

Digestão anaeróbia de dejetos suínos (em terminação) inoculado com efluente de biodigestor de bovino leiteiro

Caroline Thaís Eckert¹, Elisandro Pires Frigo², Rafaela Koglin Bastos¹, Ana Claudia Cabral³, Alvaro Mari Junior³, Angelo Gabriel Mari³.

¹Universidade Federal do Paraná– UFPR/Setor Palotina, Curso de Tecnologia em Biocombustíveis. Rua Pioneiro n. 2153, CEP: 85.950-000, Bairro Jardim Dallas, Palotina, PR.

²Universidade Federal do Paraná – UFPR/Setor Palotina, Departamento de Agronomia, Palotina, PR.

³Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Mestrado em Energia da Agricultura, Cascavel, PR.

carolt.eckert@gmail.com, epfrigo@gmail.com, rafabastos.ufpr@gmail.com, ana_c_cacau@hotmail.com, professor.alvaro.mari@gmail.com, ea.angelo@gmail.com

Resumo: Atualmente o objeto de muitas pesquisas no mundo são as alternativas energéticas por meio de fontes renováveis de energia com a finalidade de diminuir a dependência dos combustíveis fósseis, além de buscar soluções ambientalmente corretas e sustentadas para colaborar com a matriz energética dos países e reduzir os impactos globais provocados pela queima dos combustíveis fósseis. A utilização do biogás como fonte sustentável de energia e renovável quer como resíduo sólido urbanos, resíduos rurais e efluentes domésticos e industriais, permite diversificar a matriz energética nacional, além de reduzir a emissão de gases efeito estufa. O presente trabalho analisa a produção de biogás a partir de dejetos animais em escala laboratorial com controle simplificado de parâmetros como a alcalinidade, acidez volátil, nitrogênio amoniacal, DQO (demanda química de oxigênio), COT (carbono orgânico total), pH, condutividade e sólidos totais e voláteis.

Palavras-chave: Impactos ambientais, tratamento residual, dejetos animais.

Anaerobic digestion of pig manure (finishing) inoculated with digester effluent of dairy cattle

Abstract: Currently the subject of much research in the world are the alternative energy through renewable sources of energy in order to reduce dependence on fossil fuels, in addition to seeking environmentally sound and sustainable solutions to collaborate with the energy matrix of the country and reduce the impacts global caused by burning fossil fuels. The use of biogas as a sustainable source of renewable energy and solid waste as either urban, rural waste and domestic and industrial effluents, allows to diversify the national energy matrix and reduce the emission of greenhouse gases. This paper analyzes the production of biogas from animal manure in laboratory scale with simplified control of parameters such as alkalinity, volatile acidity, ammonia, COD (chemical oxygen demand), TOC (total organic carbon), pH, conductivity and total solids and volatile.

Key words: Environmental impacts, waste treatment, animal waste.

Introdução

Atribui-se o nome de biogás à mistura gasosa (combustível), resultante da fermentação anaeróbica da matéria orgânica. A proporção de cada gás na mistura depende de vários parâmetros, como o tipo de digestor e o substrato a digerir (MOURA, 2011).

Por se tratar de uma fonte de energia renovável, o biogás é considerado um biocombustível, que pode ser obtido natural ou artificialmente. Com um conteúdo energético semelhante ao do gás natural, sua forma gasosa é constituída principalmente por uma mistura de hidrocarbonetos como o dióxido de carbono (CO_2) e o gás metano (CH_4). Como os outros combustíveis, este também é inflamável quando colocado sob pressão (ROYA, 2011).

Para a obtenção do biogás critérios de fermentação, temperatura, umidade, acidez e com a ausência de oxigênio. Segundo Roy (2011) a forma natural do biogás é conseguida pela ação de microrganismos bacterianos sobre o acúmulo de materiais orgânicos, como, lixo doméstico, resíduos industriais vegetais, esterco de animais, entre outros. E a forma artificial é dada pelo uso de um reator químico-biológico chamado de biodigestor anaeróbio. Dependendo da matéria a ser digerida ou o tipo de biodigestor a ser utilizado, a porcentagem de cada gás presente no biogás pode sofrer variações.

O biogás apresenta inúmeras vantagens, do ponto de vista ambiental, tem seu uso defendido pelo fato de emitir poucos poluentes para a atmosfera, ajudando assim a desacelerar o aquecimento global e ainda contribuindo no combate ao desmatamento, uma vez que substitui o uso da lenha.

Do ponto de vista agrícola, causa a substituição dos combustíveis à base de petróleo, e possibilita a utilização do biofertilizante produzido secundariamente na biodigestão. Nas áreas rurais é comum a utilização de fogões à lenha e tratores movidos a diesel; advindo o uso do biogás, os fogões não emitirão quantidades significativas de poluentes e nem os tratores poluirão tão agressivamente o ambiente, gerando uma melhoria considerável na qualidade de vida nessas regiões.

Um biodigestor consiste, basicamente, em uma câmara fechada na qual a biomassa é fermentada anaerobicamente. O processo de biodigestão anaeróbia é uma das alternativas utilizadas para o tratamento de resíduos, pois reduz o potencial de contaminação, gerando biogás e permitindo o uso dos dejetos tratados como biofertilizantes (GASPAR, 2003).

Segundo Teixeira (1985), a produção de biogás a partir de esterco depende do tipo de animal e do método de armazenamento empregado (período e maneira em que será armazenado para a pré-fermentação).

Outra vantagem e importância ambiental da produção do biogás é que com o aumento crescente da população de suínos no Brasil, que possui um estoque atual de aproximadamente 40 milhões de animais, e com a implantação de novos projetos no setor suinícola, torna-se necessária a adoção de métodos e técnicas para manejar, estocar, tratar, utilizar e dispor dos resíduos, dentro do sistema de produção, com o objetivo da manutenção da qualidade ambiental, reutilização dos resíduos em outros sistemas agrícolas e maior rentabilidade na produção (BECK, 2007).

O objetivo deste experimento foi propiciar a produção de biogás a partir da digestão anaeróbia de dejetos de suínos, caracterizando o inóculo e o resíduo, e ainda a determinação do volume de biogás, de dióxido de carbono (CO_2) e metano (CH_4).

Material e Métodos

A metodologia deste experimento foi subdividida em distintos tópicos que inferem no conhecimento de vários aspectos do resíduo e do inóculo utilizados na biodigestão. Sendo estes subtópicos como: determinação de Ácidos Voláteis Totais, determinação de Alcalinidade (método potenciométrico), determinação de Nitrogênio Total Kjeldhal, Metodologia para Concentrações de DQO (entre 50 mg/L e 800 mg/L), determinação da concentração de DQO (fração total), determinação de Sólidos Totais (ST) e determinação de Sólidos Totais Fixos (STF) e Sólidos Totais Voláteis (STV).

1. Determinação de Ácidos Voláteis Totais

De acordo com Gonçalves (1988) *apud*. Toledo (2010) os ácidos voláteis podem ser utilizados como substratos pelas bactérias, porém podem atuar como inibidores, uma vez que para valores de pH baixo formam preferencialmente os ácidos em formas não ionizadas, que podem penetrar na membrana celular e inibir as bactérias.

Entretanto, os sais de sódio de ácidos orgânicos gerados na degradação da matéria orgânica, serão também titulados como alcalinidade.

Utiliza-se a amostra titulada para determinação da alcalinidade total.

- (a) Reduziu-se o pH da amostra de 4,30 para 3,30 com H_2SO_4 0,005 M e ferver a amostra, por 3 minutos, para remover o dióxido de carbono da solução;
- (b) Esfriou-se a amostra em banho de água até a temperatura ambiente;

- (c) Foi adicionado à amostra, solução padronizada de NaOH ~0,005 M até pH 4,00 e desprezar esse volume;
- (d) Titulou-se a amostra (pH = 4,00) com solução padronizada de NaOH ~0,005 M até pH 7,00 e anotar esse volume (V). Essa adição permitiu, principalmente, a neutralização de ácidos orgânicos. Permitindo calcular a concentração aproximada de ácidos;
- (e) Calculou-se a concentração de ácidos de acordo com a Equação 1:

$$A_{\text{ácidos voláteis}} (\text{mg/L, como HAc}) = \frac{V \times N_{\text{NaOH}} \times 60.000}{V_{\text{Amostra}}} \quad \text{Equação 1.}$$

O fator de conversão para determinar os ácidos voláteis presentes a partir da alcalinidade varia de acordo com a quantidade de ácidos que é titulada entre o pH 4,0 a 7,0. O pH de equilíbrio de ácidos orgânicos é menor que 4,0, mas variável com a concentração de ácidos. Além disso, o pH final de titulação de ácidos fracos com base forte é sempre maior que 7,00.

2. Determinação de alcalinidade – Método Potenciométrico

- (a) Foi calibrado o pHmetro com soluções de padrões de pH 7,00 e pH 4,00, à temperatura ambiente;
- (b) Centrifugou-se a amostra por 3 minutos a 1500 rpm;
- (c) Foi transferido 50,0 mL da amostra bruta ou centrifugada para copo de béquer de 100 mL e medir o pH;
- (d) Titulou-se a amostra, sob agitação magnética, através da adição de solução padronizada de H₂SO₄ ~0,01N, até pH 5,75. Anotar o volume (V₁).
- (e) Foi adicionada novamente a solução de H₂SO₄ até atingir pH 4,3. Anotou-se o volume (V₂), reservar esta amostra para determinação da concentração de ácidos orgânicos;
- (f) Então, pode-se calcular a alcalinidade total, $V_3 = V_1 + V_2$;
- (g) Calculando-se primeiramente a alcalinidade parciais (V₁) de acordo com a Equação 2, intermediária (V₂) na Equação 3, total (V₃) observada na Equação 4 e a alcalinidade a bicarbonato na Equação 5, pelas respectivas equações:

Alcalinidade parcial (mg/L, como CaCO_3):

$$A_{\text{parcial}} = \frac{V_1 \times N_{\text{H}_2\text{SO}_4} \times 50.000}{V_{\text{Amostra}}} \quad \text{Equação 2.}$$

Alcalinidade intermediária (mg/L, como CaCO_3):

$$A_{\text{intermediária}} = \frac{V_2 \times N_{\text{H}_2\text{SO}_4} \times 50.000}{V_{\text{Amostra}}} \quad \text{Equação 3.}$$

Alcalinidade total (mg/L, como CaCO_3):

$$A_{\text{total}} = \frac{V_3 \times N_{\text{H}_2\text{SO}_4} \times 50.000}{V_{\text{Amostra}}} \quad \text{Equação 4.}$$

Alcalinidade a bicarbonato (mg/L, como CaCO_3):

$$A_{\text{bicarbonato}} = A_{\text{total}} - 0,71 \times (\text{Ácidos Orgânicos}) \quad \text{Equação 5.}$$

3. Determinação de nitrogênio total Kjeldhal

(a) A digestão foi realizada colocando inicialmente o tubo de digestão no digestor de nitrogênio, adicionando-se:

- 25,0 mL da amostra bruta
- 15 mL de ácido sulfúrico concentrado P. A. (proveta)
- 3,0 g de sulfato de potássio P. A.
- 1,0 g de sulfato de cobre P. A.
- 3 ou 4 pérolas de vidro ou cacos de porcelana

A temperatura de digestão foi aumentada lentamente, em patamares de 50°C , a cada 15 minutos, atingindo cerca de 380°C . Manteve-se o aquecimento por, aproximadamente, 2 horas. Após a digestão, resfriou-se naturalmente, até a temperatura ambiente.

(b) Destilação: antes de iniciar a destilação do branco (primeiro a ser destilado), lavou-se o destilador com cerca de 150 mL de água destilada. O destilado foi recebido em

frasco de Erlenmeyer de 500 mL, contendo 100 mL de solução de ácido bórico (2%) e 4 a 5 gotas do indicador misto, até que o conteúdo dobrasse de volume (200 mL). Adicionou-se, cuidadosamente, 50 mL de água destilada e 50 mL de solução de NaOH (32%).

- (c) Titulação: titulou-se o destilado do teste em branco com solução padronizada de H_2SO_4 0,1 N, até coloração alaranjada clara. Para as demais amostras, a coloração do branco foi tomada como padrão, ou seja, todas as amostras tituladas apresentaram a mesma tonalidade da cor.

A concentração do nitrogênio total Kjeldahl foi calculada pela seguinte Equação 6:

$$N_{\text{NTK}} = \frac{(V_1 - V_2)}{V} \cdot N_a \cdot 14000 \quad \text{Equação 6.}$$

Na qual:

N_{NTK} representa a concentração do nitrogênio total Kjeldahl, em $\text{mgN-NH}_4^+/\text{L}$;

V_1 - volume da solução de ácido utilizado para titular a amostra (mL);

V_2 - volume da solução de ácido utilizado para titular o branco (mL);

V - volume da amostra (mL);

N_a - normalidade da solução de ácido utilizado na titulação;

14000 é o equivalente-grama do nitrogênio contido no NH_4^+ .

4. Metodologia para concentrações de DQO entre 50 mg/L a 800 mg/L

Os materiais que foram utilizados para a determinação de DQO em suas concentrações de 50 mg/L a 800 mg/L são:

- Balança analítica (precisão $\pm 0,0001\text{g}$)
- Bomba de vácuo
- Capela com exaustão
- Digestor de DQO
- Dispensadores de 5,0mL
- Espectrofotômetro
- Estufas a 103°C e 120°C

- Pipetador automático de 5,00mL
- Funil tipo Büchner para membrana com diâmetro de 47 mm, frasco de Kitassato de 250 mL e alongas de borracha para filtração,
- Membrana de microfibras de vidro, com tamanho nominal de poros de 1.2 µm e diâmetro de 47 mm
- Balões Volumétricos de 10,0, 500 e 1000 mL
- Copos de Becher de 500 e 1000 mL
- Pipetas automáticas de 200 e 1000 µL
- Tubos de DQO
- Sulfato de Prata – Ag_2SO_4 (P. A. ou grau técnico)
- Ácido Sulfúrico – H_2SO_4 concentrado 96-97% P. A.
- Sulfato de Mercúrio – HgSO_4 (P. A.)
- Bicromato de Potássio – $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ (P. A.) - seco a 103°C.
- Ftalato Ácido de Potássio (KPH) – $\text{C}_6\text{H}_4(\text{COOH})\text{COOK}$ (M.M. 202,22g/Mol) P. A. seco a 103°C.

5. Determinação da concentração de $\text{DQO}_{\text{Fração Total}}$

Para amostras brutas, coletou-se volumes mínimos de 6 mL.

- (a) Em tubos de borossilicato com tampas rosqueáveis, com o auxílio de pipeta automática ou de vidro, foram adicionados 2,50 mL de amostra concentrada e 2,50 mL de água destilada (para o branco);
- (b) Segurando o tubo próximo à rosca, foi adicionado, com o auxílio de dispensadores, 1,50 mL da solução de bicromato de potássio e 3,50 mL da solução de sulfato de prata em ácido sulfúrico;
- (c) Fechou-se hermeticamente o tubo e agitou-se, por inversão, segurando-o, pela tampa;
- (d) Colocou-se os tubos no digestor previamente aquecido à temperatura de 150°C, e manteve-se durante 120 minutos;
- (e) O espectrofotômetro foi acionado meia hora antes da leitura e fixado o comprimento de onda em 620 nm;
- (f) Após resfriamento, limpou-se os tubos com papel absorvente;
- (g) O equipamento foi zerado com solução do teste em branco. Foi efetuada a leitura das absorbâncias de padrões e amostras;

- (h) Para obtenção da reta de calibração, plotou-se as absorbâncias das soluções do padrão no eixo Y contra os valores de DQO em mg/L das soluções de KHP no eixo X, e determinando-se a equação da reta obtida.
6. Determinação de sólidos totais (ST)

Inicialmente, preparou-se a cápsula de porcelana que serviu de suporte para a amostra:

- (a) Calcinou-se a cápsula de porcelana em mufla a 550°C até massa constante (cerca de 15 minutos) e resfriou-se em dessecador. Determinando-se a massa (M_1), em miligramas, em balança analítica;
- (b) Transferiu-se um volume da amostra (V_1 , em mililitros), de tal forma que a quantidade de resíduo não superou 200 mg, para cápsula de massa conhecida (M_1). Secou-se a amostra em estufa a 103°C - 105°C, até massa constante (neste caso, 24 horas) e determinou-se a massa do conjunto após resfriamento em dessecador (M_2 , em miligramas);
- (c) Calculou-se ST de acordo com a Equação 7:

$$\text{mg de sólidos totais/L} = \frac{(M_2 - M_1) \times 1000}{V_1 (\text{mL})} \quad \text{Equação 7.}$$

7. Determinação de sólidos totais fixos e voláteis (STF e STV)

- (a) Após a determinação da concentração de sólidos totais, foi calcinada a cápsula com a amostra em forno tipo mufla a 550°C por tempo suficiente para atingir massa constante (15 minutos para uma única amostra). Determinando-se a massa do conjunto, e após resfriamento em dessecador (M_3 , em mg) em balança analítica;
- (b) Calculou-se STF e STV de acordo com as Equações 8 e 9:

$$\text{STF: mg de sólidos totais fixos/L} = \frac{(M_3 - M_1) \times 1000}{V_1 (\text{mL})} \quad \text{Equação 8.}$$

$$\text{STV: mg de sólidos totais voláteis/L} = \frac{(M_2 - M_3) \times 1000}{V_1 (\text{mL})} \quad \text{Equação 9.}$$

Resultados e Discussão

Os resultados obtidos foram dispostos de forma a caracterizar-se de acordo com a análise proposta, inicialmente com a Acidez e Alcalinidade do inóculo e do resíduo analisado, seguidamente com a quantidade de Acidez e Alcalinidade presente no biodigestor.

Posteriormente foram analisados o DQO, os Sólidos (ST) (SV) (SF) e as quantidades dos mesmos dentro do biodigestor.

1. Acidez e Alcalinidade

As análises desenvolvidas para acidez e alcalinidade total foram divididas de acordo com o material do experimento, sendo utilizados inóculo de biodigestor bovino leiteiro e resíduo de suinocultura como material a ser biodigerido.

Eles foram dispostos em uma titulação com H_2SO_4 até atingirem os valores de pH de 5,75, 4,3 e 3,3. Posteriormente foi realizada uma titulação com NaOH para atingir o pH de 4,0 e 7,0.

Tendo realizadas as titulações foram verificadas as quantidades de reagentes consumidos pela acidez/alcalinidade de cada composto. Sendo que o resíduo consumiu maior quantia de ácido, assim como de álcali.

Na Tabela 1 observa-se as determinações para a acidez e para alcalinidade do resíduo, e na Tabela 2 vê-se as mesmas determinações para o inóculo bovino.

Tabela 1 – Titulações para determinação de acidez e alcalinidade do resíduo suíno

Volume de H_2SO_4 (mL) – pH 5,75	Volume de H_2SO_4 (mL) – pH 4,3	Volume de H_2SO_4 (mL) – pH 3,3	Volume de NaOH (mL) – pH 4,0	Volume de NaOH (mL) – pH 7,0
9,9	12,9	11	7,8	40,2
8,9	15,7	11,3	-	-
9,4	14,3	11,15	-	-

Valor médio da titulação: 23,7

Tabela 2 – Titulação para determinação de acidez e alcalinidade do inóculo bovino

Volume de H_2SO_4 (mL) – pH 5,75	Volume de H_2SO_4 (mL) – pH 4,3	Volume de H_2SO_4 (mL) – pH 3,3	Volume de NaOH (mL) – pH 4,0	Volume de NaOH (mL) – pH 7,0
10,6	1,3	0,3	2,9	-
9,9	1,4	0,45	3,0	-

10,25	1,35	0,38	2,95	-
Valor médio da titulação: 11,60				

Para a Determinação de Alcalinidade Total (AT), foram utilizados os valores médios das titulações, obtendo então os valores de V3, de acordo com a Equação 1:

$$A_{\text{total}} = \frac{V3 \times N_{\text{H}_2\text{SO}_4} \times 50.000}{V_{\text{amostra}}} \quad \text{Equação 10.}$$

(a) Determinação de AT para o Resíduo:

$$A_{\text{total}} = \frac{23,7 \times 0,1 \times 50.000}{30}$$

$$A_{\text{total}} = 3950 \text{ mg/L}$$

(b) Determinação de AT para o Inóculo

$$A_{\text{total}} = \frac{11,6 \times 0,1 \times 50.000}{30}$$

$$A_{\text{total}} = 1933 \text{ mg/L}$$

Para a determinação de Acidez Volátil (AV) foram dispostos os resultados da titulação efetuada com NaOH, em que os valores utilizados foram de 7,8 para resíduo e a média de 2,95 para inóculo. O valor do resíduo não inclui o dado de 40,2, pois constatou-se que houve erro metodológico durante a prospecção dos dados.

Tendo então a Equação 2 abaixo como referente à acidez:

$$\text{Acidez V.} = \frac{V \times N_{\text{NaOH}} \times 60.000}{V_{\text{amostra}}} \quad \text{Equação 11.}$$

(a) Determinação de AV para Resíduo

$$\text{Acidez V.} = \frac{7,8 \times 0,1 \times 60.000}{30}$$

$$\text{Acidez V.} = 1560 \text{ mg/L}$$

(b) Determinação de AV para Inóculo

$$\text{Acidez V.} = \frac{2,95 \times 0,1 \times 60.000}{30}$$

$$\text{Acidez V.} = 590 \text{ mg/L}$$

Obteve-se então as relações entre Acidez Volátil e Alcalinidade Total (AV/AT), em que para o Resíduo resultou em 0,39 e para o Inóculo foi de 0,30. O sucesso da biodigestão, de acordo com Feiden (2001) *apud*. Toledo (2010) está interligado com a relação de AV/AT, pois a relação estima o estado processual da digestão.

2. Alcalinidade e Acidez presente no Biodigestor

De acordo com a quantidade de matéria prima e inóculo que foram introduzidos no biodigestor, aliada as caracterizações de alcalinidade e acidez, pode-se calcular a quantidade ácida e básica presente no biodigestor para se iniciar o processo de biodigestão anaeróbia.

O volume de inóculo que foi introduzido no biodigestor foi de 300 mL, e o volume de resíduo foi de 1200 mL, totalizando em 1500 mL de material que será biodigerido.

Sendo que para se calcular de Alcalinidade que entrou no biodigestor, tem-se a fórmula descrita na Equação 12 abaixo:

$$ATb = \frac{ATi \times Vi + ATr \times Vr}{VTb} \quad \text{Equação 12.}$$

Sendo:

ATb: Alcalinidade Total do Biodigestor

ATi: Alcalinidade Total do Inóculo

Vi: Volume do Inóculo

ATr: Alcalinidade Total do Resíduo

Vr: Volume do Resíduo

VTb: Volume Total do Biodigestor

$$ATb = \frac{1933 \times 300 + 3950 \times 1200}{1500}$$

$$ATb = 3546,6 \frac{\text{mg}}{\text{L}} \text{CaCO}_3$$

E a Acidez Volátil presente no biodigestor foi calculada utilizando a fórmula descrita na Equação 13:

$$AVb = \frac{AVi \times Vi + AVr \times Vr}{VTb} \quad \text{Equação 13.}$$

Sendo:

AVb: Acidez Volátil do Biodigestor

AVi: Acidez Volátil do Inóculo

Vi: Volume do Inóculo

AVr: Acidez Volátil do Resíduo

Vr: Volume do Resíduo

VTb: Volume Total do Biodigestor

$$AVb = \frac{590 \times 300 + 1560 \times 1200}{1500}$$

$$AVb = 1366 \frac{\text{mg}}{\text{L}} \text{HAC}$$

A relação obtida de AV/AT que estiveram presentes no início da biodigestão foi de 0,38.

3. Determinação de DQO

DQO é a medida de oxigênio equivalente do conteúdo de matéria orgânica de uma amostra que é passível de oxidação por um forte oxidante químico, normalmente utilizando dicromato.

Foram preparadas soluções a partir do resíduo e do inóculo, em que utilizaram-se 2 mL de matéria prima em um balão volumétrico de 250 mL, e preenchendo o restante do balão com água destilada. Posteriormente foram preparadas cubetas para análise em espectrofotômetro de absorção UV-Vis, obtendo as seguintes absorções para cada composto:

Tabela 3 – Determinação espectrofotométrica de absorção UV-Vis para inóculo e resíduo

Inóculo	Resíduo
0,075 λ	0,117 λ
0,060 λ	0,122 λ
0,100 λ	0,131 λ

Obtendo as médias de 0,078 para Inóculo e 0,123 para o Resíduo, que foram dispostos na Equação 14 para obter a concentração em cada composto:

$$[] = 4537,6 \times \text{absorção} - 65,59 \quad \text{Equação 14.}$$

Posteriormente foram calculados os Resultados da Curva Analítica, de acordo com a Equação 15:

$$\text{Curva A.} = \frac{[]}{2} \times 250 \quad \text{Equação 15.}$$

E a partir do resultado da curva analítica pode-se calcular a DQO, utilizando a Equação 16:

$$\text{DQO} = \frac{V_i \times \text{Curva A.i} + V_r \times \text{Curva A.r}}{V_{Tb}} \quad \text{Equação 16.}$$

Obtendo-se como resultados:

(a) Resíduo

$$[] = 4537,6 \times 0,123 - 65,59$$

$$[] = 492,5348 \text{ mg/L}$$

$$\text{Curva A.} = \frac{492,5348}{2} \times 250$$

$$\text{Curva A.} = 61566,85$$

(b) Inóculo

$$[] = 4537,6 \times 0,078 - 65,59$$

$$[] = 288,3428$$

$$\text{Curva A.} = \frac{288,3428}{2} \times 250$$

$$\text{Curva A.} = 36042,85$$

Obtendo-se o cálculo para DQO:

$$\text{DQO} = \frac{300 \times 36042,85 + 1200 \times 61566,85}{1500}$$

$$\text{DQO} = 56462,05 \text{ mg/L}$$

4. Sólidos

Os sólidos foram calculados de acordo com análises realizadas na estufa e na mufla, que determinaram a quantidade de material que restaria após a retirada da umidade, além do material restante da carbonização.

Os pesos dos cadinhos juntamente com as amostras estão nas Tabelas 4 e 5 abaixo:

Tabela 4 – Determinação de ST para o Resíduo (25 mL)

Peso cadinho (g)	87,742	90,0222	80,4731
Peso cadinho + - amostra (após estufa)		90,5297	80,9131
Peso cadinho + - amostra (após mufla)		90,1802	80,6186

Tabela 5 – Determinação de ST para o Inóculo

Peso cadinho (g)	88,5228	86,4350	91,0248
Peso cadinho + amostra (após estufa)	89,6721	88,2422	92,4922
Peso cadinho + amostra (após mufla)	88,7801	86,6940	91,2856

A partir das médias das mensurações obtidas, foram calculados os Sólidos Totais (ST), Sólidos Fixos (SF) e Sólidos Voláteis (SV).

Sólidos Totais é o conjunto de todas as substâncias orgânicas e inorgânicas contidas em um líquido podendo estar na forma molecular, ionizada ou granulada. Sendo calculada de acordo com a Equação 17:

$$ST = \frac{P2-P1}{V_{amostra}} \times 1000 \quad \text{Equação 17.}$$

Sendo:

P2: Peso cadinho + amostra (após estufa)

P1: Peso cadinho

(a) ST para o Resíduo

$$ST = \frac{90,1355 - 88,6608}{25} \times 1000$$

$$ST = 58,9853 \text{ mg/L}$$

(b) ST para o Inóculo

$$ST = \frac{85,7214 - 85,2476}{10} \times 1000$$

$$ST = 47,3750 \text{ mg/L}$$

Sólidos Fixos é a porção do resíduo total, filtrável ou não filtrável, que resta após a calcinação (carbonização). Calculando-se:

(c) SF para o Resíduo

$$SF = \frac{90,1355 - 88,9199}{25} \times 1000$$

$$SF = 48,6240 \text{ mg/L}$$

(d) SF para o Inóculo

$$SF = \frac{85,7214 - 85,3994}{10} \times 1000$$

$$SF = 32,2000 \text{ mg/L}$$

Sólidos Voláteis é a porção combustível da amostra que é perdida após o procedimento de calcinação. Calculando-se de acordo com a Equação 18:

$$SV = ST - SF \quad \text{Equação 18.}$$

(e) SV para o Resíduo

$$SV = 58,9853 - 48,6240$$

$$SV = 10,3613 \text{ mg/L}$$

(f) SV para o Inóculo

$$SV = 47,3750 - 32,2000$$

$$SV = 15,1750 \text{ mg/L}$$

5. Quantidade de ST, SV e SF que entrou no Biodigestor.

De acordo com os dados de Sólidos Totais, Voláteis e Fixos pode-se determinar a quantidade desses materiais que entraram no biodigestor e que sofreram alterações no decorrer da biodigestão anaeróbia.

Totalizando então a quantidade de Sólidos Fixos pela Equação 18 abaixo:

$$SF = \frac{Vi \times SFi + Vr \times SFr}{VTb} \quad \text{Equação 18.}$$

Sendo:

Vi: Volume de inóculo

SFi: Sólidos Fixos do inóculo

Vr: Volume do resíduo

SFr: Sólidos Fixos do resíduo

VTb: Volume Total do Biodigestor

$$SF = \frac{300 \times 32,2000 + 1200 \times 48,6240}{1500}$$

$$SF = 45,3392 \text{ mg/L}$$

Assim como a quantidade Total de ST, calculado abaixo na Equação 19:

$$ST = \frac{Vi \times STi + Vr \times STr}{VTb} \quad \text{Equação 19.}$$

Sendo:

Vi: Volume de inóculo

STi: Sólidos Totais do inóculo

Vr: Volume do resíduo

STr: Sólidos Totais do resíduo

VTb: Volume Total do Biodigestor

$$ST = \frac{300 \times 47,3750 + 1200 \times 58,9853}{1500}$$

$$ST = 56,6600 \text{ mg/L}$$

E a quantidade Total de Sólidos Voláteis presente no início da biodigestão, foi dada pela Equação 20:

$$SV = \frac{Vi \times SVi + Vr \times SVr}{VTb} \quad \text{Equação 20.}$$

Sendo:

Vi: Volume de inóculo

SVi: Sólidos Voláteis do inóculo

Vr: Volume do resíduo

SVr: Sólidos Voláteis do resíduo

VTb: Volume Total do Biodigestor

$$SV = \frac{300 \times 15,175 + 1200 \times 10,3613}{1500}$$

$$SV = 11,3200 \text{ mg/L}$$

Conclusões

O experimento foi realizado com sucesso, pois a caracterização das águas residuárias obtiveram bons resultados, o que foi significativo com o que a biodigestão tinha como objetivo.

Os resultados obtidos foram de acordo com o que foi introduzido no biodigestor, sendo necessário novas caracterizações a partir de amostras retiradas do biodigestor, o que não estiveram incluídas neste relatório.

Referências

BECK, A. M. O biogás de suínos como alternativa energética sustentável. In: XXVII ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO. Foz de Iguaçu, PR, Brasil, 2007.

GASPAR, R. M. B. L. **Utilização de Biodigestores em Pequenas e Médias Propriedades Rurais com Ênfase na Agregação De Valor: Um Estudo De Caso Na Região De Toledo-PR.** 2003. Dissertação (Mestrado em Agronomia), UFSC, Santa Catarina.

ROYA, B. Biogás – Uma energia limpa. **Revista Eletrônica Novo Enfoque**, Rio de Janeiro, v. 13, n. 13, p. 142 – 149, 2011.

MOURA, J. P. **Estudo do Dimensionamento da Produção de Biogás a partir de resíduos residenciais, industriais e de matrizes suínas a Partir de Uma Revisão da Literatura.** Disponível em: <http://www.revistaea.org/artigo.php?idartigo=1155&class=02>. Acesso em: 04/08/2013.

TEIXEIRA, E. N. **Adaptação de Estruturas Existentes (Esterqueiras) Em Biodigestores.** 1985. Dissertação (Mestrado em Agronomia). UNICAMP, Campinas.

TOLEDO, A. R. C, MIRANDA, R. M. B., SANTOS, M. B., FARIAS, E. C., CEZAR, V. R. S. Avaliação do funcionamento de biodigestores anaeróbios de fases separadas e leito fixo

abastecidos com substrato proveniente da mistura de manipueira e H₂O. In: 1º SIMAGRA – Simpósio Alagoano de Gestão Ambiental, 2010, Arapiraca. **Anais:** p 51-61.