

# AVALIAÇÃO DO POTENCIAL DA PRODUÇÃO DE BIOGÁS A PARTIR DO LODO COAGULADO COM A MORINGA OLEIFERA

**Palavras-Chave:** Coagulante Natural, Biogás, *Moringa oleifera*

**Autores/as:**

**Karina Tiemi Yuzawa - UNICAMP**

**Prof. Dr. Dagoberto Yukio Okada (Orientador) - UNICAMP**

---

## INTRODUÇÃO:

Houve um aumento das atividades antrópicas nos últimos anos, o que acarretou em vários impactos negativos para o meio ambiente, destaca-se entre eles o aumento da geração de esgoto doméstico e industrial, o que requer melhores alternativas para o tratamento de esgoto adequado (GALVÃO, JÚNIOR, 2009).

As estações de tratamento de esgoto auto-sustentáveis poderão ser uma das alternativas para recuperar o resíduo gerado no tratamento e um reaproveitamento dos produtos secundários gerados. Um desses produtos é o lodo, que pode ser um recurso favorável para a geração de energia (JENICEK *et al.*, 2013). Ele poderá ser reaproveitado como recurso energético através da geração de biogás e assim conseguir recuperar a eletricidade gerada na própria ETE a partir do lodo (ROSA, *et al.*, 2016). Uma das vantagens da produção de biogás, está relacionada com o seu poder calorífico ser semelhante ao do gás natural, o que poderá ter um menor custo por ser produzido através do lodo e em consequência disso uma diminuição no consumo de energia elétrica da própria ETE (ROCHA, 2013). A utilização de um coagulante natural, na etapa de coagulação e floculação em uma ETE otimiza a recuperação de lodo primário, ao gerar lodo com parcelas orgânicas o que facilitaria o processo de biodegradação (RENAULT *et al.*, 2009). Um desses coagulantes naturais que podem ser utilizados na etapa do tratamento é a *Moringa oleifera*, que o lodo produzido por esse coagulante apresenta elevada matéria orgânica em comparação aos lodos produzidos pelos processos convencionais de tratamento (OLIVEIRA, 2014).

Para realizar o estudo da quantidade máxima de metano que é produzido pela digestão anaeróbica do coagulante natural, utiliza-se o potencial bioquímico de metano (BMP). Para calcular o BMP é necessário estipular a composição do substrato, através de cálculos estequiométricos (ALVES, 2008). Para o presente trabalho, foi avaliado a estimativa de geração de metano no cenário de um

tratamento de esgotos em processo de lodos ativados convencional, utilizando *Moringa oleifera* como coagulante na geração de lodo primário.

## METODOLOGIA:

Foi realizado um estudo de cenário para biogás a partir de uma estação de tratamento de esgoto, baseada em lodos ativados convencionais, a partir de cálculos de estimativas de biogás seguindo o roteiro descrito por Von Sperling (2007), para lodos ativados convencionais. Utilizou-se os parâmetros iniciais de uma ETE que já faz o aproveitamento do biogás, a ETE Arrudas (Sabará, MG) (Tabela 1).

Primeiramente, analisou-se os parâmetros de carga de lodo primário e secundário e a relação de sólidos voláteis e sólidos totais, no cenário com e sem o coagulante *Moringa oleifera* (Tabela 2).

Parâmetro	Valor
População estimada (hab)	67.000
Vazão afluente médio (m³/d)	263.520
Vazão afluente máxima (m³/d)	316.224
Vazão afluente mínimo (m³/d)	4.003
Concentrações de DBO (mg/L)	222
Concentrações de SS (mg/L)	167,7
Concentrações de NTK (mg/L)	51
Temperatura no mês mais frio (°C)	17,7
Temperatura no mês mais quente (°C)	22,6
Altitude (m)	770
DBO do efluente final (mg/L)	50
SS do efluente final (mg/L)	30

Tabela 1: Parâmetros adotados para o estudo de caso.

Parâmetro	Valor	
<b>Eficiência de remoção no decantador primário</b>	<b>Sem coagulante</b>	<b>Com coagulante</b>
DBO5 (%)	30	43
SS (%)	60	65
NTK (%)	22	22
<b>Reator</b>	<b>Sem coagulante</b>	<b>Com coagulante</b>
$\theta_c$ (dias)	5,4	7,55
SSVTA ou $X_v$ (mg/L)	3000	3000
R	1	1

Tabela 2: Eficiências de remoção.

Em relação ao estudo de cenário de geração de biogás, os procedimentos de cálculo foram seguidos a partir do roteiro descrito por Andreoli (2007), no qual, foi considerado também a biodegradação do próprio coagulante.

Para estimar o potencial teórico de rendimento de metano que o coagulante *Moringa oleifera* produziu, foi utilizado o Online Biogás App (OBA) de Hafner et al (2018). No qual, é calculado seguindo a equação de Buswell, utilizando as porcentagens de lipídios, proteínas, carboidratos e cinzas da composição orgânica (Tabelas 3 e 4), considerando a dosagem de 10 mg/L de *Moringa oleifera* e adotando degradação de 55 %.

Coagulante	Parâmetros (%base seca)				Referências
	Cinzas	Proteínas	Lipídeos	Carboidratos	
<i>Moringa Oleifera</i>	29,43	39,3	18,8	12,47	GALLÃO, M. I et al., 2006
<i>Moringa Oleifera</i>	3,45	24,63	26,87	15,84	LUIZ, G.O et al., 2016

Tabela 3: Composições macromoleculares encontradas na literatura.

Parâmetro	Valor	
	Sem coagulante	Com coagulante
Relação SV/ST do lodo primário	0,72	0,72
Relação SV/ST do lodo secundário	0,79	0,77
Composição de metano de biogás (%)	70	70
Coeficiente de produção de biogás (m³/kgVS)	1	1
Eficiência de remoção de SV (%)	55	55
Eficiência de motores para geração em microturbinas (%)	32,5	32,5
Poder calorífico do metano (kg/Nm³)	5992	5992

Tabela 4: Parâmetros de biogás gerado, considerando o cenário sem o coagulante e com o coagulante.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO:

No cenário sem o coagulante a carga de lodo primário que foi de 26.515 kgST/d aumentou para 28.725 kgST/d com o uso do coagulante, houve o aumento de produção de lodo primário. Na etapa de aeração, observou-se que seus resultados tiveram um menor consumo de energia para a aeração com o uso do coagulante, no qual, no cenário sem o uso do coagulante observou-se um consumo 85.716 kWh e com o uso do coagulante o consumo de energia reduziu para 80.681 kWh, nota-se uma pequena economia com a geração de energia para a aeração. No decantador secundário sem o uso de coagulante, o lodo estimado foi de 19.573 kgST/d para 13.361 kgST/d com o uso do coagulante, com isso, teve como consequência a diminuição da carga do lodo misto, sem o uso do coagulante resultou em 46.088 kgST/d e com o uso do coagulante foi de 42.086 kgST/d (Tabela 5).

O volume de metano estimado calculado para as duas composições macromoleculares da *Moringa oleifera* encontradas na literatura (Tabela 3) foram de 0,248 e 0,364 NL<sub>CH4</sub>/g de substrato. Considerou-se o menor valor para volume de metano calculado e este foi adicionado na soma de

geração de biogás pelo próprio coagulante com o valor do biogás estimado no estudo de caso, o que resultou em 653 m<sup>3</sup>/d.

Parâmetro	Valor	
	Sem coagulante	Com coagulante
Carga do lodo primário (kgST/d)	26.511	28.725
Carga do lodo secundário (kgST/d)	19.573	13.361
Carga de lodo de excesso misto (kgST/d)	46.088	42.086
Volume de metano gerado pela digestão do lodo misto (m <sup>3</sup> /d)	13.548	12.039
Volume de metano gerado pela <i>Moringa oleifera</i> (m <sup>3</sup> /d)	-	653
Volume de metano gerado total (m <sup>3</sup> /d)	13.184	12.693
Consumo de energia para aeração (kWh)	85.716	80.681
Estimativa de energia gerada (kWh)	29.820	28.743

Tabela 5: Valores relacionados ao biogás gerado no cenário sem o uso de coagulante e com o coagulante.

Os valores de volume de metano gerado através da produção de lodo, juntamente com o metano gerado pelo próprio coagulante natural foram adicionados nos cálculos de metano e estimados no estudo de cenário, e assim, foi realizado um comparativo de energia gerada com o uso de coagulante que havia 29.820 kWh de energia disponível e usando o coagulante cerca de 28.743 kWh de energia disponível.

Por fim, com o uso da *Moringa oleifera*, nota-se que analisando os resultados obtidos pelo estudo de cenário, teve por resultados finais a geração de menos lodo misto, o aumento do consumo de energia e uma menor quantidade de metano gerado total, comparado com o cenário sem o uso do coagulante. Um dos motivos que poderá ser citado para esse resultado, foi que as eficiências de remoção adotadas foram baixas, para DBO5 de 43%, de SS de 65% e de NTK em 22%. Escolheu-se os menores valores dentre o intervalo de eficiência esperada para tratamento primário de esgoto usando coagulante químico que consta no Von Sperling (2007), pois os poucos relatos indicam dificuldades no uso (Monaco et al., 2016). Mesmo adicionando um incremento pela degradação do próprio coagulante de 55% de degradação ainda a geração de metano foi menor.

Os resultados obtidos com o uso do coagulante natural não foram satisfatórios, eles ainda são muito baixos e as eficiências estão muito abaixo do esperado, pois os ganhos para essa aplicação ainda são muito baixos frente ao investimento requerido. Assim, é necessário uma eficiência de coagulação para a sua aplicação em uma ETE para otimizar a recuperação de energia pela geração de metano.

## CONCLUSÕES:

O coagulante natural foi analisado considerando os menores valores de eficiências de DBO5, SS e NTK, e um cenário favorável para a sua realização, porém os resultados obtidos através do estudo de caso se mostraram pouco eficientes para o uso da *Moringa oleifera*.

Portanto, analisando esse estudo de cenário, a *Moringa oleifera* não é atrativa para ser utilizada em uma ETE, pois ela não realiza a recuperação suficientemente do lodo e a sua eficiência se mostrou baixa.

---

## BIBLIOGRAFIA

- ALVES, R. I. **Análise experimental do potencial de geração de biogás em resíduos sólidos urbanos**. Dissertação de Mestrado. Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil. Universidade Federal de Pernambuco, 2008.
- ANDREOLI, C. V. et al. **Sludge Treatment and Disposal**. 6 ed. IWA Publishing, p. 244, 2007.
- GALLÃO, M. I et al. Avaliação química e estrutural da semente de Moringa. **Revista Ciência Agronômica**, v.37, p.106-109, 2006.
- GALVÃO, JÚNIOR. A. C. Desafios para a universalização dos serviços de água e esgoto no Brasil. **Rev Panam Salud Publica**. v. 25, n. 6, p. 548–56, 2009.
- JENICEK, P.; et. al. Energy self-sufficient sewage wastewater treatment plants: is optimized anaerobic sludge digestion the key?; **Water Science & Technology**, v.68, n. 8, p. 1739–1744, 2013.
- LUIZ, G.O et al. Análise físico-química de semente in natura de Moringa oleifera e de uma preparação culinária à base de sua farinha (anais). **XVI CONIC SEMESP**, Natal, 2016.
- MONACO, P. A.V.; et al. Tratamento de esgoto sanitário utilizando filtro orgânico seguido de coagulação com extrato de sementes de moringa preparado com Ca (OH) 2. **Locus UFV**. v.24, n.5, p. 450-456, 2016.
- OLIVEIRA, S. A. **Ensaio exploratório de otimização do tratamento primário da ETAR de Beirolas para incrementar a eficiência energética. Aplicação de Moringa oleifera no processo de coagulação-floculação**; Dissertação de Mestrado. Programa de Pós-Graduação em Engenharia Ambiental. Universidade de Lisboa, 2014.
- RENAULT, F.; SANCEY, B.; BADOT, P. M.; CRINI, G. Chitosan for coagulation/flocculation processes - An eco-friendly approach. **European Polymer Journal**, v. 45, p. 1337–1348, 2009.
- ROSA, A. P.; et al. Potencial energético e alternativas para o aproveitamento do biogás e lodo de reatores UASB: estudo de caso Estação de tratamento de efluentes Laboreaux (Itabira). **Engenharia Sanitária e Ambiental**, v. 21, n. 2, p. 315-328, 2016.
- RENAULT, F.; SANCEY, B.; BADOT, P. M.; CRINI, G. Chitosan for coagulation/flocculation processes - An eco-friendly approach. **European Polymer Journal**, v. 45, p. 1337–1348, 2009.
- VON SPERLING, M. **Activated Sludge and Aerobic Biofilm Reactors**. 5. ed. London:IWA Publishing, 2007.