

Estratégias de economia circular no tratamento de esgotos sanitários: o uso de câmaras de vácuo

Circular economy strategies in sanitary sewage treatment: the use of vacuum chambers

DOI:10.34117/bjdv8n11-392

Recebimento dos originais: 28/10/2022

Aceitação para publicação: 30/11/2022

Rafael de Freitas Oliveira

Mestrando em Engenharia Civil pela Universidade do Vale do Rio dos Sinos (UNISINOS)

Instituição: Universidade do Vale do Rio dos Sinos (UNISINOS)

Endereço: Av. Unisinos, 950, Cristo Rei, São Leopoldo – RS

E-mail: rafaelfo@edu.unisinos.br

Victoria Farias Groth

Graduanda em Engenharia Ambiental pela Universidade do Vale do Rio dos Sinos (UNISINOS)

Instituição: Universidade do Vale do Rio dos Sinos (UNISINOS)

Endereço: Av. Unisinos, 950, Cristo Rei, São Leopoldo – RS

E-mail: victoriagroth@edu.unisinos.br

Marcelo Oliveira Caetano

Doutor em Engenharia de Minas, Metalurgia e Materiais pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS)

Instituição: Universidade do Vale do Rio dos Sinos (UNISINOS)

Endereço: Av. Unisinos, 950, Cristo Rei, São Leopoldo – RS

E-mail: mocaetano@unisinos.br

Luciana Paulo Gomes

Doutora em Engenharia Hidráulica e Saneamento pela Universidade de São Paulo (USP)

Instituição: Universidade do Vale do Rio dos Sinos (UNISINOS)

Endereço: Av. Unisinos, 950, Cristo Rei, São Leopoldo – RS

E-mail: lugomes@unisinos.br

RESUMO

A disponibilidade e eficiência dos sistemas de tratamento de esgoto têm grande importância frente à segurança e garantia dos recursos hídricos. Historicamente, os sistemas de tratamento de esgotos foram concebidos segundo um sistema de economia linear, onde o objetivo principal é produzir um efluente tratado e que atenda critérios de legislações vigentes. A inserção de estratégias voltadas a economia circular requer uma mudança no entendimento do próprio termo “esgoto”, passando a considerá-lo como um recurso regenerativo de água doce, energia e nutrientes. As ETE’s, além do papel fundamental de tratamento do efluente, podem ser concebidas e/ou operadas com um viés sustentável, promovendo um sistema produtivo circular. A adoção de novas tecnologias,

a exemplo das câmaras de vácuo em processos aeróbios e anaeróbios, auxiliam no processo de otimização e eficiência das ETE's através de um olhar sustentável de menor geração de resíduos e recuperação de recursos. Os resultados iniciais de uma pesquisa em andamento no Brasil, mostraram que a utilização de uma câmara de vácuo pode se tornar uma etapa dos sistemas de tratamento das ETE's, para fins de remoção da carga nitrogenada, levando a melhora da saúde humana e aquática. A Polônia, China e Finlândia já possuem sistemas de degaseificação a vácuo com foco na melhoria do assentamento e na redução da volumetria do lodo ativado. Um projeto em escala piloto, realizado em parceria entre o Brasil e a Alemanha, mostrou que o uso de câmaras a vácuo pode chegar a uma eficiência de 80% na recuperação do metano dissolvido em efluentes domésticos e industriais. Iniciativas como essas são necessárias para o avanço e a gestão sustentável das águas, energia e recursos, buscando atender os objetivos de desenvolvimento sustentável e a melhora da qualidade da água, reduzindo a poluição e aumentando o reuso seguro da água proveniente do esgoto tratado.

Palavras-chave: sustentabilidade, esgoto, etc, ods, vácuo.

ABSTRACT

The availability and efficiency of sewage treatment systems have great importance in terms of safety and guarantee of water resources. Historically, sewage treatment systems have been conceived according to a linear economy system, where the main objective is to produce a treated effluent that meets the criteria of current legislation. The insertion of strategies aimed at circular economy requires a change in the understanding of the term "sewage" itself, considering it as a regenerative resource of fresh water, energy, and nutrients. Wastewater treatment plants, besides their fundamental role in effluent treatment, can be conceived and/or operated with a sustainable bias, promoting a circular production system. The adoption of new technologies, such as vacuum chambers in aerobic and anaerobic processes, helps in the process of optimization and efficiency of wastewater treatment plants through a sustainable approach of lower waste generation and resource recovery. The initial results of an ongoing research in Brazil have shown that the use of a vacuum chamber can become a step in the treatment systems of the WWTP's for the removal of nitrogenous load, leading to improved human and aquatic health. Poland, China, and Finland already have vacuum degassing systems with a focus on improving settling and reducing the volumetry of activated sludge. A pilot-scale project carried out in partnership between Brazil and Germany has shown that the use of vacuum chambers can reach an efficiency of 80% in the recovery of dissolved methane in domestic and industrial effluents. Initiatives like these are necessary for the advancement and sustainable management of water, energy, and resources, seeking to meet the goals of sustainable development and improving water quality, reducing pollution, and increasing the safe reuse of water from treated sewage.

Keywords: sustainability, sewage, wwtp, sdgs, vacuum.

1 INTRODUÇÃO

Segundo o Relatório Mundial das Nações Unidas sobre Desenvolvimento dos Recursos Hídricos de 2021, mais de dois bilhões de pessoas em todo o mundo vivem em

países em situação de estresse hídrico. O relatório ainda identifica que uma das principais causas para a piora da qualidade e a diminuição da oferta de água disponível é a poluição em rios da África, da Ásia e da América Latina, tendo como um dos fatores principais os despejos de esgoto sanitário não tratado. (UNESCO, 2021).

Conforme o Atlas Esgotos – Despoluição das Bacias Hidrográficas publicado pela Agência Nacional de Águas e pela Secretaria Nacional de Saneamento Ambiental no ano de 2017 (ANA, 2017), 55% das residências brasileiras possuem um sistema de tratamento de esgoto adequado e 45% não possuem qualquer tipo de tratamento, ou até mesmo, nenhum serviço de coleta do efluente sanitário. A falta de tratamento ou o tratamento inadequado para o esgoto sanitário causa impactos significativos na qualidade das águas nas áreas urbanas.

As estações de tratamento de esgoto (ETE's) têm por objetivo promover a redução dos impactos decorrentes do lançamento de substâncias tóxicas nos corpos receptores a fim de reduzir os danos ao meio ambiente e à saúde humana. No Brasil, as ETE's são usualmente projetadas em nível secundário, que corresponde aos mecanismos de tratamento biológicos responsáveis pela remoção de matéria orgânica dissolvida na água. (SOUZA et al., 2019).

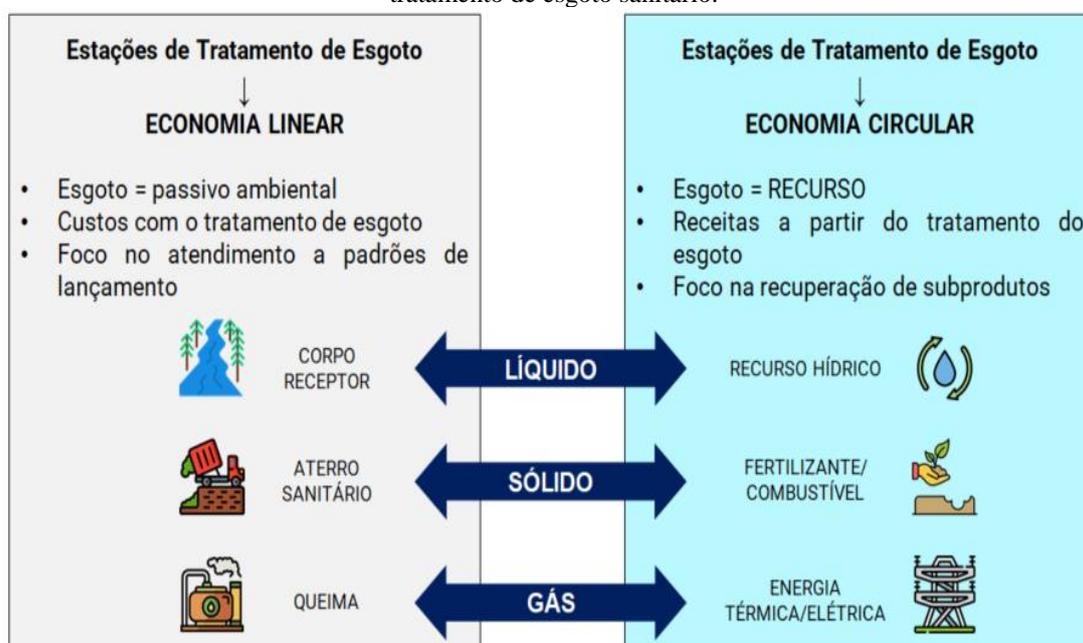
A disponibilidade e eficiência dos sistemas de tratamento de esgotos têm grande importância frente à segurança e garantia dos recursos hídricos. Historicamente, há uma falha na abordagem em como lidar com esse dilema na raiz da questão. É necessária uma mudança de percepção quanto ao esgoto sanitário, passando a considerá-lo como um recurso regenerativo de água doce, energia e minerais, a fim de estar alinhado com o conceito da economia circular (ZHANG; LIU, 2022).

2 O CONCEITO DE ECONOMIA CIRCULAR APLICADO AO TRATAMENTO DE ESGOTO SANITÁRIO

Os processos convencionais de tratamento de esgotos, baseados na oxidação biológica, possuem alto consumo de energia, grande quantidade de geração de lodo, emissão de gases de efeito estufa (GEE) e nenhuma recuperação de energia. Esses processos de tratamento foram concebidos segundo um sistema de economia linear, onde o objetivo principal é produzir um efluente tratado de boa qualidade e que atenda a critérios legislativos, porém, sem a incorporação da recuperação de energia e recursos.

A concepção de economia circular voltada ao tratamento de esgoto propõe a alteração do entendimento do próprio termo “esgoto”. Anteriormente entendido em um conceito linear como um passivo ambiental, a partir de então, passa a ser incorporado à economia circular como um recurso com fins de promover receitas a partir do seu tratamento e com foco na recuperação e geração de subprodutos. Os demais componentes do sistema também recebem um novo olhar e entendimento frente ao pilar da sustentabilidade em torno do conceito da economia circular, conforme apresentado na Figura 01.

Fig.1: Concepções quanto à economia linear (esquerda) e economia circular (direita) aplicadas ao tratamento de esgoto sanitário.



Portanto, nesse novo paradigma, uma ETE pode ser considerada sustentável quando possuir um gerenciamento integrando de todos os subprodutos gerados no processo de forma a reutilizá-los ou reprocessá-los, seja como fonte alternativa de água, aproveitamento do potencial na geração de energia ou recuperação de nutrientes, inspirando a criação de um sistema produtivo circular. (CHENG et al., 2019).

3 OS OBJETIVOS DE DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL E O TRATAMENTO DE ESGOTO SANITÁRIO

Em setembro de 2015 a Organização das Nações Unidas (ONU) estabeleceu, com o aval dos grandes líderes mundiais, o documento Agenda 2030 para o Desenvolvimento

Sustentável, contendo os 17 Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS), que envolvem as dimensões humana e planetária (ONU-BRASIL, 2019a). O Objetivo nº 6 – Água Potável e o Saneamento – visa assegurar a disponibilidade e gestão sustentável da água e saneamento para todos. Entre os ODS, destacam-se as metas 6.2 e 6.3 que versam sobre o objetivo de alcançar o acesso ao saneamento e à higiene adequados e equitativos para todos até o ano 2030, assim como a melhora da qualidade da água, reduzindo a poluição e aumentando o reuso seguro da água proveniente do esgoto tratado (ONU-BRASIL, 2019b).

Além do Objetivo nº 6, outros objetivos contribuem, de forma direta ou indireta, para concretizar a economia circular e desenvolver os sistemas de tratamento de esgotos de maneira sustentável. A geração de gases provindos dos sistemas anaeróbicos das ETE's são uma oportunidade de energia renovável acessível, enquanto a implementação da economia circular no tratamento de esgotos está diretamente relacionada a solidificação de cidades e comunidades mais sustentáveis. Já o controle de GEE e resíduos provenientes desses tratamentos fazem parte das ações contra as mudanças climáticas.

4 A UTILIZAÇÃO DE CÂMARAS DE VÁCUO EM SISTEMAS DE TRATAMENTO DE ESGOTO

O surgimento de novas tecnologias relacionadas ao processo de tratamento de esgotos necessita conter o viés da sustentabilidade voltado à economia circular, como por exemplo, a utilização de câmaras de vácuo em diferentes etapas ou processos do tratamento. Entretanto, a maioria dos estudos tem foco no tratamento de lodos, enquanto o esgoto sanitário possui diversos poluentes a serem tratados, indicando assim, um campo de pesquisa a ser explorado.

Devido a essa necessidade de mais pesquisas sobre a aplicação da tecnologia do vácuo no tratamento de esgotos, um trabalho em desenvolvimento dentro do grupo de pesquisa de Saneamento Ambiental (SAmb) da Universidade do Vale do Rio dos Sinos – UNISINOS, tem por objetivo avaliar a eficiência de um sistema em escala de bancada, quanto a remoção da carga nitrogenada em efluentes sanitários, fazendo uso da tecnologia. Utilizando-se somente a câmara de vácuo, com pequenas alterações nas condições de tratamento, foi possível obter uma redução no nitrogênio amoniacal de até 15%, nos testes iniciais. (OLIVEIRA, 2022)

Em funcionamento em pouco mais de quarenta ETE's pelo mundo, localizadas na Polônia, China e Finlândia, e com o foco principal na melhoria do assentamento e na redução da volumetria do lodo ativado, o sistema de degaseificação a vácuo desenvolvido na Polônia possui uma tecnologia baseada na aspiração a vácuo de lodo, elevando-o através de um braço da unidade em forma de U e liberando-o de volta para a corrente principal através do segundo braço. Neste sistema, o processo de degaseificação é baseado na lei Henry de solubilidade do gás, que é uma função da pressão parcial dos gases acima de uma superfície líquida. Uma estimativa conservadora, baseada na capacidade da água de dissolver o gás nitrogênio dos processos de desnitrificação em decantadores finais, foi que cerca de 25% a 50% do nitrogênio dissolvido é removido no processo (GNIDA; SKONIECZNA, 2020).

Devido aos sistemas anaróbicos de tratamento de esgoto no Brasil, tem-se que as emissões de metano (CH_4), um dos principais GEE, são particularmente problemáticas, uma vez que entre 45% e 85% do metano total produzido em um reator anaeróbico estão na forma de metano dissolvido não recuperado (HEILE et al., 2017). A tecnologia DiMeR, que consiste em uma câmara de dessorção a vácuo para recuperação de gases de dissolvidos em efluentes e reatores anaeróbicos, desenvolvida pela empresa alemã DiMeR GmbH em conjunto com a Universidade Leibniz de Hanover, já mostrou resultados altamente significativos em projetos em escala piloto na Alemanha e no Brasil. A capacidade de tratamento do modelo instalado em uma ETE na cidade de Curitiba, Brasil, é de $90 \text{ m}^3 \cdot \text{d}^{-1}$, que foi operado em diversas condições de tratamento e obteve uma recuperação que variou entre 40% e 80% do metano dissolvido no reator (NELTING et al., 2021).

Em uma análise dos pontos mencionados em relação à tecnologia de câmaras de vácuo, sobre o contexto dos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável das Nações Unidas (ODS), algumas das metas a serem atendidas até 2030 podem ser observadas. As aplicações dos sistemas estão relacionadas à melhoria da qualidade dos recursos hídricos, energia acessível e limpa, inovação e ações contra a mudança global do clima, dessa forma, contribuindo para cidades e comunidades mais sustentáveis.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Há uma necessidade evidente em propor uma reformulação no modelo linear de tratamento de esgoto sanitário amplamente praticado no país. Tal mudança de paradigma

é necessária a fim de fazer avançar a gestão sustentável das águas, energia e recursos, impulsionada pela economia circular, de modo que o esgoto sanitário passe a ser considerado um recurso regenerativo de água doce, energia e nutrientes, em vez de um passivo ambiental.

A adoção de estratégias voltadas a economia circular em ETE's demonstram que com o aproveitamento dos subprodutos gerados nos diferentes tipos de plantas, pode-se produzir energia, calor, biometano, água de reuso, produtos derivados de fósforo e nitrogênio, dentre outros, de forma eficiente, econômica e tecnicamente viável. Desta maneira, as ETE's passam a operar como instalações recuperadoras de recursos, dentro do enfoque da economia circular.

REFERÊNCIAS

ATLAS ESGOTOS. Situação da coleta e do tratamento de esgotos, 2017. Disponível em: < <http://atlasesgotos.ana.gov.br/> >. Acesso em: 23 dez. 2021.

CHENG, T. et al. Monitoring influent measurements at water resource recovery facility using datadriven soft sensor approach. *IEEE Sensors Journal*, [s.l.], v. 19, n. 1, p. 342-352, 2019. Disponível em: https://ieeexplore.ieee.org/abstract/document/8491359?casatoken=Dm2Pox-UhJoAAAAA:vRzEbv8TexNaLDDcFgROi2JK2C8FQebtVf74eArb_pLZ4VBpa30nV57FKFE_fDRhyUdgynzCetc Acesso em: 15 dez. 2021.

GNIDA, A.; SKONIECZNA, M. Vacuum treatment changes characteristics of activated sludge. *International Journal of Environmental Science and Technology*, v. 17, n. 4, p. 2073–2084, 2020. Disponível em: <https://link.springer.com/article/10.1007/s13762-019-02602-1>. Acesso em: 15 dez. 2021.

HEILE, S.; CHERNICHARO, C. A. L.; BRANDT, E. M. F.; MCADAM, E. J. Dissolved gas separation for engineered anaerobic wastewater systems. *Separation and Purification Technology*, v. 189, p. 405- 418, 2017. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1383586617315903> Acesso em: 15 dez. 2021.

NELTING, K.; POSSETTI, G. R. C.; RIETOW, J. C.; PAULA, A. C.; COSTA, F. J. O. G.; GALLO, E. M. F. S.; TRAUTMANN, N. Valoração e gerenciamento de subprodutos gasosos do tratamento do esgoto. Parte B: Avanços nas técnicas de controle de emissões gasosas em ETEs com reatores anaeróbios – Nota Técnica 3 - Recuperação de gases dissolvidos em efluentes de reatores anaeróbios por meio de câmaras de vácuo. *Cadernos Técnicos Engenharia Sanitária e Ambiental*, v. 1, n.2, p. 35-47, 2021. Disponível em: https://www.abes-dn.org.br/pdf/cadernos/ESA_NT_V1n2_baixa.pdf. Acesso em: 05 jan 2022.

ONU-BRASIL. Nações Unidas Brasil, Agenda 2030. Portal Nações Unidas Brasil. [2019a]. Disponível em: <https://nacoesunidas.org/pos2015/agenda2030/>. Acesso em: 05 jan. 2022.

ONU-BRASIL. Nações Unidas Brasil, ODS 6. Portal Nações Unidas Brasil. [2019b]. Disponível em: <https://nacoesunidas.org/pos2015/ods6/>. Acesso em: 05 jan. 2022.

SOUZA, Cláudio Leite de; SANTOS, André Bezerra dos; SILVA, Marcos Erick Rodrigues da; Aquino, Sérgio Francisco de. Aspectos qualitativos de correntes de esgotos segregadas e não segregadas. In: SANTOS, André Bezerra dos (coord.). *Caracterização, Tratamento e Gerenciamento de Subprodutos de Correntes de Esgotos Segregadas e Não Segregadas em Empreendimentos Habitacionais*. 1ª Edição. Fortaleza, CE: Imprece, 2019. P. 118-218. E-book. Disponível em: http://finep.gov.br/images/apoio-e-financiamento/historico-de-programas/prosab/06_11_2019_Prosab_Tratamento_de_Esgoto.pdf. Acesso em: 26 dez. 2021.

UNESCO – ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS PARA A EDUCAÇÃO, A CIÊNCIA E A CULTURA. Relatório mundial das Nações Unidas sobre desenvolvimento dos recursos hídricos 2021: o valor da água; fatos e dados. Portal UNESCODOC – Digital Library. [2021]. Disponível em: https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000375751_por. Acesso em: 23 dez. 2021.

ZHANG, X.; LIU, Y. Circular economy is game-changing municipal wastewater treatment technology towards energy and carbon neutrality. *Chemical Engineering Journal*, v. 429, n. August 2021, p. 132114, 2022. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1385894721036937>. Acesso em: 15 dez. 2021.