

# APROVEITAMENTO DO BIOGÁS E DA ENERGIA SOLAR PARA SECAGEM TÉRMICA E HIGIENIZAÇÃO DE LODO DE ESGOTO

Jéssica Cristine Gontijo<sup>1</sup>  
Ana Paula Lang Martins Madi<sup>2</sup>

## RESUMO

O lodo de esgotos é um dos principais subprodutos gerados nas estações de tratamento de esgotos domésticos. Trata-se de um resíduo sólido composto por água, rico em matéria orgânica e nutrientes, porém concentrador de micro-organismos patogênicos. Dentre as diversas alternativas de aproveitamento e/ou disposição final desse resíduo, destaca-se a aplicação na agricultura. Entretanto, para utilizar-se desse subproduto na reciclagem agrícola, torna-se necessário eliminar ou reduzir significativamente a quantidade de micro-organismos presentes por meio de um processo de higienização. A via térmica é umas das técnicas que podem ser utilizadas. No entanto, um fator de grande importância é a fonte de energia para geração de calor. Um sistema piloto constituído por um protótipo de aço inox foi construído para transferir calor ao lodo por meio de piso radiante, alimentado por energia solar complementada pelo biogás proveniente do tratamento anaeróbico de esgotos. Os resultados demonstram que as temperaturas na massa de lodo atingiram patamares suficientes para sua higienização e secagem. As temperaturas médias registradas, em regiões distintas, na massa de lodo foram de 55,8 °C e 63,8 °C, enquanto que a temperatura máxima foi de 79,0 °C. Com relação ao teor de sólidos totais final, houve um aumento de 68,68% comparado ao teor de sólidos totais inicial de 22,96%. Por fim, verificou-se que o aproveitamento da energia solar complementada pelo biogás é eficaz na sua tarefa de higienização e secagem do lodo de esgotos.

Palavras-chave: Lodo de Esgotos. Biogás. Energia Solar. Higienização. Secagem Térmica.

<sup>1</sup> Aluna do 8º período do curso de Engenharia Ambiental e Sanitária da FAE Centro Universitário. Bolsista do Programa de Apoio à Iniciação Científica (PAIC 2016-2017). *E-mail*: jessica-gontijo@hotmail.com

<sup>2</sup> Doutora em Ecologia e Conservação pela Universidade Federal do Paraná. Professora da FAE Centro Universitário. *E-mail*: ana.madi@bomjesus.br

## INTRODUÇÃO

Os efluentes sanitários ou esgotos sanitários são águas residuais de origem doméstica ou não doméstica. No processo de tratamento de esgotos, o lodo é um dos principais subprodutos gerados (ANDREOLI et al., 2001). Trata-se de um resíduo sólido composto por água, rico em matéria orgânica e nutrientes, porém concentrador de micro-organismos patogênicos (von SPERLING et al., 2001).

O gerenciamento do lodo de esgotos é uma atividade de grande complexidade e alto custo que, se for mal executada, pode comprometer os benefícios ambientais e sanitários. Por isso, a sua disposição final deve ser sanitariamente segura, ambientalmente adequada e economicamente viável, de acordo com as legislações vigentes no Brasil (FERNANDES et al., 2001).

Algumas alternativas para disposição final ou aproveitamento desse material são: a disposição no aterro sanitário, a incineração, o reuso industrial, a recuperação de áreas degradadas e a reciclagem agrícola. Entretanto, para utilizar-se desse subproduto na reciclagem agrícola, torna-se necessário eliminar ou reduzir significativamente a quantidade de micro-organismos presentes por meio de um processo de higienização.

Dos processos existentes, dois se destacam: a estabilização alcalina prolongada e a via térmica. A estabilização alcalina prolongada, técnica consolidada, regulamentada por meio da Resolução da Secretaria do Meio Ambiente e Recursos Hídricos (SEMA) PR nº 021/2009 e amplamente utilizada no Estado do Paraná, tem por princípio a elevação do pH do lodo a níveis iguais ou superiores a 12 com auxílio de produtos químicos alcalinos, que, após cura por 30 dias, visa a inativação ou destruição de parte dos patógenos (PINTO et al., 2001). A quantidade de patógenos destruídos ou inativados classifica o lodo como Classe A ou Classe B (ANDREOLI et al., 2001).

A via térmica, conforme preconiza a Resolução do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA) nº 375/06, deve ser realizada em um sistema de transferência de calor capaz de manter o lodo a pelo menos 70 °C por trinta minutos (BRASIL, 2006), ou a 54 °C, mantendo pelo menos ao longo de 2 horas (POSSETTI et al., 2012). Entretanto, a via térmica necessita de fonte de energia para a geração de calor. O biogás, proveniente das Estações de Tratamento de Esgotos (ETEs) e a energia solar são potenciais fontes para geração de energia.

Este trabalho tem como objetivo investigar um sistema térmico piloto de secagem e higienização de lodo de esgotos, aquecido a partir do aproveitamento energético da radiação solar e do biogás oriundo dos processos de tratamento de esgotos domésticos. Como objetivos específicos: analisar as temperaturas na massa de lodo durante o

período de ensaio, o teor de sólidos totais inicial e final e, por fim, estimar o volume de biogás necessário para higienizar e secar o lodo de esgotos, de maneira complementar a energia solar.

## **1 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA**

Os constituintes mais preocupantes no lodo de esgotos são os micro-organismos patogênicos, como: as bactérias, os vírus, os protozoários e os ovos intestinais. O processo de higienização do lodo é fundamental e seu principal objetivo é assegurar um nível de patogenicidade que, ao ser disposto no solo, não venha causar riscos à saúde humana e impactos negativos ao meio ambiente (FERNANDES et al., 2001).

Os principais mecanismos de higienização de lodo de esgotos são os processos térmicos e químicos. Nos processos térmicos, um fator de grande importância é a fonte de energia. Já nos processos químicos, o fator mais importante é a utilização de produtos alcalinos para elevar o pH do lodo. Duas variáveis de controle que relacionam esses dois mecanismos são: o tempo de permanência e a temperatura (PINTO et al., 2001).

Para Possetti et al. (2012), torna-se oportuno utilizar o biogás como fonte de energia para higienização e secagem do lodo de esgotos. O biogás é um subproduto presente em processos de tratamento de esgotos que utilizam reatores anaeróbios, sendo composto majoritariamente por metano ( $\text{CH}_4$ ), um gás que possui alto poder calorífico e que pode ser recuperado e utilizado energeticamente. Outra fonte é a o aproveitamento da energia solar, que pode ser transformada em energia térmica ou elétrica e aplicada em diversos usos. Fonte de energia renovável e disponível em qualquer lugar do mundo.

## **2 METODOLOGIA**

### **2.1 CONSIDERAÇÕES GERAIS**

O estudo classifica-se como de natureza científica aplicada, de caráter exploratório e experimental, pois tem como objetivo gerar conhecimento para aplicação de novos métodos operacionais para o tratamento de lodo de esgotos, coletando dados a partir de experimentos realizados em escala piloto no interior de uma ETE anaeróbia.

## 2.2 LOCALIZAÇÃO DO SISTEMA PILOTO

O sistema piloto de higienização e secagem de lodo de esgotos foi construído no pátio da ETE estudada, localizada na cidade de Curitiba, Paraná.

A estação é constituída de um sistema anaeróbio com gradeamento, desarenador, seis reatores anaeróbios e complementados por uma lagoa aerada e uma lagoa de polimento. O tratamento de lodo resultante do sistema de tratamento de esgotos é realizado por um sistema constituído de adensador por gravidade, secagem mecânica por centrífugas, pátio de cura e higienização de lodo desidratado com cal.

## 2.3 DESCRIÇÃO E CARACTERÍSTICAS DO EXPERIMENTO

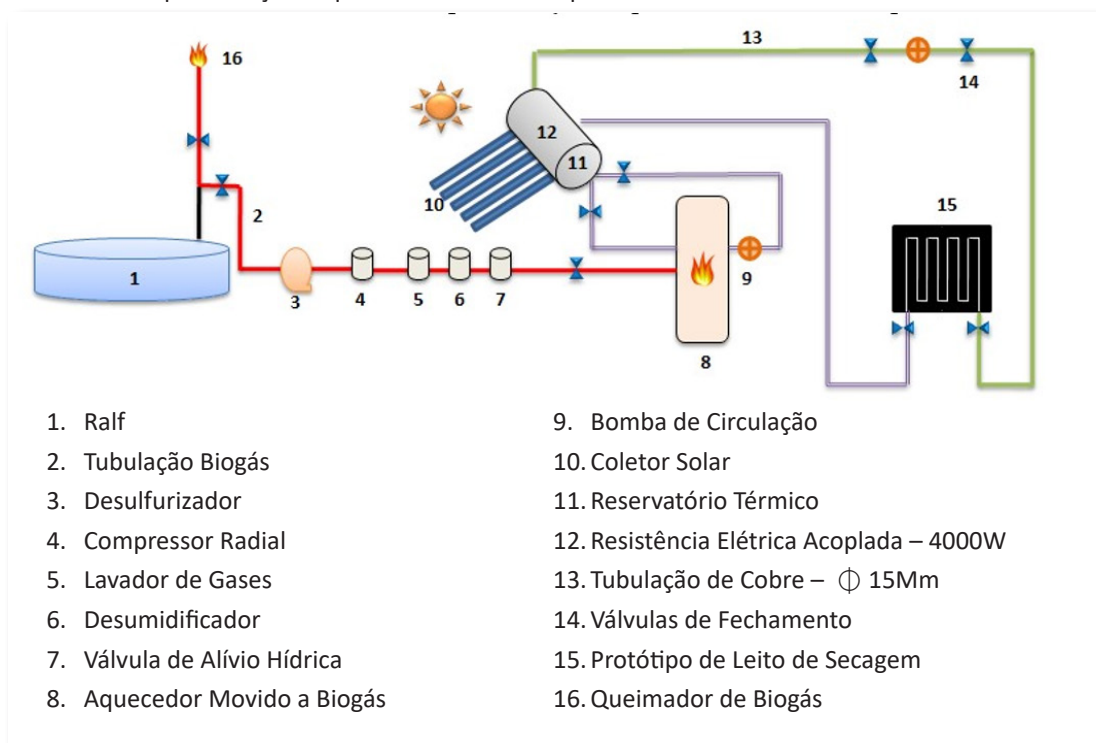
O sistema piloto (FIG. 1) consiste em um protótipo de leito de secagem, constituído de piso radiante que é capaz de transferir calor ao lodo de esgotos depositado sobre ele. Para tanto, o protótipo é dotado de serpentinas acopladas em sua base, por onde circula a água aquecida. A água da rede pública de abastecimento é enviada a um reservatório de 0,200 m<sup>3</sup> e seu aquecimento é realizado por meio de sua circulação em um coletor solar, dotado de 15 tubos a vácuo, que direciona a água aquecida novamente ao reservatório térmico pelo processo de termossifão.

Quando a energia solar não é suficiente para elevar a temperatura da água ao patamar desejado, é acionada uma resistência elétrica que está acoplada ao reservatório térmico.

A água, depois de aquecida, circula pelo protótipo de leito secagem, com auxílio de uma bomba, retornando ao reservatório térmico após trocar calor nas serpentinas em um circuito fechado. O sistema também é constituído por um aquecedor de passagem movido a biogás e sistemas de captação e purificação do biogás.

O protótipo encontra-se dentro de um laboratório de alvenaria construído especialmente para abrigar esse experimento e, portanto, está protegido de intempéries.

FIGURA 1 – Representação esquemática do sistema piloto



FONTE: adaptado WAGNER (2015)

## 2.4 ENSAIO

O ensaio de higienização e secagem de lodo de esgotos iniciou-se na tarde do dia 31/03/2017, às 15h45min e teve duração de dez dias. Primeiramente, foi depositada uma camada de lodo, oriundo do processo de tratamento anaeróbio, igualmente distribuída de 10 cm. A temperatura da água aquecida somente pela energia solar era de 48,0 °C, ao acionar a bomba de circulação a temperatura da água era de 88,0 °C.

Durante os três primeiros dias de funcionamento do sistema, o protótipo permaneceu coberto com plásticos com o intuito de manter o teor de umidade na massa de lodo para não promover incremento no teor de sólidos totais. Coletaram-se amostras para monitorar o teor de sólidos com 0, 3, 5 e 10 dias.

Para monitorar a temperatura na massa de lodo, utilizaram-se 7 termopares tipo J e K, os quais demarcaram alturas e regiões distintas, onde:

- 3 termopares (T2, T5, T7) foram posicionados próximos a superfície da massa de lodo (medidos 3,3 cm a partir da superfície);

- 3 termopares (T3, T4, T6) foram posicionados na metade da espessura da massa de lodo (medidos 5 cm a partir da base do protótipo);
- 1 termopar (T1) foi posicionado na base do protótipo.

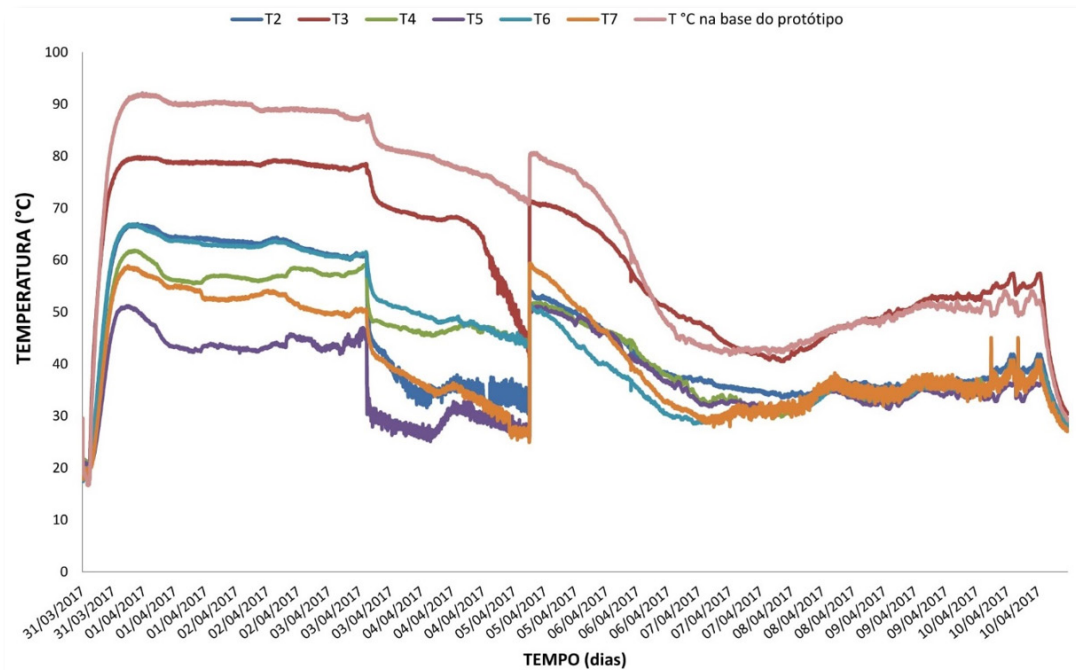
Em seguida, os termopares foram ligados a um módulo de aquisição de dados programado para registrar a temperatura a cada um minuto. Para auxiliar no apoio da fixação dos termopares, utilizou-se uma estrutura simples de PVC ao entorno do protótipo.

Após os termopares estarem devidamente demarcados em suas alturas e regiões, o protótipo foi coberto com sacos plásticos e deu-se início a circulação de água, que foi aquecida até 90 °C e mantida nesse patamar por todo o restante do ensaio.

### 3 ANÁLISE DE DADOS

O GRÁF. 1 apresenta a evolução da temperatura na massa de lodo durante todo o período de ensaio.

GRÁFICO 1 - Evolução da temperatura da massa de lodo durante todo o período de ensaio



FONTE: As autoras (2017)

Os três primeiros dias, apresentado no GRÁF. 2, são considerados o período de estágio de higienização.





Os valores de teor de sólidos totais (ST) analisados durante o período de ensaio estão contidos na TAB. 1.

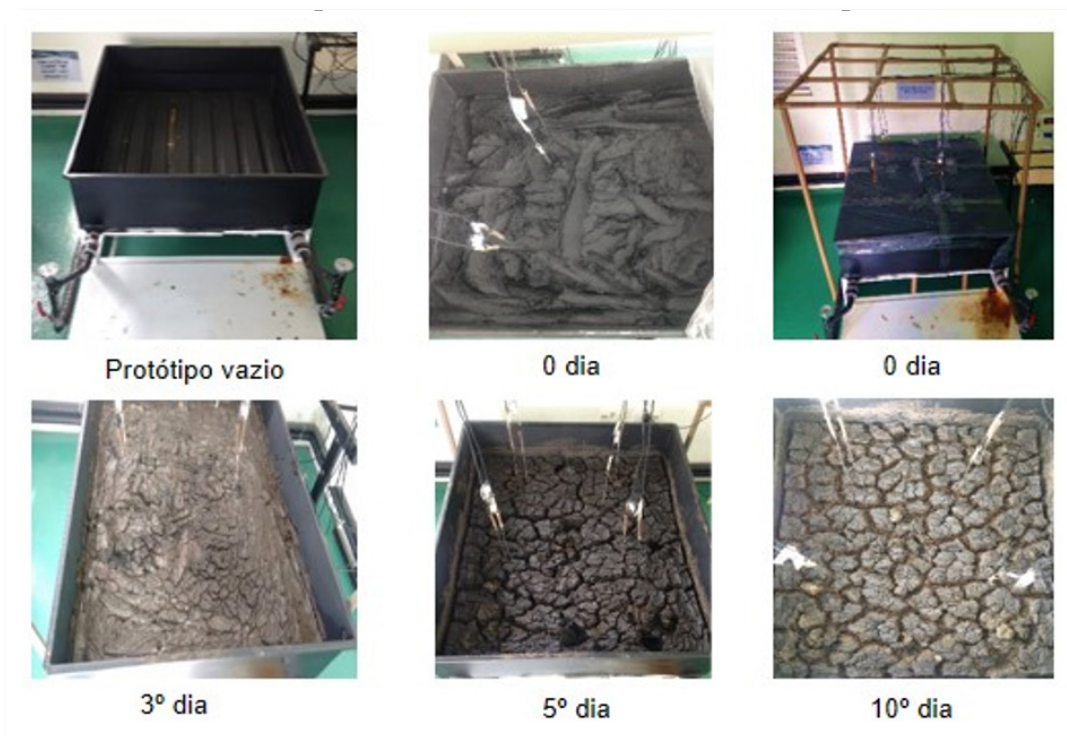
TABELA 1 – Teor de Sólidos Totais

Dia	ST (%)
0	22,96
3	20,79
5	30,20
10	91,64

FONTE: As autoras (2017)

Ao término do ensaio, o teor de sólidos totais era 91,64%, um aumento de 68,68% apresentado no início do ensaio. A FIG. 2 apresenta o aspecto do lodo de esgotos durante as fases do experimento.

FIGURA 2 - Aspecto do lodo durante as fases do experimento



FONTE: As autoras (2017)

De acordo com Lobato (2011), o potencial energético do biogás está relacionado com a quantidade de metano em sua composição que, por sua vez, determina seu poder calorífico. Segundo Wagner (2015), o metano possui poder calorífico da ordem de 35,9 MJ/Nm<sup>3</sup>, o que equivale a 9,9 kWh/Nm<sup>3</sup>.



O funcionamento do sistema durante os dez dias resultou em um consumo total de energia equivalente a 403,73 kWh, ou 40,37 kWh/dia. Essa energia foi consumida pela resistência elétrica que simula a energia demandada pelo biogás. Deste modo, a quantidade de metano no biogás necessária para complementar a energia solar é de aproximadamente 4,07 Nm<sup>3</sup>/dia, o que equivale a 40,78 kWh.

## **CONSIDERAÇÕES FINAIS**

No presente trabalho foi possível verificar que a operação do sistema térmico de higienização e secagem de lodo de esgotos, construído em escala piloto, proporcionou a elevação na temperatura da massa de lodo a patamares suficientes para sua higienização. As temperaturas médias registradas, 55,8 °C e 63,8 °C, juntamente com o tempo de permanência do lodo no leito de secagem, foram compatíveis com a literatura embasada.

A energia solar utilizada em conjunto com a resistência elétrica acoplada ao reservatório térmico, aqueceu a água, por onde circulava nas serpentinas acopladas, a 90°C e permaneceu durante todo o período de ensaio. O consumo total de energia elétrica foi de 40,37 kWh/dia, que simula a energia demandada pelo biogás. Sendo assim, o volume estimado necessário de biogás para complementar a energia solar é de 4,07 Nm<sup>3</sup>/dia. Com relação ao teor de sólidos totais final, houve um aumento de 68,68% comparado ao teor de sólidos totais inicial de 22,96%.

Portanto, conclui-se que o aproveitamento da energia solar complementada pelo biogás oriundo do tratamento anaeróbio de esgotos pode ser eficaz na sua tarefa de higienização e secagem do lodo de esgotos. Para trabalhos futuros recomenda-se a análise de ovos de helmintos viáveis e coliformes termotolerantes.

## REFERÊNCIAS

- ANDREOLI, C. V. et al. Estabilização de lodo de esgoto. In: **Resíduos sólidos do saneamento: processamento, reciclagem e disposição final**. Rio de Janeiro: Projeto PROSAB, 2001. p. 54.
- ANDREOLI, C. V.; SPERLING, M. V.; FERNANDES, F. **Lodo de esgotos: tratamento e disposição final**. Belo Horizonte: Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental da UFMG; Companhia de Saneamento do Paraná, 2001.
- BRASIL. Conselho Nacional do Meio Ambiente. Resolução n. 375, de 29 de agosto de 2006. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**. Poder Executivo, Brasília, DF, 30 ago. 2006.
- FERNANDES, F. et al. Introdução. In: ANDREOLI, C. V.; SPERLING, M. V.; FERNANDES, F. **Lodo de esgotos: tratamento e disposição final**. Belo Horizonte: Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental da UFMG; Companhia de Saneamento do Paraná, 2001. p. 13.
- LOBATO, L. C. da S. **Aproveitamento energético de biogás gerado em reatores UASB tratando esgoto doméstico**. 2011. 184 f. Dissertação (Doutorado em saneamento) – Programa de Pós-Graduação em Saneamento, Meio Ambiente e Recursos Hídricos, Universidade Federal de Minas Gerais, 2011. Disponível em: <<http://www.bibliotecadigital.ufmg.br/dspace/handle/1843/ENGD-8KYNF3>>. Acesso em: 10 abr. 2017.
- PARANÁ. Resolução nº 21, de 22 de abril de 2009. **Diário Oficial do Estado do Paraná**. Poder executivo, Curitiba, 4 maio 2009.
- PINTO, M. A. T. et al. Higienização de lodos. In: ANDREOLI, C. V.; SPERLING, M. V.; FERNANDES, F. **Lodo de esgotos: tratamento e disposição final**. Belo Horizonte, 2001. p. 261-265.
- POSSETTI, G. R. C. et al. Sistema térmico de higienização de lodo de esgoto movido a biogás para ETEs de médio e pequeno porte. In: SIMPÓSIO LUSO-BRASILEIRO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL, 15., 2012, Belo Horizonte, MG. Anais... Belo horizonte, 2012.
- VON SPERLING, M. et al. Principais contaminantes do lodo. In: C. V.; SPERLING, M. V.; FERNANDES, F. **Lodo de esgotos: tratamento e disposição final**. Belo Horizonte: Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental da UFMG; Companhia de Saneamento do Paraná, 2001. p. 69-72.
- WAGNER, L. G. Sistema térmico de higienização e secagem de lodo de esgoto movido a energia solar e a biogás. 2015. 119 f. Monografia (Especialização em Energias Renováveis) – Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Curitiba, 2015.