

## AVALIAÇÃO DO POTENCIAL ENERGÉTICO DO METANO GERADO EM ESTAÇÕES DE TRATAMENTO DE ESGOTO: ESTUDO DE CASO EM MUNICÍPIOS DO RIO GRANDE DO SUL

LUCAS SEDREZ MAIA<sup>1</sup>; MAELE COSTA DOS SANTOS<sup>2</sup>; ROBERTO CALDEIRA<sup>3</sup>; WILLIAN CEZAR NADALETI<sup>4</sup>

<sup>1</sup>*Universidade Federal de Pelotas – luccasmaiaeng@gmail.com*

<sup>2</sup>*Universidade Federal de Pelotas – maeledossantoseq@gmail.com*

<sup>3</sup>*Universidade Federal de Pelotas – roberto\_calteira@live.com*

<sup>4</sup>*Universidade Federal de Pelotas – williancezarnadaletti@gmail.com*

### 1. INTRODUÇÃO

O tratamento de esgoto doméstico desempenha um papel essencial na saúde pública e na proteção ambiental. No entanto, os processos biológicos envolvidos, especialmente os anaeróbios, resultam na emissão de Gases de Efeito Estufa (GEE), entre eles o metano ( $\text{CH}_4$ ), cuja capacidade de aquecimento global é 28 vezes maior que a do dióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ ) em um horizonte de 100 anos (IPCC, 2021).

Apesar do seu impacto climático, o  $\text{CH}_4$  também se constitui em um recurso energético estratégico, passível de aproveitamento na geração elétrica, térmica e, mais recentemente, como insumo para a produção de hidrogênio de baixo carbono. O uso de energéticos derivados do biogás contribui simultaneamente para a mitigação das mudanças climáticas e para a diversificação da matriz energética.

No cenário brasileiro, os reatores anaeróbios do tipo UASB (Upflow Anaerobic Sludge Blanket) são amplamente empregados no tratamento de esgoto doméstico devido ao baixo custo e à simplicidade operacional. Contudo, em grande parte das Estações de Tratamento de Esgoto (ETEs), o metano produzido ainda é subutilizado, sendo frequentemente liberado diretamente na atmosfera (SOUZA; CHERNICHARO, 2010).

Nesse contexto, este estudo tem como objetivo quantificar as emissões de  $\text{CH}_4$  provenientes de ETEs em cinco municípios do Rio Grande do Sul, sendo eles Porto Alegre, Caxias do Sul, Canoas, Pelotas e Santa Maria, bem como estimar seu potencial de aproveitamento energético com vistas à produção de hidrogênio verde.

### 2. METODOLOGIA

A estimativa de emissões de metano foi realizada conforme as diretrizes do Good Practice Guidance (IPCC, 2000), aplicando-se a seguinte equação:

$$\text{Emissões} = (\text{TOWdom} \times \text{EF}) - \text{R}$$

Em que:

TOWdom = carga orgânica removida pelo tratamento (kg DQO/ano),

EF = fator de emissão (kg  $\text{CH}_4$ /kg DQO),

R = quantidade de metano recuperado.

Foram utilizados dados populacionais dos municípios selecionados (IBGE, 2022) e parâmetros de geração de esgoto doméstico (DQO média de 19,71 kg/hab.ano). A eficiência de conversão para metano adotada foi 0,48 e a eficiência de recuperação considerada foi 50% conforme recomendações do IPCC.

### 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados evidenciam, conforme a Tabela 01, que a soma das emissões estimadas nos cinco municípios analisados resulta em 12,96 milhões de kg de CH<sub>4</sub>/ano (12,96 kt/ano). Considerando que 1 kg de CH<sub>4</sub> equivale a 55,5 MJ de energia, o potencial energético total ultrapassa 719 TJ/ano. Esse volume de energia seria suficiente para abastecer, em termos elétricos, mais de 55 mil residências por ano, tomando como base um consumo médio de 13 MWh/ano por domicílio (ENERGYEDUCATION, 2023; ANEEL, 2023). Além do setor residencial, tal potencial energético poderia atender de forma significativa a demandas de processos industriais locais que necessitam de calor, além de servir como insumo para a produção de hidrogênio verde, por meio da reforma do metano associada à captura de carbono.

**Tabela 1: Emissões de CH<sub>4</sub> em 5 cidades do Rio Grande do Sul**

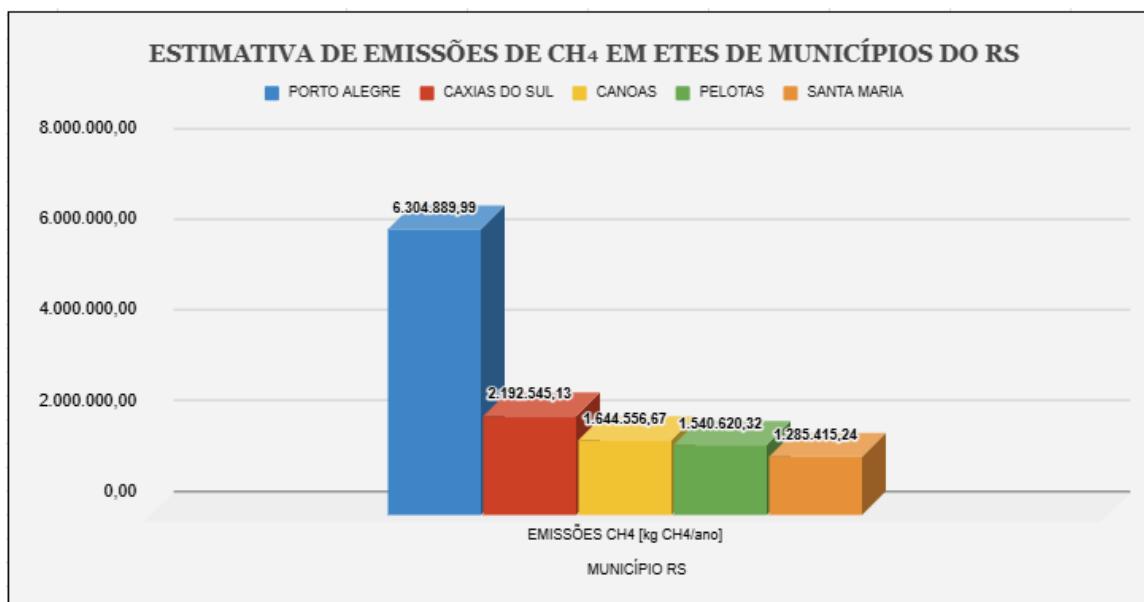
MUNICÍPIO RS	POPULAÇÃO TOTAL	TOWDOM	CH <sub>4</sub> POTENCIAL	EMISSÕES CH <sub>4</sub> [kg CH <sub>4</sub> /ano]
PORTO ALEGRE	1.332.845	26.270.374,95	12.609.779,98	6.304.889,99
CAXIAS DO SUL	463.501	9.135.604,71	4.385.090,26	2.192.545,13
CANOAS	347.657	6.852.319,47	3.289.113,35	1.644.556,67
PELOTAS	325.685	6.419.251,35	3.081.240,65	1.540.620,32
SANTA MARIA	271.735	5.355.896,85	2.570.830,49	1.285.415,24

O aproveitamento do metano em reatores UASB pode ser visualizado por meio da captura do biogás e sua purificação. Tecnologias atuais permitem a reforma do metano (CH<sub>4</sub> → H<sub>2</sub> + CO) com captura do carbono, resultando em hidrogênio de baixa pegada de carbono. Assim, os municípios analisados poderiam não apenas reduzir suas emissões de GEE, mas também contribuir para a transição energética.

Em termos tecnológicos, o aproveitamento do biogás em reatores UASB ainda é incipiente no Brasil, sendo mais comum em ETEs de grande porte. Contudo, os resultados deste estudo indicam que mesmo municípios de médio porte possuem escala suficiente para justificar investimentos em sistemas de captura, purificação e utilização do metano. A viabilidade desses projetos poderia ser incentivada por meio de políticas públicas voltadas para a transição energética, bem como pela utilização de mecanismos de crédito de carbono, ampliando o impacto positivo tanto no setor ambiental quanto no econômico. Outro aspecto relevante é a diferença de escala entre os municípios, Porto Alegre, com maior população, naturalmente apresenta maior potencial energético. Entretanto, cidades médias como Pelotas e Canoas também demonstram valores expressivos, indicando que a viabilidade de projetos

de recuperação energética não se restringe apenas a grandes centros urbanos como é possível ver na figura 2.

**Figura 1. Estimativa das emissões de CH<sub>4</sub> de ETEs no RS**



É possível analizar que essas cidades possuem volume suficiente para justificar investimentos em tecnologias de recuperação do biogás. Isso mostra que o aproveitamento energético do esgoto pode ser uma alternativa viável, capaz de unir benefícios ambientais e econômicos, além de contribuir diretamente com as metas globais de mitigação climática e transição para uma economia mais sustentável.

#### 4. CONCLUSÕES

O estudo demonstrou que as ETEs dos municípios analisados possuem um potencial significativo de geração de metano, atualmente subaproveitado. O aproveitamento energético desse CH<sub>4</sub> poderia reduzir significativamente as emissões de GEE e, ao mesmo tempo, impulsionar a transição energética e a produção de hidrogênio verde no Brasil. Porto Alegre se destaca como o município com maior capacidade de produção, mas os demais centros urbanos também apresentam resultados relevantes, indicando que políticas públicas de incentivo e investimentos em tecnologias de recuperação e purificação do biogás poderiam gerar impactos ambientais e energéticos positivos em todo o estado.

#### 5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- IPCC. (2000). Good Practice Guidance and Uncertainty Management in National Greenhouse Gas Inventories. Intergovernmental Panel on Climate Change.
- IPCC. (2021). Climate Change 2021: The Physical Science Basis. Cambridge University Press.

ENERGYEDUCATION. Methane. University of Calgary, 2023. Disponível em: <https://energyeducation.ca/encyclopedia/Methane>

Chernicharo, C. A. L. (2007). Reatores Anaeróbios: princípios do tratamento biológico de águas residuárias. UFMG.

Silva, F. M.; Oliveira, L. H. (2020). Potencial energético do biogás em estações de tratamento de esgoto no Brasil. Revista Engenharia Sanitária e Ambiental, 25(4), 567-576.

IBGE. (2022). Censo Demográfico 2022. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística.

BRASIL. Ministério da Ciência e Tecnologia. Segundo inventário brasileiro de emissões antrópicas de gases de efeito estufa: relatórios de referência – Emissões de gases de efeito estufa no tratamento e disposição de resíduos. Brasília: MCT, 2010.

BRASIL. Agência Nacional de Energia Elétrica – ANEEL. Indicadores sociais internos – consumo médio residencial por consumidor: 164,3 kWh/ano (2023), 150,6 kWh/ano (2022) e 148,1 kWh/ano (2021). Disponível em: <https://api.mziq.com/mzfilemanager/v2/d/62b21cba-838c-49a4-aaef-e0fb2350c169/b16a8652-a75d-6bf3-e6c8-713f6f1abe92?origin=1>

SOUZA, C. L.; CHERNICHARO, C. A. L. Methane and hydrogen sulfide emissions in UASB reactors treating domestic wastewater. Apresentado no 12th World Congress on Anaerobic Digestion, 2010. Disponível em: [https://www.abes-dn.org.br/pdf/cadernos/ESA\\_Notas\\_Parte\\_A\\_baixa1.pdf](https://www.abes-dn.org.br/pdf/cadernos/ESA_Notas_Parte_A_baixa1.pdf)