Encontro Técnico AESABESP
37º Congresso Nacional de Saneamento e Meio Ambiente

AESABESP 40 Anos
Associação dos Engenheiros da Sabesp

37ETC-07353: BARREIRAS À IMPLEMENTAÇÃO DE BIODIGESTORES EM ESTAÇÕES DE TRATAMENTO DE ESGOTO NA REGIÃO METROPOLITANA DO RIO DE JANEIRO

Lia Carolina Melo da Silva[1],
Gilson Brito Alves Lima[2] e Marco Antônio Vilela de Oliveira[3]
AGENERSA/MSG UFF[1], MSG UFF[2] e AGENERSA/MSG UFF[3]

O "Paradoxo Fluminense" no Saneamento

- Transição da economia linear para a circular: Biorrefinarias Renováveis [1]
- Subaproveitamento: Lodo adensado e transportado diretamente para aterros sanitários (ETEs Alegria, Sarapuí e Pavuna)

45% **do OPEX das Macro-ETEs é consumido por energia elétrica**

- Potencial de Biorrefinaria: Alta carga orgânica disponível para transição energética.

OBJETIVO: investigar o que impede a implantação da biodigestão anaeróbia nessas infraestruturas



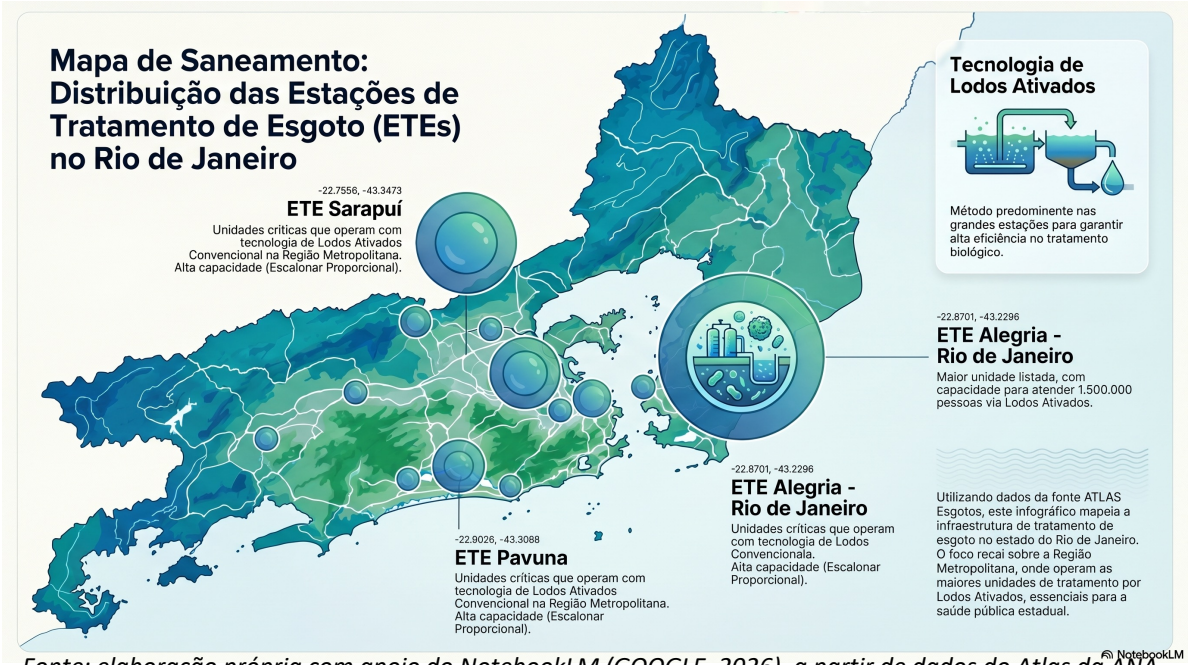
Fonte: Imagem meramente ilustrativa retirada das fotos disponíveis no Google (GOOGLE, 2026).

Escala Operacional das Macro-ETEs

Abordagem Metodológica

Estudo exploratório quali-quantitativo baseado em revisão da literatura e análise documental.

Ganho de Escala: Redução do custo unitário por kg de DQO tratada.



Fonte: elaboração própria com apoio do NotebookLM (GOOGLE, 2026), a partir de dados do Atlas da ANA (BRASIL, 2019).

Estação (ETE)	Vazão Atual	Vazão Futura (Projeção)
ETE Alegria	2.500 L/s	5.000 L/s (2032)
ETE Sarapuí	1.500 L/s	3.000 L/s (Nominal)
ETE Pavuna	1.500 L/s	3.000 L/s (Nominal)

Três Barreiras Críticas Identificadas

Inibição por Polímero

A poliacrilamida (PAM), usada na desidratação do lodo, em concentrações acima de 1,35 g/kg de lodo seco, inibe gravemente a atividade microbiana anaeróbia, podendo reduzir drasticamente o rendimento de metano e gerar subprodutos tóxicos. [2]

Restrição Química (Zinco)

Esgotos das bacias de Sarapuí e Pavuna recebem cargas industriais com altos teores de zinco. Se o teor ultrapassar 2,8 g/kg de lodo seco, o digestato perde a classificação Classe A da Resolução CONAMA nº 498/2020, inviabilizando seu reuso agrícola como biossólido. [3]

Risco Operacional

Cerca de 80% dos incidentes no setor decorrem de fatores humanos e organizacionais. Culturas de manutenção puramente reativas elevam a probabilidade de vazamentos de H_2S. e paradas operacionais, aumentando o prêmio de risco dos investidores." [4]

Retorno Financeiro e Avanços Regulatórios

Modelo de Autoconsumo

< 2 Anos

Payback estimado para recuperação energética própria [5]

Venda à rede externa: **Payback > 8 anos**

Marco Federal (Leis 14.993/24 e 15.269/25)

Criação do Certificado de Garantia de Origem de Biometano (CGOB) e regulação sobre armazenamento de energia.

Regulação Estadual (AGENERSA)

Garantia de integração do Gás Natural Renovável na rede distribuidora local.

Roteiro para Viabilização dos Biodigestores

O Rio de Janeiro possui infraestrutura de escala pronta para a transição energética, mas a superação do 'Paradoxo Fluminense' exige integrar:

01. AJUSTE DE PROCESSO

Substituição da PAM

Adequação de polímeros e controle rígido de efluentes industriais.

02. GESTÃO DE RISCO

Manutenção Preditiva

Cultura de segurança de processo para mitigar vazamentos e paradas.

03. MONETIZAÇÃO

Incentivos & CGOB

Aproveitamento dos créditos de biometano para modicidade tarifária.

Recomenda-se estudos futuros para monitoramento em tempo real de polímeros e modelagem de contratos de concessão com compartilhamento de ganhos energéticos para a modicidade tarifária

REFERÊNCIAS

[1] WYMAN, Charles E. Twenty years of trials, tribulations, and triumphs in bioethanol technology. Trends in Biotechnology , v. 19, n. 5, p. 148-153, 2001. DOI: 10.1016/S0167-7799(01)01602-1.

[2] JATURONGKACHOCK, T.; NOOPHAN, P.; SINBUATHONG, N. Biogas production from municipal wastewater sludge containing polyacrylamide. *International Journal of Hydrogen Energy*, v. 163, p. 150768, 2025.

[3] BARROS FILHO, Marcos André Capitulino de; FROEHRNER, Sandro; ERRERA, Marcelo Risso; POSSETTI, Gustavo Rafael Collere; AISSE, Miguel Mansur. Integrated energy recovery from biogas and dried sewage sludge in a full-scale thermal dryer. Biomass and Bioenergy , v. 212, p. 109304, 2026. DOI: 10.1016/j.biombioe.2026.109304.

[4] ABOURIDA, Mohamed; SAKR, Abdel-Hamed; KHAMIS, Noor M.; SHORT, Michael; KLYMENKO, Oleksiy V. Managing process-safety risks in wastewater-based biogas: human–organisational drivers and PSMS implications. *Waste Management Bulletin*, v. 3, p. 100267, 2025.

[5] HVALA, Nadja; VREČKO, Darko; CERAR, Peter; ŽEFRAN, Gregor; LEVSTEK, Marjetka; VRANČIĆ, Damir. Energy Cost Optimisation in a Wastewater Treatment Plant by Balancing On-Site Electricity Generation with Plant Demand. Water , v. 17, n. 8, p. 1170, 2025. DOI: 10.3390/w17081170.

Obrigado!

Encontro Técnico AESABESP
37º Congresso Nacional de Saneamento e Meio Ambiente

AESABESP 40 Anos
Associação dos Engenheiros da Sabesp

Lia Carolina Melo da Silva
lmelo@agenersa.rj.gov.br

Coautores

Gilson Brito Alves Lima
glima@id.uff.br

Marco Antônio Vilela de Oliveira
moliveira@agenersa.rj.gov.br