

III-152 - PRODUÇÃO DE BIOGÁS COM LODO ANAERÓBIO A PARTIR DE RESÍDUO DE BATATA INGLESA – INFLUÊNCIA DA GRANULOMETRIA

Luciana de Kassia Arruda da Silva

Aluna do curso de bacharelado em Engenharia Química na Universidade Federal de Pernambuco (UFPE)

João Vitor Farias Passos

Aluno do curso de bacharelado em Engenharia Química na Universidade Federal de Pernambuco (UFPE)

Derovil Antônio dos Santos Filho

Engenheiro Agrícola e Ambiental pela Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE). Mestre em Engenharia Civil pela Universidade Federal de Pernambuco (UFPE). Doutorando em Engenharia Civil pela Universidade Federal de Pernambuco (UFPE).

Maurício Alves da Motta Sobrinho⁽¹⁾

Engenheiro Químico pela Universidade Católica de Pernambuco, mestre em Engenharia Química pela Universidade Federal de Campina Grande e doutor em Engenharia de Processos pelo Institut National Polytechnique de Lorraine - França. Professor adjunto do Departamento de Engenharia Química da UFPE, Coordenador do PPG em Eng. Química e professor do PPG em Eng. Civil da UFPE. Pesquisador 2 do CNPq.

Endereço⁽¹⁾: Departamento de Engenharia Química da UFPE. Rua Prof. Arthur de Sá, s/n – Cidade Universitária – Recife – PE – 50.740-521 - e-mail: mottas@ufpe.br

RESUMO

O destino final de resíduos sólidos é um grande problema ambiental. Muitos destes resíduos, que acabam indo parar no lixo, podem ser reaproveitados como é o caso dos resíduos sólidos de frutas e hortaliças que possuem um grande potencial para a produção de biogás. Buscando uma alternativa para o destino final destes resíduos este trabalho teve como objetivo estudar a produção de biogás a partir de restos de batata inglesa, juntamente com lodo proveniente de tratamento de esgoto, pelo processo de digestão anaeróbia. Além disso foram feitos ensaios para avaliar a influência da granulometria do resíduo na produção do biogás, para isso o resíduo foi utilizado de duas formas: triturado e cortado em pedaços. Os resultados de volume acumulado de biogás por massa de resíduo foram de 16,216 e 10,332 NmL/g, para o resíduo picado e triturado, respectivamente.

PALAVRAS-CHAVE: Resíduos, lodo, digestão anaeróbia, granulometria, biogás e BMP.

INTRODUÇÃO

As perdas, de frutas e hortaliças, durante a pós-colheita são fatores limitantes na produção de alimentos hortícolas. Apesar de o Brasil se caracterizar como um país altamente produtor, é também um dos países onde mais se perdem alimentos durante essa etapa. Estima-se que, entre a colheita e a chegada à mesa do consumidor, ocorram perdas de até 40% das frutas e hortaliças produzidas (RINALDI, 2011). A perda desses vegetais gera um aumento no volume do lixo das cidades, que descartam uma matéria prima que tem um grande potencial na geração de energia.

Por outro lado, em decorrência do tratamento dos esgotos ocorre a geração de um resíduo semissólido, pastoso e de natureza predominantemente orgânica, chamado de lodo de esgoto (KUMMER, 2013). O destino final deste lodo é um grande problema ambiental e sanitário. Por isso, alternativas de utilização deste tipo de resíduos vem sendo estudada. Os dois resíduos citados anteriormente, resíduos vegetais e lodo de esgoto, apresentam um grande potencial para produção de biogás.

O biogás é considerado um biocombustível, por se tratar de uma fonte de energia renovável, que pode ser obtido natural ou artificialmente. Trata-se de uma mistura gasosa constituída principalmente por dióxido de carbono e o gás metano (ROYA, 2011). Desta forma, este trabalho tem como objetivo o estudo do processo de digestão anaeróbia utilizando lodo de esgoto, proveniente da ETE Dancing Day, no Recife. Neste trabalho foi utilizado restos de batata inglesa coletados em uma feira de alimentos localizada na cidade de Itapissuma - PE, tendo como finalidade a produção de biogás.

MATERIAIS E MÉTODOS

Primeiramente, preparou-se uma solução extratora para ser usado em algumas análises. O resíduo de batata foi cortado em tamanhos de até 2 cm, sem deixar o sulco escorrer. O extrato utilizado foi a água destilada. A proporção em massa escolhida foi de 1:20 (resíduo:extrato), exatamente 25 g de batata e 500 ml de água. A solução foi colocada em um béquer de 2000 ml e agitada em uma mesa agitadora (Quimis) à 200 rpm durante 8 minutos.

pH e Condutividade Elétrica

As análises de condutividade e pH foram feitas para a solução do resíduo (solução extratora, feita anteriormente), o lodo anaeróbio e para os dois juntos, todos em triplicata. Foi utilizado um pHmetro *Digimed* DM23 e um condutivímetro *Digimed* DM32.

Alcalinidade

O extrato do resíduo foi titulado com ácido sulfúrico (0,4 N) até o pH atingir os valores 5, 4,3 e 4. E foram anotados os volumes de titulação na graduação da bureta.

Demanda Química de Oxigênio

A demanda química de Oxigênio (DQO) aconteceu pelo método colorimétrico, onde pipetou-se 2 ml do extrato para tubos de ensaio, em duplicata, e depois foram adicionados 3,5 ml de ácido sulfúrico (conc.) e 1,5 ml de dicromato de potássio (0,208 N). Posteriormente a amostra foi aquecida por 2 horas a 150°C. A análise foi feita por espectroscopia ultravioleta visível (UV/VIS).

Demanda Bioquímica de Oxigênio

O método utilizado foi o respirométrico (Oxítóp). Este teste só foi realizado com o lodo, pois a DBO do extrato foi estimada pela DQO. Foram preparados em provetas de 500 ml, o lodo puro e diluído (1:10), em duplicata. Transferiu-se as amostras de 500 ml para frascos de DBO do tipo Oxítóp. Colocou-se a barra magnética dentro da garrafa, adicionou-se 2 pastilhas de NaOH (p.a) no reservatório de borracha, fechou-se a garrafa com o sensor e colocou-se sobre o sistema de agitação. Pressionou-se simultaneamente as teclas M e S até que aparecesse no visor do sensor "00". Os frascos foram deixados em um refrigerador a 20°C durante 5 dias, com aferições de quantidade de oxigênio dissolvido feito ao final dos 5 dias.

Teor de Umidade

Uma amostra do resíduo de batata foi picado, pesado em balança analítica ($M_{úmida}$) e colocado em cadinho dentro da estufa, onde permaneceu por 4 dia. O cadinho com o resíduo foi pesado novamente (M_{final}) e analisou-se a perda de massa utilizando a equação 1:

$$\%W_w = \frac{(M_{úmida} - M_{final})}{M_{úmida}} \times 100 \quad \text{equação (1)}$$

Sólidos Voláteis

As massas de resíduo remanescentes do teste anterior foram utilizados nesta análise. Primeiramente, macerou-se o resíduo restante e depois separou-se em dois cadinhos, um contendo 5 g e o outro 3,4382 g. Os cadinhos foram deixados em estufa até o dia da calcinação. Os cadinhos foram então calcinados a 550 °C durante 2 horas em uma mufla e pesados em balança analítica (M_F). O teor de sólidos voláteis (%SV) foi então calculado utilizando a equação 2:

$$\%SV = \frac{M_o - M_F}{M_o} \times 100 \quad \text{equação (2)}$$

Ensaio de Potencial de Geração de Biogás

Para avaliar a produção de biogás foi utilizado o ensaio de Potencial Bioquímico de Metano (BMP). Foram realizados quatro conjuntos de ensaio, cada um deles em triplicata, para avaliar a produção de biogás de acordo com a granulometria do resíduo.

Inicialmente pesou-se cerca de 5 gr do resíduo picado e então adicionou-se aos frascos contendo 50 ml de água, e aos frascos contendo 50 ml do lodo e 0,007 gr de bicarbonato de sódio. Em seguida pesou-se cerca de 5 gr do resíduo triturado e então adicionou-se aos frascos contendo 50 ml de água, e aos frascos contendo 50

ml do lodo e 0,007 gr de bicarbonato de sódio. Pesou-se cada frasco, ainda vazios, e em seguida com o inóculo. E verificou-se o pH e a condutividade de cada mistura colocada nos frascos.

Feito isso foi realizada a circulação de nitrogênio gasoso por 2 minutos, em cada frasco, para retirar o oxigênio existente dentro dos frascos e assim garantir que a biodegradação dos resíduos inoculados fosse iniciada sob condições de anaerobiose. Por fim os frascos BMP foram envolvidos com papel alumínio para evitar a passagem de luz, o que poderia alterar o processo de biodegradação anaeróbica, e então incubados em estufa a 37 °C. A cada dia foi feita a leitura das pressões internas dos frascos, durante 20 dias, para avaliar a produção gasosa.

A quantidade de bicarbonato (sol. tampão) foi estimada a partir da DQO, sendo igual a 20% da mesma. Para o extrato utilizado foi encontrada uma DQO igual a 696,66 mg/L, porém na inoculação foi utilizado um volume de 50 ml apenas. Então fazendo uma regra de três simples e tirando 20% do valor encontrado chegou-se a massa de 0,007 gr de bicarbonato.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados das análises iniciais do resíduo e do lodo, separadamente, encontram-se na Tabela 1.

Tabela 1: Parâmetros iniciais do resíduo e do lodo, separados.

Parâmetro	Valor	Parâmetro	Valor
pH do resíduo	5,47	Teor de sólidos voláteis (%)	94,95
pH do lodo	6,84	DQO (mg/L)	696,661
Condutividade do resíduo ($\mu S/cm$)	181,96	DBO (mg/L)	2910
Condutividade do lodo (mS/cm)	4,35	Alcalinidade (mg CaCO ₃ /L)	160
Teor de umidade (%)	86,6		

pH e Condutividade Elétrica

O pH afeta o nível da atividade metabólica de vários microrganismos sendo assim um parâmetro importante do processo de decomposição dos resíduos. Indica a evolução da degradação microbiológica da matéria orgânica e a evolução do processo de estabilização da massa de resíduos. O crescimento das bactérias metanogênicas pode ser inibido em resíduos com baixo valor de pH, pois isso pode ser devido a uma elevada concentração de ácidos graxos voláteis.

No processo de digestão anaeróbia, o pH deve estar compreendido entre 6,3 e 7,8 onde pode ser observada maior eficiência da fase metanogênica (ALVES, 2008). Como mostrado na tabela 1 o valor do pH do lodo está dentro da faixa desejada, já o pH do resíduo ficou um pouco abaixo. Na tabela 2, abaixo, é dado o pH das misturas lodo-resíduo e lodo-água, verificando-se uma conformidade apenas nos valores de pH da mistura lodo-resíduo.

Segundo Santos (2010), um melhor desempenho da digestão anaeróbia é obtido a baixos valores de condutividade elétrica. Pois altos valores de condutividade prejudicam as atividades dos microrganismos responsáveis pela degradação da matéria orgânica devido à produção de um efeito osmótico.

Alcalinidade

Segundo Wang (2016), a alcalinidade reflete a capacidade de tamponamento do meio e mantém o pH adequado para a digestão. A alcalinidade é apresentada principalmente sob a forma de bicarbonatos.

A alcalinidade total (AT) é geralmente determinada por titulação com PH de 4,3, enquanto que a titulação até pH 5 indica o efeito parcial Alcalinidade (AP). A diferença entre AT e AP é a alcalinidade intermediária (AI), que aproxima os ácidos graxos voláteis (JENKINS *et al.*, 1983, RIPLEY *et al.*, 1986). O processo de digestão anaeróbia funciona bem em uma ampla gama de alcalinidade entre 2000 a 18000 mg CaCO₃ / L (CUETOS *et al.*, 2008; GELEGENIS *et al.*, 2007; MURTO *et al.*, 2004).

A alcalinidade do presente trabalho foi de 160 mg de CaCO₃ /L, ou seja, abaixo do intervalo favorável a degradação da matéria orgânica.

Demanda Química de Oxigênio (DQO) e Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO)

O valor da DQO indica de forma direta o teor de carbono orgânico através do consumo de oxigênio no processo de oxidação da matéria orgânica existente em uma amostra líquida. A DQO do resíduo foi de 696,661 mg/L e a do lodo não foi calculada. Já a DBO está relacionada indiretamente à quantidade de matéria orgânica biodegradável existente no efluente. A DBO do lodo utilizado mostra que ele possui uma considerável quantidade de matéria orgânica, 2910 mg/L. Desta forma sua mistura com o resíduo foi útil para aumentar a produção de biogás.

Teor de Umidade

Estudos feitos por Alves (2008) indicaram que quanto maior o teor de umidade dos resíduos, maior a quantidade de biogás gerada e, portanto, maior a biodegradabilidade do material. Essa presença de água no meio influencia diretamente a atividade microbiana. A umidade possibilita o transporte de nutrientes, substratos, enzimas e outros produtos microbianos por todo o sistema.

Até um determinado nível de umidade pode haver estímulo de produção de biogás, no entanto, infiltrações excessivas podem causar retardamento da sua produção (PAES, 2003). Segundo Pivato (2004), a degradação de resíduos pode ser fortemente reduzida quando o teor de umidade apresentar-se abaixo de 35%. USEPA (1990) afirma que a geração de biogás pode aumentar consideravelmente quando se tem uma umidade elevada de até 90% em peso úmido. O presente trabalho apresentou 86,6% de teor de umidade, o que pode-se considerar bom.

Sólidos Voláteis

O teor de sólidos voláteis (SV) indica indiretamente a quantidade de material que pode ser degradado, ou seja, quanto maior o teor de SV maior a quantidade de material que pode ser degradado, conforme Firmo (2013).

Kelly (2002) e Decottignies *et al.*(2005) afirma que resíduos contendo um teor de sólidos voláteis menor que 10% corresponde a um material já bioestabilizado. Portanto o teor de SV deste resíduo está condizente com os teores para resíduos sólidos urbanos em geral.

Este é um indicativo indireto de degradabilidade, pois o fato de conter componentes orgânicos em abundância não indica que os mesmos são biodegradáveis.

Ensaio de Potencial de Geração de Biogás

O ensaio do Potencial Bioquímico de Metano (BMP) se destina a avaliar a biodegradabilidade dos resíduos com base na produção de biogás e metano, sob condições ótimas de degradação em termos de umidade, temperatura, flora microbiana anaeróbia e disponibilidade de nutrientes, afirma Firmo (2013).

Para maximizar a degradação e a produção de biogás no ensaio, adicionou-se lodo anaeróbio como inóculo para garantir uma maior disponibilidade de microrganismos e nutrientes para degradar o substrato. A comparação da mistura de água e lodo com resíduo permitiu entender a importância do lodo para o favorecimento da degradação da biomassa. As diferentes granulometrias também analisadas com o intuito de entender a sua influência na produção do biogás.

Parâmetros Físico-Químicos Iniciais

Os dados iniciais dos parâmetros físico-químicos do ensaio estão dispostos na tabela 2. A amostra 1 é a mistura do resíduo picado com água, a 2, o resíduo triturado com água, na amostra 3 está contida a mistura entre resíduo picado, lodo e solução tampão e na 4, o resíduo triturado, lodo e solução tampão.

Tabela 2: Parâmetros iniciais do resíduo e do lodo, misturados no BMP.

Amostras	massa BMP s/ amostra (g)	massa BMP c/ amostra (g)	pH	Condutividade
1	231,14	284,84	5,5	635,43
2	230,38	282,94	5,2	1015,86
3	230,16	282,55	7,1	5,29
4	230,84	284,41	7,1	5,99

Amostras de Resíduo e Água

Durante a realização dos ensaios de BMP foram feitas análises da água com o resíduo em granulometrias diferentes (Figura 1a). O objetivo foi analisar a influência da granulometria dos resíduos na ausência do lodo, o resultado foi uma maior produção de biogás do resíduo picado com relação ao triturado. Os valores da produção acumulada de biogás foram de 8,6785 e 4,8214 NmL, para o picado e triturado, respectivamente.

A produção de biogás depende da massa de resíduo que é utilizada para tal, logo, o valor do volume de biogás acumulado pela massa do resíduo foi 1,7357 e 0,9642 NmL/g, para o picado e triturado, respectivamente.

A análise da taxa de produção máxima de biogás destas amostras (Figura 1b) também demonstra a maior potencialidade do resíduo picado, apresentando valor máximo de 5,1428 NmL/dia, enquanto o do resíduo triturado é de 4,8214 NmL/dia.

Portanto, nota-se que a maior área superficial do resíduo triturado não influenciou positivamente na produção de biogás.

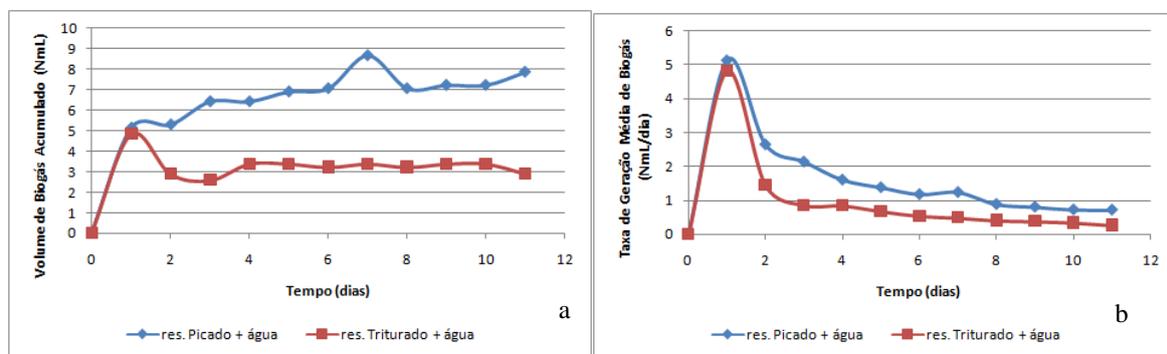


Figura 1: Comparação do volume produzido (a) e da taxa de produção (b) de biogás entre misturas de resíduo e água com diferentes granulometrias.

Amostras de Resíduo e Lodo

A produção de biogás das amostras com mistura de lodo e resíduo (Figura 2a) foi maior do que as misturas com água, resultando em valores de geração acumulada de biogás de 81,08 e 51,66 NmL (subtraída a produção do lodo), para resíduo picado e triturado, respectivamente. Mais uma vez observa-se a maior potencialidade do resíduo picado, contrariando as expectativas.

A produção de biogás depende da massa de resíduo que é utilizada para tal, logo, o valor do volume de biogás acumulado pela massa do resíduo foi 16,216 e 10,332 NmL/g, para o picado e triturado, respectivamente.

Com relação a taxa de produção máxima de biogás (Figura 2b) os valores seguiram a tendência dos outros dados, com 20,037 e 15,589 NmL/dia, para resíduo picado e triturado, respectivamente.

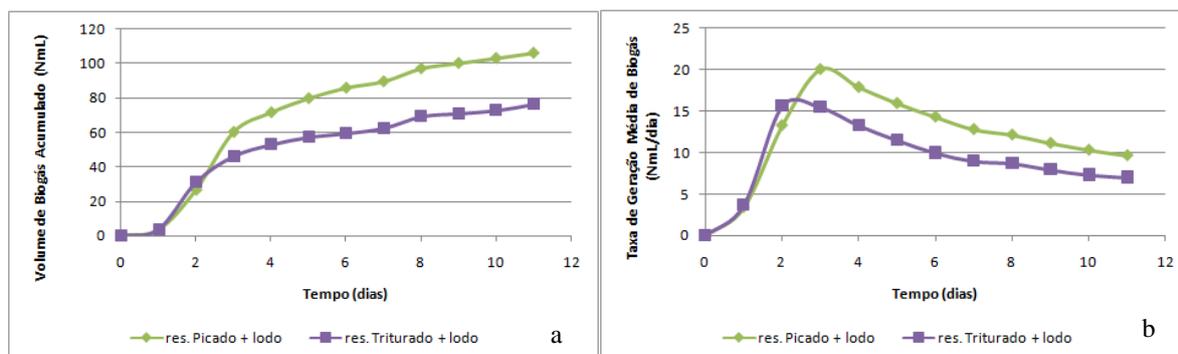


Figura 2: Comparação do volume produzido (a) e da taxa de produção (b) de biogás entre misturas de resíduo e lodo com diferentes granulometrias.

Avaliação Global

Nas figuras 3a e 3b, analisa-se em um panorama geral, todas as amostras no mesmo gráfico. A análise comparativa entre as amostras com lodo e com água evidencia a diferença de nutrientes que é muito maior no lodo do que na água. Já com relação a granulometria constata-se a preponderância do resíduo picado.

Na Figura 3a, percebe-se que as curvas das amostras com lodo não estabilizam ao final dos onze dias de retenção, indicando uma potencialidade ainda maior se os experimentos fossem estendidos.

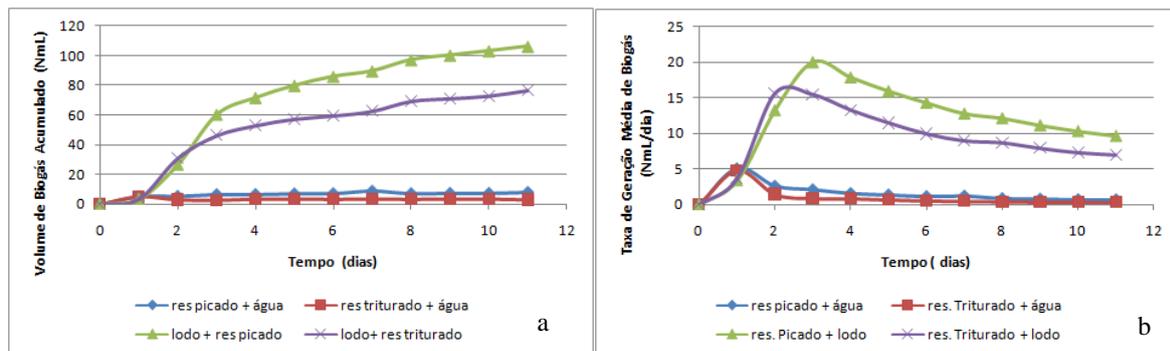


Figura 3: Comparação do volume produzido (a) e da taxa de produção (b) de biogás entre todas as amostras.

CONCLUSÕES

Apesar das análises cromatográficas não terem sido realizadas, excluindo a discussão sobre a composição do biogás formado, pode-se constatar a importância dos testes de BMP para a avaliação da produção de biogás, e como seus parâmetros interferem nos resultados.

A granulometria influenciou de maneira inesperada os testes, pois o resíduo triturado apresenta uma maior área de contato e mesmo assim obteve um volume acumulado de biogás por massa de resíduo menor do que o resíduo picado, com valores de 16,216 e 10,332 NmL/g, para o picado e triturado, respectivamente.

A partir das curvas da Figura 5, entende-se que a produção não estabilizou, portanto identifica-se um potencial ainda maior nesse resíduo, e que pode ser explorado em pesquisas futuras.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALVES, I.R.F.S. (2008). Análise experimental do potencial de geração de biogás em resíduos sólidos urbanos. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal de Pernambuco. Recife - PE.
- CUETOS, M.J., GOMEZ, X., OTERO, M., MORÁN, A. (2008). Anaerobic digestion of solid slaughterhouse waste (SHW) at laboratory scale: influence of co-digestion with the organic fraction of municipal solid waste (OFMSW). *Biochemical Engineering Journal*, v. 40, n.1, p. 99-106.
- DECOTTIGNIES, V., GALTIER, L., LEFEBVRE, X. E VILLERO, T. (2005). Comparison of analytical methods to determine the stability of municipal solid waste and related wastes. *Proceeding Sardinia 2005. Tenth International Waste Management and Landfill Symposium*, Cagliari, Italy. October 2005.
- FIRMO, A.L.B. (2013). Análise comportamental de parâmetros físico-químicos e geração de gás numa célula experimental no Aterro da Muribeca-PE. Trabalho de conclusão de curso. Centro de Tecnologia e Geociências, Departamento de Engenharia Química, Universidade Federal de Pernambuco, Recife-PE. 79p.
- GELEGENIS, J., GEORGAKAKIS, D., ANGELIDAKI, I., MAVRIS, V. (2007). Optimization of biogas production by co-digesting whey with diluted poultry manure. *Renewable Energy*, 32 (13), 2147-2160.
- JENKINS, S.R., MORGAN, J.M., SAWYER, C.L. (1983). Measuring Anaerobic Sludge Digestion and Growth by a Simple Alkalimetric Titration. *Journal (Water Pollution Control Federation)*, 55 (5), 448-453.

7. KELLY, R.,J. (2002). Solid waste biodegradation enhancements and the evaluation os analytical methods used to predicted waste stability. Master of Science in Environmental Science and Engineering, Virginia Polytechnic Institute USA.
8. KUMMER, A. C. B. (2013). Efeito de efluente de esgoto tratado e lodo de esgoto compostado no solo e nas culturas de trigo e soja. Tese (Doutorado em Agronomia). 178f. Botucatu, SP: UNESP, 2013.
9. MURTO, M., Björnsson, L., Mattiasson, B. (2004). Impact of food industrial waste on anaerobic co-digestion of sewage sludge and pig manure. Journal of environmental management, 70 (2), 101-107.
10. PAES, R.F.C. (2003). Caracterização do chorume produzido no aterro da Muribeca - PE. Dissertação de Mestrado - Centro de Ciências e Tecnologia, Universidade Federal de Campina Grande. Campina Grande - PB. 150 p.
11. RINALDI, M. M. (2016) Perdas pós-colheita devem ser consideradas. Disponível em: <<http://www.grupocultivar.com.br/artigos/perdas-pos-colheita-devem-ser-consideradas>>. Acesso em: 13 dez.
12. RIPLEY, L.E., Boyle, W.C., Converse, J.C. (1986). Improved Alkalimetric Monitoring for Anaerobic Digestion of High-Strength Wastes. Journal (Water Pollution Control Federation), v. 58, n. 5, p. 406-411.
13. ROYA, B., FREITAS, E.; BARROS, E.; ANDRADE, F.; PRAGANA, M.; SILVA, D.J.A. Biogás: uma energia limpa. Revista Eletrônica Novo Enfoque. PUC-RJ. v. 13, n. 13, 2011. Disponível em:<http://www.castelobranco.br/sistema/novoenfoque/files/13/artigos/12_BunoRoya_Biogas_Prof_Djalma_VF.pdf> Acesso em: 13 dez. 2016.
14. SANTOS, V.C. (2010) Projeto, construção e instrumentação de um lisímetro em escala de laboratório para estudos em resíduos sólidos. 105 f. Monografia (Graduando em Engenharia Ambiental) – Faculdade de Engenharia e Arquitetura, Universidade de Passo Fundo, Passo Fundo.
15. USEPA - UNITED STATES ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY (1990). Characterization of municipal solid waste in the united states: 1990 update. Executive Summary. Office of Solid Waste, EPA/530-SW-90-042A. June 1990.
16. WANG, BING (2016). Factors that Influence the Biochemical Methane Potential (BMP) Test. Lund University