

REVISTA BRASILEIRA DE ENERGIAS RENOVÁVEIS

PRODUÇÃO DE BIOGÁS COM DIFERENTES RESÍDUOS ORGÂNICOS DE RESTAURANTE UNIVERSITÁRIO¹

Stéfano Gomes Kretzer², Alberto Kazushi Nagaoka³, Thiago Ezio Moreira², Igor Luiz Rigoni
Gonzaga de Moraes², Fernando Cesar Bauer⁴

¹Aceito para Publicação no 4º Trimestre de 2016.

²Graduado em Agronomia pela Universidade Federal de Santa Catarina- UFSC, stefanokretzer@hotmail.com,

²Professor Dr. no Departamento de Engenharia Rural na Universidade Federal de Santa Catarina- UFSC, alberto.nagaoka@ufsc.br

³Eng. Agrônomo, Prof. Adjunto, Departamento de Engenharia Rural, CCA/UFSC, Florianópolis – SC.

Resumo

Esta pesquisa objetivou avaliar o uso de diferentes resíduos orgânicos provindos de restaurante universitário (RU), no processo de biodigestão anaeróbia. O experimento foi conduzido no Centro de Ciências Agrárias (CCA) da Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC), nos meses de junho e julho de 2015, totalizando 43 dias. Considerou-se um delineamento experimental inteiramente casualizado, com 4 tratamentos (T1: arroz, T2: beterraba + alface, T3: feijão e T4: arroz+beterraba+alface+feijão) e 3 repetições. Todos os tratamentos receberam 500g de resíduo *in natura*, de acordo com seu teor de umidade, 1000g de água e 150g de inóculo de esterco bovino. Monitorou-se, antes, durante e depois do processo de fermentação as temperaturas internas dos biodigestores, temperatura interna e externa da caixa, onde os biodigestores ficaram contidos e a produção de biogás. Analisou-se o pH, os teores de carbono orgânico e nitrogênio total dos resíduos e a massa do biofertilizante. Observou-se que o

tratamento T1 iniciou a produção de biogás a partir do sétimo dia, o tratamento T3 teve maior produção de biogás, enquanto os tratamentos T2 e T4 não produziram biogás. O tratamento T1 apresentou maior redução do teor de carbono orgânico e maior acréscimo do teor de nitrogênio total. Concluiu-se que as condições de temperatura dos biodigestores e os tipos de resíduos orgânicos afetam o desempenho da biodigestão anaeróbia, o arroz e feijão são potenciais resíduos orgânicos para produção de biogás e biofertilizante.

Palavras Chave: biodigestor, temperatura, resíduo urbano.

Abstract

This research aimed to evaluate the use of different organic wastes stemmed from university restaurant (RU), in anaerobic digestion process. The experiment was conducted at the Centro de Ciências Agrárias (CCA) of the Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC) in June and July of 2015, it totalized 43 days, it was considered a completely randomized design with 4 treatments (T1 : rice, T2: beet + lettuce, T3: beans and T4: mixture of rice + beetroot + lettuce + beans) and 3 repetitions. All treatments received 500g of waste in nature, according to its moisture content, 1000g of water and 150g of bovine manure inoculum. The production of biogas and the internal temperatures of the biodigesters, internal and external temperature of the box, where the digesters were contained, were monitored before, during and after the fermentation process. It was analyzed the pH, the organic carbon and total nitrogen of the waste and the mass of biofertilizers. It was observed that the treatment T1 started biogas production at the seventh day, treatment T3 had higher production of biogas, while T2 and T4 not produced biogas. Treatment T1 showed higher reduction of the organic carbon content and higher increase of total nitrogen content. It was concluded that the conditions of temperature of digesters and types of organic wastes could affect the performance of the anaerobic digestion, rice and beans are potential organic waste for production of biogas and biofertilizer.

Key words: Biodigester, temperature, carbon, nitrogen.

Introdução

A necessidade de substituição do petróleo surgiu juntamente com a consciência de tratar os resíduos produzidos, pelas diferentes atividades urbanas e rurais, sendo de vital importância para a saúde pública e para o combate à poluição das águas (MARQUES, 2012). Segundo dados

da Companhia Melhoramentos da Capital (COMCAP), no ano de 2015, Florianópolis produziu diariamente 500 toneladas de lixo, sendo apenas 5% coletado de forma seletiva e 95% coletado de forma convencional, misturando resíduo orgânico com resíduo inorgânico. Apenas o Restaurante Universitário (RU) do Centro de Ciências Agrárias da UFSC produz em média 240 kg de resíduo sólido orgânico por dia, sendo um grande volume de dejetos gerados diariamente, que se gerenciado inadequadamente podem ocasionar problemas ambientais.

Segundo o Ministério do Meio Ambiente (MMA) e a Lei 12305/10 os resíduos sólidos orgânicos e todo resíduo de origem animal ou vegetal, podem ter diversas origens, como doméstica ou urbana (restos de alimentos e podas), agrícola ou industrial (resíduos de agroindústrias alimentícias, indústrias madeireiras e frigoríficas), de saneamento básico (lodos de estações de tratamento de esgotos), entre outras.

O tratamento e descarte correto de resíduos orgânicos podem ser viabilizados com uso dos biodigestores, onde os resíduos orgânicos passam por um processo de biodigestão anaeróbia dentro do biodigestor, sendo degradado e estabilizando a matéria orgânica, alterando a estrutura bioquímica do resíduo, reduzindo microrganismos patogênicos, produzindo gases (biogás) como metano e biofertilizantes (matéria orgânica estabilizada), gerando menos poluentes (MOLINO et al. 2012).

A biodigestão ou fermentação anaeróbia é bastante complexa e um elevado número de espécies de bactérias, produtoras ou não de metano, contribuem de algum modo para sua degradação (TIETZ et al. 2014). Durante a redução da carga orgânica presente em um resíduo, há a minimização do poder poluente e dos riscos sanitários desses dejetos e ao mesmo tempo, tem-se como subproduto o biogás, que pode ser convertido em energia térmica ou elétrica e o biofertilizante utilizado como adubo (STEIL, 2002).

De acordo com Sagula (2012), o biogás é constituído de 60 a 70% de metano (CH_4) e 30 a 40% de dióxido de carbono (CO_2), além de traços de gás hidrogênio (H_2), gás nitrogênio (N_2) e gás sulfídrico (H_2S). O metano não possui cheiro nem cor, sendo altamente inflamável de chama azul lilás e não deixa fuligem (BARRERA, 2003).

Segundo Deganutti et al. (2002) e Ferrari (2005), uma pessoa em termos de uso caseiro (fogão, iluminação, geladeira, chuveiro) necessita de 1,79 m^3 de biogás diariamente. Traduzindo em termos práticos 1 m^3 de biogás equivale a 0,61 L de gasolina, 0,57 L de querosene, 0,55 L de óleo diesel, 0,45kg de gás liquefeito, 0,79 L de álcool combustível, 1,538 kg de lenha e 1,428 kWh de energia elétrica.

Após a produção do biogás, a biomassa fermentada deixa o interior do biodigestor sob a forma líquida, rica em nutrientes, com grande poder de fertilização sendo chamado de biofertilizante. O mesmo contribui para o restabelecimento do teor de húmus do solo, melhorando as características físicas e químicas além de ajudar a melhoria da atividade microbiana do solo (RIBEIRO, 2007).

Para melhor processo de biodigestão anaeróbia, depende de diversos fatores como a composição do resíduo, teor de água dos resíduos, o pH, a temperatura, tamanho das partículas, densidade dos resíduos, presença de nutrientes e a relação carbono e nitrogênio (MUDAU, 2012).

O objetivo desse experimento foi avaliar o uso de resíduos orgânicos provenientes de restaurante universitário (RU), no processo de biodigestão anaeróbia em biodigestores de tamanho reduzido.

Metodologia

O trabalho foi conduzido no Centro de Ciências Agrárias (CCA) da Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC), na Estação de Fontes Alternativas de Energia (EFAE), localizado em Florianópolis-SC. A coleta dos dados foi realizada durante 43 dias, de 19 de junho a 31 de julho de 2015, respeitando o tempo de detenção hidráulica (TDH).

O experimento foi conduzido dentro de uma caixa de madeira, do tipo aglomerada, com as dimensões de 0,70 cm (largura) x 1,50 cm (comprimento) x 0,60 cm (altura). A parte interna da caixa foi forrada com manta térmica (1 camada de polietileno + 1 camada de papelalumínio). Dentro da caixa foram colocados os biodigestores, cada um composto de uma garrafa PET (prolittereftalato de etileno) de 2 litros, recoberta com a mesma manta térmica utilizada na caixa, um termômetro interno, um reservatório de biogás e um registro.

Os resíduos utilizados para abastecer os biodigestores, foram provenientes do Restaurante Universitário (RU) do Centro de Ciências Agrárias, sem ser feito qualquer lavagem e limpeza prévia, foram triturados com liquidificador caseiro, até ficar com textura pastosa. Foram realizados 4 tratamentos, T1: arroz, T2: beterraba + alface, T3: feijão e T4: arroz+beterraba+alface+feijão. O delineamento experimental foi inteiramente casualizado com 3 repetições.

Cada biodigestor possuía 500g de resíduo, 1000g de água e 150g de inóculo em todos os tratamentos. A água utilizada foi mineral, da marca Santa Rita. O inóculo utilizado foi esterco

bovino (bois tratados a pasto) em processo final de biodigestão. O teor de água dos resíduos foi determinado de acordo com a metodologia da umidade gravimétrica para calcular sua proporção.

Cada biodigestor foi equipado com termômetro digital de sensor externo modelo TL8009 Shenzhen AOV, de precisão $\pm 1^\circ\text{C}$, instalado dentro do biodigestor a uma distância de 20 cm em relação à tampa da garrafa. Para monitorar a temperatura interna da caixa, utilizou-se um termômetro higrômetro com sensor interno e externo modelo 7666.02.0.00 Incoterm, de precisão $\pm 1^\circ\text{C}$. Em relação à temperatura externa (ambiente), foi monitorado com termohigrômetro USB Temperature and Humidity Datalogger modelo KG100 medido pela Estação Meteorológica CCA/UFSC, também com precisão de $\pm 1^\circ\text{C}$. Os dados foram coletados 3 vezes por dia (9:00, 13:00 e 17:00 horas) e 3 vezes por semana agitou-se, com 10 rotações, os biodigestores.

O termômetro interno da caixa e os termômetros dos biodigestores foram calibrados utilizando o equipamento Banho Maria Microprocessado, a qual foi variada a temperatura de 2°C a 60°C , obtendo-se 10 temperaturas pontuais.

Para quantificar a produção de biogás, foi instalado um medidor individual (gasômetro) em cada biodigestor, uma mangueira de polietileno flexível com diâmetro de 4 mm, para ligar o biodigestor ao gasômetro. O gasômetro era constituído de um recipiente plástico com escala graduada de 100 mL até 1400 mL, mergulhado em outro recipiente plástico maior, contendo água (formando um embolo). Os recipientes graduados flutuavam, até atingir 1200 mL e após a medição, foram esvaziados manualmente, pela abertura do registro instalado acima da tampa da garrafa. Os recipientes graduados foram calibrados de acordo com a metodologia de Silveira et al., (2014).

Para obter a quantidade de biofertilizante produzido, realizou-se a determinação de massa total antes e depois do processo de biodigestão. As análises químicas e físicas foram realizadas no Laboratório de Solos, Água e Tecidos Vegetais, de Ecologia do Solo (CCA/UFSC). Avaliou-se o teor de água dos resíduos, pH, “Nitrogênio Total e Carbono Orgânico seguindo” seguindo as recomendações de Tedesco (1995) especificadas a seguir:

Determinação do teor de água:

Foi utilizada a metodologia da umidade gravimétrica para determinar o teor de água dos resíduos. As amostras foram pesadas e levadas para estufa a 105°C . Utilizando a seguinte equação: Umidade gravimétrica = $100 \frac{a-b}{a}$

b

Onde:

a = massa da amostra úmida (g); b

= massa da amostra seca (g).

Determinação do pH:

Determinou-se o pH através de um pHmêtro Digimed Modelo DM-22 utilizando o método que mede o potencial eletrônico por um potenciômetro imerso no biofertilizante, com proporção de 1:1 de água destilada.

Determinação da concentração de carbono orgânico e nitrogênio total:

Para determinar a concentração do carbono orgânico e nitrogênio total, foram utilizadas as seguintes equações:

Carbono orgânico:

$$\% C = \frac{(\text{Dicromato} - \text{sulfato ferroso}) \times 0,003 \times 100}{\text{material (g)}}$$

Nitrogênio total:

$$\% N = \frac{(\text{ml titulante gastos na amostra} - \text{ml gastos titulação do branco}) \times 700}{\text{solo (g)} \times 10000}$$

Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância e as médias comparadas pelo Teste de Tukey a 5% de probabilidade. As análises estatísticas foram feitas com auxílio do software Assistat® 7.7 beta (2016).

Resultados e discussões

Cada termômetro do biodigestor tem seu próprio gráfico e fator de correção, todos seguindo a mesma metodologia. A figura 1 contém o resultado da calibração feita entre o termômetro 3 utilizado para medir a temperatura do biodigestor e o termômetro utilizado para medir a temperatura interna da caixa.

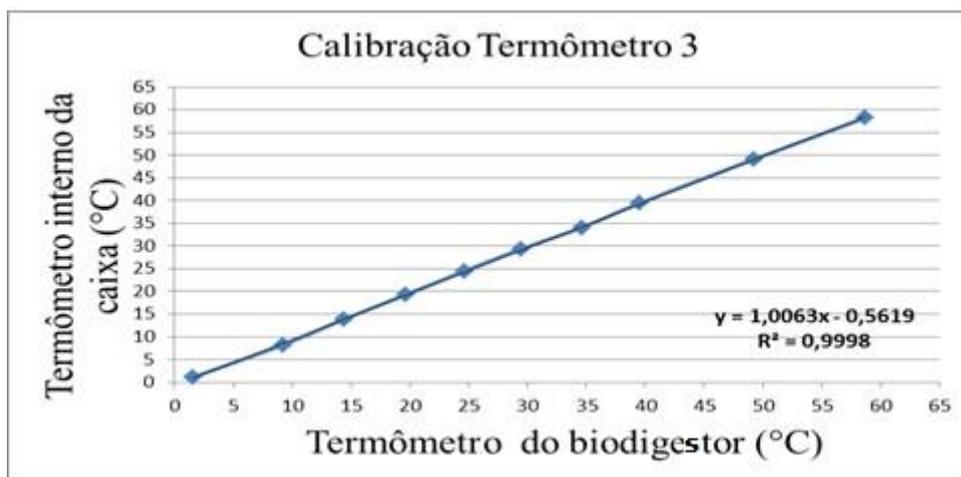


Figura 1 – Curva de correção e fator de conversão do termômetro interno da caixa e dos biodigestores. O fator de conversão na calibração do gasômetro segundo a metodologia de Silveira et al. (2014) foi de $y = 0,9683x$.

Na Figura 2, encontram-se todas as temperaturas (máxima e mínima da caixa, média dos tratamentos - biodigestor, dentro da caixa e do ambiente externo) medidas durante o experimento. A temperatura entre os tratamentos não teve diferença estatística, sendo feito a média entre ambos, apontando variação térmica em relação à temperatura interna da caixa e à temperatura externa, não houve diferença estatística de variações entre as temperaturas no decorrer do experimento. A manta térmica utilizada na caixa de madeira e nos biodigestores foi benéfica ao processo de biodigestão, pois evitou variações de temperatura no interior dos biodigestores, em dias onde a temperatura de dentro da caixa variou 10 °C.

As temperaturas internas dos tratamentos no decorrer do experimento foram próximas, variando entre 16,5°C e 22,6°C e média de 19,5°C. A maioria dos autores concorda que acima de 10°C dentro do biodigestor já tem atuação de bactérias metanogênicas (AVACI, 2012). Segundo Estoppey (2010) para otimizar a biodigestão anaeróbia, as temperaturas devem estar entre 35°C e 40°C.

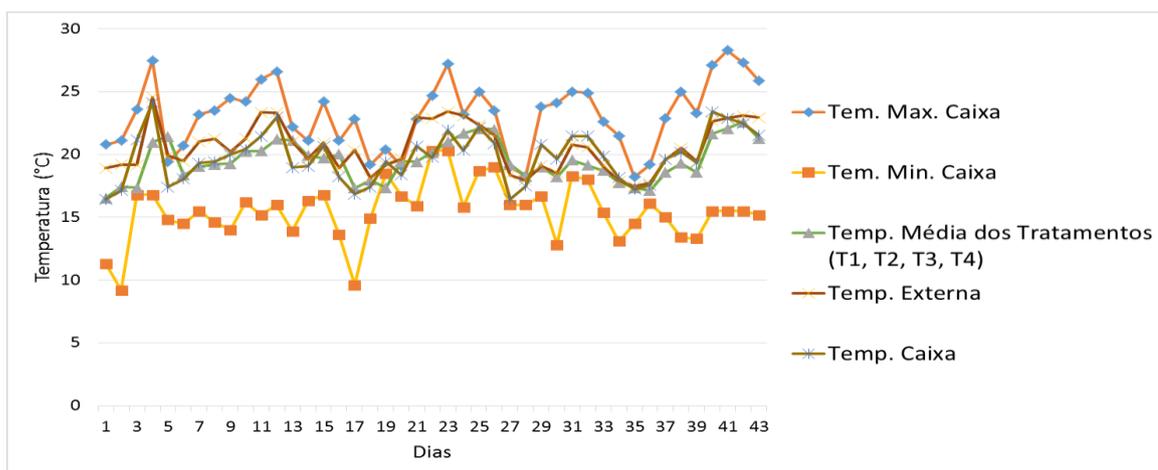


Figura 2 - Temperaturas médias dos tratamentos - biodigestores, temperatura interna e externa da caixa e temperatura máxima e mínima de dentro da caixa no decorrer do experimento.

Na Figura 3 representada uma comparação entre as temperaturas internas dos biodigestores em relação à variação térmica diária. No início do experimento (dias 1 a 4) teve variação térmica de 1,2 °C e entre os dias 18 e 20 a variação térmica foi de 1,67°C. Variação térmica de 3°C é suficiente para provocar a morte da maioria das bactérias digestoras (SGORLON et al. 2011). No trabalho de Silva (2014) a variação diária de temperatura chegou a 5°C, inviabilizando a biodigestão.

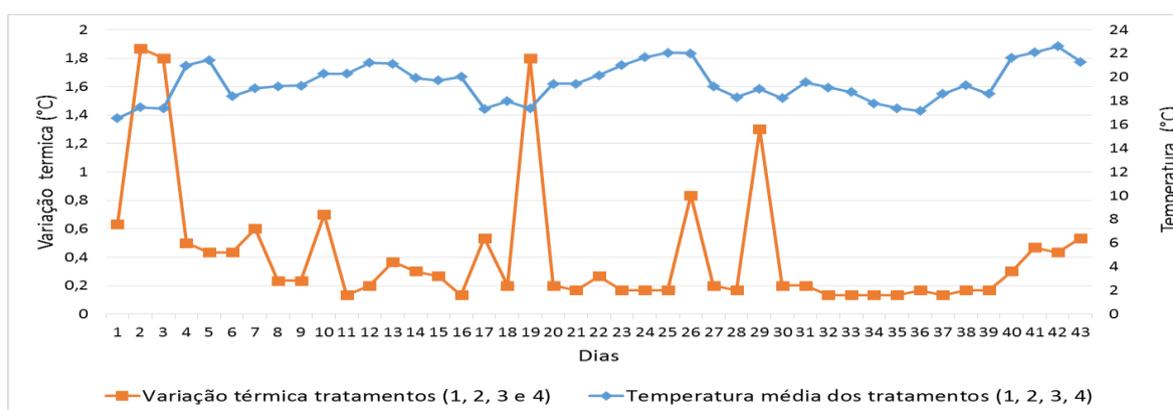


Figura 3 – Temperatura interna e variação térmica dos biodigestores no decorrer dos dias.

Na produção diária de biogás em relação à temperatura dos biodigestores, dos tratamentos avaliados (T1, T2, T3 e T4) apenas o T1 e T3 produziram biogás (Figura 4). O período de produção de biogás para o T1 e T3 foi de 20 dias, sendo que para o T1 a produção iniciou 6 dias depois do início do experimento e para o T3 em torno de 14 dias após o início do experimento.

No trabalho de Gyalpo (2010), com dejetos de suínos submetidos a 45°C, o período de produção de biogás foi de 68 dias e submetido a 25°C este período aumentou para 131 dias.

Segundo Leite et al. (2009) à temperatura de 35°C o período de produção de biogás caiu para 28,13 dias também com dejetos suínos. O fato da biodigestão anaeróbia ter demorado a iniciar, pode ter sido afetada pela baixa temperatura do ambiente, em consequência a temperatura interna dos biodigestores (17°C) e pela variação térmica nos primeiros dias.

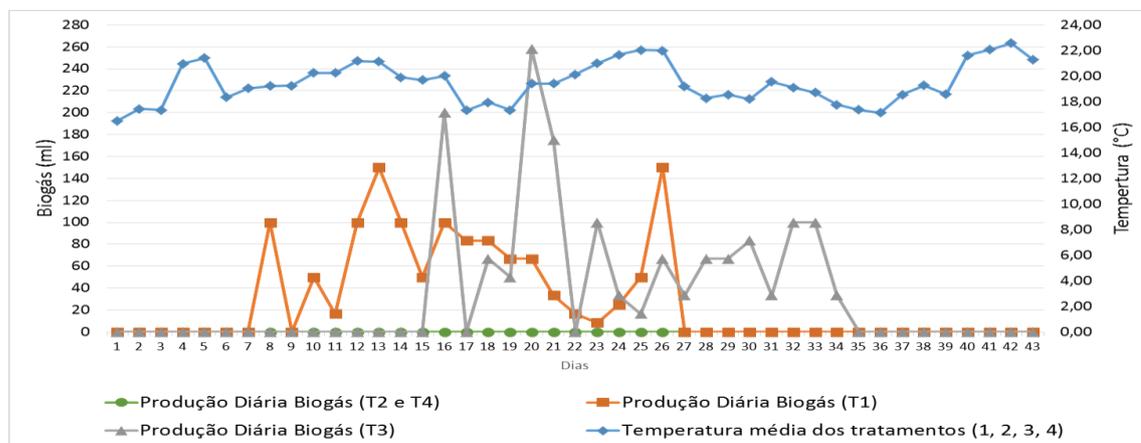


Figura 4 - Produção diária de biogás de todos os tratamentos (T1, T2, T3 e T4) em relação à temperatura interna dos biodigestores no decorrer dos dias.

Na Tabela 1, encontram-se as concentrações de carbono orgânico e nitrogênio total dos tratamentos, no início e no final do experimento, bem como seu teor de redução e acréscimo. Os tratamentos T1, T2 e T3 sofreram redução de carbono orgânico e houve diferença estatística para a concentração final em relação a inicial. Destaca-se que os tratamentos T2 e T4 apresentaram pouca redução do teor de carbono orgânico, sendo de 4,76% e 0,92% respectivamente, mostrando que o processo de biodigestão anaeróbia com esse resíduo é ineficiente. O tratamento T1 apresentou maior redução do teor de carbono orgânico, chegando a 26,27% e o tratamento T3 reduziu 17%.

Ocorreu acréscimo na concentração de nitrogênio total em todos os tratamentos (tabela 1), o tratamento T3 se diferenciou estatística entre a concentração inicial e final. Os resultados encontrados para os tratamentos T1 e T3 demonstram ter maior acréscimo no teor de nitrogênio em decorrência da maior redução de carbono orgânico. O aumento do teor de nitrogênio e demais nutrientes, ocorre em consequência da perda de carbono (ROMA, 2003).

TRATAMENTOS	CARBONO ORGÂNICO (%)				NITROGÊNIO TOTAL (%)			
	1	2	3	4	1	2	3	4
Concentração Inicial (%) (mm)	42,25 Aa	40,73 Aa	42,29 Aa	42,45 Aa	2,44 Ac	2,28 Ac	3,85 Ba	2,87 Ab
Concentração Final (%) (mm)	31,15 Bd	38,79 Bb	35,12 Bc	42,06 Aa	2,95 Ab	2,31 Ab	4,12 Aa	2,94 Ab
Redução (%)	26,27 a	4,76 c	16,95 b	0,92 d	-	-	-	-
Acréscimo (%)	-	-	-	-	0,51 a	0,03 c	0,27 b	0,07 c

Tabela 1. Concentrações de carbono orgânico e nitrogênio total e seu teor de redução ou acréscimo nos tratamentos. Na coluna, letras maiúsculas comparam a concentração inicial e final. Na linha, letras minúsculas comparam as concentrações entre os tratamentos. Médias seguidas de letras distintas diferem entre si, pelo teste de Tukey ($P < 0,05$).

Obteve-se na Tabela 2 a perda de matéria da massa total inicial nos tratamentos, a produção de biogás e o pH no início e fim do experimento. O tratamento T3 diminuiu 24,31g de sua massa total, com diferença estatística do T1 que diminuiu 16,31g de massa total, desta forma o T3 produziu quantidade de biofertilizante menor do que os outros tratamentos, pois converteu matéria orgânica em biogás e por consequência teve maior redução de massa. Os tratamentos T2 e T4 não diferem estatisticamente entre si, mas diferem entre os outros tratamentos, com redução de matéria da massa total próxima a zero. A perda de matéria na biodigestão anaeróbia indica que houve atividade das bactérias na transformação da matéria em biogás (Souza et al. 2010).

Em relação ao pH no início e no fim do experimento, todos os tratamentos ficaram com pH inicial em torno de 6,6 sem diferenças estatísticas entre os tratamentos. Os tratamentos T1 e T3 aumentaram o pH final, permanecendo sem diferença estatística entre o pH inicial, já os tratamentos T2 e T4 diminuíram seu pH final, se diferenciando estatisticamente dos outros tratamentos e do pH inicial. Segundo Ogejo e Li (2010) a faixa ideal de pH é em torno de 6,0 a 8,0. No início do processo de biodigestão anaeróbia, a formação de ácido orgânico pode reduzir o pH. Então, as bactérias metanogênicas começam a transformar ácidos em produtos gasosos e o pH retorna a um nível próximo do neutro, pelo contrario o processo de biodigestão anaeróbio é falho (SANTOS, 2011).

Tratamentos	Perda de matéria na massa total (g)	Produção de biogás (ml)	pH	
			Início	Fim
T1	16,31 b	1250 b	6,61 Aa	6,76 Aa
T2	0,23 c	0 c	6,78 Aa	6,21 Bbc
T3	24,31 a	1483 a	6,49 Aa	6,57 Aab
T4	0,37 c	0 c	6,55 Aa	6,11 Bc
	CV%: 67,85	CV%: 12,95	Média: 6,60 a	Média: 6,41 a

Tabela 2 - Média dos valores da perda de matéria na massa total inicial, produção de biogás e o pH inicial e final. Na coluna, letras maiúsculas comparam o pH inicial e final. Na linha, letras minúsculas comparam o Ph e a massa total dos tratamentos. Médias seguidas de letras distintas diferem entre si, pelo teste de Tukey (P<0,05).

Em relação à média da produção total de biogás (Tabela 2) o tratamento T3 apresentou maior produção (1483 ml) e o tratamento T1 produziu 1250 ml, com diferença estatística entre ambos. Já o tratamento T2 e T4 não diferem estatisticamente, mas diferem dos outros tratamentos. Foi estimada a produção de biogás em m³ por kg de resíduo, onde T1 e T3 produziram 0,0063 e 0,0074 m³ kg⁻¹ respectivamente. Quando comparado com o trabalho de Ricordi et al. (2008) realizado no inverno, com temperaturas amenas, tiveram uma produção de biogás de 0,0025 m³ kg⁻¹, mas no trabalho de Silveira et al. (2014) realizado no verão com temperaturas mais elevadas, houve uma produção de biogás de 0,032 m³ kg⁻¹, ambos os trabalhos citados acima foram com cama de aviário. Isso mostra como a diferença de temperatura influencia na atuação das bactérias metanogênicas, interferindo diretamente na produção de biogás.

Conclusão

A manta térmica utilizada nos biodigestores e na caixa onde os mesmos foram mantidos favoreceu a biodigestão anaeróbia, pois as temperaturas dos biodigestores não sofreram variações bruscas de temperatura.

A alface e beterraba *in natura* tiveram baixas reduções de carbono orgânico e produção de biogás nula. É necessário pesquisar a necessidade de pré-processamento para retirada de produtos que podem afetar a biodigestão. O arroz e feijão tiveram os teores de carbono orgânico e massa total reduzidos, sendo empregados com sucesso na produção de biogás.

A eficiência da biodigestão pode ser melhorada se adequar melhor a proporção de água e sólidos totais na mistura dos resíduos, pois se apresentou na forma de uma pasta consistente mesmo com proporção de 2:1 (água : sólidos totais).

A biodigestão anaeróbia é uma solução ambiental para o tratamento de alguns resíduos orgânicos de restaurante universitário, sendo fonte de energia renovável.

Referências

AVACI, A. B. Cenário Econômico e Energético da Microgeração de Energia Elétrica Proveniente do Biogás da Suinocultura. **Dissertação de Mestrado em Energia na Agricultura**. Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Paraná. p.76 , 2012.

BARRERA, P. Biodigestores: energia, fertilidade e saneamento para a zona rural. 2. Ed. São Paulo: **Ícone**, p.106, 2003.

DEGANUTTI, R., et al. Biodigestores rurais: modelo indiano, chinês e batelada. **4º Encontro de Energia no Meio Rural, Campinas**, p. 5,2002. Disponível em: <http://www.proceedings.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=MSC0000000022002000100031&lng=en&nrm=abn>. Acesso em 12 dez. 2015.

ESTOPPEY, N. Evaluation of small-scale biogas systems for the treatment of faeces and kitchen waste. **Swiss Federal Institute of Aquatic Science and Technology (Eawag)**, Dübendorf, Switzerland. p.7, 2010.

GYALPO, T . Anaerobic digestion of canteen waste at a secondary school in Dar es Salaam, Tanzania. **Swiss Federal Institute of Aquatic Science and Technology (Eawag)**, Dübendorf, Switzerland. p. 15, 2010.

FERRARI, R. A.; OLIVEIRA, V. S. Biodiesel de Soja – Taxa de Conversão em Ésteres Etflicos, Caracterização Físico-química e Consumo em Gerador de Energia. **Revista Química Nova**, Vol. 28, N° 1, p. 19-23, 2005. Disponível em:<<http://www.scielo.br/pdf/%0D/qn/v28n1/23031.pdf>>. Acesso em: 13 jun. 2016.

LEITE, V.D., et al. Tratamento anaeróbio de resíduos sólidos orgânicos com alta e baixa concentração de sólidos. **Revista Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental**. V. 13. p.190. 2009.

MARQUES, C. A. Microgeração de Energia Elétrica em uma Propriedade Rural Utilizando Biogás como Fonte Primária de Energia Elétrica. **Dissertação de Mestrado em Energia na Agricultura**. Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Paraná. p. 81, 2012.

MIRANDA, R. M. B. et al.. Avaliação do tratamento anaeróbio de substratos oriundos da mistura do esterco bovino e manipueira. In: Congresso de Pesquisa e Inovação da Rede Norte Nordeste de Educação Tecnológica, 4. **Anais**. Belém: CONNEPI, p. 6, 2009.

MOLINO A. et al. **Biomethane production by anaerobic digestion of organic waste**. Fuel, em impressão, p. 3, 2012. disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.fuel.2012.07.070>>. Acesso em: 20 dez. 2015.

MUDAU, A. (2012). A laboratory investigation of the effects of water content and waste composition on leachate and gas generation from simulated MSW. Dissertation. Faculty of Engineering and the Built Environment, University of the Witwatersr and Johannesburg.

OGEJO, J. A.; LI, L.. Enhancing biomethane production from flush dairy manure with turkey processing wastewater. **Applied Energy**, p.10,2010..

RIBEIRO, G.M., et al. Efeito da fonte proteica e do processamento físico do concentrado sobre a terminação de bovinos jovens confinados e o impacto ambiental dos dejetos. *Revista Brasileira de Zootecnia*, Viçosa - MG, v.36, n.6, p.2.082-2.091, 2007.

RICORDI, V. G.; TERRES, L. R.; MARTINS, J. L. Influência do volume de água sobre o potencial hidrogeniônico na digestão anaeróbia da cama de frangos de corte. **Anais 17º Congresso de Iniciação Científica e 10º Congresso de Pós Graduação**. Pelotas, p.3, 2008. Disponível e: < http://www.ufpel.edu.br/cic/2008/cd/pages/pdf/CA/CA_01144.pdf>. Acesso em: 21 abril. 2016.

ROMA, P.H.S. **Biodigestor: Alternativa ara manejo do lixo em áreas ecoturísticas**. Monografia de Especializaçãodo Curso de Ecoturismo, Universidade de Brasília, Brasília, p. 46, 2003.

SAGULA, A.L. Biodigestão anaeróbia de cama de frango em co-biodigestão com caldo de cana-de-açúcar. **Dissertação de Mestrado em Energia na Agricultura**. Universidade Estadual Paulista, Botucatu, p. 69, 2012.

SANTOS, A. C. Geração de Metano devido a digestão anaeróbia de Resíduos Sólidos Urbanos - Estudo de caso do Aterro Sanitário Metropolitano Centro, Salvador-Bahia. **Dissertação de Mestrado**. Universidade Federal da Bahia, Salvador. p.154, 2011.

SGORLON, J. G., et al. Avaliação da DQO e da relação C/N obtidas no tratamento anaeróbio de resíduos fruti-hortícolas. **Acta Scientiarum. Technology**, Maringá, v. 33, n. 4, p.421-424, jan. 2011.

SILVA, J. P.; BERWIGA, K. H.; DETTMER, A.. Obtenção de biogás a partir de combinações de resíduos de arroz e esterco suíno. In: Congresso Brasileiro De Engenharia Química, Florianópolis: **Sber**, p. 1 – 8, 2014.

SILVEIRA, M. A., et al. Produção de biogás em biodigestores de tamanho reduzido abastecido com cama-de-aviário. **Acta Tecnológica**, Maranhão, v. 9, n. 2, p.9-15, maio 2014.

SOUZA, Ozair et al. Biodegradação de resíduos lignocelulósicos gerados na bananicultura e sua valorização para a produção de biogás. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande - Pb, v. 14, n. 4, p.438-443, out. 2010.

STEIL, L. Avaliação do uso de inóculos na biodigestão anaeróbia de resíduos de aves de postura, frangos de corte e suínos. **Dissertação de Mestrado em Biotecnologia**. Faculdade de Ciência Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista, ARARAQUARA, p. 127, 2001.

STEIL, L.; LUCAS Jr., J.; OLIVEIRA, R.A. Avaliação do uso de inóculos na digestão anaeróbia de resíduos de aves de postura, frango de corte e suínos. **Journal of the Brazilian society of Agricultural Engineering**, Jaboticabal, v.22, n.2, p. 146-149, 2002.

TEDESCO, M.J., et al. **Análise de solo, plantas e outros materiais**. Porto Alegre, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, p. 174, 1995.

TIETZ, Caroline Monique et al. Influência Da Temperatura Na Produção De Biogás A Partir De Dejetos Da Bovinocultura De Leite. **Revista Brasileira de Energias Renováveis**, v. 3, n. 5, p.80-96, ago. 2014.