

## SUSTENTABILIDADE RURAL: O USO DO BIOGÁS COMO ALTERNATIVA ENERGÉTICA PARA OS PRODUTORES DE LEITE

Matheus Vitor Diniz Gueri<sup>69</sup>  
 Waldir Nagel Schirmer<sup>70</sup>  
 William Gouvêa Buratto<sup>71</sup>  
 Camilo Bastos Ribeiro<sup>72</sup>

### RESUMO

O presente estudo propôs analisar o potencial de geração de biogás por meio da biodigestão anaeróbia dos resíduos orgânicos oriundos da atividade zootécnica produtora de leite utilizando ensaios de biodigestores de bancada. Os resíduos orgânicos foram coletados *in loco* nos vertedores de escoamento do estábulo, portanto, consistem de uma mistura de fezes, urina e águas de lavagem. As análises físico-químicas consistiram no monitoramento dos seguintes parâmetros: DQO, pH, Alcalinidade, Umidade, Sólidos Totais e Voláteis, antes e depois do processo de biodigestão (em batelada). Para o experimento, utilizaram-se reatores com volume de 250 mL cada, ambos incubados com 50 mL de resíduos de bovinos leiteiros da raça Holandesa, permanecendo 25 dias sob a temperatura constante de 32°C. As pressões internas dos frascos foram monitoradas diariamente e convertidas em termos de geração de gás média acumulada, nas CNTP. O resíduo apresentou elevada carga orgânica, evidenciada pela DQO de 51.671 mg O<sub>2</sub>.L<sup>-1</sup>. A biodigestão anaeróbia proporcionou uma redução na DQO de 48,8% após os 25 dias de experimento. Obteve-se a geração média acumulada de 141,8 mL de biogás, para os 25 dias de experimento; já em termos de sólidos voláteis reduzidos, obteve-se o valor de 575,22 NmL.gSVr<sup>-1</sup>.

**PALAVRAS-CHAVE:** biogás; digestão anaeróbia; energias renováveis.

### 1 INTRODUÇÃO

O Brasil é considerado o segundo maior produtor de leite entre os países do continente americano. É constituído por um rebanho de vacas ordenhadas de

<sup>69</sup> Engenheiro Ambiental, Mestrando em Bioenergia pela Universidade Estadual do Oeste do Paraná, campus Cascavel / Rua Universitária, 2069 – Jardim Universitário - CEP: 85.819-110. E-mail: mgueri@hotmail.com

<sup>70</sup> Doutor em Engenharia Ambiental, Professor Associado do curso de Engenharia Ambiental da Universidade Estadual do Centro-Oeste, campus Irati / PR 153 Km 7 - Riozinho - CEP 84500-000. E-mail: wanasch@hotmail.com

<sup>71</sup> Graduando em Engenharia Elétrica pela Universidade do Estado de Santa Catarina, Centro de Ciências Agroveterinárias – CAV. Av. Luiz de Camões, 2090 - Conta Dinheiro - Lages – SC, CEP: 88.520-000. E-mail: williamburatto@gmail.com

<sup>72</sup> Engenheiro Ambiental, Mestrando em Bioenergia pela Universidade Estadual do Centro-Oeste, campus de Irati / PR 153 Km 7 - Riozinho - CEP 84500-000. E-mail: cb\_ambiental@hotmail.com.



aproximadamente 23 milhões de cabeças, totalizando uma produtividade de pouco mais que 30 bilhões de litros de leite por ano. Além disso, estudos indicam que a população de bovinos leiteiros no Brasil cresce mais aceleradamente que as dos demais países; isto evidencia que, logo, o Brasil assumirá a liderança na produção de leite (IBGE, 2010).

No entanto, devido ao crescimento dessa atividade, com as tecnologias de pecuária intensiva e o confinamento dos animais, acabam por originar uma grande concentração de estrumes e chorumes, entre outros resíduos, cujo tratamento e destino final assumem um caráter preocupante. Usualmente, na produção leiteira, os resíduos que são gerados em grande quantidade derivam de dietas com altos valores energéticos e ricas em nutrientes, que podem vir a constituir graves problemas ambientais se lançados ao meio ambiente sem o devido tratamento (MORAES, 2000; TESTON, 2010).

Segundo Moraes (2000), todos os compostos orgânicos, a princípio, podem ser degradados pela via anaeróbia. Portanto, dentre as atuais alternativas para o tratamento de resíduos, a mais promissora do ramo da biotecnologia é a biodigestão anaeróbia (ANGELIDAKI et al., 2009).

A tecnologia da biodigestão anaeróbia consiste em um processo microbiológico, que na ausência de oxigênio, proporciona interações enzimáticas e metabólicas sobre compostos orgânicos (biomassa residual) que convertem em matéria estabilizada, principalmente água, biofertilizante e em um conjunto de gases conhecido como biogás, dos quais o gás metano ( $\text{CH}_4$ ) é majoritário e lhe confere características combustíveis (ANGELIDAKI et al., 2009; PITK et al., 2013).

Segundo Amaral et al. (2004), as principais vantagens da tecnologia da biodigestão anaeróbia são:

- Facilidade na operação do sistema;
- Redução no volume dos resíduos;
- Redução da poluição em recursos hídricos e do solo;
- Redução na emissão de gases de efeito estufa – GEE; e
- Obtenção de subprodutos com valor agregado – biogás e biofertilizante.

Portanto, o uso da biodigestão anaeróbia para o tratamento dos resíduos provenientes da atividade zootécnica do leite, além de atender às exigências legais, proporciona ao produtor a obtenção de subprodutos com valor agregado, como o biogás e o biofertilizante. Além disso, também consiste em uma tecnologia de fácil R. gest. sust. ambient., Florianópolis, n. esp, p.288-301, dez. 2015.

implantação, sobretudo nos setores rurais, onde se dá através de biodigestores anaeróbicos, que tem por finalidade favorecer as condições adequadas à biodigestão anaeróbia, com o confinamento dos resíduos orgânicos em uma unidade que não haja contato com o ar atmosférico, visto que o oxigênio é extremamente tóxico às *archeas* metanogênicas envolvidas no processo (FAUSTINO, 2009).

Dessa forma, o planejamento de um biodigestor anaeróbico deve ser realizado de acordo com as características do local a ser implantado e do material a ser tratado, como os resíduos de animais confinados, por exemplo. Deve-se também assegurar que a estrutura do biodigestor esteja hermeticamente vedada, para garantir que não haja contato atmosférico e favorecer a captação do biogás para posterior reaproveitamento energético (ZHANG et al., 1997).

O biogás gerado no processo da biodigestão anaeróbia é constituído basicamente de 60% de metano ( $\text{CH}_4$ ), 35% de dióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ ) e 5% de uma mistura de hidrogênio, nitrogênio, amônia, ácido sulfídrico, monóxido de carbono, aminas voláteis e oxigênio (TCHOBANOGLIOUS, THEISEIN e VIGIL, 1993). O gás metano, constituinte majoritário do biogás, é altamente energético e lhe atribui um poder calorífico na faixa de 5.000 a 7.000  $\text{kcal.m}^{-3}$ , conferindo-lhe características semelhantes às do gás natural (GN) e pode ser usado como combustível, e conseqüentemente, para a conversão em energia térmica, mecânica ou elétrica (PECORA, 2006).

Devido à versatilidade do biogás, é possível utilizá-lo em quaisquer atividades que necessitem de calor, como para o uso doméstico (cozinhar, aquecer e iluminar) e também para a geração de energia elétrica, através da sua combustão controlada em motores de conversão, como em turbinas a gás. O biogás constitui-se, portanto, de uma alternativa energética de grande interesse ao produtor rural, que poderá suprir uma parcela de seu consumo energético além de promover o tratamento dos resíduos gerados em seu empreendimento (PECORA, 2006).

Por exemplo, na propriedade rural produtora de leite, a elevada produção de águas residuais favorece a implantação da biodigestão anaeróbia para o tratamento, e conseqüentemente, permite o aproveitamento do biogás, que poderá ser convertido através de turbinas a gás em energia elétrica e suprir parte da demanda da propriedade, como da ordenhadeira, do resfriador de leite, do triturador, do desintegrador, do misturador de ração e da bomba d'água. Dessa forma, os gastos de

implantação da tecnologia podem vir a ser custeados pelos próprios benefícios fornecidos.

Nesse contexto, o presente trabalho propôs avaliar o potencial de geração de biogás de dejetos de bovinos leiteiros da raça Holandesa, sob condições controladas em reatores batelada. Especificamente, objetiva-se: Avaliar a eficiência da digestão anaeróbia mesófila (32°C) sobre os resíduos oriundos da atividade zootécnica do leite; Analisar os parâmetros físico-químicos dos resíduos, sendo eles: pH, umidade, demanda química de oxigênio – DQO, sólidos totais e voláteis; Verificar o potencial de produção de biogás dos resíduos oriundos da atividade zootécnica do leite, por meio de ensaios de biodigestores de bancada.

## **2 MATERIAIS E MÉTODOS**

### **2.1 Caracterização do resíduo**

Os resíduos foram fornecidos por uma fazenda produtora de leite, localizada no município de Castro (PR). A propriedade contém 670 bovinos leiteiros da raça Holandesa, em que 350 destes estão em estágio de lactação, totalizando uma produção de 8.500 litros de leite por dia. Os animais ficam confinados 24 horas por dia no estábulo e não realizam pastagem; a dieta do gado consiste em uma mistura de silagem de milho, fubá, feno, pré-secada de azevém, farelo de arroz e ração concentrada.

Os parâmetros físico-químicos estudados foram: pH, Umidade, Demanda Química de Oxigênio – DQO, Sólidos Totais e Voláteis; determinados de acordo com o *Standard Methods for Examination of the Water and Wastewater* (APHA, 2005) no laboratório de Saneamento Ambiental e Qualidade da Água da UNICENTRO, *campus Irati* (PR).

Para o experimento, primeiramente foram realizadas as caracterizações físico-químicas das amostras (mantidas em regime de batelada). Em seguida, foram incubados 50 mL, que corresponde a 30 gramas de resíduo em cada um dos três biodigestores de bancada. Os parâmetros físico-químicos foram determinados no início e ao final do processo de biodigestão.

### **2.2 Ensaios de bancada**

Os ensaios desta pesquisa foram adaptados de Hansen et al. (2004) e Schirmer et al. (2014), que consistiu na utilização de biodigestores de garrafas de borossilicato (no caso desse trabalho de 250 mL), seladas com tampas com registros, manômetro e válvulas (para descarga e monitoramento do biogás). Os manômetros utilizados apresentavam pressão limite de 2 kgf/cm<sup>2</sup> com escala de 0,1 kgf/cm<sup>2</sup>.

Em cada reator foi colocado 50 mL de resíduo previamente homogeneizado. O ensaio foi trabalhado em triplicata, de modo a garantir a reprodutibilidade dos resultados (ANGELIDAKI et al., 2009). Logo em seguida, os biodigestores procederam à recirculação de gás nitrogênio por cinco minutos, no interior de cada reator, para garantir a anaerobiose do meio. Após estarem hermeticamente vedados e livres de oxigênio, foram dispostos em banho termostaticado, no qual permaneceram por 25 dias à temperatura constante de 32°C. O experimento foi realizado em banho termostaticado.

### **2.3 Coleta e tratamento dos dados de geração de biogás**

Para os cálculos de volume de biogás gerado, foram monitoradas e anotadas diariamente as seguintes variáveis:

- a) Pressão interna dos biodigestores;
- b) Temperatura do sistema de banho termostaticado, que foi constante e igual a 32°C;
- c) Dados de pressão atmosférica local, obtida através do *site* do Instituto Nacional de Meteorologia - INMET, de uma estação meteorológica localizada na área de domínio do Colégio Florestal de Irati (PR).

Os valores de pressão foram convertidos em volume de biogás nas condições normais de temperatura e pressão (CNTP) de acordo com a lei de gases ideais ( $PV = nRT$ ), onde: P: pressão absoluta medida nos manômetros; V: volume de biogás gerado; T: temperatura do biogás; R: constante universal dos gases (LABATUT; ANGENENT; SCOTT, 2011).

Dessa forma, obteve-se o volume de biogás gerado durante os 25 dias de biodigestão anaeróbia, em CNTP.

## **3 RESULTADOS E DISCUSSÃO**

### **3.1 Parâmetros físico-químicos**

R. gest. sust. ambient., Florianópolis, n. esp, p.288-301, dez. 2015.

A Tabela 1 apresenta os parâmetros analisados na caracterização físico-química dos dejetos de bovino leiteiro da raça Holandesa antes (afluente) e depois (efluente) do ensaio de biodigestão. Para todos os parâmetros, obteve-se um coeficiente de variação (CV) de 0,5% à média dos valores obtidos.

Tabela 1 - Caracterização físico-química da amostra.

Parâmetro	Unidade	Amostra	
		Afluente	Efluente
Umidade	%	85,49	87,71
Sólidos Totais - ST	%	14,69	12,32
Sólidos Voláteis – STV	%	88,4	82,1
pH	-	7,08	5,56
DQO	mgO <sub>2</sub> .L <sup>-1</sup>	51.671	26.583
Alcalinidade	mgCaCO <sub>3</sub> .L <sup>-1</sup>	784,54*	-
		2.156,04**	-

CV (%): 0,5; \*Alcalinidade Parcial; \*\*Alcalinidade Total

Fonte: Elaborada pelos autores, 2015.

#### a. TEOR DE UMIDADE

O teor de umidade é um parâmetro fundamental no estudo da capacidade de biodegradação de materiais, pois a disponibilidade de água é um dos fatores que influencia diretamente a atividade microbiana. Firmo (2013) mostrou em sua pesquisa que materiais que contém umidade elevada (>90%) apresentam melhores perfis de degradabilidade. Segundo a USEPA (1991), valores de umidade contidos entre 60 e 90% também favorecem a geração de biogás. Assim, o teor de umidade do material obtido neste estudo (85,49 %) está dentro da faixa desejável à biodigestão anaeróbia.

### 3.2 Redução dos sólidos totais e voláteis

Observa-se que as concentrações nos parâmetros ST e STV indicam o elevado teor de sólidos da amostra, sendo prioritariamente constituída por material orgânico biodegradável, pois 88,4% dos sólidos totais são voláteis. Esses dados estão próximos aos obtidos por Amaral et al. (2004) e Xavier (2005), que apresentaram amostras de dejetos de bovino leiteiro com teores de sólidos voláteis em aproximadamente 80 e 78% dos sólidos totais, respectivamente. Barros *et al.* (2009)

indicam em seu trabalho que materiais com teor de sólidos voláteis próximos de 80% apresentam boa taxa de biodegradabilidade.

Obteve-se uma redução de 7% na concentração dos STV após o processo da biodigestão anaeróbia, valor relativamente baixo se comparado ao obtido por Xavier (2009), que reduziu em 49,51% a concentração dos STV de amostras de dejetos puros de vacas leiteiras, durante 210 dias de biodigestão anaeróbia. Portanto, pode-se justificar que o tempo de retenção hidráulica (TRH) de 25 dias deste estudo foram insuficientes para uma melhor eficiência na redução dos STV. Conforme Vedrenne et al. (2008) são necessários pelo menos 90 dias para que boa parte dos STV sejam completamente hidrolisados, pois alguns constituintes dos dejetos (principalmente a lignina) resistem mais às interações microbianas e enzimáticas. Dessa forma, a elevada quantidade de fibras contidas nos dejetos de bovino leiteiro reduziu a taxa de biodegradação.

#### b. DEMANDA QUÍMICA DE OXIGÊNIO - DQO

A DQO corresponde ao valor de 51.671 mg O<sub>2</sub>.L<sup>-1</sup>, valor que evidencia de forma indireta a elevada carga orgânica da amostra. Assenheimer (2007) em seu experimento obteve o valor de 84.397,8 mg O<sub>2</sub>.L<sup>-1</sup> para DQO dos dejetos puros (fezes + urinas) de bovinos leiteiro alimentados com rações concentradas, como é o caso desse estudo.

Nesse trabalho, após o processo de biodigestão anaeróbia, nota-se que ocorreu uma redução de 48,5 % na DQO das amostras. Portanto, houve a estabilização de uma parcela dos contaminantes presentes na amostra, no entanto, não se alcançou uma redução significativa. Como no Brasil ainda não existem restrições à DQO de efluentes agropecuários (VON SPERLING, 2014), a título de comparação com a redução desejada neste estudo, podem-se utilizar os padrões de lançamento da Comunidade Européia, que através da Deliberação no. 91/271/EEC de 21/05/1991 estipula uma redução mínima de 75% da DQO para emissão de efluentes urbanos em recursos hídricos (OFFICIAL JOURNAL OF THE EUROPEAN COMMUNITIES, 1991 *apud* VON SPERLING, 2014).

#### c. POTENCIAL HIDROGENIÔNICO - PH

O pH da amostra bruta apresentou-se neutro (7,08) no afluente, favorável à biodigestão anaeróbica (QUADROS et al., 2010), e próximo ao obtido por Xavier (2005) que apresentou um pH de 7,72 na caracterização dos dejetos bovinos leiteiros, assim pode ter proporcionado melhores condições as bactérias atuantes no processo de geração de biogás. Entretanto, ao final do processo (efluente), nota-se que ocorreu uma queda no pH, que apresentou o valor de 5,56, assim como Ferreira (2013) obteve na caracterização do seu efluente, onde o pH se apresentou mais ácido, e justificou que devido às reações de hidrólise levam a excessiva geração de ácidos graxos voláteis (AGV), quais acarretam na redução do pH.

#### d. ALCALINIDADE TOTAL, INTERMEDIÁRIA E PARCIAL

A alcalinidade é o parâmetro que indica a capacidade de uma amostra resistir às variações do pH. Constitui-se, portanto, de íons disponíveis na solução aquosa que podem neutralizar os íons hidrogênio (VON SPERLING, 2014; APHA, 2005). O valor da alcalinidade total (AT) é a soma da alcalinidade Intermediária (AI) com a alcalinidade parcial (AP). O valor obtido para AT foi de 2.156,04 mg  $\text{CaCO}_3\cdot\text{L}^{-1}$ , superior ao obtido por Ferreira (2013), que corresponde à 846,0 mg  $\text{CaCO}_3\cdot\text{L}^{-1}$  para dejetos puros; já Xavier (2009) obteve o valor de 5.288 mg  $\text{CaCO}_3\cdot\text{L}^{-1}$  para dejetos puros provenientes de vacas em lactação. Segundo Rowse (2011), requer-se uma alcalinidade de pelo menos 500 a 900 mg  $\text{CaCO}_3\cdot\text{L}^{-1}$  para que se tenha um pH maior que 6,5.

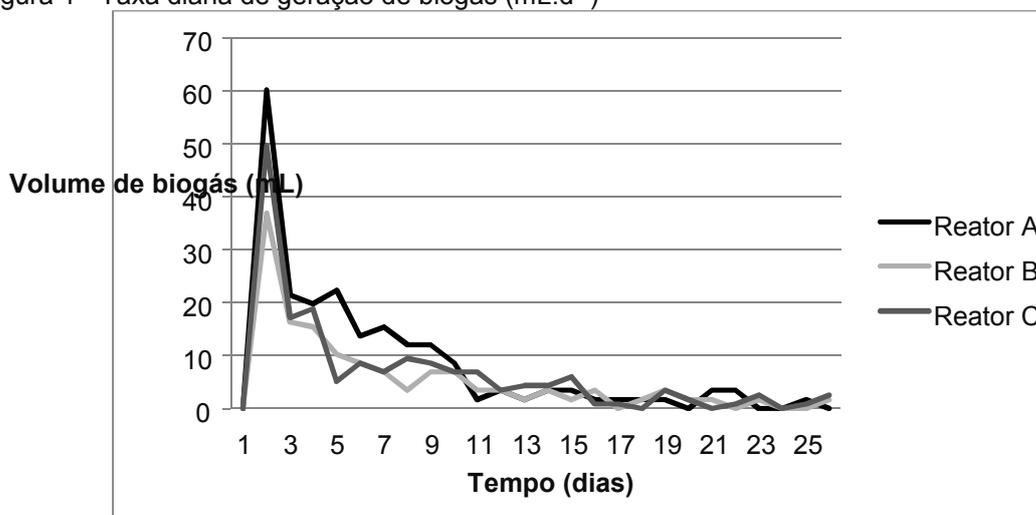
A relação AI:AP é análoga a ácidos voláteis:alcalinidade e se refere à estabilidade do processo. São necessários mais estudos sobre a relação AI:AP para a biodigestão anaeróbia de resíduos de bovinos leiteiros. O valor obtido para alcalinidade intermediária corresponde a 1.371,5 mg  $\text{CaCO}_3\cdot\text{L}^{-1}$ , próximo ao obtido por Ferreira (2013), que foi de 1.242 mg  $\text{CaCO}_3\cdot\text{L}^{-1}$ . Assim, a relação AI:AP obtida foi de 0,57, valor que pode representar estresse no processo. Para biodigestores operando com esgoto doméstico, a relação AI:AP ótima deve estar entre 0,10 a 0,35, sendo que em situações de estresse essa relação variou de 0,28 a 0,80. A relação AI:AP que promove as condições ótimas para biodigestão anaeróbia para dejetos de aves fica em torno de 0,30.

### e. GERAÇÃO DE BIOGÁS

Segundo Angelidaki et al. (2009) são necessários pelo menos três reatores para amostras homogêneas para garantir a reprodutibilidade dos resultados, como é o caso deste estudo.

A Figura 1 apresenta a taxa de geração de biogás gerado, em CNTP, durante os 25 dias de experimento.

Figura 1 - Taxa diária de geração de biogás (mL.d<sup>-1</sup>)

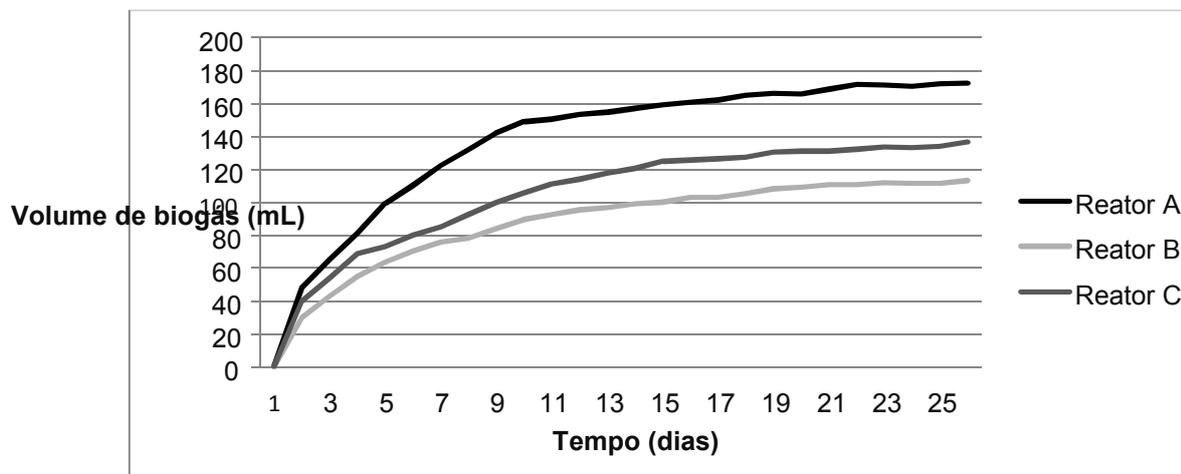


Fonte: Elaborada pelos autores, 2015.

Nota-se a uniformidade dos dados dispostos na Figura 1, os reatores A, B e C apresentam o pico de geração já nos primeiros dias, do qual pode se justificar pela ausência de oxigênio no reator desde o início do experimento, pois a recirculação de nitrogênio gasoso no *headspace* dos reatores garantiu a anaerobiose do meio e, por conseqüência, a maior produção de biogás (CROVADOR e SCHIRMER, 2013). Também, a presença de substâncias solúveis e facilmente biodegradáveis no substrato permite uma hidrólise mais rápida, favorecendo assim a ação das bactérias metanogênicas e a maior geração de biogás (FERREIRA, 2013). Entretanto, a produção de biogás a partir do décimo dia sofreu um decréscimo e se tornou mais lenta, denotando a presença de materiais mais resistentes à ação dos microorganismos.

A Figura 2 apresenta a geração acumulada de biogás, em 25 dias de experimento, nas CNTP.

Figura 2 - Geração acumulada de biogás, em CNTP.



Fonte: Elaborada pelos autores, 2015.

Neste ensaio, a geração média acumulada de produção de biogás durante os 25 dias de experimento foi de 141,18 mL, em CNTP. É possível notar a amplitude dos dados através dos perfis dos reatores, o reator A gerou 34,4% a mais que o reator B. Entretanto, ambos os reatores foram incubados com o mesmo material nas mesmas proporções e permaneceram 25 dias sob as mesmas condições.

Conforme as curvas da Figura 2, os reatores A, B e C assumem um comportamento bastante semelhante quanto à geração de biogás. Os reatores A, B e C mostraram uma forte taxa de produção de biogás no início do experimento; após 10 dias de biodigestão, observou-se a tendência à estabilização na geração do biogás.

Diversos autores têm apresentado o potencial de geração de biogás através da redução dos sólidos voláteis reduzidos no processo de biodigestão anaeróbia. Portanto, em termos de sólidos voláteis reduzidos, o substrato apresentou o potencial de produção ao valor de  $575,22 \text{ NmL.gSVr}^{-1}$  de biogás, próximo ao obtido por Machado (2011) que efetuou o experimento com a metodologia bastante semelhante a deste estudo e obteve na maior taxa de produção de biogás o valor de  $595,7 \text{ NmL.gSVr}^{-1}$ . Amaral *et al.* (2004) obteve, em 30 dias de biodigestão anaeróbia de dejetos de bovinos leiteiros, os valores de  $532,4$  e  $448,8 \text{ NmL.gSVr}^{-1}$ , respectivamente para os biodigestores indiano e chinês.

#### 4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A partir dos experimentos realizados neste trabalho, foi possível concluir que:

- O uso dos biodigestores de bancada utilizados para as análises de biogás se mostrou bastante eficiente, proporcionando análise do potencial de geração de biogás dos dejetos bovinos, fornecendo o estudo das variáveis da biodegradabilidade e, sobretudo, é um ensaio de baixo custo e de simples operação.
- Os resíduos da atividade zootécnica do leite apresentaram características bastante adequadas ao processo de geração de biogás, evidenciado pelo potencial de 575,22 NmL.gSVr<sup>-1</sup>.
- O processo de biodigestão anaeróbia se mostrou eficiente para o tratamento dos resíduos oriundos da atividade zootécnica, na qual se obteve uma redução de 48,5% no parâmetro DQO em apenas 25 dias; no entanto, o tempo foi insuficiente para uma significativa redução nos sólidos voláteis das amostras.
- O uso do biogás como alternativa energética para o produtor rural apresenta viabilidade econômica e ambiental, visto que esta energia pode ser utilizada para gerar calor e/ou eletricidade para alimentar as instalações do produtor.

## **RURAL SUSTAINABILITY: BIOGAS USED AS ALTERNATIVE ENERGY BY MILK PRODUCERS**

### **ABSTRACT**

This study aims to analyze the potential of biogas generation through anaerobic digestion of organic waste coming from the zootechnical activity of milk production, using bench digestors tests. The organic waste was collected in loco from the stable spillway flow, therefore, it comprises feces, urine and washing water. The physical and chemical analyses were carried out through the monitoring of these parameters: COD, pH, alkalinity, moisture, volatile and total solids, before and after the biodigestion in batch reactors. The experiment employed reactors of 250 mL volume each, incubated with 50 mL of Holstein milk cows waste, kept under constant temperature at 32°C in 25 days. The biodigestors internal pressure was monitored daily and converted in terms of accumulated average gas generation in STP (standard temperature and pressure), The waste presented high organic loading, evidenced by the 51.671 mgO<sub>2</sub>.L<sup>-1</sup> COD. The anaerobic biodigestion resulted in 48,8% COD reduction after 25 days. The accumulated average generation of biogas obtained was 141,8 mL in 25 days; and 575,22 NmL.gVsr<sup>-1</sup> reduced volatile solids were also obtained.

**KEY-WORDS:** biogas; anaerobic digestion; renewable energys.

### **REFERÊNCIAS**

R. gest. sust. ambient., Florianópolis, n. esp, p.288-301, dez. 2015.

AMARAL, C. M. C.; AMARAL, L. A.; JÚNIOR, G. 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**, v. 34, n. 6, p. 1897-1902, 2004.

ANGELIDAKI, I.; ALVES, M.; BOLZONELLA, D.; BORZACCONI, L.; CAMPOS, J. L.; GUWY, A. J.; KALYUZHNYI, S.; JENICEK, P.; VAN LIER, J. B. Defining the biomethane potential (BMP) of solid organic wastes and energy crops: a proposed protocol for batch assays. **Water Science & Technology**, v. 59, n. 05, p. 927–934, 2009.

AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION - APHA. **Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater**. American Public Health Association, American Water Works Association, Water Environmental Federation, 21.ed. Washington. 2005.

ASSENHEIMER, A. **Eficácia de um sistema de aeração utilizando no tratamento de dejetos bovinos em sistema intensivo de produção de leite**. 2007. 87f. Dissertação (Mestrado) - Programa de Pós Graduação em Agronomia da UNIOESTE, Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Marechal Cândido Rondon, Paraná, 2007.

BARROS, R. M.; FILHO, G. L. T.; NASCIMENTO, Y. D. S.; GUSHIKEN, É.; CALHEIROS, H. C.; SILVA, F. G. B. de; JÚNIOR, Â. S. Estudo da produção de biogás da digestão anaeróbia de esterco bovino em um biodigestor. **Revista Brasileira de Energia**. v. 15, n. 2, p. 95-116, 2009.

CROVADOR, M. I. C.; SCHIRMER, W. N. Avaliação da geração de biogás a partir de resíduos sólidos urbanos utilizando ensaios BMP. In: CONGRESSO INTERNACIONAL DE BIOENERGIA, 8., 2013, São Paulo, SP. **Anais...** São Paulo, 2013.

FAUSTINO, L. S. M.; TRAJANO, M. F.; MELLO, V. S.; JÚNIOR, I. B. M. TORRES, T. F. T. O. Produtores de gado trabalhando alternativa para produção de energia biológica. In: BIOCUM - SIMPÓSIO NACIONAL DE BIOCOMBUSTÍVEIS, 2., 2009, Recife, PE. **Anais...** Recife, 2009.

FERREIRA, L. M. S. **Biodigestão anaeróbia de dejetos de bovinos leiteiros com e sem separação da fração sólida**. 2013. 67f. Dissertação (Mestre em Zootecnia) – Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias – Universidade do Estado de São Paulo - UNESP, Jaboticabal, SP, 2013.

FIRMO, A. L. B. **Estudo numérico e experimental da geração de biogás a partir da biodegradação de resíduos sólidos urbanos**. 2013. 286 f. Tese (Doutorado) - Programa de Pós-graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2013.

R. gest. sust. ambient., Florianópolis, n. esp, p.288-301, dez. 2015.

HANSEN, T. L.; SCHMIDT, J. E.; ANGELIDAKI, I.; MARCA, E.; JANSEN, J. L. C.; MOSBÆK H.; CHRISTENSEN, T. H. Method for determination of methane potentials of solid organic waste. **Waste Management**, v.24, n.04, p.393-400, 2004.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - IBGE. Anuário Estatístico do Brasil. Rio de Janeiro, 2010. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br/>> Acesso em: 10/out.

INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA - INMET. Disponível em: <<http://www.inmet.gov.br/portal/index.php?r=estacoes/estacoesAutomaticas>> Acesso em: 15/out.

LABATUT, R. A.; ANGENENT, L. T.; SCOTT, N. R. Biochemical methane potential and biodegradability of complex organic substrates. **Bioresource Technology**, United States, 102, p. 2255-2264, 2011.

MACHADO, C. R. **Biodigestão anaeróbia de dejetos de bovinos leiteiros submetidos a diferentes tempos de exposição ao ar**. 2011. 47f. Dissertação (Mestre em Agronomia) – Faculdade de Ciências Agrônômicas, Unesp, Botucatu - SP, 2011.

MOARES, L. de M. **Avaliação da biodegradabilidade anaeróbia de resíduos oriundos de atividades zootécnicas**. 2000. 96f. Dissertação (Mestre em Engenharia Agrícola) – Universidade Estadual de Campinas – UNICAMP, Campinas - SP, 2000.

PECORA, V. **Implantação de uma unidade demonstrativa de geração de energia elétrica a partir do biogás de tratamento do esgoto residencial da USP – Estudo de Caso**. 2006. 152 f. Dissertação (Mestrado) – Programa Interunidades de Pós-Graduação em Energia da USP, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2006.

PITK, P.; KAPARAJU, P.; PALATSI, J; AFFES, R.; VILU, R. Co-digestion of sewage sludge and sterilized solid slaughterhouse waste: Methane production efficiency and process limitations. **Bioresource Technology**. v. 134, p. 227-232, 2013.

QUADROS, D. G.; OLIVER, A. P. M.; REGIS, U.; VALLADARES, R.; SOUZA, P. H. F; FERREIRA, E. J. Biodigestão anaeróbia de dejetos de caprinos e ovinos em reator contínuo de PVC flexível. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.14, n.3, p.326-332, 2010.

ROWSE, L.E. **Design of Small Scale Anaerobic Digesters for Application in Rural Developing Countries**. 2011. 125f. Dissertação (Mestrado em Ciências) - College of Engineering, University of South Florida. 2011.

SCHIRMER, W. N.; JUCÁ, J. F. T.; SCHULER, A. R. P.; HOLANDA, S.; JESUS, L. L. Methane production in anaerobic digestion of organic waste from Recife (Brazil)

R. gest. sust. ambient., Florianópolis, n. esp, p.288-301, dez. 2015.

Landfill: evaluation in refuse of different ages. **Brazilian Journal of Chemical Engineering**, v.31, n.02, p.373-384, April - June, 2014.

VON SPERLING M.; **Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos**. 4. ed. Belo Horizonte: Editora UFMG, 2014.

TCHOBANOGLIOUS, G.; THEISEN, H.; VIGIL, S. **Integrated Solid Waste Management: Engineering Principles and Management Issues**. New York: Mcgraw- Hill, 1993. 978p.

TESTON, D. C. **A produção de energia a partir de esterco bovino como solução ambiental para impactos gerados por sistemas intensivos de produção animal**. 2010. 45f. Monografia (Especialização em Gestão Ambiental e Negócios) - Setor Energético do Instituto de Eletrotécnica e Energia, USP, São Paulo, 2010.

UNITED STATES ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY - USEPA. Air emissions from municipal solid waste landfills – Background information for proposed standards and guidelines. **Office of Air Quality Planning and Standards**, EPA-450/3-90-011a, 1991.

VEDRENNE, F.; BÉLINE, F.; DABERT, P.; BERNET, N. The effect of incubation conditions on the laboratory measurement of the methane producing capacity of livestock wastes. **Bioresource Technology**, Essex, v. 99, n. 1, p. 146-155, 2008.

XAVIER, C.A.N. **Biodigestão anaeróbia de dejetos em sistema de produção de leite: obtenção de parâmetros e dimensionamento**. 2005. 90f. . Dissertação (Mestrado em Zootecnia- Área de Concentração em Produção Animal) – Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, 2005.

ZHANG, P.; ZENG, G.; ZHANG, G.; LI, Y.; ZHANG, B.; FAN, M. Anaerobic co-digestion of biosolids and organic fraction of municipal solid waste by sequencing batch process. **Fuel Processing Technology**, v. 89, p. 485-489, 2008.