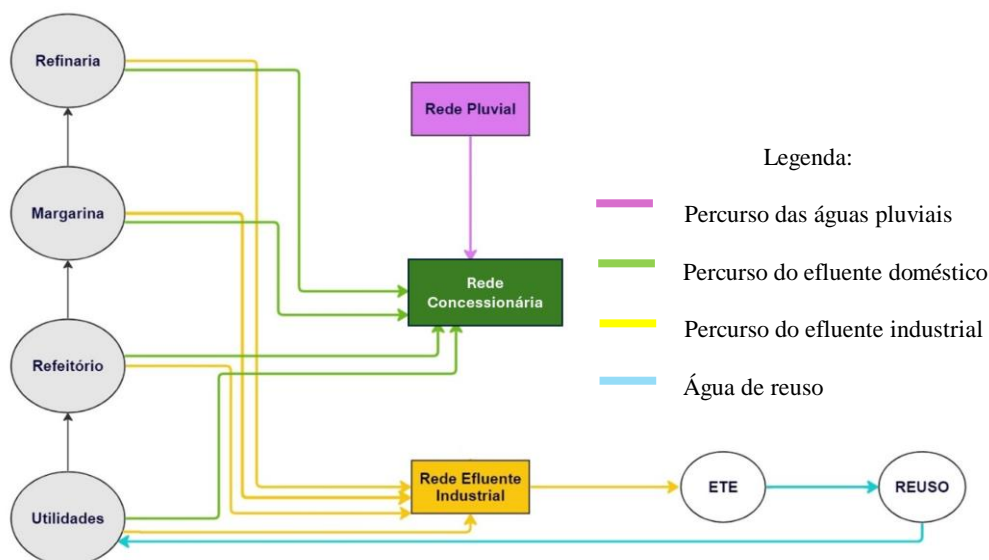
O tratamento primário envolveu processos físico-químicos para remoção de sólidos em suspensão, sedimentos, materiais flutuantes e matéria orgânica. Inicialmente, no tanque separador de água e óleo (SAO), óleos foram separados por decantação. O efluente líquido foi então direcionado ao tanque Flotador para otimização da separação água-óleo. Em seguida, no Tanque de Equalização (TE), o pH do efluente foi ajustado e a temperatura reduzida em uma torre de resfriamento. O efluente foi neutralizado com ácido sulfúrico no Tanque de Neutralização e floculado com policloreto de alumínio no Tanque de Coagulação. Finalmente, no Flotador, a floculação e separação de gorduras foram completadas com adição de polímero catiônico e injeção de ar comprimido.

### 2.3 Tratamento Secundário

O tratamento secundário utilizou o processo de lodos ativados com aeração prolongada. No Reator Biológico, o efluente foi tratado biologicamente com microrganismos aeróbicos, sendo o oxigênio fornecido por difusores de ar no Tanque de Aeração. O líquido misto passou por uma membrana de ultrafiltração (MBR), que removeu sólidos suspensos, colóides e bactérias, antes de ser armazenado em um tanque de permeado.

### 2.4 Tratamento Terciário

O tratamento terciário foi realizado por osmose reversa. Através de membranas semipermeáveis, a água pura foi separada de sais e impurezas, resultando em um fluxo de permeado (água tratada) e rejeito. O permeado foi armazenado em tanques de 15m<sup>3</sup> e utilizado para fins não potáveis, como em torres de resfriamento, condensadores industriais e geração de vapor nas caldeiras.



**Figura 1 - Fluxograma do percurso dos efluentes e água de reuso**

### 3. Monitoramento do efluente

Para monitoramento dos efluentes tratados, foram realizadas análises conforme diretrizes do "Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, 23rd Ed." e Resolução nº 02/2017 - COEMA. Os parâmetros analisados incluíram pH, temperatura, materiais sedimentáveis, substâncias solúveis em hexano, sólidos suspensos totais, sulfeto, nitrogênio amoniacal, sulfato, níquel, DQO e DBO. Instrumentos calibrados foram utilizados para garantir a precisão dos resultados.

### 4. Análise de redução de custos de lançamento de efluente para a concessionária

Anteriormente à implementação do reuso de efluentes, a empresa direcionava todos os seus efluentes sanitários e industriais para a rede de saneamento da concessionária de água e esgoto do estado, o que resultava em custos elevados. As tarifas correspondentes a esses lançamentos estão apresentadas na Tabela 1 e variam conforme o porte da construção civil e a quantidade de efluentes lançados (m<sup>3</sup>). Dado o caráter industrial da empresa, as tarifas aplicadas ao efluente variam de R\$ 11,05 a R\$ 20,32.

**Tabela 1 – Valores tarifários pela concessionária de saneamento**

Categoria	Faixa de Consumo (m <sup>3</sup> )	Tarifa de Água (R\$/m <sup>3</sup> )	Tarifa de Esgoto (R\$/m <sup>3</sup> )
Industrial	0 a 15	10,02	11,05
	16 a 50	11,89	13,05
	> 50	18,48	20,32

## RESULTADOS

O efluente industrial foi submetido aos processos e operações de: decantação, flotação, neutralização, coagulação, floculação, lodos ativados, filtração em membranas de ultrafiltração e osmose reversa, conforme evidencia-se na Figura 02. Os resultados das análises físico-químicas do monitoramento semestral do efluente tratado estão evidenciados na Tabela 02. Tais resultados demonstram o quão robusto e eficiente é o sistema de tratamento implantado haja vista que os resultados obtidos atenderam consideravelmente aos padrões dos parâmetros avaliados conforme as normativas regulamentares estabelecidas pela Resolução COEMA nº 02/2017. Esses exitosos resultados indicam a viabilidade do reuso não potável desse efluente.

**Tabela 2 - Resultados físico-químicos do monitoramento do efluente tratado.**

Parâmetro	Unidade	Padrão	Julho	Agosto	Setembro	Outubro	Novembro	Dezembro
pH	-	6 – 10	7,44	7,17	7,51	7,27	7,36	7,29
Temperatura	°C	< 40,00	30,92	30,47	30,00	28,55	30,65	29,73
Materiais Sedimentáveis	mL/L/H	10	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Subs. Solúveis em Hexano	mg/L	60	26,00	30,00	28,00	26,00	29,00	27,00
Sólidos Susp. Totais	mg/L	150	66,00	74,00	80,00	68,00	72,00	70,00
Sulfeto	mg/L	1	0,14	0,07	0,01	0,10	0,05	0,08
Nitrogênio Amoniacal Total	mg/L	20	0,31	0,17	0,15	0,24	0,32	0,28
Sulfato	mg/L	1000	165,00	200,00	215,00	167,00	223,00	150,00
Níquel	mg/L	2	0,22	0,20	0,28	0,25	0,21	0,26
DQO	mg/L	600	58,00	60,00	61,00	58,00	57,00	60,00

<b>DBO</b>	<b>mg/L</b>	<b>120</b>	3,00	10,00	5,00	20,00	8,00	10,00
<b>Vazão (Saída)</b>	<b>m³/dia</b>	<b>500 a 1.000</b>	504,48	520,16	499,04	453,44	500,28	433,92

É oportuno destacar que o monitoramento contínuo desses resultados é imperativo para garantir a manutenção desses padrões no decorrer do tempo e para promover o desenvolvimento sustentável da área de estudo.



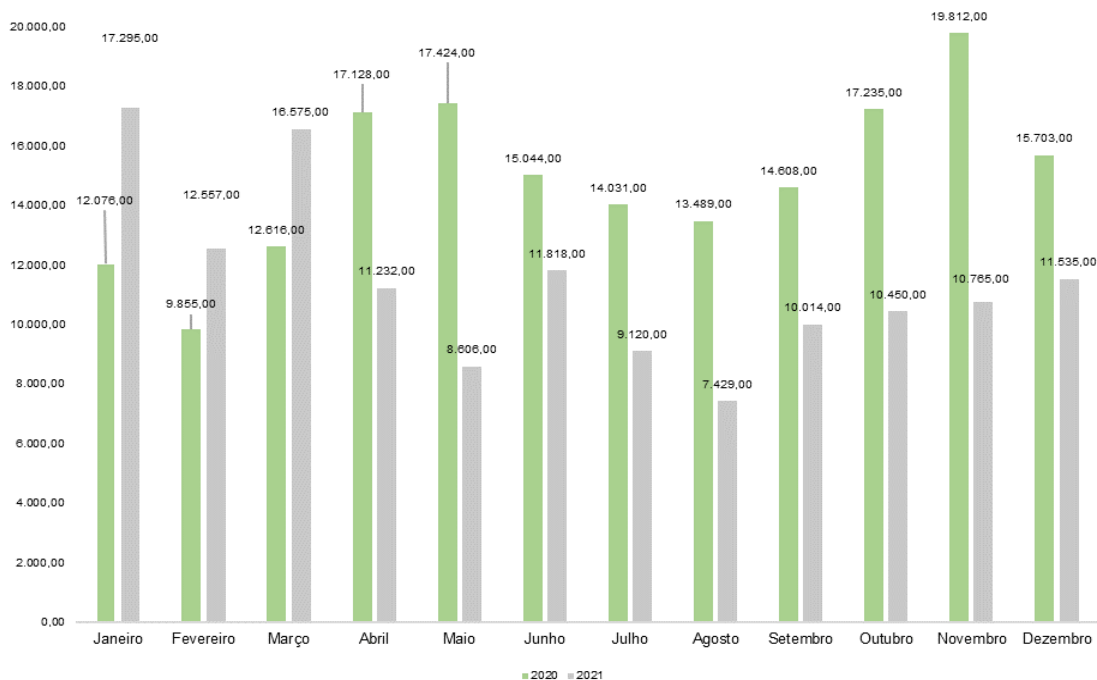
**Figura 02 – Fotografias de algumas etapas do processo de tratamento do efluente**

A partir de dados da gestão hídrica da empresa foi obtido um volume anual (dados de 2021) de água tratada correspondente a 269.448,20 m<sup>3</sup>. O efluente gerado foi submetido aos processos físicos, químicos e biológicos e gerou um volume de 140.687,7 m<sup>3</sup> de efluente tratado disponível para o reúso. Deste total, 94.419,8 m<sup>3</sup> foram reutilizados no setor de utilidades (em sistemas de resfriamento e geração de vapor), representando um percentual de 67,1% de reaproveitamento.

Ressalta-se que, anterior a implantação do sistema de tratamento de efluentes e reúso, a empresa lançava todo o seu efluente na rede coletora da concessionária estadual de saneamento, o que implicava em custos elevados. A Figura 3 apresenta o volume de efluente lançado à concessionária anterior ao reúso (ano 2020) e após a implantação do reúso (2021). O estudo de redução de custos associada ao lançamento do efluente revelou que a empresa foi capaz de economizar cerca de R\$ 1.945.992,10. Em termos volumétricos, após o



primeiro ano promovendo o reuso da água, houve uma redução aproximada de 23,25% do volume de efluente lançado na rede coletora da concessionária (comparado com o ano anterior), evidenciando assim, os benefícios ambientais e econômicos das medidas implementadas.



**Figura 3 – Volume de efluente lançado em m³.**

Com isso, espera-se que nos anos subsequentes, a quantidade de água de reuso utilizada no processo industrial seja ampliada, resultando em uma redução ainda maior no descarte de efluente para a concessionária e uma diminuição significativa nas despesas associadas.

## CONCLUSÕES

A partir da análise realizada, concluiu-se que o sistema de tratamento empregado e o reuso do efluente tratado pode ser aplicada em efluentes complexos, como efluentes oleosos, que após tratado apresenta-se com baixa carga orgânica. A adoção do reuso de água coloca a empresa em uma posição privilegiada no âmbito da sustentabilidade ao alinhar os princípios econômicos, sociais e ambientais.

A prática de reuso de água demonstra o compromisso da empresa em promover a sustentabilidade econômica, visto que reduz os custos associados à captação e tratamento de água, bem como os gastos com o descarte de efluentes. Isso se reflete diretamente nos lucros e na eficiência operacional da empresa. O reuso de 67,1% do efluente tratado promoveu significativa redução de custos.

Além disso, a prática de reuso de água contribui para a sustentabilidade social, uma vez que demonstra o engajamento da empresa em utilizar os recursos hídricos de forma responsável, preservando-os para as gerações futuras. Também fortalece sua imagem como uma organização sustentável e responsável, em sintonia com as demandas e expectativas da sociedade em relação à preservação do meio ambiente e ao desenvolvimento sustentável.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS



1. Agência Reguladora de Serviços Públicos Delegados do Estado do Ceará (ARCE). (Acesso em 2023). Disponível em <https://www.arce.ce.gov.br/>.
2. American Public Health Association (APHA), American Water Works Association (AWWA), & Water Environment Federation (WEF). 2017. Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, 23rd Ed.
3. ANA. Agência Nacional de Águas. Atlas águas: segurança hídrica do abastecimento urbano. – Brasília, 2021.
4. ANA. Agência Nacional de Águas. Atlas esgotos: atualização da base de dados de estações de tratamento de esgotos no Brasil– Brasília, 2023.
5. BRASIL. Lei 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 a rt. 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. Brasília: DOU 8/1/1997.
6. COEMA. CONSELHO ESTADUAL DO MEIO AMBIENTE. Resolução COEMA Nº 02 de 02 de fevereiro de 2017.
7. CONAMA. CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE. Resolução CONAMA Nº
8. 430 de 13 de maio de 2011.
9. IBGE, INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. Pesquisa do panorama populacional de Fortaleza, Ceará, 2023. Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/ce/fortaleza/panorama>.
10. SINGH, R. P. et al. Wastewater treatment in textile industries: a critical review on current treatment technologies with a proposed alternative. Journal of Cleaner Production, v. 197, p. 1702-1726, 2018.