



RBES

Revista Brasileira de
Engenharia e Sustentabilidade

ISSN 2448-1661

Pelotas, RS, UFPel-Ceng

<https://periodicos.ufpel.edu.br/ojs2/index.php/RBES/index>

v.8, n.1, p.1-7, jul. 2020

PRODUÇÃO DE BIOGÁS A PARTIR DA CANA-DE-AÇÚCAR

NADALETI, W. C.¹; SANTOS R. F.²; HEPP, D. V.²; VIEIRA, B. M.¹; LEANDRO, D.¹

¹Professor(a) adjunto(a) do Centro de Engenharias, UFPEL/Pelotas-RS.

² Graduando(a) de Engenharia Ambiental e Sanitária, UFPEL/Pelotas-RS.

Palavras-chave: matriz energética, biocombustível, biomassa, digestão anaeróbia.

Resumo

No âmbito das discussões sobre a questão energética, aprofundada pelo cenário internacional de incertezas relacionadas aos combustíveis fósseis, como sua possível escassez, surgem pesquisas e estudos técnicos, econômicos e de impactos ambientais voltados para o desenvolvimento de alternativas na produção de energia. A biomassa surge como uma opção viável, a qual pode ser convertida em eletricidade, biocombustível, carvão vegetal e produtos químicos. Neste sentido, o uso da biomassa de cana-de-açúcar na matriz energética brasileira, considerando sua ampla disponibilidade, auxilia na substituição dos combustíveis fósseis. A produção de biogás, através do processo de digestão anaeróbia, pode ser uma alternativa para o uso da cana-de-açúcar. O presente estudo busca, portanto, quantificar a produção de biogás a partir da cana-de-açúcar. Para a realização do experimento foram utilizados digestores produzidos com frascos contendo um volume total de 1,2 dm³. Como principal resultado, considerando-se a média da triplicata estudada, pôde-se alcançar uma produção de, aproximadamente, 1,83 dm³ de biogás com desvio padrão de 0,24 em um período de 168 horas, resultando em uma produção média de, aproximadamente, 0,01 dm³ de biogás por hora.

PRODUCTION OF BIOGAS FROM SUGARCANE

Keywords: energy matrix, biofuel, biomass, anaerobic digestion.

Abstract

Within the scope of discussions on the energy issue, deepened by the international scenario of uncertainties related to fossil fuels, such as their possible scarcity, research and technical, economic and environmental impacts studies focused on the development of alternatives in energy production arise. Biomass appears as a viable option, which can be converted into electricity, biofuel, charcoal and chemicals. In this sense, the use of sugarcane biomass in the Brazilian energy matrix, considering its wide availability, helps in the replacement of fossil fuels. The production of biogas, through the process of anaerobic digestion, can be an alternative to the use of sugarcane. The present study therefore seeks to quantify the production of biogas from sugarcane. For the realization of the experiment, biodigesters produced with flasks containing a total volume of 1.2 dm³ were used. As a main result, considering the average of the studied triplicate, it was possible to achieve a production of approximately 1.83 dm³ of biogas with a standard deviation of 0.24 in a period of 168 hours, resulting in an average production of, approximately 0.01 dm³ of biogas per hour.

INTRODUÇÃO:

O Brasil é o maior produtor mundial de cana-de-açúcar (SOUZA et al., 2019). Com o término da safra 2019/2020, onde mais de 642,7 milhões de toneladas foram colhidas, constatou-se um aumento de 3,6% em relação à 2018/2019 (CONAB, 2020).

Além de matéria-prima para a produção de açúcar e álcool, os subprodutos e resíduos da cana são utilizados para cogeração de energia elétrica, fabricação de ração animal, fertilizante para as lavouras, entre outros (EMBRAPA, 2009).

Grande parte das usinas sucroalcooleiras brasileiras têm utilizado o bagaço da cana como fonte de energia elétrica a partir da cogeração, para consumo próprio e, eventualmente, para venda do excedente produzido (PAOLIELLO, 2006). A venda do excesso produzido, porém, torna-se difícil devido aos elevados custos associados à sua própria comercialização (SOUZA e AZEVEDO, 2006).

Segundo Silva, Gomes e Alsina (2007), o bagaço de cana-de-açúcar constitui-se como o resíduo agroindustrial obtido em maior quantidade no Brasil, com estimativas de até 280 kg/tonelada de cana-de-açúcar moída.

Segundo Carvalho e Kist (2018), a total utilização da biomassa produzida nos canaviais na safra de 2017/18 aumentaria a oferta de bioeletricidade para 144,7 TWh (Terawatt-hora) em 2017, onde o uso da palha geraria 78,2 Twh, do bagaço 46,0 Twh e do biogás da vinhaça 20,5 TWh. A exportação, no entanto, foi de 21,4 TWh, o que representou somente 15% do potencial estimado para a safra 2017/18.

Embora o setor sucroenergético brasileiro tenha mostrado grandes ganhos de produtividade, ainda oferece promissoras oportunidades de inovação (SZYMANSKI; BALBONOT; SCHIRMER, 2010). Algumas dessas oportunidades incluem o etanol de segunda geração (2G), biogás e bioquímicos (SILVA; BOMTEMPO; ALVES, 2019).

Neste sentido, pesquisas têm sido realizadas visando a obtenção de um melhor aproveitamento energético da cana-de-açúcar, no qual a digestão anaeróbia surge como possível alternativa aos processos existentes (BOND e TEMPLETON, 2011; BRITO, 2011; DANTAS et al., 2013; DIAS et al., 2013; FREITAS et al., 2019; JANKE et al., 2015; NYKO et al., 2011;

PARSAEE et al., 2019).

O biogás é obtido através da digestão anaeróbia, a qual pode ser considerada como um dos métodos para estabilizar os componentes biodegradáveis dos resíduos sólidos ou líquidos e para produzir energia renovável, onde no decorrer do processo, os componentes orgânicos são degradados e metabolizados, principalmente, em metano (48-65%) e o restante constitui-se numa composição de gases contendo em maior parte dióxido de carbono (36-41%) (DUNG et al. 2014; GAUR e SUTHAR, 2017; REFAI et al., 2014; THI et al., 2015).

As temperaturas aplicadas na operação do processo, na maioria dos casos, ficam entre 30 e 40°C (CARNEIRO, 2009). Kim et al. (2002) afirmam que esta faixa é onde a produção de biogás ocorre de maneira eficiente e demanda menor gasto energético para manter a quantidade de calor no digestor. Além disto, os autores afirmam que por ser a gama da digestão mesófila, existe maior facilidade para manter o sistema estável quanto ao metabolismo dos microrganismos.

Dentre as fases da digestão anaeróbia, a hidrólise (primeira) é responsável pela conversão de materiais particulados em materiais dissolvidos mais simples pela ação de exoenzimas excretadas pelas bactérias fermentativas hidrolíticas, visto que menores partículas aumentam a área superficial da biomassa (FARIA, 2012; TEIXEIRA et al., 2008).

Projetos previamente implementados abordaram a produção de biogás a partir de resíduos dos diversos usos da cana-de-açúcar, como o bagaço, vinhaça, palha e casca (JANKE et al., 2015). O presente estudo, porém, buscou quantificar a produção de biogás utilizando a cana-de-açúcar através da digestão anaeróbia operada em batelada.

MATERIAL E MÉTODOS

A metodologia utilizada constitui-se em uma adaptação de Lourenço (2017). Os biodigestores utilizados no presente estudo foram confeccionados no Laboratório de Engenharia Ambiental e Energia da Universidade Federal de Pelotas (UFPel), onde a pesquisa foi desenvolvida.

Foram utilizados frascos de polipropileno com um volume total de 1,2 dm³, a fim de operarem com

eficiência e baixo custo. Visando a comunicação de cada digestor com seu respectivo medidor, foi necessária a instalação de conexões entre os recipientes realizando-se a inserção de um tubo flexível de silicone com 4 mm de diâmetro interno, no centro da tampa do digestor. O tubo instalado foi vedado com silicone acético incolor, inibindo futuras perdas de biogás para a atmosfera.

A elaboração do sistema de medição foi realizada a partir do princípio do deslocamento de líquidos entre dois frascos comunicantes (graduado e reservatório) conectados ao digestor, onde o frasco graduado é conectado à parte superior do reator através de tubo flexível e recebeu graduação de volume em mililitros para quantificação do biogás gerado, conforme a Figura 1:



Figura 1. Digestor conectado ao medidor de biogás.

Onde:

- 1 - Digestor;
- 2 - Frasco graduado;
- 3 - Reservatório.

O reservatório faz-se necessário para o armazenamento do líquido que será deslocado através do medidor pelo biogás produzido, o qual possui uma abertura com saída para a atmosfera.

Os frascos foram graduados, com auxílio de uma pipeta volumétrica, a cada 5 mL. Inseriu-se um divisor de ar modular valve terminal na entrada de cada medidor, o qual garante a saída do biogás para atmosfera quando aberto, possibilitando o retorno do

líquido à sua marca inicial.

Os medidores receberam uma fina camada de óleo de soja (10 mL) acima do nível de água contida no medidor graduado, para evitar a dissolução do dióxido de carbono (CO_2) contido no biogás.

O experimento foi realizado em triplicata e cada digestor foi nomeado com a letra P seguida dos números 1, 2 e 3. Todos continham cana-de-açúcar triturada, pré-tratamento realizado a fim de aumentar a área superficial da biomassa.

A operação dos biodigestores foi realizada em batelada. Para cada 1 g de biomassa foi adicionado 1 mL de água destilada, estabelecendo uma relação 1:1 em todos os biodigestores.

A cana-de-açúcar foi separada em quatro grupos, sendo: colmo, folhas verdes, folhas secas e ponteiro. Cada grupo foi pesado, resultando no peso total aproximado da cana-de-açúcar. Pôde-se, então, adequar à menor proporção a ser inserida em cada digestor.

Manteve-se, ao longo do experimento, uma temperatura média de 35°C com o auxílio de um banho de aquecimento com termostato Fisatom (modelo 572). Devido à evaporação da água no decorrer do experimento, ao longo dos dias foi necessário o reabastecimento do banho de aquecimento a fim de manter o nível adequado de água. A água de reabastecimento foi, primeiramente, estabilizada na mesma temperatura do banho de aquecimento e somente depois adicionada no mesmo, a fim de não ocorrerem oscilações de temperatura.

As medições foram realizadas diariamente a cada 12 horas por um período de 168 horas, zerando-se o medidor a cada intervalo. Ao término do experimento adicionou-se ao volume obtido através da escala do medidor, o volume de $0,24\text{ dm}^3$ referente ao *headspace*, local reservado para a formação das bolhas de biogás, totalizando 20% do volume total do digestor. Adicionou-se, ainda, $0,0025\text{ dm}^3$ referente ao volume do tubo que conecta o medidor ao digestor e $0,08\text{ dm}^3$ referente ao volume contido no medidor sem a graduação volumétrica. Os digestores operaram, portanto, com um volume útil de $0,96\text{ dm}^3$.

RESULTADOS E DISCUSSÃO:

Após o término do experimento, pôde-se estimar os volumes produzidos de biogás relacionados a cada

ponto da triplicata, bem como sua média. Pode-se observar, na Tabela 1, as produções de biogás ao longo do experimento e a média da triplicata.

Tabela 1. Volumes de biogás constatados nos medidores

Tempo (h)	P1	P2	P3	Média	Desvio padrão
0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
12	0,02	0,02	0,03	0,02	0,00
24	0,01	0,01	0,02	0,01	0,00
36	0,02	0,02	0,04	0,03	0,01
48	0,02	0,01	0,03	0,02	0,01
60	0,01	0,01	0,02	0,01	0,00
72	0,24	0,34	0,19	0,26	0,06
84	0,23	0,38	0,19	0,26	0,08
96	0,14	0,23	0,17	0,18	0,04
108	0,23	0,36	0,18	0,25	0,08
120	0,23	0,24	0,19	0,22	0,02
132	0,01	0,06	0,06	0,07	0,02
144	0,23	0,08	0,08	0,13	0,07
156	0,04	0,03	0,03	0,03	0,00
168	0,03	0,03	0,02	0,03	0,00
Soma	1,52	1,80	1,21	1,51	

Ao analisar a Tabela 1, nota-se que os digestores obtiveram produções entre 1,2 e 1,8 dm³ de biogás. O ponto 3 apresentou o menor volume de biogás produzido, totalizando 1,2 dm³, superado pelos pontos 1 e 2 que produziram, respectivamente, 1,5 e 1,8 dm³.

Considerando a soma de cada ponto da triplicata, calculou-se o desvio padrão, obtendo-se como resultado o valor de 0,24. Para a sequência do estudo, considerou-se a média dos valores constatados na triplicata resultando, assim, em um único digestor.

Conforme observa-se na Figura 2, houve baixa produção de biogás no início do processo, o que pode ser explicado pelo período de adaptação dos microorganismos no meio. Ocorreu, posteriormente, um crescimento na produção de biogás.

Adicionou-se um volume de 0,3225 dm³ ao digestor, resultando no volume total de, aproximadamente, 1,83 dm³ de biogás produzidos em um período de 168 h, correspondendo em 0,01 dm³/h. O volume adicionado equivale ao *headspace*, tubo que conecta o medidor ao digestor e ao contido no medidor sem a graduação volumétrica.

Em relação à temperatura de trabalho, Khalid et al. (2011) afirmam que as bactérias metanogênicas

são mais sensíveis às mudanças de temperatura do que outros organismos presentes nos biodigestores, onde pequenas variações de temperatura como 2° C podem ter efeitos adversos na digestão mesofílica.

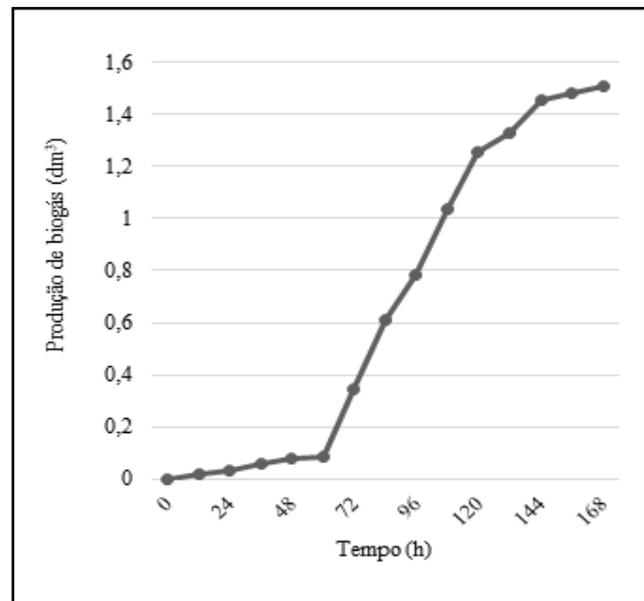


Figura 2. Produção acumulada de biogás

Não foi possível, contudo, determinar a estabilidade do processo em relação à frequência das oscilações, visto que o controle de temperatura foi realizado em intervalos de doze horas.

Referente ao tamanho das partículas utilizadas como matéria-prima, Viriato et al. (2015) estudaram a influência da granulometria e da concentração de sólidos totais na codigestão anaeróbia de resíduos orgânicos e constataram que a taxa de produção de biogás é inversamente proporcional à granulometria. Logo, a trituração realizada no presente estudo pode ser considerada benéfica se comparada à um cenário onde não houvesse a trituração da cana-de-açúcar. Contudo, o alto teor de sólidos ainda presente nos digestores pode ter influenciado negativamente na produção de biogás.

De acordo com Salomon e Lora (2009) e Silva, Bomtempo e Alves (2019), apesar das condições que favorecem o uso do bagaço, palha e vinhaça da cana para cogeração, nem todas as usinas fazem uso desta possível fonte de receita. Isto deve-se aos custos associados, como a modernização das instalações, investimento em sistema de ligação à rede, bem como a competição em leilões de energia com usinas eólicas.

Outro aspecto importante a destacar é a possível

concorrência para o bagaço produzir etanol de segunda geração, o que torna essencial a busca por novas metodologias que sejam viáveis economicamente para o aproveitamento energético da cana (SILVA, BOMTEMPO e ALVES, 2019).

Segundo Nyko et al. (2011) estima-se que 75% do bagaço e 70% da palha produzido pela indústria brasileira de cana-de-açúcar em um ano pode gerar 30.000 MW, o que é mais que o dobro do valor anual da produção de energia da hidrelétrica de Itaipu, considerada a segunda maior potência hidrelétrica no mundo.

Em contraposição com as aplicações estabelecidas para a produção de biogás a partir de resíduos oriundos dos diversos usos da cana-de-açúcar, Paulsen et al. (2020), utilizaram toda a cana como substrato. Tal pesquisa buscou, dentre outros fatores, alcançar uma produção otimizada de biogás até então desconhecida.

CONCLUSÕES

Pôde-se constatar, com o presente estudo, que ao utilizar cana-de-açúcar como substrato na digestão anaeróbia, há produção de biogás. A produção de, aproximadamente, 0,01 dm³/h alcançada neste estudo, todavia, necessita de maiores avaliações para definir sua real eficiência.

Estudos futuros contendo análises laboratoriais, como Demanda Química de Oxigênio (DQO), sólidos e pH, devem ser realizados, a fim de obter um acompanhamento mais detalhado do processo de digestão anaeróbia.

LITERATURA CITADA

BOND, T.; TEMPLETON, M. R. History and future of domestic biogas plants in the developing world. **Energy for Sustainable Development**, v.15, p.347-354, 2011.

BRITO, F. L. S. **Biodigestão anaeróbia em duplo estágio do bagaço de cana-de-açúcar para obtenção de biogás**. 2011. 184f. Dissertação (Mestrado em Saneamento, Meio Ambiente e Recursos Hídricos) - Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte.

CARVALHO, C.; KIST, B. B. **Anuário brasileiro de**

cana-de-açúcar 2018. Editora Gazeta Santa Cruz, 2018.

Companhia Nacional de Abastecimento (CONAB). Acompanhamento da safra brasileira de cana-de-açúcar. Brasília: **Conab**, v.6, n.4, p.1-62, 2020.

DANTAS, G. A.; LEGEY, L. F. L.; MAZZONE, A. Energy from sugarcane bagasse in Brazil: An assessment of the productivity and cost of different technological routes. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v.21, p.356-364, 2013.

DIAS, M. O. S.; JUNQUEIRA, T. L.; CAVALETTI, O.; PAVANELLO, L. G.; CUNHA, M. P.; JESUS, C. D. F.; MACIEL FILHO, R.; BONOMI, A. Biorefineries for the production of first and second generation ethanol and electricity from sugarcane. **Applied Energy**, v.109, p.72-78, 2013.

DUNG, T. N. B.; SEN, B.; CHEN, C. C.; KUMAR, G.; LIN, C. Y. Food waste to bioenergy via anaerobic processes. **Energy Procedia**, v.61, p.307-312, 2014.

Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA). **Cana-de-açúcar**. 2009. Disponível em: <<http://www.agencia.cnptia.embrapa.br/gestor/cana-de-acucar/Abertura.html>>.

FARIA, R. A. P. **Avaliação do potencial de geração de biogás e de produção de energia a partir da remoção da carga orgânica de uma estação de tratamento de esgoto - estudo de caso**. 2012. 63f. Dissertação (Mestrado em Energia na Agricultura) - Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Cascavel.

FREITAS, F. E.; SOUZA, S. S.; FERREIRA, L. R. A.; OTTO, R. B.; ALESSIO, F. J.; SOUZA, S. N. M.; VENTURINI, O. J.; ANDO JUNIOR, O. H. The brazilian market of distributed biogas generation: Overview, technological development and case study. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v.101, p.146-157, 2019.

GAUR, R.Z.; SUTHAR, S. Anaerobic digestion

- of activated sludge, anaerobic granular sludge and cow dung with food waste for enhanced methane production. **Journal of Cleaner Production**, v.164, p.557-566, 2017.
- JANKE, L.; LEITE, A.; NIKOLAUSZ, M.; SCHMIDT, T.; LIEBETRAU, J.; NELLES M.; STINNER W. Biogas production from sugarcane waste: assessment on kinetic challenges for process designing. **International Journal of Molecular Sciences**, v.16, p.20685-20703, 2015.
- KHALID, A.; ARSHAD, M.; ANJUM, M.; MAHMOOD, T.; DAWSON, L. The anaerobic digestion of solid organic waste. **Waste Management**, v.31, p.1737-1744, 2011.
- LORA, E. S.; ANDRADE, R. V. Biomass as energy source in Brazil. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v.13, p.777-788, 2009.
- LOURENÇO, V. A. **Produção de biogás via co-digestão anaeróbia de efluente da parboilização do arroz e resíduos sólidos orgânicos**. 2017. 57f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Ambiental e Sanitária) - Universidade Federal de Pelotas, Pelotas.
- NYKO, D.; FARIA, J. L. G.; MILANEZ, A. Y.; CASTRO, N. J.; BRANDÃO, R.; DANTAS, G. Determinantes do baixo aproveitamento do potencial elétrico do setor sucroenergético: uma pesquisa de campo. **BNDES Setorial**, n.33, p.421-476, 2011.
- PAOLIELLO, J. M. M. **Aspectos ambientais e potencial energético no aproveitamento de resíduos da indústria sucroalcooleira**. 2006. 200f. Dissertação (Mestre em Engenharia) - Faculdade de Engenharia, Universidade Estadual Paulista (UNESP), Bauru.
- PARSAEE, M.; KIANI, M. K. D.; KARIMI, K. A review of biogas production from sugarcane vinasse. **Biomass and Bioenergy**, p.117-125, 2019.
- PAULSEN, S.; HOFFSTADT, K.; KRAFFT, S.; LEITE, A.; ZANG, J.; FONSECA-ZANG, W.; KUPERJANS, I. Continuous biogas production from sugarcane as sole substrate. **Energy Reports**, v.6, p.153-158, 2020.
- REFAI, S.; BERGER, S.; WASSMANN, K.; DEPPENMEIER, U. Quantification of methanogenic heterodisulfide reductase activity in biogas sludge. **Journal of Biotechnology**, v.180, p.66-69, 2014.
- SALOMON, K. R.; LORA, E. E. S. Estimate of the electric energy generating potential for different sources of biogas in Brazil. **Biomass and Bioenergy**, v.33, p.1001-1007, 2009.
- SILVA, A; GOMES, W.; ALSINA, O. Utilização do bagaço de cana-de-açúcar como biomassa adsorvente na adsorção de poluentes orgânicos. **Revista Eletrônica de Materiais e Processos**, v.2, p.27-32, 2007.
- SILVA, D. F. S.; BOMTEMPO, J. V.; ALVES, F. C. Innovation opportunities in the Brazilian sugar-energy sector. **Journal of Cleaner Production**, v.218, p.871-879, 2019.
- SOUZA, N. R. D.; FRACAROLLI, J. A.; JUNQUEIRA, T. L.; CHAGAS, M. F.; CARDOSO, T. F.; WATANABE, M. D. B.; CAVALETTI, O.; VENZKE FILHO, S. P.; DALE, B. E.; BONOMI, A.; CORTEZ, L. A. B. Sugarcane ethanol and beef cattle integration in Brazil. **Biomass and Bioenergy**, v.120, p.448-457, 2019.
- SOUZA, S. P.; NOGUEIRA, L. A. H.; MARTINEZ, J.; CORTEZ, L. A. B. Sugarcane can afford a cleaner energy profile in Latin America & Caribbean. **Renewable Energy**, p.164-172, 2018.
- SOUZA, Z. J.; AZEVEDO, P. F. Geração de energia elétrica excedente no setor sucroalcooleiro: um estudo a partir das usinas paulistas. **Revista de Economia e Sociologia Rural**, v.44, p.179-199, 2006.
- SZYMANSKI, M. S. E., BALBONOT, R., SCHIRMER, W. N. Biodigestão Anaeróbica da

vinhaça: aproveitamento energético e obtenção de créditos de carbono e estudo de caso. **Ciências Agrícolas**, p.901-912, 2010.

TEIXEIRA, A. R.; CHERNICHARO, C. A. L.; AQUINO, S. F. Influência da redução do tamanho de partículas na taxa de hidrólise de esgoto bruto doméstico. **Revista Engenharia Sanitária e Ambiental**, v.13, n.4, p.405-415, 2008.

THI, N. B. D.; KUMAR, G.; LIN, C. Y. An overview of food waste management in developing countries: Current status and future perspective. **Journal of Environmental Management**, v.157, p.220-229, 2015.

VIRIATO, C. L.; LEITE, V. D.; SOUSA, J. T.; LOPES, W. S.; OLIVEIRA, E. G.; GUIMARÃES, H. S. Influência da granulometria e da concentração de sólidos totais na codigestão anaeróbia de resíduos orgânicos. **Revista de Estudos Ambientais**, v.17, n.1, p.6-15, 2015.