

O HIATO ENTRE A UNIVERSALIZAÇÃO DO ESGOTAMENTO SANITÁRIO E O POTENCIAL DE APROVEITAMENTO DOS SUBPRODUTOS DO TRATAMENTO DE ESGOTO DE FORMA SUSTENTÁVEL NO BRASIL

Kelly Vanessa Braatz¹ (kelly.braatz@acad.ufsm.br), Andressa de Oliveira Silveira¹ (andressa.silveira@ufsm.br), Delmira Beatriz Wolff¹ (delmirawolff@gmail.com), Kauane Andressa Flach¹ (kaauane_flaach@hotmail.com)
¹ Universidade Federal de Santa Maria (UFSM)

RESUMO

Apesar do fato de o esgotamento sanitário ser uma necessidade primária, no Brasil existem expressivas precariedades em relação ao seu funcionamento, o que representa um grave problema ambiental que acomete, sobretudo, as grandes metrópoles. Neste artigo, objetivou-se apresentar a situação atual de esgotamento sanitário no Brasil e apresentar os desafios para implantação de ETEs sustentáveis no território nacional. Este é um estudo qualitativo, exploratório, que utiliza como recurso metodológico a pesquisa bibliográfica. A análise se pauta em compreender a situação atual do Brasil quanto à universalização dos serviços de esgotamento sanitário, quais são as rotas de destinação dos subprodutos gerados nas ETEs convencionais e também quais as possibilidades de sustentabilidade no tratamento de esgoto. O problema central é que a questão demográfica brasileira é um desafio diante da necessidade crescente de se pensar em soluções para a questão do esgotamento sanitário, o que se soma com os baixos investimentos na área. Essas condições estão diretamente ligadas ao atraso no processo de universalização do tratamento de esgoto no país, o que acarreta como consequência o não cumprimento das metas e objetivos firmados nos acordos internacionais pela sustentabilidade. Por isso, este artigo se propôs a compreender o potencial existente para o aproveitamento dos subprodutos originados com o tratamento de esgoto efetuado de modo sustentável, realizando para isso, uma revisão teórica e um estudo a partir de dados oficialmente estabelecidos. Reafirma-se a necessidade de se pensar em estratégias de cunho socioambiental, com vistas a melhoria dos processos no que tange ao esgotamento sanitário. **Palavras-chave:** Esgotamento Sanitário; Aproveitamento dos Subprodutos; Sustentabilidade.

THE GAP BETWEEN THE UNIVERSALIZATION OF SANITARY SEWAGE AND THE POTENTIAL USE OF SEWAGE TREATMENT BY-PRODUCTS IN A SUSTAINABLE MANNER IN BRAZIL

ABSTRACT

Despite the fact that sanitary sewage is a primary need, in Brazil there are significant precariousness in relation to its functioning, which represents a serious environmental problem that affects, above all, the big cities. In this article, the objective was to present the current situation of sanitary sewage in Brazil and to present the challenges for the implantation of ETEs in the national territory. This is a qualitative, exploratory study that uses bibliographical research as a methodological resource. The analysis is based on understanding the current situation in Brazil regarding the universalization of sanitary sewage services, what are the destination routes for by-products generated in conventional ETEs and also what are the possibilities for sustainability in sewage treatment. The central problem is that the Brazilian demographic issue is a challenge in view of the growing need to think of solutions to the issue of sanitary sewage, which adds to the low investments in the area. These conditions are directly linked to the delay in the process of universalizing sewage treatment in the country, which results in non-compliance with the goals and objectives established in international agreements for sustainability. Therefore, this article aimed to understand the existing potential for the use of by-products originating from the treatment

of sewage carried out in a sustainable way, carrying out a theoretical review and a study based on officially established data. The need to think about socio-environmental strategies is reaffirmed, with a view to improving processes with regard to sanitary sewage.

Keywords: Sanitary Sewage; Use of By-products; Sustainability.

1. INTRODUÇÃO

O esgotamento sanitário compreende todos os serviços e obras que se referem ao transporte, tratamento e destinação final dos esgotos, observando, para tanto, os aspectos sanitários e ambientais. É um componente do saneamento e, portanto, uma necessidade primária (VON SPERLING *et al*, 2014). A garantia de acesso ao saneamento é considerada uma condição para se fazer valer o direito à saúde da população e à vivência em um ambiente sustentável.

Similarmente, Mendes; Barcellos (2018, p. 648) afirmam que o esgotamento sanitário adequado é uma forma de controlar a “transmissão de doenças, a proliferação de vetores e a poluição ambiental”. Desta forma, a Constituição Federal de 1988, no Capítulo II, artigo 21, inciso XX, assinala que compete à União instituir as diretrizes de saneamento básico para o desenvolvimento urbano (BRASIL, 1988).

Contudo, mesmo sendo considerado uma necessidade primária para a manutenção da vida, o acesso ao esgotamento sanitário ainda não é universal no Brasil. Dados do Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento (SNIS) apontam que cerca de 97 milhões de brasileiros não possuem atendimento de esgotamento sanitário (SNIS, 2021). O crescimento populacional urbano, a falta de planejamento, as dificuldades econômicas e a ausência de políticas públicas de qualidade são alguns dos fatores que contribuem para o grande descompasso existente entre a demanda e a oferta de serviços básicos para garantir a qualidade de vida das pessoas (BRITTO; QUINTSLR, 2020).

Em que pese ainda haver um déficit expressivo de serviços para se almejar a universalização do tratamento de esgoto, nada impede que regiões economicamente mais desenvolvidas avancem em otimização de processos, emprego de novas tecnologias e estudos alternativos visando o tratamento de esgoto de forma mais sustentável. Para Metcalf; Eddy (2015), no século XXI ocorreu uma mudança de paradigma em relação ao esgoto. Sob esta nova concepção, as águas residuárias são vistas como potenciais fontes de energia renovável, nutrientes recuperáveis e água de reuso. O foco e os processos do tratamento vêm se modificando a fim de se adaptarem a esta nova perspectiva, com o intuito de maximizar a eficiência de recuperação destes elementos.

Nesse sentido, o planejamento das Estações de Tratamento de Esgoto (ETE's) romperia com a antiga conjuntura de que os empreendimentos sanitários são aplicações de alto investimento, sem retorno, com ações baseadas no modelo de remoção e geração de resíduos, para a adoção das premissas tanto da economia circular, como da sustentabilidade, com o uso restaurativo de recursos e de recuperação de produtos, agregando valor de mercado (ANDERSON; OTOO; NOLASCO, 2018).

Considerando o exposto, este artigo versa sobre a lacuna existente entre a situação atual de esgotamento sanitário no Brasil e o paradigma de tratamento de esgoto sustentável, visando a valoração dos subprodutos (lodo, gás e água) gerados na estação de tratamento de esgoto (ETE). Ele foi elaborado a partir de revisão teórica e está estruturado em tópicos contendo a introdução, o objetivo, a metodologia, a discussão e os resultados – tópico subdividido em três itens – considerações finais e as referências.

2. OBJETIVO

Compreender as discrepâncias existentes entre a possibilidade de aproveitamento dos subprodutos originados através do tratamento sustentável do esgoto e os processos de esgotamento sanitário no Brasil atualmente.

3. METODOLOGIA

Este artigo é fruto de uma pesquisa qualitativa básica, exploratória, cujo procedimento foi a revisão bibliográfica. Segundo Gil (2008), a pesquisa bibliográfica é entendida como a leitura, análise e interpretação de um determinado material impresso [ou digital], tais como livros, periódicos, manuscritos, dentre outros, isto é, uma análise desenvolvida com base em material já elaborado. Dessa forma, o referido autor cita os “livros de referência”, que foram os materiais nos quais obtiveram-se as informações necessárias para a pesquisa.

Além do estudo de obras de relevante contribuição para os debates aos quais se propõem essa pesquisa, foram consultados dados e informações em fontes como agências e institutos nacionais ligados ao meio ambiente e o saneamento básico.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Este item apresenta as discussões com base na revisão teórica realizada em autores que abordam os assuntos de interesse da pesquisa, bem como nos dados oficialmente estabelecidos e coletados em fontes de domínio público. Para tanto, foram criados três subtópicos que condensam os resultados.

4.1 Situação atual do Brasil quanto à universalização dos serviços de esgotamento sanitário

O Marco Legal do Saneamento Básico, atualizado pela Lei nº 14.026/2020, prevê como meta a universalização do acesso à água potável para 99% da população e o atendimento de 90% da população com coleta e tratamento de esgoto até 31 de dezembro de 2033 (BRASIL, 2020). Contudo, o “Ranking do Saneamento 2022”, desenvolvido pelo Instituto Trata Brasil, aponta que 35 milhões de brasileiros não têm acesso à água tratada e 100 milhões não são atendidos com serviço de coleta de esgoto no país. O “Atlas Esgotos” 2022, elaborado pela Agência Reguladora - ANA, aponta que no Brasil 43% da população possui esgoto coletado e tratado e 12% utilizam fossa séptica (solução individual), ou seja, 55% das pessoas possuem tratamento considerado adequado; 18% têm seu esgoto coletado e não tratado, o que pode ser considerado como um atendimento precário. Ainda, 27% não possuem coleta e nem tratamento, isto é, sem atendimento por serviço de coleta sanitário.

A deficiência no sistema de esgotamento sanitário faz com que toneladas de esgoto sejam depositadas no ambiente sem o adequado tratamento, comprometendo significativamente a qualidade das águas, causando prejuízos à saúde da população, comprometendo o uso dos recursos hídricos, a jusante do rio para abastecimento humano, a balneabilidade, entre outros (PESSOA; JORDÃO, 1982).

O aporte financeiro para ampliação e melhoria dos serviços de saneamento tem se mostrado insuficiente, sendo que o investimento médio no setor saneamento foi de R\$ 13,6 bilhões no período entre o ano de 2010 e 2017 (CNI, 2018). Segundo Motta-Veiga (2021), mesmo que ocorra um aumento no investimento de 60% no setor, o país só atingiria a meta de universalização no ano de 2053, isto é, com um atraso de duas décadas em relação ao previsto.

4.2 Rotas de destinação dos subprodutos gerados nas ETEs convencionais

Os sistemas de tratamento de efluentes domésticos inevitavelmente geram subprodutos com características que podem ser líquidas, sólidas e gasosas. A fração líquida é o próprio esgoto tratado, já o lodo e os gases são resultantes do processo de tratamento.

As ETEs convencionais são projetadas e operadas seguindo a Resolução do CONAMA nº 430/2011, a qual determina também os padrões de lançamento do efluente tratado (subproduto líquido) no corpo receptor.

Quando bem projetadas e operadas, essas estações têm potencial para uma boa eficiência de remoção da matéria orgânica, patógenos e nutrientes. Porém, a realidade de grande parcela das estações que operam no país é uma deficiência no projeto e falhas de operação, o que culmina no encarecimento do processo, necessidade de maior dosagem de produto químico e um despejo no corpo receptor fora dos padrões normativos.

Nesse contexto, a ANA (2022) apontou em seu diagnóstico que das 5.570 cidades do Brasil, apenas 769 conseguiram atingir uma eficiência maior de 60% na remoção da carga orgânica dos seus efluentes tratados. Os rios adjacentes estão perdendo sua função vital e social, uma vez que são utilizados para diluir o esgoto não tratado, gerando grandes prejuízos ambientais, sociais e econômicos.

Os gases comumente encontrados no esgoto bruto são o nitrogênio (N₂), o oxigênio (O₂) e o metano (CH₄), gases que estão presentes na atmosfera e que conseqüentemente fazem parte de todas as águas expostas ao ar. Além disso, possuem sulfeto de hidrogênio (H₂S), amônia (NH₃) e metano (CH₄), que são derivados da decomposição da matéria orgânica presente no esgoto (METCALF; EDDY, 2015).

A maior parte das ETE's brasileiras em operação não possui nenhum tipo de tratamento para aproveitamento energético do biogás, que é apenas queimado e lançado para a atmosfera. Esse processo de combustão é um grande problema ambiental, uma vez que o componente principal do biogás é o metano e esse possui um impacto para o efeito estufa 28 vezes maior que o do CO₂ (ROSA *et al.*, 2016).

Dentre os subprodutos gerados em uma ETE, o lodo de esgoto é o de maior massa e volume, apresentando um custo de gerenciamento de 20% a 60% do custo operacional de uma ETE (ANDREOLI; VON SPERLING; FERNANDES, 2014). É estabelecido pela Política Nacional dos Resíduos Sólidos (PNRS) que o lodo oriundo do esgoto que não passou por nenhum processo de estabilização e higienização, deve ser encaminhado para aterro classe I (aterro para resíduo perigoso), devido a sua periculosidade (acúmulo de metais) e patogenicidade (BRASIL, 2010). Porém, esse controle não é eficiente, uma vez que não há uma fiscalização adequada no volume de lodo gerado e no volume destinado. Por isso, o SNIS tenta buscar dados sobre a destinação do lodo desde o ano de 2015, porém esse campo de informações é alimentado apenas por uma pequena parcela dos municípios. O que acende o alerta sobre a real destinação desse material.

O lançamento do efluente tratado em corpo receptor, a queima dos gases e a destinação do lodo para aterro, são práticas regulamentadas e rotas de destinação final aceitas no Brasil, porém, sabidamente não são as mais adequadas, devido à grande potencialidade de danos socioambientais e perdas econômicas. Reforça-se que o setor de tratamento de esgoto requer altos valores de investimento para garantir a universalização dos serviços. Nesse sentido, existem pesquisas que apontam para um alto potencial de valorização dos subprodutos gerados nas ETEs, visando a sustentabilidade do sistema e amortização dos investimentos, tais como serão apresentados a seguir.

4.3 Sustentabilidade no tratamento de esgoto

Na busca por um desenvolvimento social pautado na sustentabilidade, a Organização das Nações Unidas (ONU) estabeleceu, no ano de 2015, a "Agenda 2030", pautando dezessete Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS), que englobam as dimensões humanas e planetárias. Entre esses objetivos destaca-se a ODS 6, que em sua redação estabelece: "garantir disponibilidade e gestão sustentável de água e saneamento para todos" (ONU-BRASIL, 2019).

Baseadas nesse novo paradigma, diversas organizações de renome internacional, como a *Water Research Foundation (WRF/WERF)*, a *International Water Association (IWA)*, a *Water Environment Federation (WEF)*, passaram a propor a questão do tratamento de esgoto como fonte de recursos recuperáveis amplamente disponíveis e valiosos, sob uma nova perspectiva para as estações de tratamento de esgoto, as quais passariam a ser vistas e geridas como Unidade de Recuperação de Recursos (*Water Resource Recovery Facility*) (CAMPOS; NOLASCO, 2021).

De forma pioneira no Brasil, no ano de 2017, grupos de pesquisa em saneamento das universidades UFMG, UFC, UFMS, UFPE, UFRJ, USP e ISAE/FGV formaram uma rede de estudos e consagraram o Instituto Nacional de Ciência e Tecnologia em ETE's Sustentáveis (INCT ETE's Sustentáveis). Este foi criado com o intuito de se tornar um centro de referência nacional e internacional para questões relacionadas ao tratamento de esgoto sanitário, através do desenvolvimento de soluções tecnológicas adequadas às diferentes realidades nacionais, visando

a sustentabilidade do sistema (SOLON *et al.*, 2019; CORNEJO *et al.*, 2019; MOTA, 2018; GOLDSTEIN, 2018).

As pesquisas desenvolvidas pelo INCT ETE'S Sustentáveis vêm ao encontro de uma grande necessidade no campo técnico e científico do Brasil quanto as técnicas de valoração e gerenciamento dos subprodutos sólidos e gasosos gerados nas ETE's.

Para Metcalf; Eddy (2015), no século XXI houve uma mudança de concepção em relação ao tratamento de esgoto. Sob um paradigma de sistema circular, as águas residuárias são vistas como potenciais fontes de energia renovável, nutrientes recuperáveis e água de reuso. Chernicharo (2021) corrobora com essa ideia, apontando que a adoção do sistema econômico circular no tratamento de esgoto pode contribuir para o alcance de diversas metas e objetivos da ODS, não se restringindo apenas a ODS 6. O quadro 1 apresenta a relação intrínseca entre as metas da ODS e o potencial de contribuição com a adoção de práticas sustentáveis nos processos de tratamento de esgotos nas ETE's.

Quadro 1. Relação entre as metas da ODS e a otimização sustentável

ODS	META	OTIMIZAÇÃO SUSTENTÁVEL
2- Fome zero e agricultura sustentável	2.4 Até 2030, garantir sistemas sustentáveis de produção de alimentos e implementar práticas agrícolas resilientes, que aumentem a produtividade e a produção, que ajudem a manter os ecossistemas, que fortaleçam a capacidade de adaptação às mudanças climáticas, às condições meteorológicas extremas, secas, inundações e outros desastres, e que melhorem progressivamente a qualidade da terra e do solo.	Reaproveitamento do lodo e da espuma das ETE's na agricultura.
6- Água potável e saneamento	6.3 até 2030, melhorar a qualidade da água, reduzindo a poluição, eliminando despejo e minimizando a liberação de produtos químicos e materiais perigosos, reduzindo à metade a proporção de águas residuais não tratadas, e aumentando substancialmente a reciclagem e reutilização segura em âmbito mundial	Reaproveitamento do efluente final das ETE's como água de reuso
	6.a até 2030, ampliar a cooperação internacional e o apoio ao desenvolvimento de capacidades para os países em desenvolvimento em atividades e programas relacionados à água e ao saneamento, incluindo a coleta de água, a dessalinização, a eficiência no uso da água, o tratamento de afluentes, a reciclagem e as tecnologias de reuso	
7- Energia acessível e limpa	7.a até 2030, reforçar a cooperação internacional para facilitar o acesso a pesquisa e tecnologias de energia limpa, incluindo energias renováveis, eficiência energética e tecnologias de combustíveis fósseis avançadas e mais limpas, e promover o investimento em infraestrutura de energia e em tecnologias de energia limpa	Reaproveitamento do biogás gerado em ETE's como fonte de energia
	7.2 até 2030, aumentar substancialmente a participação de energias renováveis na matriz energética global	Melhorar a eficiência energética da ETE
	7.3 até 2030, dobrar a taxa global de melhoria da eficiência energética	Diversificar a matriz energética da ETE
9- Indústria, Inovação e Infraestrutura	9.4 até 2030, modernizar a infraestrutura e reabilitar as indústrias para torná-las sustentáveis, com eficiência aumentada no uso de recursos e maior adoção de tecnologias e processos industriais limpos e ambientalmente adequados; com todos os países atuando de acordo com suas respectivas capacidades	Otimização sustentável da ETE

11- Cidades e comunidades sustentáveis	11.3 até 2030, aumentar a urbanização inclusiva e sustentável, e a capacidade para o planejamento e a gestão participativa, integrada e sustentável dos assentamentos	O papel da ETE torna-se sustentável para integrar-se a estas comunidades
12- Consumo e produção responsáveis	12.4 até 2020, alcançar o manejo ambientalmente adequado dos produtos químicos e de todos os resíduos, ao longo de todo o ciclo de vida destes, de acordo com os marcos internacionalmente acordados, e reduzir significativamente a liberação destes para o ar, água e solo, para minimizar seus impactos negativos sobre a saúde humana e o meio ambiente	Gestão sustentável dos resíduos
	12.5 até 2030, reduzir substancialmente a geração de resíduos por meio da prevenção, redução, reciclagem e reuso	Reaproveitamento dos subprodutos

Fonte: Adaptado de Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada – IPEA, 2022.

O principal pilar no tratamento sustentável de esgoto é a transformação do lodo de esgoto em um biossólido para aplicação na agricultura. Devido ao alto teor de matéria orgânica com macro e micronutrientes presentes no lodo, essa aplicação garante uma ciclagem de nutrientes essenciais para o bom condicionamento do solo (BARROS *et al*, 2021). O Clima Tropical do Brasil faz com que o solo agricultável seja responsivo a matéria orgânica, além disso, o país tem o maior potencial do mundo para a aplicação do biossólido na agricultura, uma vez que possui uma área cultivada de mais de 80 milhões de hectares (BITTENCOURT *et al*, 2021).

A grande área cultivada, somada a necessidade constante de adição de macro e micronutrientes, faz com que o país tenha que importar grande parcela dos fertilizantes aqui consumidos. Nesse contexto, Bittencourt *et al* (2021) afirma, com base em ensaios e modelagem matemática, que “mesmo que tenhamos todo o esgoto tratado, no Brasil a quantidade potencial de geração de biossólido será muito pequena frente as nossas extensas áreas cultivadas”. Contudo, a utilização do lodo de esgoto como fertilizante pode ajudar a reduzir a necessidade de importação deste material e contribuir para o aumento da produção de alimentos. Esse nicho de mercado também pode ser uma forma de gerar receita para o sistema de tratamento de esgoto e ajudar a amortizar os investimentos necessários.

Os critérios técnicos para a produção e aplicação de biossólidos são estabelecidos pela Resolução CONAMA 498/2020, a qual também norteia as aplicações do produto para a recuperação de áreas degradadas. Deste modo, a produção de biossólido faz com que esse material seja utilizado para fins nobres, desviado do encaminhamento para o aterro sanitário, contribuindo também para o aumento da vida útil do aterro, o que evita a queima de combustíveis fósseis utilizados nos caminhões para transportar esse material.

Uma das exigências para a produção de biossólidos a partir do lodo de esgoto, é o processo de higienização e estabilização do material, para garantir segurança sanitária, ou seja, eliminar a patogenicidade do composto. Esse processo costuma ser uma etapa que encarece a produção do biossólido, devido ao alto consumo de energia. Frente a essa necessidade, o sistema de ETE sustentável prevê a geração de energia a partir do biogás gerado na própria estação, vindo ao encontro da ODS 7, a qual preconiza o uso de energia acessível e limpa. Quanto ao potencial de geração de energia, Matos; Paternostro (2018) apontam que o Brasil possui 673 ETE's operadas por sistema de reatores anaeróbicos com capacidade de geração de energia limpa e, por consequência, a diminuição da emissão de metano.

Outro grande problema que pode ser minimizado com o emprego da ETE sustentável é a demanda por recurso hídrico, frente as recorrentes crises hídricas que o país enfrenta. Nesse contexto, é preciso frisar que o objetivo não é tratar a água na ETE a ponto de lançamento a condições potáveis, uma vez que para alcançar tal feito, seria necessário recorrer ao emprego de altas concentrações de produtos químicos, o que viria na contramão de um sistema sustentável. O reuso da água seria para fins não potáveis, como irrigação de pastagens, fertirrigação, lavagem de logradouros públicos. Essas práticas viriam ao encontro do que versa a meta 6.3, que objetiva a

reutilização segura da água. A figura 1 representa a destinação dos subprodutos em um sistema de tratamento convencional x sistema de tratamento sustentável.

Figura 1. Resumo gráfico Sistema de ETE convencional x ETE sustentável



Fonte: ABES (2021)

Aisse (2019) afirma que a propositura de ETE's Sustentáveis tem como foco a economia circular, com a maximização do emprego dos subprodutos líquidos, sólidos e gasosos gerados no tratamento. Para enquadrar-se nesta categoria, a ETE deve ainda reduzir sua área ocupada, diminuir a produção de resíduos sólidos, minimizar o consumo de energia elétrica e de produtos químicos. Além de diminuir os ruídos, odores e estímulos visuais (arquitetônicos e paisagísticos), impactando positivamente e se integrando a comunidade de forma ambientalmente equilibrada (LEGNER, 2021). Esse conjunto de medidas gera consequências positivas não apenas em curto prazo, mas sobretudo com a melhoria dos métodos e técnicas no decorrer dos anos.

5. CONCLUSÃO

A sustentabilidade no tratamento de esgoto é uma temática relativamente nova, como um promissor paradigma de mudança, tanto em termos de políticas públicas, como no meio acadêmico, empresarial e social, em que os subprodutos gerados na ETE se tornam matéria-prima com valor econômico agregado, passando de um sistema de economia linear para um sistema de economia circular. A implantação desse sistema se mostra muito atrativo frente a escassez de recursos naturais renováveis e não renováveis, porém, carece de mais estudos quanto a viabilidade para implantação em pequenos municípios, uma vez que 68,3% dos municípios brasileiros possuem menos de 20 mil habitantes, os quais, em sua grande maioria, não possuem nem mesmo rede coletora, sendo empregado majoritariamente o sistema individual que, por sua vez, inviabiliza o uso de subprodutos.

Em regiões onde já há o sistema coletivo implantado, o grande entrave é o alto investimento inicial necessário para automatizar uma ETE, pois para conseguir usufruir de todo seu potencial energético, o país demanda de tecnologias e equipamentos do exterior, o que encarece a implantação no sistema. Esse problema pode ser minimizado com ações e parcerias estratégicas entre o Estado e as empresas, por meio das inovações técnicas e políticas públicas que colaborem com a sustentabilidade. As universidades públicas, fomentando a pesquisa científica, podem ter um papel primordial nestas parcerias, além de desenvolver a práxis.

Nesta perspectiva, o desenvolvimento sustentável só irá se manifestar se os espaços sociais estiverem em plena igualdade econômica, onde o Estado priorize a universalização do saneamento básico, garantindo acesso à água potável e ao esgotamento, gerando políticas públicas e ações que promovam a igualdade social e econômica (ESTENDER; PITTA, 2008).

O esgotamento sanitário, além de ser um direito constitucional, é um direito vital, intrinsecamente associado a dignidade humana. Discutir sustentabilidade no tratamento de esgoto na dimensão demográfica do Brasil, sem tratar do hiato existente para a universalização da oferta do serviço, seria um grande despautério, uma vez que o país ainda possui cerca de 5 milhões de pessoas que não possuem um banheiro, conforme mostra o IBGE (2019). Por isso, se torna cada vez mais necessário um amplo debate na sociedade e investimentos em ciência e tecnologia, para que medidas eficazes sejam tomadas e promovam mudanças socioambientais positivas.

REFERÊNCIAS

ABES – Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental. **Cadernos técnicos engenharia sanitária ambiental**: órgão oficial de informação técnica ABES – Rio de Janeiro. Coletânea de Notas Técnicas 1: valoração e gerenciamento de subprodutos sólidos do tratamento de esgoto. Parte A: higienização e uso de lodo de esgoto no solo. Rio de Janeiro: ABES, 2021.

AISSE, M. M. **Painel 3**: Soluções e alternativas para o tratamento de esgotos: sustentabilidade no tratamento de esgoto: desafios e avanços. Porto Alegre: ABES-RS, 2019.

ANDERSON, K.; OTOO, M.; NOLASCO, M. *Innovative sanitation approaches could address multiple development challenges*. **Water Science and Technology**, [S. l.], v. 77, p. 855-858, 2018. Disponível em: <https://iwaponline.com/wst/article/77/4/855/39082/Innovative-sanitation-approaches-could-address>. Acesso em 26 abr. 2023.

ANDREOLI, C. V.; VON SPERLING, M.; FERNANDES, F. **Lodo de esgotos**: tratamento e disposição final. 2 ed. Belo Horizonte: UFMG, 2014.

BRASIL. **Constituição da República Federativa do Brasil de 1988**. Diário Oficial da União, 05 out. 1988. Disponível em: https://www2.senado.leg.br/bdsf/bitstream/handle/id/518231/CF88_Livro_EC91_2016.pdf. Acesso em 26 abr. 2023.

BRASIL. Presidência da República Federativa do Brasil. **Lei nº 11.445, de 05 de janeiro de 2007**. Estabelece diretrizes nacionais para o saneamento básico [...]. Brasília, DF, 05 jan. 2007. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/ato2007-2010/2007/lei/L11445compilado.htm. Acesso em 26 abr. 2023.

BRASIL. Presidência da República Federativa do Brasil. **Lei nº 14.026, de 15 de julho de 2020**. Atualiza o marco legal do saneamento básico [...]. Brasília, DF, 15 jul. 2020. Disponível em: <https://www.in.gov.br/web/dou/-/lei-%20n-14.026-de-15-de-julho-de-2020-267035421>. Acesso em: 09 jan. 2023.

BRASIL. Ministério das Cidades. **PLANSAB – Plano Nacional de Saneamento Básico**: mais saúde com qualidade de vida e cidadania. Brasília, DF: Secretaria Nacional de Saneamento Ambiental, 2014.

BRITTO, A. L. N.; QUINTSLR, S. Políticas e programas para esgotamento sanitário na metrópole do Rio de Janeiro: um olhar na perspectiva das desigualdades ambientais. **Cadernos Metrópole**, São Paulo, v. 22, n. 48, p. 435-456, mai./ago. 2020. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/cm/a/TCtRjyJJF6QbDWQXSWnWJYH/?format=pdf&lang=pt>. Acesso em 26 abr. 2023.

CHERNICHARO, C. A. L. **Aproveitamento de subprodutos do esgoto | ETE's Sustentáveis.** Encontro Técnico CASAN Inovando para o Futuro. 10. In: 10º Encontro Técnico CASAN Inovando para o Futuro [S. l.]: Moodle Universidade Corporativa CASAN, 2021.

CNI – CONFEDERAÇÃO NACIONAL DA INDÚSTRIA. **Saneamento básico:** uma agenda regulatória e institucional. Brasília: CNI, 2018. Disponível em: https://static.portaldaindustria.com.br/media/filer_public/62/00/6200cda4-995b-4af1-9eba-0674a6ba706c/saneamento_basico_web.pdf. Acesso em: 09 jan. 2023.

CORNEJO, P. K. et al. *Sustainability metrics for assessing water resource recovery facilities of the future.* **Water Environment Research**, v. 91, n. 1, p. 45-53, jan. 2019. Disponível em: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.2175/106143017X15131012187980>. Acesso em 26 abr. 2023.

ESTENDER, Antonio Carlos; PITTA, Tercia de Tasso Moreira. O conceito do desenvolvimento sustentável. **Revista Terceiro Setor & Gestão de Anais-UNG-Ser**, v. 2, n. 1, p. 22-28, 2008. Disponível em: <http://revistas.ung.br/index.php/3setor/article/view/399>. Acesso em 26 abr. 2023.

GIL, A. C. **Como elaborar projetos de pesquisa.** 4 ed. São Paulo: Atlas, 2008.

GOLDSTEIN, N. *Codigestion at water resource recovery facilities.* **BioCycle**, [S. l.], v. 59, n. 3, p. 36, 2018.

INCT ETE's Sustentáveis – Instituto Nacional de Ciência e Tecnologia em Estações de Tratamento de Esgoto Sustentáveis. **O instituto.** INCT ETE's Sustentáveis, 2022. Disponível em: <https://etes-sustentaveis.org/o-instituto/>. Acesso em: 09 jan. 2023.

IPEA – Instituto De Pesquisa Econômica Aplicada. **Objetivos de desenvolvimento sustentável.** IPEA, 2022. Disponível em: <https://www.ipea.gov.br/ods/ods12.html>. Acesso em: 09 jan. 2023.

LEGNER, C. Estação de tratamento de esgoto sustentável: O novo paradigma do saneamento. **Revista Tae Especializada em Tratamento de Água & Efluentes**, Santo André, v. 60, n. 10, abr./mai. 2021. Disponível em: <https://www.revistatae.com.br/Artigo/697/estacao-de-tratamento-de-esgoto-sustentavel-o-novo-paradigma-do-saneamento>. Acesso em 26 abr. 2023.

MATOS, M. D. D.; PATERNOSTRO, A. G. Pesquisa exploratória de tecnologias para geração de energia a partir do tratamento de efluente líquido. **Cadernos de Prospecção**, [S. l.], v. 11, n. 1, abr. 2018.

MENDES, T. M.; BARCELLOS, C. A dimensão territorial do esgotamento sanitário: o caso do Recreio dos Bandeirantes, Rio de Janeiro, Brasil. **Ciência e Saúde Coletiva**, [S. l.], v. 23, n. 2, p. 647-658, fev. 2018.

METCALF, L.; EDDY, H. P. **Tratamento de efluentes e recuperação de recursos.** Porto Alegre: AMGH Editora Ltda, 2015.

MOTA, C. ETE's sustentáveis – os desafios e as perspectivas da valorização de subprodutos e sua viabilidade financeira. In: Diálogos do Saneamento – ETE's Sustentáveis: Aproveitamento do Lodo. 7. Porto Alegre, 2018. **Anais [...]**, Porto Alegre, 2018.

MOTTA-VEIGA, M. *Tariff structuring in water and sanitation: public profiting arrangements on universalization initiatives.* **Water Policy**, [S. l.], v. 23, n. 3, p. 599-616, 2021. Disponível em: <https://iwaponline.com/>. Acesso em: 10 jan. 2023.

ONU – ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS/BRASIL. **Objetivo de Desenvolvimento Sustentável 6:** Água potável e saneamento. Nações Unidas Brasil, 2019. Disponível em: <https://nacoesunidas.org/pos2015/ods6/>. Acesso em: 10 jan. 2023.

PESSOA, C. A.; JORDÃO, E. P. **Tratamento de esgotos domésticos:** concepções clássicas de tratamento de esgotos. 2 ed. Rio de Janeiro: Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental; BNH, 1982.

SNIS – Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento. **Diagnóstico dos Serviços de Água e Esgotos 2017.** Ministério da Integração e do Desenvolvimento Regional. 2022. Disponível em: <https://www.gov.br/mdr/pt-br/assuntos/saneamento/snis/diagnosticos-antigos-do-snis/agua-e-esgotos-1/2017>. Acesso em 18 de jan. 2023.

SNIS – Sistema Nacional De Informações Sobre Saneamento. **Esgotamento sanitário 2020.** SNIS, 2020. Disponível em: Acesso em: 07 jan. 2023. Disponível em: <http://antigo.snis.gov.br/diagnostico-anual-agua-e-esgotos>. Acesso em 26 abr. 2023.

SOLON, K. et al. *Resource recovery and wastewater treatment modelling.* **Environmental Science - Water Research & Technology**, [S. l.], v. 5, n. 4, p. 631-642, 2019. Disponível em: <https://pubs.rsc.org/en/content/articlelanding/2019/ew/c8ew00765a>. Acesso em 26 abr. 2023.