646 – ANÁLISE DE TECNOLOGIAS PARA REUSO DE ÁGUA NO MUNICÍPIO DE APROXIMADAMENTE 255.000 HABITANTES LOCALIZADO NO INTERIOR DO ESTADO DE SÃO PAULO

Maria Isabel Chambrone[(1)]
Engenheira Civil (UNICEP). Pós graduação em Engenharia Ambiental e Saneamento Básico (Cruzeiro do Sul). Mestranda em Tecnologia Ambiental (UNAERP)
Thais Amorim Pereira Giudice[(2)]
Engenheira Química (UNIMEP), Engenheira Civil (UNICEP) e Mestre em Tecnologia Ambiental (UNAERP).
Caio Francisco Anastácio Freitas[(3)]
Engenheiro Civil (UNICSUM). Mestrando em Tecnologia Ambiental (UNAERP)
Thiago Furlan Penatti[(4)]
Engenheiro civil e especialista em infraestrutura de saneamento básico (EEP). Mestrando em Tecnologia Ambiental (UNAERP).
Luciano Farias de Novaes[(5)]
Engenheiro Civil e Mestre em Recursos Hídricos e Ambientais (UFV). Doutor em Engenharia Hidráulica e Saneamento (EESC/USP).

Endereço[(1)]**:** Rua: Dalmo do Vale Nogueira, 51 – Jardim Nova São Carlos – São Carlos – São Paulo – 13570-213 – Brasil - Tel: +55 (16) 99171-7587 - e-mail: chambrone.m.i@hotmail.com

RESUMO

A crescente escassez hídrica e a necessidade de uma gestão mais sustentável dos recursos naturais têm impulsionado o desenvolvimento de tecnologias para reúso de água, especialmente em áreas urbanas e industrializadas. Este estudo apresenta a análise de alternativas tecnológicas para a produção de água de reúso na modernização de uma Estação de Tratamento de Esgoto (ETE) localizada no interior do Estado de São Paulo, com capacidade de atendimento a uma população de aproximadamente 255 mil habitantes. A metodologia envolveu avaliação técnica, econômica e ambiental de diferentes sistemas de tratamento avançado, incluindo flotador por ar difuso com ultrafiltração, membranas MBR e filtro disco RoDisc®. A alternativa selecionada foi o filtro disco, devido à sua eficiência na remoção de sólidos, simplicidade operacional e baixo custo de implantação e operação. O sistema foi dimensionado para processar até 500 L/s, com 90 L/s destinados à produção de água de reúso conforme a Resolução Conjunta SES/SIMA nº 01 de 2020. Os resultados indicam que a proposta atende aos requisitos de qualidade, reduz impactos ambientais e promove a sustentabilidade hídrica. O estudo destaca a importância da escolha criteriosa de tecnologias de tratamento e reforça o papel da engenharia na inovação e otimização de sistemas de saneamento. A modernização da ETE posiciona o município como referência em gestão eficiente dos recursos hídricos

PALAVRAS-CHAVE: Reúso de água, projeto de estação de tratamento de esgoto, filtro disco.

INTRODUÇÃO

A crescente demanda por recursos hídricos, impulsionada pelo aumento populacional e pelo desenvolvimento industrial, tem gerado uma pressão significativa sobre os recursos naturais, especialmente em regiões metropolitanas. Nesse contexto, a gestão sustentável da água torna-se uma prioridade global, levando ao desenvolvimento e à adoção de tecnologias que viabilizem o reaproveitamento de águas residuais tratadas, conhecido como água de reúso. Conforme Von Sperling (2014), a reutilização de efluentes é uma alternativa promissora para a gestão integrada de recursos hídricos, contribuindo para a redução do consumo de água potável e mitigando a poluição ambiental.

De acordo com a ONU (2023), estima-se que até 40% da população mundial poderá sofrer com escassez de água até 2030. A crise hídrica exige respostas técnicas e políticas, e o reúso de água, antes visto como solução emergencial tem se consolidado como alternativa estratégica em diversas partes do mundo. Em muitos países, a reutilização de efluentes tratados já se consolidou como uma prática comum, seja para fins industriais, agrícolas ou até mesmo para recarga de aquíferos subterrâneos. No Brasil, essa abordagem vem ganhando espaço como uma solução estratégica para otimizar o uso dos recursos hídricos, sobretudo em áreas urbanizadas e industrializadas.

Nesse cenário, o município de aproximadamente 255.000 habitantes planeja a modernização da sua Estação de Tratamento de Esgoto (ETE), entre as propostas contempladas no projeto de modernização, destaca-se a implementação de um sistema de reúso de água baseado na tecnologia de filtro disco RoDisc®. Este sistema visa tratar os efluentes de maneira mais eficiente, removendo sólidos suspensos e outros poluentes para gerar uma água de qualidade adequada para usos não potáveis, como aplicações industriais. A escolha dessa tecnologia reflete um compromisso com a inovação e a sustentabilidade, permitindo que a ETE atenda às demandas futuras e, além disso contribua para a conservação dos recursos naturais.

Este artigo aborda as perspectivas do projeto de modernização de uma ETE com capacidade de tratar o esgoto gerado de aproximadamente 255.000 habitantes, detalhando as tecnologias propostas e suas potencialidades. A análise considera os benefícios esperados em termos de eficiência operacional, impacto ambiental e sustentabilidade hídrica, posicionando o projeto como um exemplo de como a engenharia pode contribuir para a gestão eficiente dos recursos hídricos em um cenário urbano-industrial.

OBJETIVOS

O objetivo deste trabalho é analisar as alternativas tecnológicas apresentadas para a reutilização de efluentes tratados no âmbito do projeto de modernização da Estação de Tratamento de Esgoto (ETE) com capacidade de tratar o esgoto gerado de aproximadamente 255.000 habitantes, localizada no interior do Estado de São Paulo.

METODOLOGIA

A metodologia adotada no estudo de modernização da ETE baseou-se em uma abordagem integrada, envolvendo análises técnicas, ambientais e econômicas. O processo começou com a avaliação detalhada das condições atuais da estação, incluindo a capacidade de tratamento dos sistemas existentes, como tanques de aeração, decantadores secundários e unidades de desaguamento de lodo.

Com base nas demandas projetadas até 2042, foram definidos critérios para dimensionamento e seleção de alternativas tecnológicas. Esses critérios incluíram eficiência na remoção de poluentes, capacidade de processamento de vazões crescentes e adequação às normas ambientais. Foram avaliadas alternativas para a vazão de 90 L/s, que é a vazão outorga para reúso, e para a vazão de 500 L/s, que seria a vazão das duas lagoas que serão reformadas no retrofit da ETE. Para o reúso, apenas os 90 L/s outorgados seriam utilizados, enquanto o restante seria lançado no corpo hídrico, com o objetivo de melhorar a qualidade do efluente lançado. A qualidade da água de reúso seguirá a classe B da Resolução Conjunta SES/SIMA nº 01. Diversas opções foram consideradas para o reúso da água, conforme apresentado na Tabela 1.

Tabela 1. Resumo das alternativas avaliadas para o reúso da água da ETE

Alternativa	Descrição
01	Flotador por ar difuso seguido de ultrafiltração para atender a vazão de 90L/s
02	Membranas MBR (*Membrane Bioreactor*) parta vazão de 250L/s (vazão de 01 lagoa da ETE)
03	Membranas MBR (*Membrane Bioreactor*) parta vazão de 90L/s (vazão outorgada)
04	Filtro Disco para vazão de 90 L/s
05	Membranas MBR (*Membrane Bioreactor*) parta vazão de 500L/s (vazão de 02 lagoas da ETE)

Fonte: Autor, 2025

A análise comparativa dessas tecnologias foi realizada com base em estudos de desempenho, consumo de insumos químicos, custo operacional e impacto ambiental. A escolha do sistema de filtro disco RoDisc® foi fundamentada em sua eficiência na remoção de sólidos suspensos, facilidade de operação e integração ao sistema existente. Entretanto, o estudo também detalhou outras alternativas, como o uso de membranas de ultrafiltração, que apresentaram viabilidade técnica para aplicações específicas, mas foram consideradas menos vantajosas em termos de custo e manutenção.

RESULTADOS E DISCUSSÕES

As projeções do estudo indicaram que a ETE modernizada poderá atender integralmente às demandas futuras, tanto em termos de vazão quanto de qualidade do efluente. O sistema de filtro disco RoDisc® foi projetado para processar a totalidade do efluente tratado, alcançando uma vazão máxima de 500 L/s das duas lagoas que serão reformadas no retrofit da ETE. Em cenários de menor demanda, como em 2024, o sistema será capaz de tratar 90 L/s destinados diretamente ao reúso, com uma produção anual estimada de 315.360 m³ de água de reúso. Na Figura 1 são apresentados os custos de OPEX e CAPEX das alternativas estudadas.

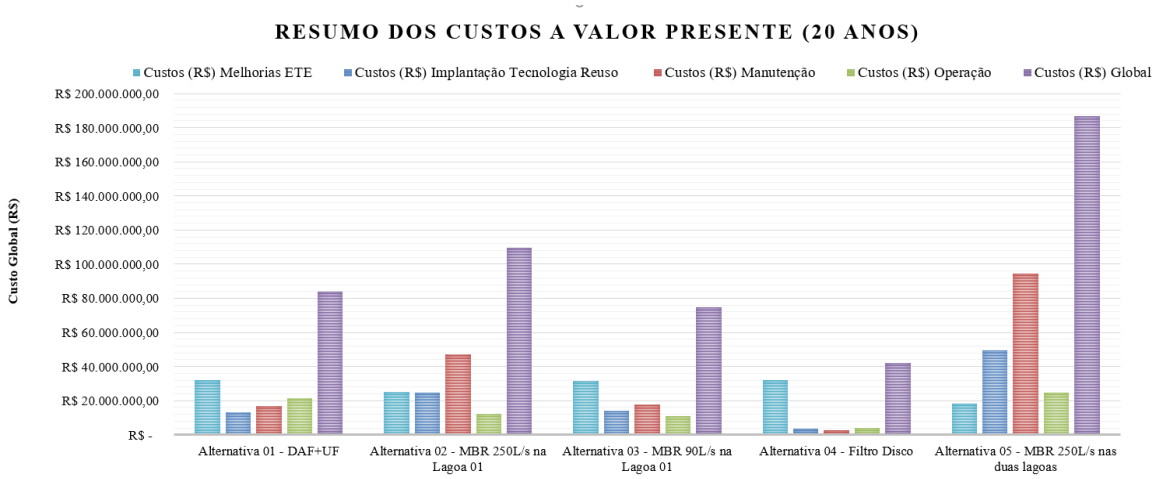

Figura 1. Resumo dos custos das alternativas estudadas para água de reúso da ETE
Fonte: Autor, 2025

O filtro disco oferece operação automatizada, com retrolavagem para manutenção dos discos, e integra a adição de coagulantes, como Policloreto de Alumínio (PAC), para aumentar a eficiência da filtração. Outros sistemas, como membranas de ultrafiltração, também foram avaliados. Esses apresentaram eficiência superior na retenção de partículas, porém com custos mais elevados devido ao consumo energético e à manutenção periódica das membranas.

Além disso, o estudo demonstrou que as melhorias propostas, como a modernização dos tanques de aeração e a substituição de sistemas obsoletos, aumentariam a capacidade de processamento de cargas orgânicas e reduziriam os impactos ambientais associados ao descarte do efluente.

A análise de custos demonstrou que a alternativa com filtro disco apresenta o menor custo total entre as opções estudadas. Considerando um horizonte de 20 anos, o investimento total (CAPEX) por habitante foi estimado em R$ 13,20, enquanto os custos operacionais anuais (OPEX) representam R$ 15,65 por habitante. Em comparação, as alternativas com membranas MBR, especialmente para vazões maiores, apresentaram CAPEX superiores a R$ 50,00/hab e OPEX acima de R$ 40,00/hab, tornando-se economicamente menos atrativas, apesar da maior eficiência de remoção em alguns parâmetros. Esses dados reforçam a escolha do filtro disco como uma solução tecnicamente adequada e financeiramente sustentável para o cenário analisado.

Dessa forma, o filtro disco RoDisc® é a solução mais equilibrada para atender às demandas futuras da ETE. Sua eficiência na remoção de sólidos, aliada à simplicidade operacional e ao baixo custo de manutenção, destaca-se como uma escolha prática e econômica. Apesar disso, tecnologias como membranas de ultrafiltração ainda são relevantes para aplicações específicas, especialmente onde há exigências rigorosas de qualidade da água, como processos industriais críticos.

O impacto ambiental positivo do projeto é significativo. A reutilização de água tratada reduz a pressão sobre as fontes hídricas naturais e minimiza a carga de poluentes nos corpos receptores. A integração do rejeito ao sistema de lodos ativados reforça a sustentabilidade do processo, garantindo o uso eficiente de recursos internos.

A modernização planejada também introduz maior flexibilidade operacional, permitindo que a estação responda a variações de demanda e adapte-se a mudanças futuras nas regulamentações ambientais. Além disso, o escalonamento das tecnologias de reúso proposto no estudo possibilita a expansão gradual da capacidade instalada, otimizando investimentos ao longo do tempo.

Por fim, a escolha de soluções tecnológicas baseadas em critérios robustos, como eficiência, custo e sustentabilidade, posiciona o projeto como um modelo para outras estações de tratamento que enfrentam desafios semelhantes.

CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

O estudo de modernização da ETE apresentou uma abordagem abrangente para o enfrentamento dos desafios atuais e futuros relacionados à gestão de recursos hídricos da região. A proposta destacou a importância de tecnologias avançadas, como o filtro disco RoDisc®, para otimizar o tratamento de efluentes e viabilizar a produção de água de reúso de alta qualidade.

A escolha do filtro disco, aliada aos sistemas complementares como coagulação com PAC e desinfecção com hipoclorito de sódio, demonstra a capacidade técnica e operacional de atender os parâmetros de qualidade da água de reúso outorga, além de apresentar o melhor custo-benefício. Além disso, a flexibilidade do sistema de reúso e sua integração ao circuito de tratamento existente oferecem uma solução sustentável, reduzindo custos e impactos ambientais.

A implantação do filtro disco para a água de reúso traz um custo de OPEX de R$ 15,65 por habitante e CAPEX, de R$ 13,20 por habitante considerando o censo de 2022 do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) para o município em questão.

As alternativas tecnológicas avaliadas no estudo, como ultrafiltração por membranas e filtros de areia, destacam a robustez da análise comparativa. Embora apresentem vantagens em aplicações específicas, nenhuma das alternativas mostrou o mesmo equilíbrio entre eficiência, custo e manutenção que o filtro disco para a qualidade da água de reúso necessária.

Dessa forma, o projeto de modernização representa um modelo para a gestão de ETEs, demonstrando como a inovação tecnológica pode ser aplicada para promover a sustentabilidade hídrica. A implementação da proposta consolidará a ETE como uma referência em saneamento ambiental, contribuindo para a conservação dos recursos hídricos e para o desenvolvimento socioeconômico do município.

Destaca-se que a solução adotada, com base no filtro disco, demonstra potencial de replicabilidade em outros municípios de porte similar, que enfrentam desafios relacionados ao reúso de efluentes e à modernização de infraestruturas sanitárias. Sua viabilidade técnica e econômica, aliada à facilidade de integração com sistemas

existentes, torna essa tecnologia especialmente atrativa para gestores públicos e operadores de ETEs que buscam estratégias eficientes para ampliar a sustentabilidade hídrica local.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Resolução Conjunta SES/SIMA nº 01, de 13 de fevereiro de 2020. Disponível em: https://www.mpsp.mp.br/portal/page/portal/cao_urbanismo_e_meio_ambiente/legislacao/leg_estadual/leg_est_resolucoes/Resol-cjta-SES-SIMA-01-2020_Processo-ssrh-90-2016_reuso-de-agua-nao-potavel_fins_urbano_ETE.pdf. Acesso em: 03 de janeiro de 2025

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). Panorama – Brasil. Disponível em: < https://cidades.ibge.gov.br/brasil/panorama>. Acesso em 03 de janeiro de 2025.

Von Sperling, M. (2002). Princípios do Tratamento Biológico de Águas Residuárias. Belo Horizonte: Editora UFMG.

Von Sperling, M. (2014). Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos. 4ª ed. Belo Horizonte: Editora UFMG.