

II-252 - ANÁLISE DA SUSTENTABILIDADE ENERGÉTICA DA IMPLANTAÇÃO DE UM SECADOR TÉRMICO DE LODO USANDO BIOGÁS E LODO SECO COMO COMBUSTÍVEL EM UMA PLANTA DE TRATAMENTO ANAERÓBIO DE ESGOTO SANITÁRIO

Renata Mulinari⁽¹⁾

Engenheira Civil, Universidade Positivo.

Patrícia Bilotta⁽²⁾

Professor PhD no Programa de Pós-Graduação em Gestão Ambiental, Universidade Positivo.

Gustavo Rafael Collere Possetti⁽³⁾

Gerente da Assessoria de Pesquisa e Desenvolvimento da Companhia de Saneamento do Paraná (Sanepar), professor PhD do Instituto Superior de Administração e Economia do Mercosul (ISAE).

Endereço⁽²⁾: Programa de Pós-Graduação em Gestão Ambiental, Universidade Positivo, Rua Prof. Pedro Viriato Parigot de Souza, n. 5300, Curitiba/Paraná, Brasil, CEP 81280-330. E-mail: pb.bilotta@gmail.com

RESUMO

O sistema de higienização utilizado na estação de tratamento de esgoto (ETE) em estudo é a estabilização alcalina prolongada. Porém, esse procedimento requer a adição de produto químico (cal) e demanda grande área para a estocagem do lodo no tratamento. O objetivo deste estudo foi analisar a sustentabilidade energética de um secador térmico de lodo utilizando biogás e lodo seco como combustível. O trabalho foi realizado em uma ETE do município de Curitiba. Determinou-se a produção de lodo e biogás, assim como a quantidade de energia química disponível entre fevereiro e novembro de 2014. Os resultados mostraram que a quantidade de biogás não seria suficiente para elevar o teor de sólidos totais (ST) do lodo até 85% em sete meses. Diante disso, foram estudadas duas outras alternativas: 1) reduzir o teor de ST; 2) complementar o biogás com a queima do lodo seco. As duas alternativas alcançaram sustentabilidade energética, porém a segunda foi capaz de gerar um excedente de energia que pode ser aproveitado na planta de tratamento e minimiza problemas decorrentes do gerenciamento do lodo e custos com a sua disposição final.

PALAVRAS-CHAVE: Lodo anaeróbico, biogás, recuperação energética, tratamento térmico.

INTRODUÇÃO

O método de higienização de lodo de estações de tratamento de esgoto (ETE) mais utilizado no Brasil é a estabilização alcalina prolongada, que consiste na adição de cal virgem para elevar a temperatura e o potencial hidrogeniônico (pH) do material (JORDÃO e PESSOA, 2011). Porém, essa técnica demanda longo período de tratamento e grande espaço físico para alcançar os níveis de inativação de organismos patogênicos recomendados pela legislação brasileira. Cabe destacar também que o lodo possui baixo teor de sólidos totais (ST) – tipicamente da ordem de 20% quando desaguado mecanicamente, o que dificulta o seu gerenciamento (ANDREOLI *et al.*, 2001).

Outra forma de promover a higienização e o desaguamento do lodo são os secadores térmicos mecanizados, cujos benefícios são: redução do volume de lodo, por conta da elevação do teor de ST até cerca de 85% e consequente redução do custo com transporte; possibilidade de uso do biogás como combustível para elevar a temperatura do lodo (LOBATO, 2011); elevada eficiência na eliminação de organismos patogênicos sem a necessidade de adição de produto químico (POSSETTI *et al.*, 2015). A energia liberada na combustão do lodo seco também pode ser utilizada para a secagem do lodo ou mesmo na geração de energia elétrica (GROSS *et al.*, 2008; RULKENS, 2008).

Nesse contexto, o objetivo deste estudo foi analisar a sustentabilidade energética da implantação de um sistema de secagem térmica de lodo em uma ETE com o aproveitamento da energia liberada na combustão do biogás e do lodo seco produzidos na própria planta de tratamento.

PROCEDIMENTO METODOLÓGICO

A ETE investigada neste trabalho atende cerca de 242 mil habitantes do município de Curitiba (Brasil) e possui capacidade para tratar até 420 L/s de esgoto doméstico. A planta é composta por tratamento preliminar (gradeamento e desarenador), tratamento biológico (reatores anaeróbios do tipo UASB) e pós-tratamento (lagoas aeradas). A Figura 1 mostra as etapas de geração de lodo e sua destinação.

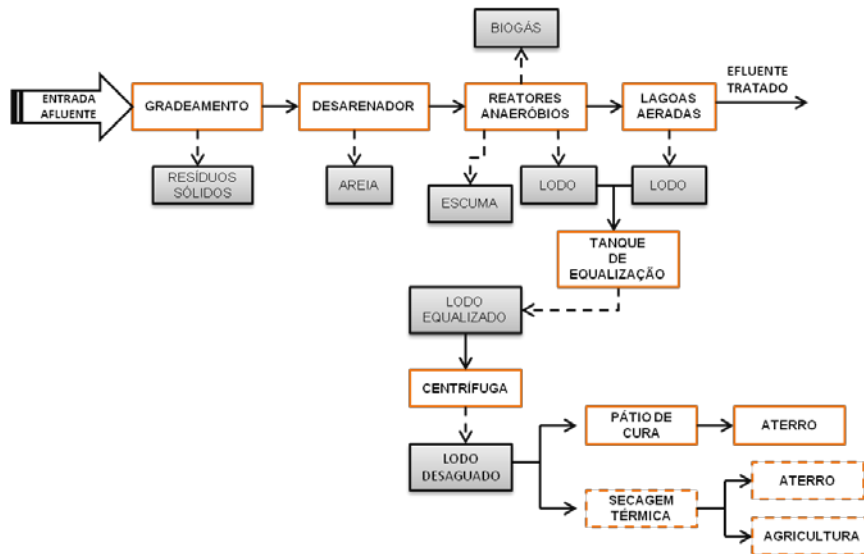


Figura 1: Fluxograma de processo da ETE em estudo.

A Tabela 1 apresenta uma descrição resumida das etapas envolvidas no procedimento metodológico utilizado no trabalho.

Tabela 1: Descrição dos procedimentos utilizados na pesquisa.

ETAPAS	ATIVIDADES	
1) Quantificar a produção de biogás e energia química disponível a partir de sua recuperação	a) Utilização de planilha eletrônica, fornecida pela ETE, com dados de monitoramento da vazão afluyente e da demanda química de oxigênio (DQO) do esgoto afluyente no período de 11 meses b) Utilização do <i>software</i> ProBio 1.0 ¹ para estimar a produção de biogás e a quantidade de energia química disponível - adotou-se o cenário conservador (LOBATO, 2011)	
2) Quantificar a produção de lodo	a) Utilização de planilha eletrônica, fornecida pela ETE, com dados de monitoramento da produção de lodo no período de 11 meses	
3) Avaliar a sustentabilidade energética do secador térmico	a) Comparação entre a oferta de energia química disponível no biogás e a demanda de energia do secador térmico para elevar o teor de sólidos totais (ST) do lodo até 85% b) Equações utilizadas:	
	$V_{\text{sólidos}} = V_{\text{lodo}} \cdot C_1$	$V_{\text{sólidos}}$ = Volume de ST no lodo (m ³ /d) C_1 = Teor de ST no lodo após centrífuga (20%) V_{lodo} = Produção de lodo (m ³ /d)
	$M_{\text{água}} = \left(V_{\text{lodo}} \cdot \left(\frac{V_{\text{sólidos}}}{C_f} \right) \right) \cdot \gamma$	$M_{\text{água}}$ = Massa de água evaporada (kg/d) C_f = Teor de ST no lodo após secagem térmica (85%) γ = Massa específica do lodo (1.000 kg/m ³)
	$M_{\text{água}} = \left(V_{\text{lodo}} \cdot \left(\frac{V_{\text{sólidos}}}{C_f} \right) \right) \cdot \gamma$	E_{total} = Energia requerida na secagem do lodo (kcal/d) E_{nec} = Energia requerida pelo secador para remover 1 kg de água do lodo (1.021 kcal/kg de água removida) ²

¹ O software pode ser acessado por meio do link site.sanepar.com.br/probio/probio.zip.

² Essa relação foi fornecida pelo fabricante do secador térmico.

O cenário conservador utilizado no cálculo da produção de biogás é uma das três opções disponíveis no *software* Probio. Ele considera como parâmetros de entrada eficiência de remoção de DQO do reator anaeróbio igual a 65% e concentração de metano no biogás igual a 75% (análise rápida). Essas condições foram aquelas que mais se aproximaram da realidade da ETE em estudo, justificando a escolha desse cenário.

Para avaliar a sustentabilidade energética da implantação do secador térmico foi considerado o modelo granular rotativo (Albrecht, 2015). Assumiu-se que a carga de lodo úmido na entrada do secador é de 700 kg/h com o teor de ST de aproximadamente 20%. O equipamento pode funcionar com biogás ou ainda com biocombustível sólido (lodo seco), simultaneamente. Para que o equipamento possa trabalhar com a queima do lodo seco, faz-se necessária a instalação de um gerador de calor (Albrecht, 2015).

Os consumos requeridos pelo secador térmico a partir do biogás e lodo seco são, respectivamente, 105,8 Nm³/h e 189 kg/h, de acordo com as especificações técnicas fornecidas pelo fabricante do equipamento. Neste estudo considerou-se o poder calorífico inferior (PCI) do biogás igual a 5.000 kcal/Nm³ e o PCI do lodo seco (85% de ST) 2.800 kcal/kg, resultando em 530.000 kcal/h de energia térmica requerida (ALBRECHT, 2015). Para essas condições, a massa de lodo seco com um teor de ST de 85% foi calculada em 181 kg/h e a massa de água a evaporar 519 kg/h. Sendo assim, o equipamento consome 1.021 kcal para evaporar 1 kg de água. O equipamento possui comprimento igual a 6,0 m, diâmetro do tambor rotativo igual a 2,4 m e potência elétrica instalada de 70 kW.

RESULTADOS E DISCUSSÕES

A Tabela 2 sintetiza os principais resultados obtidos na pesquisa. Nota-se que a produção média de energia química proveniente do biogás foi 17% inferior à demanda do secador térmico para atingir 85% de ST no lodo.

Tabela 2: Resultados obtidos na pesquisa.

VARIÁVEL ANALISADA	RESULTADO*	UNIDADE
Produção média de biogás	1.487,48 ± 249,05	Nm ³ /d
Produção média de energia química disponível no biogás	10.357,43 ± 1.800,55	kWh/d
	7.091.182,00 ± 1.293.047	kcal/d
Produção média de lodo (com 20% ST)	436,55 ± 183,81	kg/h
Massa de água a ser evaporada	8.390,95 ± 3.546,48	kg/d
Energia requerida pelo secador térmico para alcançar 85% de ST no lodo	8.567.161,88 ± 3.620.954,48	kcal/d

* Valor médio e desvio padrão (incerteza).

Os Gráficos 1 e 2 ilustram, respectivamente, as produções de biogás e de lodo durante os 11 meses de investigação referente ao ano de 2014.

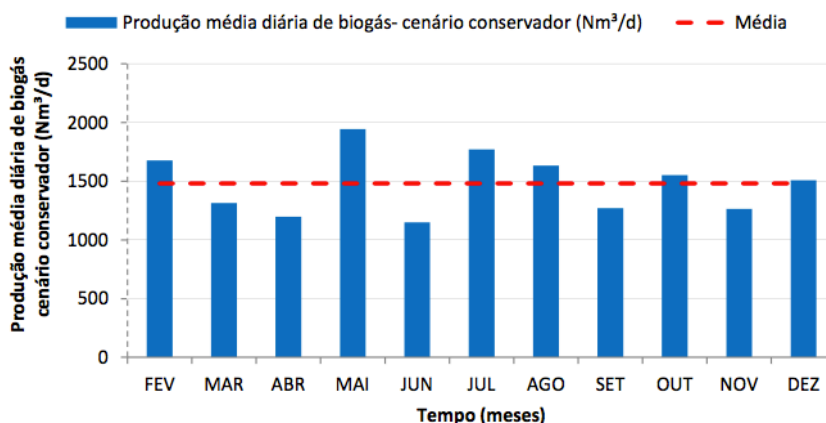


Gráfico 1: Produção de biogás no ano de 2014.

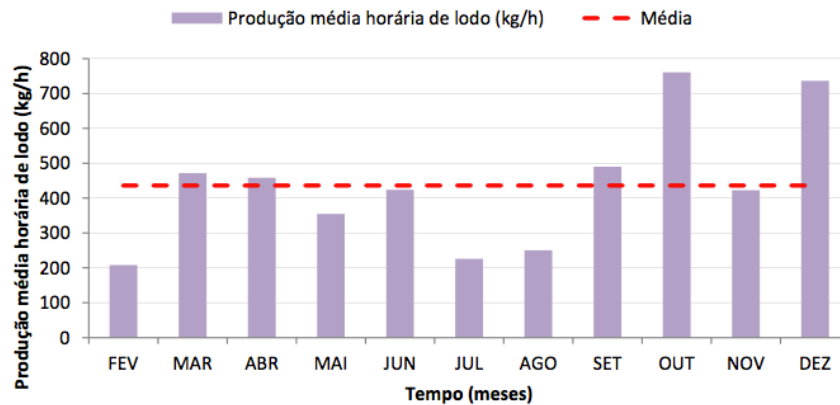


Gráfico 2: Produção horaria de lodo na saída da centrífuga no ano de 2014.

Uma vez que a oferta de energia do biogás não foi suficiente para garantir a secagem da totalidade de lodo foram analisadas outras duas alternativas: 1) reduzir o teor de ST no lodo seco (inferior a 85%); 2) complementar a energia do biogás com a queima do lodo seco. Nos dois casos, buscou-se meios para alcançar a autosustentabilidade energética do sistema.

Alternativa 1) Redução do teor de ST no lodo

O teor de ST na saída do secador foi determinado a partir da quantidade de energia disponível para secar o lodo nos 7 meses em que a oferta de biogás foi inferior à demanda. Os valores encontrados variaram de 34,2 até 46,51% de ST.

Apesar de o teor de ST ser muito menor do que o esperado (85%), ainda assim, o lodo possuiria melhores condições de transporte e manuseio, por apresentar menor teor de água e aspecto granular, em comparação ao lodo caleado no processo de estabilização alcalina prolongada.

Alternativa 2) Queima do lodo seco para fornecer energia ao secador térmico

A quantidade de energia em déficit durante os sete meses em que o biogás não supriu a demanda do equipamento foi em média igual a 197 kcal/h. Sendo assim, seriam necessárias em média 70,6 kg/h de lodo seco para produzir a energia necessária para manter o equipamento em funcionamento. Os resultados obtidos são mostrados no Gráfico 3.

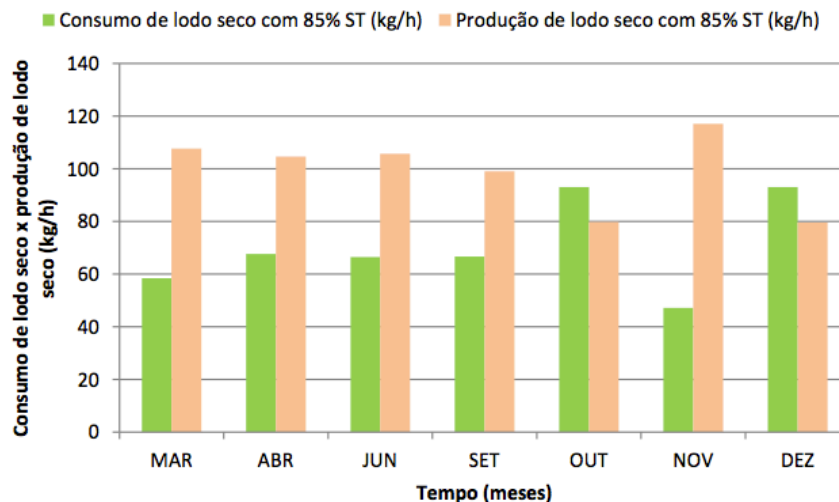


Gráfico 3: Consumo de lodo seco x produção de lodo seco.

Por outro lado, constatou-se que a produção de lodo seco na ETE em estudo foi superior à quantidade de lodo seco requerido pelo equipamento, sendo em média igual a 99 kg/h, o que torna o sistema autossustentável do ponto de vista energético.

Análise das alternativas

Verificou-se que as duas alternativas (redução do teor de ST no lodo e queima de lodo seco) viabilizam a autossustentabilidade energética do sistema de secagem térmica. A redução do teor de ST pode ser feita sempre que necessário e a complementação do biogás com o lodo seco depende apenas que a produção de lodo seco supere a demanda para o funcionamento do equipamento.

De acordo com os resultados obtidos, estima-se que a combustão do lodo seco pode gerar 1.644.950 kWh, sendo capaz de suprir a demanda de energia elétrica para o funcionamento do secador (278.222 kWh) e ainda disponibilizar 1.366.728 kWh de energia excedente, no período de 11 meses de realização deste estudo.

Nesse sentido, o aproveitamento da energia liberada na combustão do biogás e, sobretudo, do lodo seco é um importante mecanismo para enfrentamento de uma crise energética (oferta e custo) no setor de saneamento a partir de uma fonte renovável. Além disso, o secador térmico é uma estratégia eficiente para reduzir a quantidade de lodo gerado (LOBATO, 2011) e atender os limites dos parâmetros microbiológicos de qualidade do lodo para uso agrícola (POSSETTI *et al.*, 2015).

CONCLUSÃO

Com base nos resultados obtidos, conclui-se que a produção de biogás e lodo (20% de ST) na planta de tratamento estudada foi estimada em $1.487,48 \pm 249,05 \text{ Nm}^3 \cdot \text{d}^{-1}$ e $436,55 \pm 183,81 \text{ kg/h}$, respectivamente. A quantidade de energia disponível no biogás foi calculada em $7.091.182,00 \pm 1.293.047 \text{ kcal/d}$ e a demanda do secador térmico para elevar o teor de ST de 20% para 85% no lodo foi $8.567.161,88 \pm 3.620.954,48 \text{ kcal/d}$.

Assim, verificou-se que a utilização apenas do biogás não foi suficiente para garantir a auto-sustentabilidade do secador térmico. Porém, a energia gerada na combustão do lodo seco (85% de ST) atende a demanda do equipamento e ainda fornece um excedente de $1.366.728 \text{ kWh} \cdot \text{mês}^{-1}$, que pode ser utilizado para gerar energia elétrica para a ETE.

Portanto, pode-se concluir que a utilização do biogás conjuntamente com o aproveitamento da energia térmica proveniente da combustão de lodo seco para a secagem do lodo da planta de tratamento estudada com cerca de 20% de ST apresentou autossustentabilidade energética.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Albrecht, Equipamentos Industriais Ltda. (2015) Acesso em: 15/maio/2015. Disponível em: <<http://www.albrecht.com.br/pt-br/default.php?go=bruthus>>
2. Andreoli, C. V. (2001) Lodo de esgotos: tratamento e disposição final, Sanepar.
3. Gross, B.; Edera, C.; Grziwac, P.; Horstb, J.; Kimmerleb, K. (2008) Energy recovery from sewage sludge by means of fluidized bed gasification. *Waste Management*, v. 28 (10), p. 1819-1826.
4. Jordão, E. P., Pessôa, C. A. (2011) Tratamento de esgotos domésticos, *Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental (ABES)*, 6 ed.
5. Lobato, L. C. S. (2011) *Aproveitamento energético de biogás gerado em reatores UASB tratando esgoto doméstico*, Tese de mestrado, Programa de Pós-graduação em Engenharia Civil (Recursos Hídricos), Departamento de Engenharia Ambiental, Universidade Federal do Minas Gerais, 187 p.
6. Possetti, G. R. C., Gervasoni, R., Rietow, J. C., Althoff, C. A., Carneiro, C. (2015) Investigação experimental de um sistema piloto de secagem térmica de lodo movido a biogás, em 28º Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental. Rio de Janeiro, Brasil.
7. Rulkens, W. (2008) Sewage Sludge as a Biomass Resource for the Production of Energy: Overview and Assessment of the Various Options, *Energy Fuels*, v. 22 (1), p. 9–15.