

# XVI ECOPAR

## Encontro de Economia Paranaense

### V International Meeting on Economic Theory and Applied Economics

### II Jornada Internacional de Comunicação Científica

#### POTENCIAL DE PRODUÇÃO DE BIOMETANO E BIOFERTILIZANTES A PARTIR DE RESÍDUOS DE ESGOTO NO BRASIL

POTENTIAL FOR BIOMETANE AND BIOFERTILIZER PRODUCTION FROM SEWAGE WASTE IN BRAZIL

POTENCIAL DE PRODUCCIÓN DE BIOMETANO Y BIOFERTILIZANTES A PARTIR DE RESIDUOS DE AGUAS RESIDUALES EN BRASIL

Camila da Silva Serra Comineti<sup>1</sup>

Madalena Maria Schindwein<sup>2</sup>

Paulo Henrique de Oliveira Hoeckel<sup>3</sup>

**Área Temática:** Economia Ambiental - Q53 - Poluição do Ar, Poluição da Água, Ruído, Resíduos Perigosos, Resíduos Sólidos, Reciclagem.

**Resumo:** Esta pesquisa avalia a capacidade de produção de biometano e biofertilizantes a partir de resíduos de esgoto no Brasil, visando suprir demandas energéticas e agrícolas. Utilizando dados brasileiros de volume de esgoto e históricos de comercialização e produção de biometano, gás natural, gás liquefeito de petróleo (GLP) e fertilizantes entre 2007 e 2022, foram realizadas análises descritivas para estimar o potencial de produção desses recursos. Os principais resultados indicam que, apesar do crescimento na reutilização de resíduos, a estimativa de produção de biofertilizante atende cerca de 6% da demanda nacional, enquanto o potencial do biometano é de substituir em média 30% da demanda por gás natural e GLP.

**Palavras-chave:** Resíduos de esgoto; Reaproveitamento; Economia circular; Bioeconomia.

**Abstract:** This research evaluates the production capacity of biomethane and biofertilizers from sewage waste in Brazil, aiming to meet energy and agricultural demands. Using Brazilian data on sewage volume and historical data on the commercialization and production of biomethane, natural gas, liquefied petroleum gas (LPG), and fertilizers between 2007 and 2022, descriptive analyses were conducted to estimate the production potential of these resources. The main results indicate that, despite the growth in waste reuse, the estimated production of biofertilizers meets about 6% of national demand, while the potential of biomethane is to replace an average of 30% of the demand for natural gas and LPG.

**Key-words:** Sewage waste; Reuse; Circular economy; Bioeconomy.

**Resumen:** Esta investigación evalúa la capacidad de producción de biometano y biofertilizantes a partir de residuos de aguas residuales en Brasil, con el objetivo de satisfacer demandas energéticas y agrícolas. Utilizando datos brasileños sobre el volumen de aguas residuales e historiales de comercialización y producción de biometano, gas natural, gas licuado de petróleo (GLP) y fertilizantes entre 2007 y 2022, se realizaron análisis descriptivos para estimar el potencial de producción de estos recursos. Los principales resultados indican que, a pesar del crecimiento en la

<sup>1</sup> Universidade Federal de Mato Grosso do Sul (UFMS); Brasil; ORCID: 0000-0003-0873-6998; [adm.camilaserra@gmail.com](mailto:adm.camilaserra@gmail.com).

<sup>2</sup> Universidade Federal da Grande Dourados (UFGD); Brasil; ORCID: 0000-0002-4387-9786; [madalenaschindwein@ufgd.edu.br](mailto:madalenaschindwein@ufgd.edu.br).

<sup>3</sup> Universidade Federal da Grande Dourados (UFGD); Brasil; ORCID: 0000-0002-1017-8975; [paulohoeckel@ufgd.edu.br](mailto:paulohoeckel@ufgd.edu.br).



# XVI ECOPAR

## Encontro de Economia Paranaense

*V International Meeting on Economic Theory and Applied Economics*

*II Jornada Internacional de Comunicação Científica*

reutilización de residuos, la estimación de producción de biofertilizantes cubre aproximadamente el 6% de la demanda nacional, mientras que el potencial del biometano es sustituir en promedio el 30% de la demanda de gas natural y GLP.

**Palabras-clave:** Residuos de aguas residuales; Reutilización; Economía circular; Bioeconomía.

### Introdução.

A universalização do acesso ao esgoto sanitário é um dos maiores desafios enfrentados pelo Brasil, especialmente no contexto da Agenda 2030, onde o objetivo de desenvolvimento sustentável (ODS) 6 visa garantir disponibilidade e o manejo sustentável da água e saneamento para todos (ONU, 2024). Em 2017, cerca de 76% dos municípios brasileiros descartaram as águas residuais sem tratamento (IBGE, 2020). Embora o tratamento de esgoto melhore a qualidade de vida da população, o principal impedimento para a oferta do serviço é o alto custo financeiro de instalação e manutenção (WHO/UNICEF, 2021). Esse cenário é preocupante, mas a reutilização dos resíduos de esgoto representa uma oportunidade de monetizar e trazer sustentabilidade ao tratamento.

O metano, um subproduto do tratamento de esgoto, pode ser capturado e utilizado como biometano, uma fonte de energia renovável que pode ser usada na geração de eletricidade e calor, contribuindo para a redução das emissões de gases de efeito estufa (GEE). A água resultante do tratamento pode ser reutilizada para fins como agricultura, recarga de aquíferos e usos industriais, promovendo um ciclo sustentável de uso da água. O lodo de esgoto, resíduo sólido resultante do processo, pode ser transformado em fertilizantes ou usado na produção de biogás (Gherghel, Teodosiu e Gisi, 2019). No Brasil, a reutilização de recursos derivados do esgoto para a produção de biofertilizantes e biometano é regulamentada, garantindo a segurança ambiental e sanitária (Brasil, 2020b; 2022). A Política Nacional de Saneamento Básico também incentiva práticas sustentáveis (Brasil, 2020a).

Estudar a capacidade de produção e reaproveitamento de recursos provenientes do esgoto é essencial para atender às exigências legais e objetivos sustentáveis, promovendo um modelo de economia circular. Isso transforma desafios ambientais em oportunidades de inovação, desenvolvimento econômico e sustentável. Sendo assim, o objetivo deste estudo é avaliar a capacidade de produção de biometano e biofertilizantes a partir de resíduos de esgoto para suprir as demandas energéticas e agrícolas no Brasil.

### Procedimentos Adotados.

Este estudo utilizou dados abrangentes sobre o tratamento de esgoto e a produção de biometano e biofertilizantes no Brasil entre os anos de 2007 e 2022. As informações foram coletadas de diversas fontes, gerando quatro estimativas principais para o país: volume de esgoto gerado, potencial de produção de biometano, potencial de substituição do gás natural e potencial de produção de biofertilizante. Os dados foram obtidos através do sistema nacional de informações sobre saneamento (SNIS), instituto brasileiro de geografia e estatística (IBGE), painel da área de fertilizantes, inoculantes e corretivos (SIPEAGRO), painel de produtores de biometano da ANP, venda de combustível (Brasil, 2024c) e da associação nacional de difusão de adubos (ANDA, 2024). Todos os dados foram compilados e processados utilizando o software Excel, conforme detalhado na Tabela 1.



# XVI ECOPAR

## Encontro de Economia Paranaense

### V International Meeting on Economic Theory and Applied Economics

### II Jornada Internacional de Comunicação Científica

Tabela 1 – Estimativas e parâmetros utilizados na pesquisa

	Estimativa	Parâmetro	Fonte
(a)	Volume de esgoto	Volume em relação à população atendida com esgoto - SNIS (variáveis ES005, ES013 e ES001); vezes a estimativa da população brasileira - IBGE	Brasil (2024e) IBGE (2022)
(b)	Conversão do esgoto em Biometano	Estimativa (a) em relação à demanda química de oxigênio (DQO) (38%), 119,7m <sup>3</sup> de biometano a partir de 1000 m <sup>3</sup> de esgoto	Agabo-García, et al., 2019)
(c)	Conversão biometano em gás natural	Estimativa (b) + produção de biometano de aterro sanitário (ANP), em relação ao poder calorífico do gás natural (9.400 kcal/m <sup>3</sup> ) e do biometano (8.555 kcal/m <sup>3</sup> )	Brasil (2024b) Brasil (2024e) (ABRACE, 2017)
(d)	Biofertilizante	Estimativa (a) em relação a 0,1711 kg de biossólidos para cada 1 m <sup>3</sup> de esgoto	(Sena, et al., 2021)

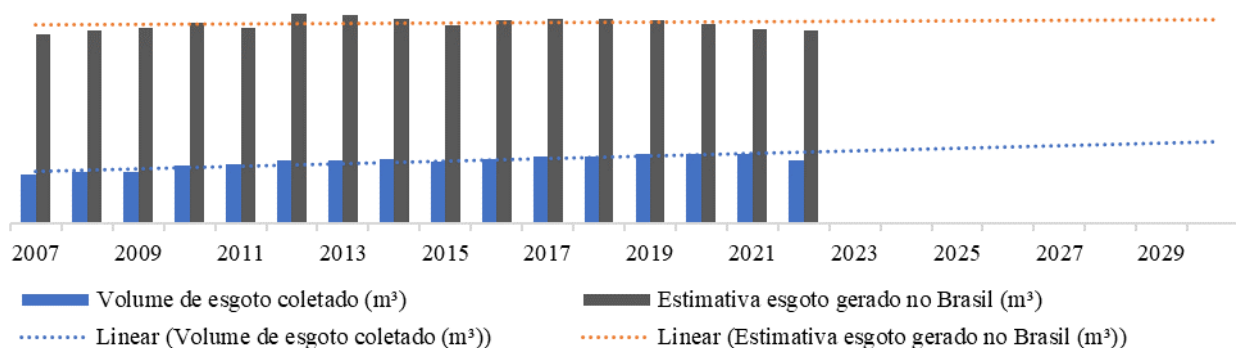
Fonte: elaboração própria (2024).

Com os dados, análises de estatística descritiva foram realizadas para a construção das estimativas. Estas foram comparadas com dados históricos de comercialização de gás natural e GLP, de comercialização e importação de fertilizantes, levando em consideração a regulamentação brasileira e a perspectiva de desenvolvimento sustentável.

### Resultados e discussão.

Os dados apresentados abrangem uma série de aspectos relevantes sobre o tratamento de esgoto e a geração de biometano e biofertilizantes no Brasil entre 2007 e 2022. Esses dois produtos são amplamente discutidos na literatura, com aplicação comercial estabelecida (Gherghel, 2019). No Brasil, eles já possuem regulamentação e empreendimentos em funcionamento. Na Figura 1 apresenta-se a estimativa de todo o esgoto gerado no país desde 2007.

Figura 1 – Estimativa de geração de esgoto baseado na população brasileira



Fonte: elaboração própria (2024).

Embora haja pequenas oscilações, a cobertura de coleta de esgoto aumentou, assim como a população brasileira, dificultando o alcance da meta do ODS 6, de saneamento para todos. Por outro lado, a produção de biometano no Brasil mostrou um aumento, indicando um aproveitamento crescente dos resíduos para geração de energia, conforme ilustrado na Figura 2. Embora o



# XVI ECOPAR

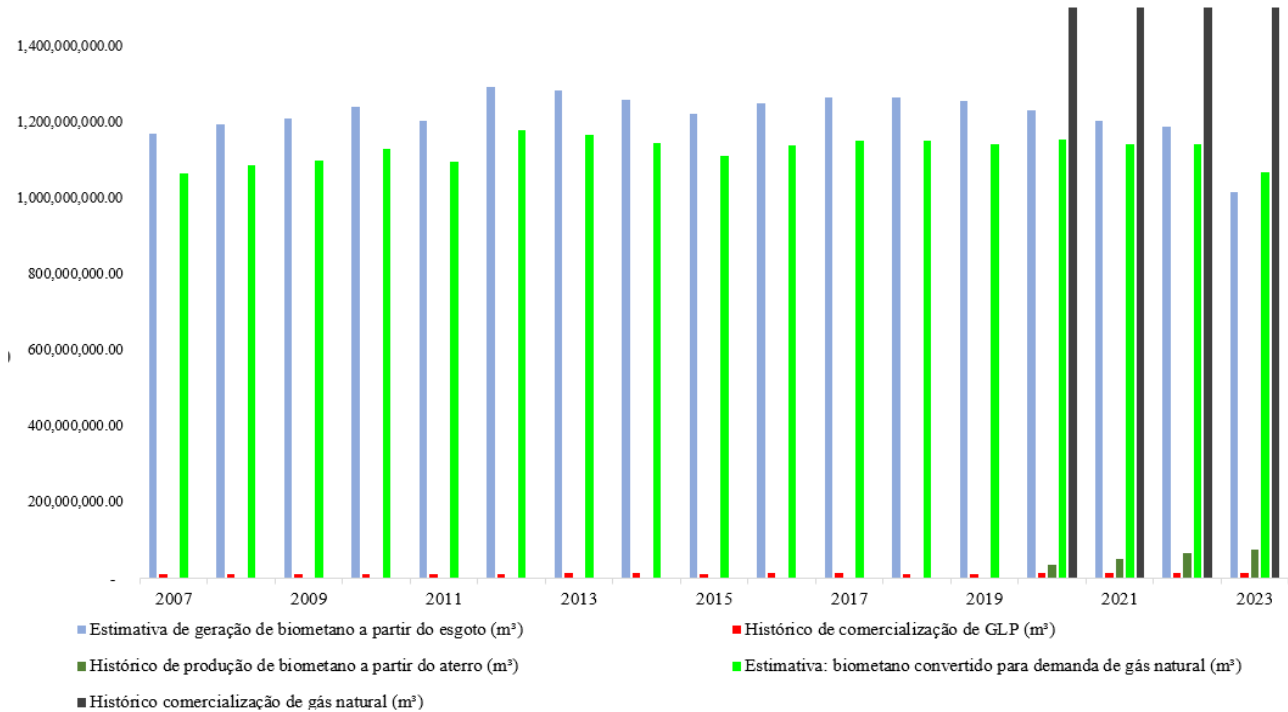
## Encontro de Economia Paranaense

### V International Meeting on Economic Theory and Applied Economics

### II Jornada Internacional de Comunicação Científica

rendimento e a qualidade desses produtos possam variar dependendo das condições específicas do tratamento e da composição do esgoto (Agabo-García et al., 2019), visando evitar valores superestimados, os valores de conversão utilizados nos cálculos consideraram que o tratamento brasileiro é prioritariamente convencional, 68% do tratamento é do tipo secundário (IBGE, 2020).

Figura 2 – Potencial de geração de biometano oriundo do esgoto no Brasil



Fonte: elaboração própria (2024).

A estimativa de geração de biometano a partir de esgoto é promissora. A oferta de biometano tem potencial de suprir em média 30% da demanda histórica de gás natural e do GLP. O biometano tem o potencial de suprir as necessidades internas de energia das ETEs. O consumo de energia, especialmente no tratamento secundário, é uma das etapas mais intensivas em termos de energia e custos nas ETEs (Smith e Liu, 2017). Este processo é altamente custoso e a energia consumida é uma das principais emissoras de GEE no tratamento de esgoto (Zhou et al., 2024).

Por esses impactos, o projeto de lei de incentivo ao biometano prevê que, a partir de 2026, os produtores e importadores de gás natural deverão comprovar uma quantidade mínima de biometano durante o ano (Brasil, 2024d). Este incentivo é essencial para a sustentabilidade energética do país, reduzindo a dependência de fontes fósseis e diminuindo o impacto ambiental. A utilização de biometano não só promove uma economia circular, aproveitando resíduos que seriam descartados, como também contribui significativamente para a mitigação das emissões de GEE, promovendo um sistema de tratamento de esgoto mais sustentável e eficiente.

No Brasil, já é uma realidade a produção regulamentada de biofertilizantes oriundos de resíduos de esgoto. Desde 2020 até maio de 2024, são 128 produtos fertilizantes para solo e substrato para plantas produzidos em 54 municípios brasileiros (Brasil, 2024a). No entanto, a base do SIPEAGRO

# XVI ECOPAR

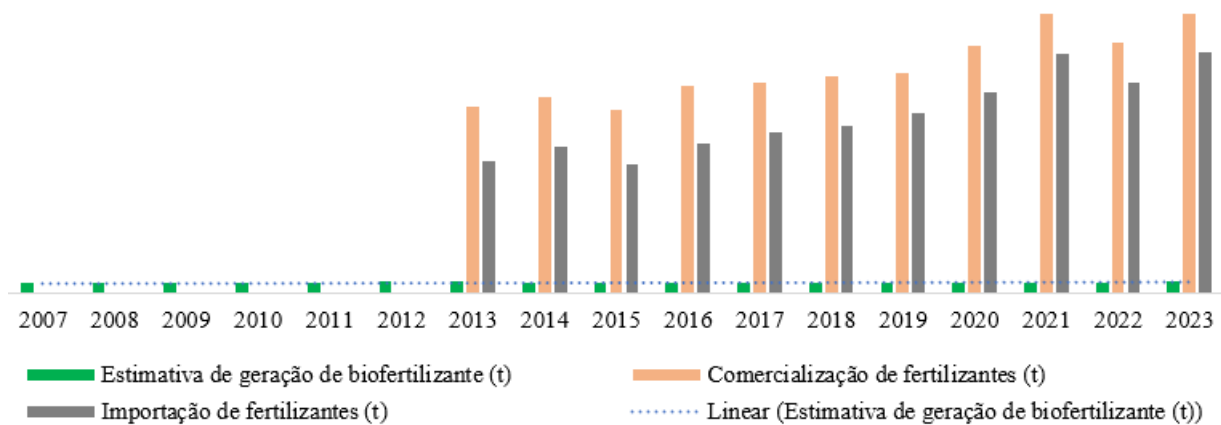
## Encontro de Economia Paranaense

V International Meeting on Economic Theory and Applied Economics

II Jornada Internacional de Comunicação Científica

não fornece a quantidade produzida. Embora a estimativa de geração de biofertilizantes mostre tendência de aumento, podendo atingir 2,05 bilhões de toneladas em 2030, essa produção não atende à demanda interna crescente, que passou de 30,2 milhões de toneladas em 2011 para 45,8 milhões em 2022. As importações de fertilizantes também aumentaram significativamente, de 21,6 milhões de toneladas em 2012 para 39,4 milhões em 2022. A dependência externa representa riscos à segurança alimentar e altos custos devido à indexação de preços ao dólar (Brasil, 2020c). O aumento da produção interna de biofertilizantes a partir de esgoto e a adoção de novas tecnologias podem diminuir essa dependência.

Figura 3 –Potencial de geração de biofertilizante oriundo do esgoto no Brasil



Fonte: elaboração própria (2024).

Embora a estimativa de produção de biofertilizante a partir de resíduos de esgoto só atenda em média 6% da demanda do país, essa produção, junto com o biometano, pode contribuir para alcançar estabilidade financeira, ampliar o acesso ao saneamento, minimizar problemas ambientais e evitar a sobrecarga dos aterros. Na Europa, aproximadamente 50% dos custos das ETEs estão relacionados ao tratamento e disposição do lodo em aterros (Kacprzak et al., 2017).

No Brasil, protocolos de segurança são aplicados desde 2020 (Brasil, 2020b). A transição para o uso mais extensivo de biometano e biofertilizantes representa um caminho promissor para o desenvolvimento sustentável do Brasil, alinhando-se com as metas globais de redução de emissões de GEE e promoção de uma agricultura mais verde e eficiente.

### Considerações Finais.

A análise da capacidade de produção de biometano a partir de resíduos de esgoto demonstrou um potencial para suprir parte da demanda energética do país: nas operações das ETEs, na redução da dependência de combustíveis fósseis e mitigando emissões de GEE. Paralelamente, a geração de biofertilizantes, embora ainda insuficiente para atender à demanda agrícola brasileira, pode contribuir para reduzir a dependência de fertilizantes importados e promover uma agricultura mais sustentável.

# XVI ECOPAR

## Encontro de Economia Paranaense

V International Meeting on Economic Theory and Applied Economics

II Jornada Internacional de Comunicação Científica

A transição para o uso mais amplo de biometano e biofertilizantes alinha-se com as metas globais de sustentabilidade e segurança alimentar, ODS, oferecendo soluções econômicas e ambientais. A regulamentação para o uso de biofertilizantes, bem as normas para o controle da qualidade do biometano oriundo de aterros sanitários e de ETEs, são fundamentais para assegurar a eficácia e a segurança dessas tecnologias.

Investimentos em novas tecnologias e políticas de incentivo, como o projeto de lei para a inclusão de biometano na matriz energética, são cruciais para maximizar esses benefícios. Em suma, a valorização dos resíduos de esgoto através da produção de biometano e biofertilizantes representa um caminho estratégico para o Brasil alcançar uma gestão de resíduos mais eficiente e sustentável, promovendo a economia circular e contribuindo para a segurança alimentar e energética do país.

A principal limitação desta pesquisa é o acesso a dados relativos à produção de biofertilizantes, ao volume de esgoto gerado e aos tratamentos e destino do esgoto brasileiro. Sugere-se pesquisas relacionadas a sustentabilidade das iniciativas de biometano e biofertilizante já em operação no país.

### Agradecimentos.

Agradecemos o apoio financeiro da Coordenação de Aperfeiçoamento do Pessoal de Nível Superior (CAPES).

### Referências

ABRACE (2017). Associação Brasileira de Grandes Consumidores Industriais de Energia e Consumidores Livres. **Condições de distribuição de biometano na rede de gás canalizado do estado de São Paulo.** Disponível em:

[https://www.arsesp.sp.gov.br/ConsultasPublicasBiblioteca/Contribuicao\\_CP072016\\_ABRACE.pdf](https://www.arsesp.sp.gov.br/ConsultasPublicasBiblioteca/Contribuicao_CP072016_ABRACE.pdf).

Agabo-García, C.; Pérez, M.; Rodríguez-Morgado, B.; Parrado, J.; Solera, R. **Biomethane production improvement by enzymatic pre-treatments and enhancers of sewage sludge anaerobic digestion.** 2019. Fuel. 255. Doi: 10.1016/j.fuel.2019.115713.

ANDA (2024). Associação Nacional de Difusão de Adubos. **Pesquisa Setorial - Macro Indicadores.** Acesso em: 13 jun. 24. Disponível em: [https://anda.org.br/pesquisa\\_setorial/](https://anda.org.br/pesquisa_setorial/).

BRASIL (2020). Secretaria especial de assuntos estratégicos. **Produção nacional de fertilizantes: estudo estratégico.** Acesso em: 12 jun. 24. Disponível em: [https://www.gov.br/planalto/pt-br/assuntos/assuntos-estrategicos/documentos/estudos-estrategicos/sae\\_publicacao\\_fertilizantes\\_v10.pdf](https://www.gov.br/planalto/pt-br/assuntos/assuntos-estrategicos/documentos/estudos-estrategicos/sae_publicacao_fertilizantes_v10.pdf).

BRASIL. (2020a). **Lei nº 14.026, de 15 de julho de 2020.** Atualiza o marco legal do saneamento básico [...].

BRASIL. (2020b). Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Instrução normativa nº 61, de 08 de julho de 2020.** Estabelece as regras [...] e dos biofertilizantes destinados à agricultura.

BRASIL. (2022). Agência nacional do petróleo, gás natural e biocombustíveis. **Resolução ANP Nº 886, de 29 de setembro de 2022.** Estabelece [...] controle da qualidade do biometano oriundo de aterros sanitários e de estações de tratamento de esgoto [...].

BRASIL (2024a). Ministério da Agricultura e Pecuária. **Painel da área de Fertilizantes, Inoculantes e Corretivos (SIPEAGRO).** Acesso em: 27 de maio de 2024. Disponível em: <https://mapa-indicadores.agricultura.gov.br/publico/extensions/Fertilizantes/Fertilizantes.html>.





# XVI ECOPAR

## Encontro de Economia Paranaense

V International Meeting on Economic Theory and Applied Economics

II Jornada Internacional de Comunicação Científica

BRASIL (2024b). Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis (ANP). **Painel dinâmico - produtores de biometano**. Acesso em maio de 2024. Disponível em: <https://app.powerbi.com/view?r=eyJrljoiM2MwZWQ0ZjAtYTRjNy00MWUyLThiYzgtYjI4Y2JmMjA3YzNhIiwidCI6IjQ0OTlmNGZmLTl0YTYtNGI0Mi1iN2VmLTEyNGFmY2FkYzIxMyJ9>.

BRASIL (2024c). Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis (ANP). **Vendas de combustíveis**. Acesso em 14 jun. 24. Disponível em: <https://www.gov.br/anp/pt-br/centrais-de-conteudo/dados-estatisticos>.

BRASIL (2024d). Câmara dos Deputados. **PL 528/2020**. Dispõe [...] Programa Nacional de Descarbonização do Produtor e Importador de Gás Natural e de Incentivo ao Biometano [...].

BRASIL (2024e). Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis (ANP). **Comercialização de Gás Natural**. Acesso em 15 jun. 24. Disponível em: <https://www.gov.br/anp/pt-br/centrais-de-conteudo/dados-abertos/comercializacao-de-gas-natural>.

BRASIL. (2024e). Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento. **SNIS - Série Histórica**. Acesso em: 14 jun. 24. Disponível em: <http://app4.mdr.gov.br/serieHistorica/#>.

Cominetti, C.S.S.; Schlindwein, M.M.; Hoeckel, P.H.O.; **Socio-environmental externalities of sewage waste management**. Science of the Total Environment. No prelo.

Gherghel, A., Teodosiu, C., & Gisi, S. D. (2019). **A review on wastewater sludge valorisation and its challenges in the context of circular economy**. Journal of Cleaner Production, pp. 244-263. Doi:10.1016/j.jclepro.2019.04.240.

Kacprzak, M., Neczaj, E., Fijałkowski, K., Grobelak, A., Grosser, A., Worwag, M., Singh, B. R. (2017). **Sewage sludge disposal strategies for sustainable development**. Environmental Research, pp. 39-46. doi:10.1016/j.envres.2017.03.010.

IBGE. (2020). Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Pesquisa Nacional de Saneamento Básico: 2017**. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/estatisticas/multidominio/meio-ambiente/9073-pesquisa-nacional-de-saneamento-basico.html?=&t=publicacoes>.

IBGE (2022). Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Estimativas da População**. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/estatisticas/sociais/populacao/9103-estimativas-de-populacao.html?edicao=28674>.

ONU. 2024. NAÇÕES UNIDAS Brasil. **Objetivos do desenvolvimento sustentável**. Acesso em: 10 junho de 24. Disponível em: <https://brasil.un.org/pt-br/sdgs>.

Sena, M.; Seib, M.; Noguera, D.R.; Hicks, A. **Environmental impacts of phosphorus recovery through struvite precipitation in wastewater treatment**. Journal of Cleaner Production. 280. Doi:10.1016/j.jclepro.2020.124222.

Smith, K.; Liu, S. 2017. **Energy for Conventional Water Supply and Wastewater Treatment in Urban China: A Review**. Global Challenges. doi:10.1002/gch2.201600016.

WHO/UNICEF. 2021. **Progress on household drinking water, sanitation and hygiene 2000-2020: Five years into the SDGs**. World Health Organization (WHO) and the United Nations Children's Fund (UNICEF), Geneva.

Zhou, P.; Li, D.; Zhang, C.; Ping, Q.; Wang, L.; Li, Y. 2024. **Comparison of different sewage sludge pretreatment technologies for improving sludge solubilization and anaerobic digestion efficiency: A comprehensive review**. Science of The Total Environment. 921. Doi:10.1016/j.scitotenv.2024.171175.

