

Produção de biogás a partir de dejetos da bovinocultura de leite e cama de aviário

Milton Fernando de Jesus Blanco¹, Dilcemara Cristina Zenatti¹, Armin Feiden², Rafaely Weber¹, Caroline Monique Tietz¹, Giovana Giacobbo¹

¹Universidade Federal do Paraná – UFPR

²Universidade Estadual do Oeste do Paraná - UNIOESTE

Resumo: A cadeia produtiva do leite vem sofrendo mudanças no processo de criação de animais, passando do sistema extensivo para o intensivo. Com a maior concentração de animais em pequenas áreas há um acúmulo de dejetos, que quando mal manejados podem resultar em contaminação do ambiente. Buscam-se maneiras de mitigar este impacto, e neste contexto, a biodigestão anaeróbia é uma alternativa, pois origina subprodutos (biogás e biofertilizante) que podem retornar ao ciclo de produção. Partindo desse princípio, se desenvolveu o estudo da biodigestão de dejetos de bovinos de leite com a adição de cama de aviário na Estação Experimental da UNIOESTE em Marechal Cândido Rondon/PR, com objetivo de avaliar a produção de biogás em relação ao teor de sólidos voláteis, Demanda Química de Oxigênio (DQO) e teor de nitrogênio amoniacal dos dejetos. A biodigestão ocorreu em um biorreator vertical, com alimentação contínua, e volume útil de 19,56 m³. Adicionavam-se, em média, 374 kg de dejetos por dia, dos quais 30 kg eram cama de aviário, que produziram uma média de 3,94 m³ de biogás dia⁻¹. A remoção de sólidos voláteis influenciou a produção de biogás de forma direta, ou seja, quanto maior a redução de sólidos, maior a produção de biogás. A remoção média de DQO foi de 36%, também relacionada com o volume de biogás gerado. O nitrogênio amoniacal teve um incremento médio de 2,4% após o tratamento, o que impactou de forma negativa a produção de biogás, pois quanto maior o incremento de N-NH_4^+ , menor a produção de biogás.

Palavras-chave: Ambiente, subprodutos, biodigestão.

Production of biogas from manure of dairy cattle and poultry litter

Abstract: The milk production chain has undergone changes in the process of breeding, from a system extensive to intensive. With the highest concentration of animals in small areas there is a build up of waste, when mishandled can result in contamination of the environment. Are sought, then ways to mitigate this impact, and in this context the anaerobic digestion is an alternative because it gives products (biogas and biofertilizer) can return to production cycle. Based on this principle, developed the study of digestion of dairy cattle manure with the addition of manure Experimental Station in UNIOESTE Rondon / PR, in order to evaluate the production of biogas in relation to solids volatile, Chemical Oxygen Demand (COD) and ammonia nitrogen content of the manure. The digestion occurred in a vertical bioreactor with continuous feeding, and useful volume of 19.56 m³. They added up, on average and 374 kg of waste per day, of which 30 kg was litter, which produced an average of 3.94 m³ biogas day⁻¹. Removal of the volatile solids to biogas influenced directly, that is, the higher the solids reduction, higher biogas production. The average COD removal of 36% was also related to the volume of biogas produced. The ammonia had an average increase of 2.4% after the treatment, which negatively impacted the production of biogas, because the higher the increase of N-NH_4^+ , the lower the production of biogas.

Keywords: Environment, byproducts, digestion.

Introdução

A cadeia produtiva do leite é considerada uma das mais importantes no Brasil. Segundo o Centro de Estudos Avançados em Economia Aplicada (CEPEA 2011) para o ano de 2009, o Produto Interno Bruto (PIB) relacionado a este setor foi de 34,5 bilhões de reais. Os empregos relacionados a esta cadeia encontram-se em 3,6 milhões de pessoas e correspondem à 40% do emprego gerado no meio rural (EMBRAPA Gado de Leite, 2009). O Brasil, segundo o International Farm Comparison Network (IFCN 2012), é o quinto maior produtor mundial de leite.

Segundo o senso do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE 2012), o rebanho brasileiro de bovinos (corte e leite) em 2011 atingiu 212,8 milhões de cabeças, sendo 10% deste efetivo de vacas ordenhadas. O estado do Paraná contribuiu com 9,4 milhões de cabeças, dos quais 16,4% são de vacas destinadas a ordenha.

Marechal Cândido Rondon/PR é o 13º município no ranking nacional de produção de leite, com um rebanho de 21.402 vacas, distribuídas em 1.862 propriedades (IBGE, 2012).

Devido ao crescimento da bovinocultura no Brasil, com enfoque principal a bovinocultura de leite, o sistema de criação extensivo (vacas criadas no pasto) diminuiu, passando a adotar o sistema intensivo, que faz utilização do confinamento de animais. Segundo Orrico Junior et al. (2010), a bovinocultura não era considerada um setor que trazia danos ao meio ambiente, visto que o manejo dos animais era realizado em grandes áreas, porém com a oferta de áreas cada vez mais limitadas e com o confinamento, a geração de volumes cada vez maiores de dejetos em pequenas áreas tornou-se um passivo ambiental.

Os bovinos produzem dejetos que apresentam elevado teor de energia, com grande diversidade de macro e micronutrientes e água, sendo considerado um substrato ótimo para o desenvolvimento de vetores de doenças (Amaral et al., 2004). A disposição destes dejetos muitas vezes é inadequada, sendo depositada em cursos hídricos e no solo, ocasionando a poluição das águas subterrâneas e superficiais e elevando a emissão dos gases responsáveis pelo efeito estufa (Machado, 2011).

Para a mitigação deste problema, a biodigestão anaeróbia se apresenta como uma boa alternativa (Amaral et al., 2004). Segundo Orrico Junior et al. (2010), a fermentação anaeróbia merece um enfoque especial, devido a produção de biogás com a conversão do resíduo em biofertilizante.

A energia proveniente do biogás apresenta inúmeras vantagens na propriedade rural, pois possibilita ao homem uma melhor qualidade de vida e ainda a fixação do mesmo no campo, devido ao surgimento de novas oportunidades e lucros, agregando valor aos resíduos gerados in situ (Barreira, 1993).

O biogás difere das outras energias renováveis obtidas das plantas (como o álcool, biodiesel e outras), pois ocupa uma pequena área de terra para a sua produção. O processo de biodigestão anaeróbia une os benefícios da produção de energia, com a conservação do meio ambiente e melhoria da agricultura, assim demonstrando a grande importância social, econômica e ambiental deste tratamento (Quadros et al. 2007, citado por Soares, 2011).

Este estudo visa o monitoramento de um biodigestor em escala experimental alimentado com dejetos de bovinocultura de leite juntamente com cama de aviário de uma propriedade localizada em Marechal Cândido Rondon/PR, verificando as concentrações do afluente e efluente do biodigestor em DQO, sólidos totais, sólidos voláteis, sólidos fixos e nitrogênio amoniacal.

Material e métodos

O local onde se realizou o estudo foi na Estação Experimental Prof. Dr. Antônio Carlos dos Santos Pessoa, pertencente à Universidade Estadual do Oeste do Paraná (UNIOESTE) – Campus de Marechal Cândido Rondon/PR, no período de 20 de maio a 12 de julho de 2013. As coordenadas geográficas situam-se em latitude 24°33'40''S, longitude 54°04'12''W e altitude de aproximadamente 420 metros.

O biodigestor experimental utilizado no estudo é um modelo vertical, de fluxo contínuo, fabricado em fibra de vidro, da marca Bioköhler®, formado pela união de duas caixas d'água de 10.000 litros cada, sendo uma caixa normal, aterrada no solo para ocupar menos espaço e a outra com o fundo arredondado. A câmara de fermentação apresenta um volume útil de 19,56 m³.

A tubulação de resíduos destinada à alimentação do biodigestor é toda subterrânea para que não ocorram problemas resultantes da incidência luminosa e de possíveis impactos que venham a danificá-la, bem como protegendo da entrada de água da chuva.

Os dejetos eram provindos de um estábulo que servia de local de alimentação das 12 vacas de raça holandesa, que permaneciam no local por 5 horas/dia. A raspagem do estábulo era realizada posteriormente a ordenha, e o local era higienizado com água potável. Dessa

forma os dejetos eram diluídos e encaminhados para a caixa de alimentação do biodigestor, com o auxílio da gravidade, devido à diferença de nível existente entre os locais.

Na caixa de alimentação era possível aferir a altura atingida pelos dejetos, realizando a homogeneização em seguida. Então, promovia-se a coleta da amostra de entrada do biodigestor. Com o auxílio de uma bomba centrífuga, realizava-se a alimentação do biodigestor, feita em dois estágios. No primeiro estágio era realizada apenas a adição dos dejetos bovinos diluídos com água até a metade da caixa de alimentação. No segundo estágio, realizava-se a adição de 30 kg de cama de aviário, homogeneizava-se e prosseguia a alimentação.

Ao mesmo tempo em que era realizada a alimentação do biodigestor, este descartava o biofertilizante. Neste momento, realizava-se a coleta do efluente. Terminado a alimentação do biodigestor, realizava-se a segunda medida da altura de dejetos presente na caixa de alimentação, sendo estes os quais a bomba não consegue succionar.

Após as aferições, realizava-se o cálculo do volume de entrada a partir de equação a seguir:

$$V = \frac{d * H * \pi}{4}$$

V = Volume.

H = Diferença de altura.

π = PI, proporção numérica que tem origem na relação entre o perímetro de uma circunferência e seu diâmetro, tendo valor aproximado de 3,14.

d = Diâmetro, a caixa de alimentação apresentava diâmetro de 1 metro.

A alimentação era realizada diariamente, com exceção aos domingos, e o tempo de detenção hidráulica foi de aproximadamente 51 dias. As coletas de amostras para análise foram feitas três vezes por semana (as segundas, quartas e sextas-feiras), totalizando 48 amostras, sendo metade do afluente e metade de efluente. Colheu-se também, uma amostra da cama de aviário. As amostras eram acondicionadas em garrafas PET reutilizadas de 500 mL e eram armazenadas em congelador até a realização das análises.

O biogás gerado no processo fermentativo era quantificado pelo aparelho medidor de gás fabricado pela LAO Indústria®, modelo G 0,6, projetado para medição de consumo doméstico de gás natural, GLP ou manufaturado. Este aparelho apresentava um sistema de irreversibilidade, o qual evita o fluxo do produto no sentido contrário ao da instalação.

Para a determinação de sólidos, seguiram-se os métodos estabelecidos pela APHA (American Public Health Association) em 1995, sendo o método 2540-B correspondente aos sólidos totais; e o 2540-E aos sólidos fixos e voláteis (CEPPA, 2012).

Os equipamentos utilizados foram disponibilizados pelo Laboratório de Química Analítica e Produção de Biogás da Universidade Federal do Paraná – Setor Palotina, sendo eles:

- a) Estufa com circulação e renovação de ar SL-102 da SOLAB;
- b) Balança analítica SHIMADZU modelo AY220; e
- c) Mufla GP Científica – Calibração NBR ISSO/IEC 17025 CAL 0183.

A determinação da DQO foi realizada de acordo com a metodologia de Foresti et al. (2005), na qual foram adicionados 2,5 mL do dejetto e 5 g da cama de aviário em tubos de vidro, diluído na proporção de 1:100 devido a alta concentração de DQO. Posteriormente, realizou-se a adição de 3,5 mL de solução catalítica (Ag_2SO_4) e 1,5 mL de solução digestora ($\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7 + \text{HgSO}_4 + \text{H}_2\text{SO}_4$).

Os tubos com a solução foram levados para autoclave, onde permaneceram por 2 horas a 120 °C. Após resfriados, realizaram-se as leituras de absorvância no espectrofotômetro, no comprimento de onde de 620 nm. Os resultados de absorvância foram inseridos na equação obtida a partir da curva de calibração (Figura 1) feita com padrão de KHP (Hidrogenoftalato de Potássio) nas seguintes concentrações (Tabela 1).

Tabela 1. Concentração da curva de calibração

Padrão	Médias da Absorvância	Concentração (mg DQO/L)
1	0,021	100
2	0,075	200
3	0,137	300
4	0,176	400
5	0,225	500
6	0,279	600
7	0,355	700

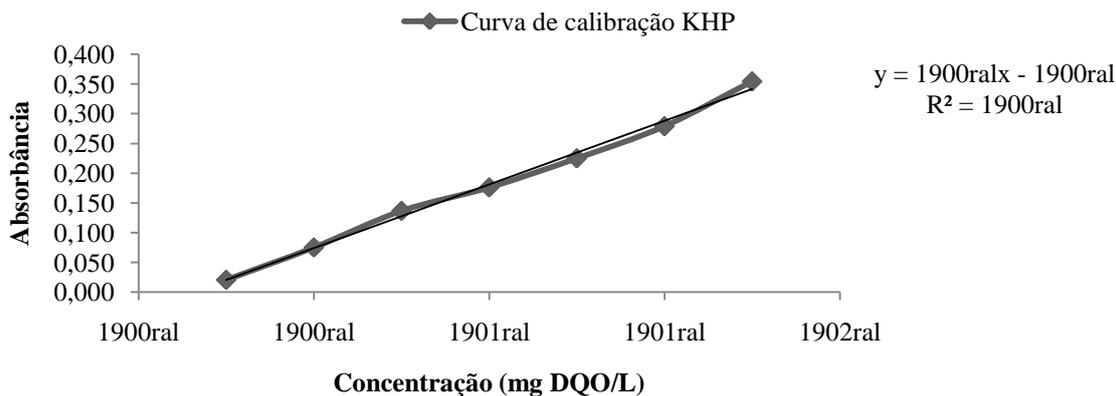


Figura 1. Curva de calibração para DQO

Os equipamentos utilizados foram disponibilizados pelos laboratórios de Química Analítica e Produção de Biogás e Química Instrumental da Universidade Federal do Paraná – Setor Palotina, sendo eles:

- a) Espectrofotômetro modelo NOVA 1600 UV; e
- b) Autoclave vertical AV Phoenix Luferca.

A determinação do nitrogênio amoniacal foi realizada de acordo com a metodologia empregada por Foresti et al. (2005), método de Kjeldahl. Primeiramente, realizava-se o preparo da solução de ácido bórico a 4% juntamente com indicador misto em um erlenmeyer. Adicionava-se 5 mL do dejetto ou 4 g da cama de aviário em um tubo para destilação, que era levado para o equipamento destilador no qual adicionava-se hidróxido de sódio a 40%. A amostra ficava no processo de destilação até atingir 50 mL no erlenmeyer, e então era levado para o processo de titulação, no qual se utilizava ácido sulfúrico a 0,1N.

O Destilador de Nitrogênio TECNAL modelo TE – 0363 foi disponibilizado pelo Laboratório de Química Analítica e Produção de Biogás da Universidade Federal do Paraná – Setor Palotina.

Resultados e discussão

Produção de biogás

No trabalho desenvolvido a média diária de entrada no biodigestor foi de aproximadamente $0,340 \text{ m}^3 \text{ dia}^{-1}$, que convertido em massa, através da densidade média do

material (1,012 g/mL), representa 344 kg de dejetos bovinos, nos quais adicionavam-se 30 kg de cama de frango, totalizando 374 kg.

A produção de biogás apresentou média diária de 3,94 m³. O menor volume de biogás gerado foi de 0,0180 m³ dia⁻¹ e o maior foi de 6,809 m³ dia⁻¹. O desvio médio padrão encontrado foi de aproximadamente 1,26 m³, valor este maior do que o encontrado por Weber (2013), que estudou a biodigestão com apenas dejetos bovinos no período de verão, e encontrou valores de desvio médio de 1,053 m³, e produção média de 3,408 m³ dia⁻¹ de biogás.

A produção de biogás (Figura 2) convertida por unidade animal correspondeu a 0,28 m³ dia⁻¹ em média, sendo inferior aos valores encontrados por Campos (1998), em um estudo com 100 vacas leiteiras em que cada animal produziu dejetos para gerar em média 1,18 m³ de biogás dia⁻¹. Santos (2000), em um estudo com bovinos de leite, determinou que a média de produção de cada animal era de 0,98 m³ dia⁻¹ de biogás. A discrepância dos resultados pode ter se dado em virtude da baixa concentração de sólidos voláteis adicionado ao biodigestor. Mesmo com a adição da cama de aviário o afluente do biodigestor encontrava-se muito diluído. Outro fator que pode ter contribuído é o curto período de permanência dos animais no estábulo.

Na Figura 2 está representado o volume de biogás gerado ao longo do estudo. Como se pode observar, no período posterior ao dia 24 de maio houve uma queda da produção de biogás, aproximando-se de 0,015 m³ dia⁻¹, o que pode ser atribuído à baixa temperatura ambiente ou adição de algum produto químico (antibiótico).

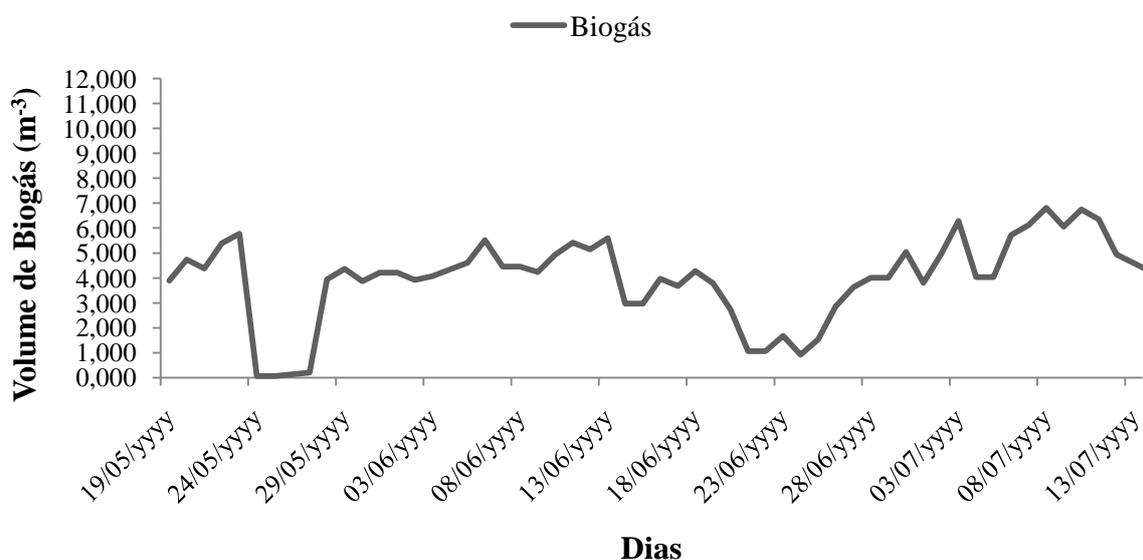


Figura 2. Produção de biogás durante o período de 20 de maio de 2013 a 12 de julho de 2013

Remoção de sólidos

A média de sólidos voláteis encontrada no afluente do biodigestor correspondeu a $42,68 \text{ g kg}^{-1}$. Nagaie (2004), estudando uma unidade de terminação (engorda de suínos), obteve valores de sólidos voláteis na ordem de $27,36 \text{ g L}^{-1}$.

Os valores de sólidos voláteis apresentaram um desvio padrão médio de $4,73 \text{ g kg}^{-1}$, apresentando valores máximo e mínimo de $55,75$ e $35,07 \text{ g kg}^{-1}$, respectivamente. Já os efluentes apresentaram valores de sólidos voláteis na grandeza de $14,73 \text{ g kg}^{-1}$, e um desvio padrão médio de $4,67 \text{ g kg}^{-1}$, os valores de máximo e mínimo foram $23,32$ e $6,44 \text{ g kg}^{-1}$, respectivamente.

Weber (2013), estudando o mesmo tipo de biodigestor no período de verão, somente com dejetos bovinos, obteve resultados de sólidos voláteis de $32,66 \text{ g L}^{-1}$, valor inferior ao encontrado no presente estudo, variação que pode ter se dado em virtude da adição da cama de aviário.

A remoção dos sólidos voláteis foi calculada a partir da diferença da concentração da entrada do biodigestor e da concentração da saída. Na média entre as amostras, foram removidos $27,93 \text{ g kg}^{-1}$ de sólidos voláteis, com um desvio padrão médio de $5,89 \text{ g kg}^{-1}$, e valores máximo e mínimo de, respectivamente, $36,47$ e $20,20 \text{ g kg}^{-1}$. Na Figura 3, está representado em gráfico o comportamento semanal dos sólidos voláteis.

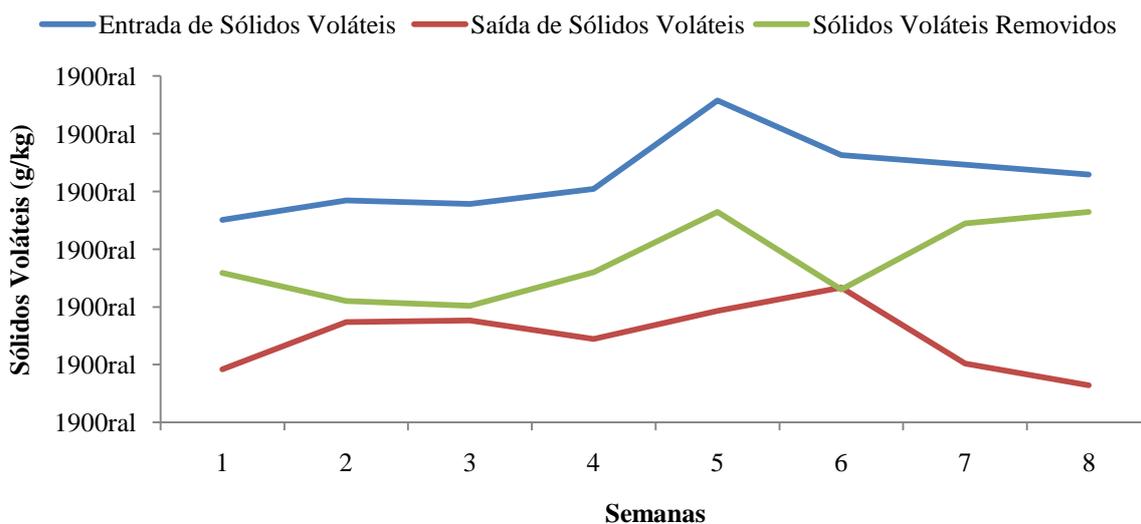


Figura 3. Quantidade de Sólidos Voláteis do Afluente e Efluente do Biodigestor e a Remoção dos Sólidos Voláteis.

Convertendo os valores em pontos percentuais, a redução dos sólidos voláteis obtida foi de 64,23% em média, o desvio padrão médio foi de 10,76%, os valores de máximo e mínimo foram, respectivamente, de 84,99 e 49,84%.

Weber (2013), estudando a biodigestão de bovinos de leite obteve valor de redução de sólidos voláteis (55,10%) menor do que o encontrado.

Orrico Jr. et al. (2010) em estudo com cama de aviário em diferentes biodigestores, obteve uma média de 44,05% de retirada de sólidos voláteis. Steil (2001) obteve uma redução de 47% aproximadamente. Amaral et al. (2004), em seu trabalho obteve redução de sólidos voláteis de 26,42 à 40,64%, e uma média de 34,28%. Mendonça (2009), estudando efluente de bovinocultura de leite, obteve remoção de sólidos voláteis de 30,2 a 86,3%, estes valores foram variáveis de acordo com o tempo de detenção hidráulica.

Eficiência de remoção de sólidos voláteis e produção de biogás

Na Figura 4 está representada a interferência da remoção de sólidos voláteis sobre a produção de biogás. A maior remoção de sólidos voláteis proporcionou um acréscimo na produção de biogás, com exceção para a quinta semana, que pode ter se dado em virtude de algum acúmulo no biodigestor.

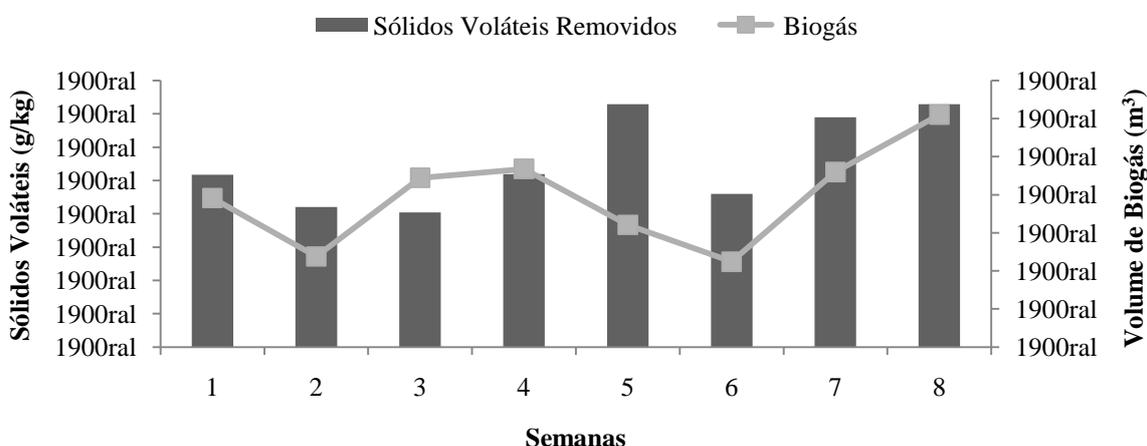


Figura 4. Quantidade de Sólidos Voláteis Removidos em relação à Produção de Biogás.

Os sólidos voláteis são os responsáveis diretamente pela produção de biogás (Figura 4) corroborando com Lucas Junior (1994) e Sanchez et al. (2005).

A adição média diária de sólidos voláteis no biodigestor foi da ordem de 5,38 kg e o volume de biogás gerado em média foi de 3,94 m³, sendo que a razão entre volume de biogás e massa diária de sólidos voláteis foi de 0,73 m³ kg⁻¹ de sólidos voláteis. Webb & Hawkes

(1985), obtiveram esta relação na grandeza de 0,25 a 0,37 m³ de biogás kg⁻¹ de sólidos voláteis.

Demanda química de oxigênio

A DQO é um indicativo de estabilização da matéria orgânica; quanto menor o valor de DQO do efluente, mais estável é o material. O afluente do biodigestor apresentou valor médio de 257,33 g de DQO por quilograma, com um desvio médio padrão de 37,33 g kg⁻¹, os valores de máximo e mínimo foram, respectivamente, de 397,16 e 182,81 g kg⁻¹.

A média encontrada do valor de DQO no efluente do biodigestor foi de 162,57 g kg⁻¹, apresentado ainda um valor de desvio médio padrão de 30,65 g kg⁻¹, os resultados de máximo e mínimo foram de 272,96 e 114,85 g kg⁻¹.

O processo de biodigestão reduziu em média 36% a concentração do efluente em DQO. Na Figura 5 está explícita a redução de DQO em porcentagem por semana. Os valores de mínimo e máximo entre as semanas foram de 27,7 e 44,2%, respectivamente, com um desvio padrão médio de 5,30%.

A remoção da demanda química de oxigênio apresentou relação inversa com a produção de biogás. Quando houve uma redução de DQO, ocorreu um incremento na produção de biogás, o que pode ser explicado pela maior quantidade de substâncias oxidadas.

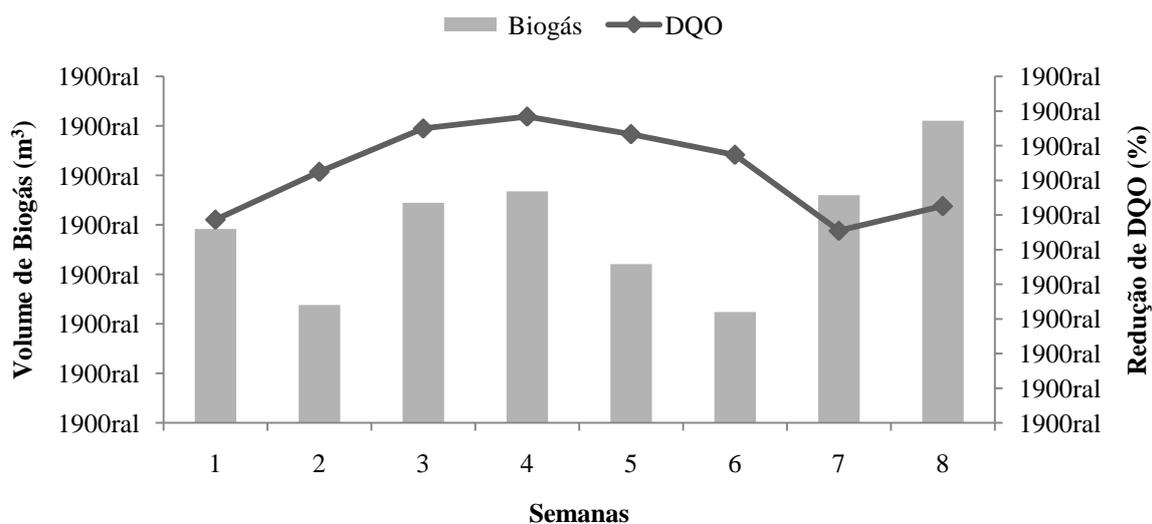


Figura 5. Quantidade de Biogás em Relação a Redução de Biogás.

A remoção média de DQO foi de 36%, semelhante ao encontrado por Sgorlon et al. (2011), em um trabalho com biodigestão de restos de frutas e verduras, que obteve remoção máxima de apenas 30%.

Segundo Sperling (1996, citado por Valentim, 1999), o processo de redução de DQO em sistema de tanque séptico e filtro anaeróbio apresenta um mínimo de redução de 70%. O valor encontrado no trabalho de 36% é inferior ao citado pelo autor, e esta variação de valores pode ter se dado em virtude dos diferentes sistemas de tratamentos e equipamentos utilizados, como também o uso de diferentes resíduos como substrato. Cabello et al. (2009), estudando o tratamento de vinhaça em sistema anaeróbio obteve eficiência de remoção de em média de 54,22%.

Nitrogênio amoniacal

O nitrogênio amoniacal em altas concentrações pode ser prejudicial ao desenvolvimento dos microorganismos responsáveis pela produção de biogás. No presente estudo, o aumento de N-NH_4^+ (nitrogênio amoniacal) no efluente do biodigestor, teve como média das semanas 2,04%, com valores de máximo e mínimo de 4,70 e 0,21% e desvio médio padrão de 0,94%.

Na Figura 6, está explicitada a relação existente entre o acréscimo de nitrogênio amoniacal e a produção de biogás. A partir dos dados pode-se relacionar, que quando ocorre um aumento de nitrogênio amoniacal ocorre uma redução de produção de biogás. Assim pode-se afirmar que para a produção de biogás, a concentração de N-NH_4^+ respondeu de forma inversa.

Lay et al. (1997, citado por Felizola, 2006), estudando sobre digestão anaeróbia de lodo de esgoto, obteve um decréscimo na atividade metanogênica quando aumentado a concentração de nitrogênio amoniacal no meio. Reduzindo a atividade em 10%, quando a concentração nitrogênio amoniacal passou de $1,76 \text{ g L}^{-1}$ para $3,7 \text{ g L}^{-1}$ (acrécimo de 52% aproximadamente), e quando a concentração atingiu patamares de 5,8 a $6,6 \text{ g de N-NH}_4^+ \text{ L}^{-1}$ a atividade das metanogênicas foi cessada.

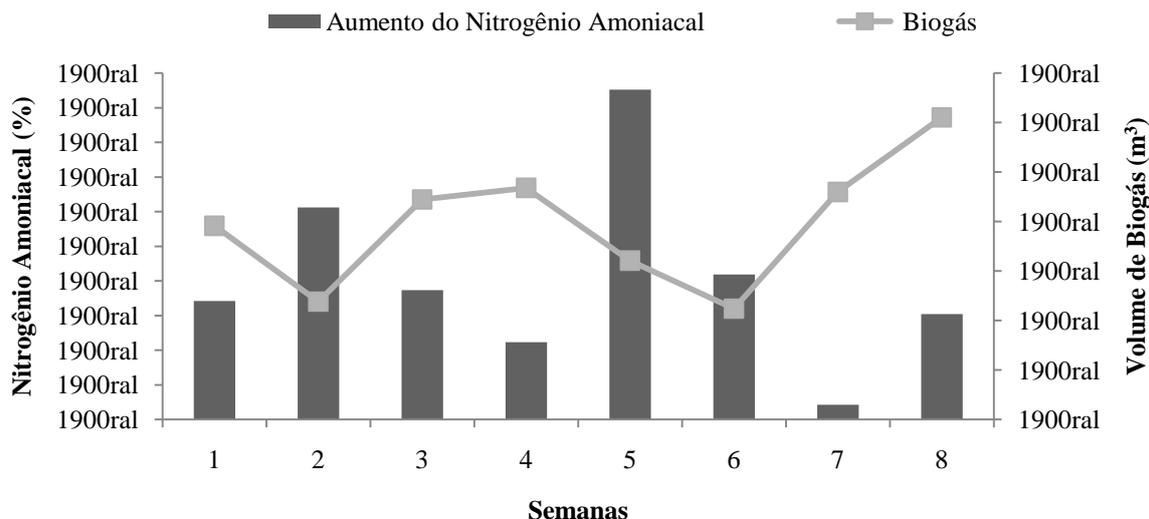


Figura 61. Quantidade de biogás em relação ao aumento de nitrogênio amoniacal.

Conclusões

A produção de biogás por unidade animal foi inferior ao encontrados por outros autores que estudaram a produção de biogás a partir de dejetos da bovinocultura de leite, obtendo-se assim uma relação m³ de biogás por animal baixa.

A remoção de sólidos foi eficiente, sendo superior a outros resultados obtidos com diferentes resíduos e apresentando ainda uma resposta direta a produção de biogás e remoção de sólidos voláteis.

O tratamento apresentou baixa eficiência de retirada de DQO, resultando em um biofertilizante não muito estável, sendo encontrados na literatura tratamentos que superam o mesmo. A remoção de DQO apresentou relação inversa com a produção de biogás.

A produção de biogás respondeu de forma inversa à concentração de nitrogênio amoniacal.

Referências

AMARAL, C. M. C.; AMARAL, L. A.; JÚNIOR, K. L.; NASCIMENTO, A. A.; FERREIRA, D. S.; MACHADO, M. R. F. **Biodigestão anaeróbia de dejetos de bovinos leiteiros submetidos a diferentes tempos de retenção hidráulica.** Ciência Rural, Santa Maria, v.34, n.6, p.1897-1902, nov-dez, 2004.

BARREIRA, P. **Biodigestores: Energia, fertilidade e saneamento para a zona rural.** São Paulo: Ícone, 1983.

CABELLO, P. E.; SCOGNAMIGLIO, F. P.; TERÁN, F. J. C. **Tratamento de vinhaça em reator anaeróbio de leite fluidizado**. Engenharia Ambiental - Espírito Santo do Pinhal, v. 6, n. 1, p. 321-338, jan/abr 2009.

CEPEA (Centro de Estudos Avançados em Economia Aplicada) **Desenvolvimento metodológico e cálculo do PIB das cadeias produtivas do algodão, cana-de-açúcar, soja pecuária de corte e leite no Brasil**. Piracicaba, São Paulo, Brasil. Fevereiro de 2011.

Centro de pesquisa e Processamento de Alimentos da Universidade Federal do Paraná – CEPPA. **Laboratório: físico-químico de água e efluentes**. Curitiba, 2012. Disponível em: <<http://www.ceppa.ufpr.br/pdf/fqae.pdf>> Acesso em: abril de 2013.

CAMPOS, A T. **Manejo de dejetos de bovinos**. In: III Encontro nacional de técnicos, pesquisadores e educadores de construções rurais. XXVII CONBEA. Lavras: UFLA. p.233-79, 1998.

EMBRAPA GADO DE LEITE. **Importância econômica**. Disponível em: <<http://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Leite/LeiteSudeste/importancia.html>>. Acesso em: 10 de julho de 2013.

IFCN - International Farm Comparison Network. **A summary of results from the IFCN Dairy Report 2012**. 6 p. 2012. Disponível em: <<http://www.ifcndairy.org/media/bilder/inhalt/News/DR2012/IFCN-Dairy-Report-2012-press-release-corrected.pdf>>. Acesso em: 10 de julho 2013.

Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE. **Produção da Pecuária Municipal 2011**. Ministério do Planejamento, Orçamento e Gestão, volume 39. Rio de Janeiro/RJ, 2012.

FELIZOLA, C. S.; LEITE, V. D.; PRASAD, S. **Estudo do processo de digestão anaeróbia de resíduos sólidos orgânicos e aproveitamento do biogás**. Agropecuária Técnica, v.27, n.1, p.53–62, 2006.

FORESTI, E.; ZAIAT, M. MORAES, E. M.; ADORNO, M. A. T.; PAIM, A. P; RODRIGUES, J. A. D.; RATUSZNEO, S. M; CANTO, C. S.; DAMASCENO, L. H. S.; BORZANI, W. **Métodos de análises físico-químicas de rotina de águas residuárias tratadas biologicamente**. p.85, 2005.

LUCAS JR., J.; ORTOLANI, A. F.; BENINCASA, M.; YMADA, R. Y. **Avaliação do uso de inoculo no desempenho de biodigestores abastecidos com estrume de frangos de corte com cama de maravalha**. In: Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola, XXII, Anais... Ilheus: SBEA, CEPLAC, 1993 p. 915-30.

MACHADO, C. R. **Biodigestão anaeróbia de dejetos de bovinos leiteros submetidos a diferentes tempos de exposição ao ar**. Dissertação apresentada ao Programa de Mestrado da Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”. Botucatu/SP, 2011.

MENDONÇA, E. F. **Tratamento anaeróbio dos efluentes oriundos da bovinocultura de leite em biodigestor tubular.** Dissertação apresentada ao programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola da Universidade Estadual do Oeste do Paraná. Cascavel/PR, 2009.

NAGAE, R.Y. **Efeito do manejo da lâmina d'água nas características dos dejetos de suínos e na eficiência do sistema de tratamento.** Dissertação (Mestrado em Agronomia/Produção Vegetal) – Universidade do Oeste do Paraná – (UNIOESTE), Marechal Cândido Rondon, 73 p. 2004.

ORRICO JUNIOR, M. A. P.; ORRICO, A. C. A.; LUCAS JUNIOR J. **Influencia da relação volumoso: concentrado e do tempo de retenção hidráulica sob biodigestão anaeróbia de dejetos de bovino.** Engenharia Agrícola, v. 30, n. 3, p. 386-394. Jaboticabal, 2010.

SANTOS, P. **Guia técnico de biogás.** Portugal: Centro para a Conservação de Energias, 2000.

SGORLON, J. G.; RIZK, M. C.; BERGAMASCO, R.; TAVARES, C. R. G. **Avaliação da DQO e da relação C/N obtidas no tratamento anaeróbio de resíduos fruti-hotículas.** Acta Scientiarum. Technology Maringá, v. 33, n. 4, p. 421-424, 2011.

SOARES, C. F. **Análise da viabilidade do uso de biogás gerado em reator UASB para geração de energia elétrica.** Trabalho de Conclusão de Curso apresentada a Faculdade Itabirana de Desenvolvimento das Ciências e Tecnologias (FATEC), Itabira, 2011.

VALENTIM, M. A. A. **Uso de leitões cultivados no tratamento de efluente de tanque séptico modificado.** Dissertação de Mestrado da Universidade Estadual de Campinas (UNICAMP), Campinas/SP, 1999.

WEBER, R. **Produção de biogás com relação ao teor de sólidos voláteis e à densidade dos dejetos de bovinocultura de leite.** Trabalho de Conclusão de Curso apresentada a Universidade Federal do Paraná (UFPR), 2013.

WEBB, A. R., HAWKES, F. R. **The anaerobic digestion of poultry manure: variation of gas yield with influent concentration and ammonium–nitrogen levels.** Agricultural Wastes 14 (1985), pp. 135–156.

Recebido para publicação em: 07/10/2013

Aceito para publicação em: 27/02/2014