

REDE COLETORA DE ESGOTO SUSTENTÁVEL: REUSO DOS EFLUENTES TRATADOS

Sergio da Silva Amaral¹
Marcelo Rodrigo de Matos Pedreiro²

RESUMO: Este trabalho apresenta uma revisão literatura abrangente sobre redes coletoras de esgoto sustentáveis. O objetivo é explorar as principais tecnologias, abordagens e benefícios associados a essas redes, bem como destacar os desafios e considerações importantes para a implementação bem-sucedida de sistemas de esgoto sustentáveis. A revisão é baseada em uma análise crítica de artigos científicos, livros e relatórios técnicos relevantes no campo do saneamento básico e sustentabilidade ambiental. O trabalho visa fornecer recomendações e diretrizes para orientar profissionais e pesquisadores envolvidos no planejamento e execução de projetos de redes coletoras de esgoto sustentáveis.

Palavras-chave: Sustentáveis. Esgoto. Reutilização.

ABSTRACT: This work presents a comprehensive literature review on sustainable sewage collection networks. The aim is to explore the key technologies, approaches and benefits associated with these networks, as well as highlight the challenges and important considerations for the successful implementation of sustainable sewerage systems. The review is based on a critical analysis of scientific articles, books and relevant technical reports in the field of basic sanitation and environmental sustainability. The work aims to provide recommendations and guidelines to guide professionals and researchers involved in the planning and execution of sustainable sewage collection network projects.

Keywords: Sustainable. Sewage. Reuse.

1 INTRODUÇÃO

As redes coletoras de esgoto desempenham um papel fundamental nos sistemas de saneamento básico, constituindo uma infraestrutura essencial para o tratamento adequado dos resíduos humanos e a garantia da saúde pública. Entretanto, em face dos desafios ambientais contemporâneos, tais como a crescente escassez de recursos hídricos e o contínuo processo de degradação do meio ambiente, emerge uma urgente necessidade de promover a sustentabilidade dessas redes.

¹Acadêmico em Engenharia Civil-Bacharel, Universidade Brasil-Campus Fernandópolis.

² Orientador do curso em Engenharia Civil-Bacharel, Universidade Brasil-Campus Fernandópolis. Mestrado em Engenharia Civil, Universidade Paulista Júlio de Mesquita Filho.

Segundo dados do IBGE publicados em 2020 e atualizados em 2021, aproximadamente 39,7% dos municípios brasileiros não tem serviço de esgoto sanitário, além de que os serviços são distribuídos de forma desigual pelas regiões do país. Além dos serviços de esgoto serem de certa forma desiguais considerando as grandes regiões do Brasil, em 2017 apenas 62,8% dos municípios tratavam esgoto, e 67% do esgoto são coletados por redes (ETE), onde são feitos os devidos tratamentos (IBGE 2020).

Nesse contexto, esta revisão abordará os benefícios e vantagens que podem ser alcançados com a implementação de redes coletoras de esgoto sustentáveis, tais como a promoção da eficiência no tratamento de resíduos, o reuso de efluentes tratados de esgoto, a preservação dos recursos hídricos e a redução da poluição ambiental, um dos estudos será em cima de trabalhos acadêmicos, onde será feita uma breve revisão sobre eles, suas vantagens ecológicas e econômicas para a sociedade. Além disso, serão examinados os desafios e obstáculos enfrentados no processo de transição para a sustentabilidade, destacando aspectos como a necessidade de investimentos em infraestrutura adequada, a importância da conscientização da comunidade e a adoção de políticas públicas alinhadas com a preservação ambiental.

Ao fim desta revisão, espera-se consolidar um panorama abrangente das estratégias sustentáveis aplicadas em redes coletoras de esgoto, fornecendo uma base sólida de conhecimento para profissionais, gestores públicos e pesquisadores envolvidos na busca por soluções mais responsáveis e eficazes no âmbito do saneamento básico e do tratamento de resíduos. Além disso, acredita-se que este estudo possa contribuir para o avanço do conhecimento científico nessa área crucial para a promoção do bem-estar humano e a proteção do meio ambiente.

2 OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GERAL

Pretende-se analisar as abordagens sustentáveis aplicadas nas redes coletoras de esgoto, investigando as tecnologias, estratégias e metodologias empregadas, a fim de compreender os aspectos práticos e operacionais dessas soluções sustentáveis.

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Avaliar os benefícios ambientais, sociais e econômicos da implementação de redes coletoras de esgoto sustentáveis, como a reutilização dos efluentes tratados de esgoto, examinando os impactos na preservação dos recursos hídricos, na redução da poluição e na promoção do desenvolvimento sustentável.

3 APLICAÇÕES SUSTENTÁVEIS NAS REDES COLETORAS DE ESGOTO

3.1 HISTÓRIA DO DESENVOLVIMENTO DE REDES COLETORAS DE ESGOTO

A história do desenvolvimento das redes coletoras de esgoto remonta aos primórdios da civilização, quando as comunidades perceberam a necessidade de eliminar o esgoto e os resíduos humanos de suas áreas habitadas. No entanto, os primeiros sistemas de esgoto não possuíam preocupações ambientais, e os efluentes era frequentemente lançados diretamente em rios e corpo d'água, causando sérios problemas de contaminação.

Ao longo do século XX, houve uma crescente conscientização sobre os impactos ambientais causados pelo lançamento de esgoto não tratados nos corpos d'água. Isso levou a uma maior regulamentação e exigências legais para o tratamento adequado do esgoto. As redes coletoras de esgoto passaram a ser projetadas considerando a preservação dos recursos hídricos e a redução do efeito.

No século XXI, com o desenvolvimento acelerado da tecnologia, foram experimentados sistemas avançados de tratamento de esgoto, como a utilização de tecnologias de membranas, processos anaeróbicos e sistemas descentralizados, o que permite uma maior eficiência na remoção de poluentes e redução do consumo de energia, fazendo com que as redes coletoras de esgoto se tornem mais atraentes e economicamente viáveis.

Atualmente, a implementação de redes coletoras de esgoto está cada vez mais integrada com práticas de desenvolvimento urbano. A reutilização de efluentes tratados para fins agrícolas ou industriais e o aproveitamento do biogás produzido no tratamento de esgoto são alguns exemplos de como esses sistemas podem contribuir para a sustentabilidade.

3.2 REUTILIZAÇÃO DE EFLUENTES TRATADOS DE ESGOTO

A crescente demanda por água potável e a escassez de recursos hídricos tem estimulado a busca por alternativas eficazes para a gestão dos efluentes tratados de esgoto.

A reutilização desses efluentes, após passarem por tratamento eficiente, surge como uma solução promissora para enfrentar os desafios da crise hídrica e garantir a disponibilidade de água de qualidade para diversos usos.

A reutilização de efluentes tratados de esgoto tem ganhado destaque como uma solução inovadora e sustentável para atender as demandas crescentes por água em diversas atividades. Conforme enfatizado por Haddad et al. (2019), a reutilização de água é uma abordagem estratégica para mitigar a economia hídrica e preservar os recursos naturais.

A reutilização de efluentes tratados oferece diversas potencialidades. Segundo Ghisi (2017), a água recuperada pode ser utilizada em atividades não potáveis, como irrigação de áreas verdes e descargas sanitárias, incentivando a demanda sobre as fontes convencionais de água.

Além disso, a reutilização pode contribuir para a minimização do fumo hídrico, conforme observado por Tchobanoglous et al. (2017), ao remover a carga de contaminantes presentes nos efluentes.

Apesar das vantagens, a reutilização de efluentes tratados não é um desafio. Conforme apontado por Asano et al. (2018), questões de qualidade da água, monitoramento rigoroso e percepção pública sobre a segurança da prática são aspectos cruciais a serem considerados. Além disso, considerações socioeconômicas e regulatórias precisam ser abordadas para garantir a viabilidade e aceitação dessa estratégia (Silva et al., 2020).

3.2.1 BENEFÍCIOS

A reutilização de efluentes tratados de esgoto reduz a pressão sobre as fontes de água doce, permitindo a conservação dos recursos hídricos naturais. Ao utilizar água potável em aplicações que não exigem sua qualidade mais elevada, como irrigação de parques e campos agrícolas, a utilização de água tratada de esgoto torna-se uma alternativa sustentável.

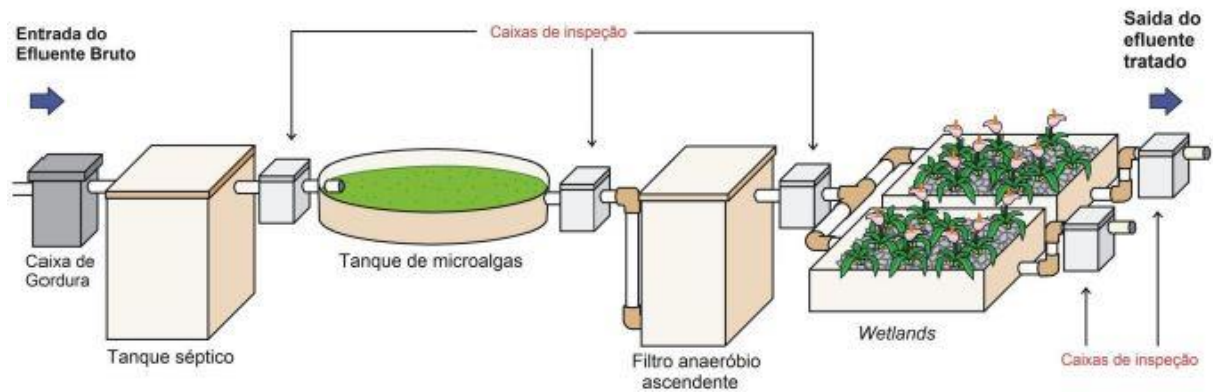
A implementação desse recurso como fontes de abastecimento, garante uma maior segurança hídrica para comunidades e setores industriais. Essa diversificação também contribui para minimizar os riscos associados a dependência e mudanças no padrão de chuvas. Também diminui a descarga de efluentes em corpos hídricos receptores, estimulando, conseqüentemente, o efeito ambiental. O uso responsável dos efluentes tratados contribui para a preservação da qualidade da água dos rios e lagos, bem como para proteção da biodiversidade aquática.

3.3 EXEMPLOS DE APLICAÇÕES PRÁTICAS

3.3.1 IRRIGAÇÃO DE ÁREAS AGRÍCOLAS

Uma das principais aplicações da reutilização de efluentes tratados de esgoto é a irrigação de áreas agrícolas. Essa prática tem sido adotada em diversos países como forma de fornecer nutrientes e água para as culturas, ao mesmo tempo em que reduz a demanda por água potável.

Figura 1 – Ilustração esquemática da ETE instalada no Campus Araras da UFSCar



Fonte: Eficiência de Estação de Tratamento de Esgoto Doméstico Visando Reuso Agrícola

Figura 2 – Protótipo de ETE para Tratamento do Efluente nos níveis, primário, secundário e terciário.



Fonte: EMBRAPA.BR – Estação de Tratamento de Esgoto garante Água Limpa para Irrigação de Hortaliças

3.3.2 ABASTECIMENTO PÚBLICO

Em algumas regiões, a água tratada proveniente de esgoto é utilizada diretamente no abastecimento público não potável, como lavagem de ruas e praças, descarga de vasos sanitários e resfriamento de equipamentos industriais.

Figura 3 – Irrigação Paisagista de Parque



Foto: AECweb / e-Consturmarket

Fonte: FERDINANDODESOUSA.COM – Água de Reuso e suas Aplicações

3.3.3 RECARGA DE AQUÍFEROS

Em algumas áreas, a água tratada proveniente de esgoto e infiltrada no solo para descarga de aquíferos subterrâneos, aumentando a disponibilidade de água fornecida para futuras captações.

De acordo com Leandro Brancalione (2021, p. 25)

Em grande medida, como forma de mudança do modelo de economia linear para o circular, as águas residuais podem ser consideradas uma fonte confiável de água e nutrientes que estão disponíveis o ano todo. Isso permite rendimentos de safra mais elevados e múltiplos ciclos de cultivo.

2833

3.4 BENEFÍCIOS

3.4.1 ECONOMIA DE CUSTOS

A reutilização dos efluentes tratados pode apresentar uma alternativa economicamente viável para a obtenção de água de alta qualidade em comparação com fontes tradicionais. Isso acaba sendo relevante para indústrias que requerem grandes volumes de água.

3.4.2 MITIGAÇÃO DE SECAS

Em áreas propensas a secas, a reutilização de efluentes tratados pode ser uma fonte crítica de água durante períodos de seca prolongada. Isso é essencial para garantir a continuidade das operações industriais, da produção agrícola e do abastecimento público de água.

3.4.3 MELHORIA DA QUALIDADE DA ÁGUA EM RIOS E LAGOS

A redução do desperdício de efluentes não tratados em rios e lagos contribui significativamente para a melhoria da qualidade da água. Isso é fundamental para a preservação dos ecossistemas aquáticos e a manutenção da biodiversidade. A reutilização de efluentes tratados reduz a carga de impurezas nos corpos d'água, tornando-os mais saudáveis para a vida aquática e para o uso recreativo.

3.5 DESAFIOS

3.5.1 QUALIDADE DA ÁGUA

Garantir a qualidade dos efluentes tratados é um desafio crítico na reutilização para o controle agrícola. A qualidade da água deve atender aos padrões de integridade estabelecidos para garantir que não prejudique as plantas ou o solo. Além da remoção de patógenos, como bactérias, é necessário minimizar a presença de substâncias químicas indesejadas, como metais pesados. Para isso, sistemas avançados de tratamento, como a filtração por membranas e a ozonização, são frequentemente usados para melhorar a qualidade da água a ser reutilizada.

2834

3.5.2 ASPECTOS REGULATÓRIOS

A reutilização de efluentes tratados está sujeita a regulamentações rigorosas em muitos países para garantir a segurança da prática. As regulamentações variam amplamente de acordo com as jurisdições, mas geralmente envolvem diretrizes sobre os padrões de qualidade da água, métodos de tratamento permitidos e áreas de supervisão restritas. É fundamental que os agricultores e gestores tenham conhecimento e cumpram todas as regulamentações e padrões locais e nacionais. O não cumprimento pode resultar em sérias consequências ambientais e legais.

3.5.3 ACEITAÇÃO SOCIAL

A acessibilidade social desempenha um papel crucial no sucesso da reutilização de efluentes tratados na agricultura. Comunidades locais podem inicialmente mostrar resistência à ideia de utilização de efluentes tratados para supervisão de culturas

direcionadas ao consumo humano. Portanto, é vital implementar estratégias de comunicação eficazes para informar a comunidade sobre os benefícios dessa prática, incluindo a conservação de recursos hídricos. O envolvimento da comunidade em tomadas de decisões e a transparência nas operações são essenciais para construir a confiança e garantir a acessibilidade social.

3.5.4 MANEJO ADEQUADO

O manejo adequado desempenha um papel crítico na transparência com os efluentes tratados. Isso inclui a seleção de cuidados com as culturas irrigadas, levando em consideração a qualidade da água utilizada. Algumas culturas são mais específicas do que outras para a segurança com efluentes tratados, devido à sua capacidade de tolerar possíveis contaminações. Além disso, os métodos de supervisão devem ser escolhidos com base nas necessidades das culturas e na qualidade da água. O conhecimento técnico é fundamental para o sucesso dessa prática, incluindo a avaliação regular da saúde das plantas, a manutenção adequada dos sistemas de segurança e a gestão responsável dos recursos hídricos.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

O presente trabalho buscou explorar a importância das redes de captação de esgoto sustentável em um cenário de crescentes desafios ambientais e desigualdades no acesso aos serviços de saneamento básico no Brasil. As redes coletoras de esgoto desempenham um papel crucial na proteção da saúde pública e no tratamento adequado dos resíduos humanos, o que não pode ser subestimado. No entanto, é urgente a necessidade de promover a sustentabilidade nesses sistemas devido a crescente escassez de recursos hídricos. Através dos dados analisados do IBGE, foi observado que a cobertura do esgoto sanitário no Brasil ainda está longe de ser acessível a todos e, mais preocupante, altamente desigual, com diferenças notáveis entre as regiões do país.

No trabalho foi explorado as vantagens da sustentabilidade nas redes de esgoto, como a eficiência aprimorada no tratamento de resíduos, no reuso de efluentes tratados e na preservação dos recursos hídricos. Além disso, foi abordado os impactos positivos da redução da poluição ambiental. Essas vantagens são cruciais não apenas do ponto de vista ecológico, mas também do econômico, uma vez que sistemas de tratamento mais eficientes podem resultar em economias significativas a longo prazo.

No entanto, a transição para redes coletoras de esgoto sustentáveis não é isenta de desafios. Requer investimentos substanciais em infraestrutura, conscientização da comunidade e políticas públicas homologadas com a preservação ambiental. A falta de recursos financeiros, a falta de conscientização da população e a burocracia podem representar barreiras significativas.

É fundamental destacar que, apesar desses obstáculos, a busca por soluções mais responsáveis e eficazes no âmbito do saneamento básico e do tratamento de resíduos é crucial para o bem-estar humano e a proteção do meio ambiente.

Ao concluir esta revisão, acredita-se que tenha sido fornecido um panorama abrangente das estratégias sustentáveis aplicadas às redes de coleta de esgoto. Isso não apenas oferece um guia detalhado para profissionais, gestores públicos e pesquisadores envolvidos nesse campo, mas também enfatiza a importância da colaboração contínua entre diversos setores da sociedade para superar os desafios e promover um futuro mais limpo, saudável e sustentável para todos. A proteção do meio ambiente e o bem-estar humano estão intrinsecamente ligados, e a implementação de redes coletoras de esgoto sustentáveis é um passo crucial na direção certa.

REFERÊNCIAS

A ECONOMIA CIRCULAR NA PRODUÇÃO DE ÁGUA DE REUSO PARA FINS AGRÍCOLAS. Rio de Janeiro: Editora Epitaya, 2021. Disponível em: EFICIÊNCIA de estação de tratamento de esgoto doméstico visando reuso agrícola. [S. l.], 2015. Disponível em:

<https://www.scielo.br/j/ambiagua/a/968yQL8LBZGfMPsLTVBDDnm/abstract/?lang=pt#>. Acesso em: 27 jul. 2023. Acesso em: 29 jun. 2023.

ANTUNES, Vítor Queiroga; PINHEIRO, Francisca Natália Alves. **Estudo de implantação do sistema ambiental de reutilização de água (SARA) a nível comunitário na comunidade de Ramada na cidade de São Francisco-PB.** 2023. Trabalho de Conclusão de Curso.

Asano, T., Burton, FL, Leverenz, HL, Tsuchihashi, R., & Tchobanoglous, G. (2018).

AVALIAÇÃO das Práticas de Reúso Direto de Água nas Estações de Tratamento de Esgoto Brasileiras: Alinhando-se aos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável. SÃO PAULO, 2022. Disponível em: <https://periodicosalumniin.org/LifestyleJournal/article/view/1452>. Acesso em: 24 jul. 2023.

CARACTERIZAÇÃO de solos residuais para infiltração de efluente de estação de tratamento de esgoto. [S. l.], 2017. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/esa/a/x5DYggdFn6Bnm6pYzrx9W3h/>. Acesso em: 1 ago. 2023.

DE SOUSA, FERNANDO. **ÁGUA DE REUSO E SUAS APLICAÇÕES**. [S. l.], 21 set. 2016. Disponível em: <https://ferdinandodesousa.com/2016/09/21/AGUA-DE-REUSO-E-SUAS-APLICACOES/>. Acesso em: 31 jul. 2023.

EFICIÊNCIA de estação de tratamento de esgoto doméstico visando reuso agrícola. [S. l.], 2015. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/ambiagua/a/968yQL8LBZGfMPsLTVBDDnm/abstract/?lang=pt#>. Acesso em: 27 jul. 2023.

ESTAÇÃO de tratamento de esgoto garante água limpa para irrigação de hortaliças. EMBRAPA, 19 jan. 2021. Disponível em: <https://www.embrapa.br/busca-de-noticias/-/noticia/58709631/estacao-de-tratamento-de-esgoto-garante-agua-limpa-para-irrigacao-de-hortalicas>. Acesso em: 26 jul. 2023.

ESTUDO SOBRE A UTILIZAÇÃO DE “WETLANDS” CONSTRUÍDAS PARA TRATAMENTO DE ÁGUAS RESIDUÁRIAS NO BRASIL. VIII Congresso Brasileiro de Gestão Ambiental Campo Grande/MS, 30 nov. 2017. Disponível em: <https://www.ibeas.org.br/congresso/Trabalhos2017/IX-001.pdf>. Acesso em: 24 jul. 2023.

GHISI, E. (2017). Reúso de Água no Brasil: Sucessos e Desafios. *Água*, 9(1), 10.

HADDAD, RM, Hoek, W. van der e Ghisi, E. (2019). Estratégias para ampliar o reuso de água não potável em edificações. *Water Research*, 160, 403-415.

JUNIOR, CÉLIO MANSO DE AZEVÊDO. **ÁGUA DE REUSO: REUTILIZAÇÃO DO EFLUENTE FINAL DE UMA ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ESGOTO EM SUAS PRÓPRIAS UNIDADES OPERACIONAIS**. 2837

PESQUISA Nacional de Saneamento Básico 2017. [S. l.], 2017. Disponível em: <https://sidra.ibge.gov.br/pesquisa/pnsb/pnsb-2017>. Acesso em: 26 jul. 2023.

QUATRO em cada dez municípios não têm serviço de esgoto no país. [S. l.]: Estatísticas Sociais, 23 ago. 2021. Disponível em: <https://agenciadenoticias.ibge.gov.br/agencia-noticias/2012-agencia-de-noticias/noticias/28326-quatro-em-cada-dez-municipios-nao-tem-servico-de-esgoto-no-pais>. Acesso em: 1 ago. 2023.

REÚSO DE ÁGUA PARA O DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL: ASPECTOS DE REGULAMENTAÇÃO NO BRASIL E EM PORTUGAL. [S. l.]: Revista Eletrônica de Gestão e Tecnologias Ambientais (GESTA), 14 jul. 2020. Disponível em: https://repositorium.sdum.uminho.pt/bitstream/1822/70764/1/3206-gesta_jvieira_2020-1.pdf. Acesso em: 23 jul. 2023.

REÚSO de águas residuárias tratadas através de recarga artificial de aquífero em Natal- RN. [S. l.], 2019. Disponível em: <https://repositorio.ufc.br/handle/riufc/55014>. Acesso em: 28 jul. 2023.

REÚSO de água: questões, tecnologias e aplicações. Educação McGraw-Hill. Silva, AMC, Leal Filho, W., Anholon, R., & Quelhas, OLG (2020). Desafios e oportunidades no reuso de água: um panorama bibliométrico. *Journal of Cleaner Production*, 271, 122569.

TCHOBANOGLIOUS, G., Burton, FL e Stensel, HD (2017). Engenharia de águas residuais: tratamento e recuperação de recursos. Educação McGraw-Hill.

VON SPERLING, M.; Sezerino, P.H. (2018). Dimensionamento de wetlands construídos no Brasil. Boletim Wetlands Brasil, Edição Especial, dezembro/2018. 65 p. ISSN 2359- 0548. Disponível em: <<http://gesad.ufsc.br/boletins/>>.