

UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ

CURSO SUPERIOR DE TECNOLOGIA EM GESTÃO AMBIENTAL

HUGO GARZA
POLIANA SKRZYPCZAK
VIVIANE DOMINGOS

**ESTUDOS PRELIMINARES DA PRODUÇÃO DE BIOGÁS A PARTIR DA
DIGESTÃO ANAERÓBIA DE RESÍDUOS DO RESTAURANTE UNIVERSITÁRIO
DO CÂMPUS MEDIANEIRA.**

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

MEDIANEIRA
2014

HUGO GARZA
POLIANA SKRZYPCZAK
VIVIANE DOMINGOS

**ESTUDOS PRELIMINARES DA PRODUÇÃO DE BIOGÁS A PARTIR DA
DIGESTÃO ANAERÓBIA DE RESÍDUOS DO RESTAURANTE UNIVERSITÁRIO
DO CÂMPUS MEDIANEIRA.**

Trabalho de conclusão de curso apresentado como requisito para a obtenção do Grau de Tecnólogo no Curso Superior de Tecnologia em Gestão Ambiental da Universidade Tecnológica Federal do Paraná.

Orientador: Prof. Dr. Laercio Mantovani Frare
Coorientadora: Prof^a. Dra. Angela Laufer

MEDIANEIRA
2014



Ministério da Educação
Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Diretoria de Graduação e Educação Profissional
Coordenação do Curso Superior de Tecnologia em
Gestão Ambiental



TERMO DE APROVAÇÃO

ESTUDOS PRELIMINARES DA PRODUÇÃO DE BIOGÁS A PARTIR DA DIGESTÃO ANAERÓBIA DE RESÍDUOS DO RESTAURANTE UNIVERSITÁRIO DO CÂMPUS MEDIANEIRA.

Por

HUGO GARZA; POLIANA SKRZYPCZAK; VIVIANE DOMINGOS

Este Trabalho de Conclusão de Curso (TCC) foi apresentado às 21:00h do dia 26 de Novembro de 2014 como requisito parcial para a obtenção do título de Tecnólogo no Curso Superior de Tecnologia em Gestão Ambiental, da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Câmpus Medianeira. Os candidatos foram arguidos pela Banca Examinadora composta pelos professores abaixo assinados. Após deliberação, a Banca Examinadora considerou o trabalho Aprovado.

Prof. Dr Laercio Mantovani Frare
UTFPR – Câmpus Medianeira (Orientador)

Prof^a. Dr^a Angela Laufer
UTFPR – Câmpus Medianeira
(Coorientadora)

Prof. Dr Eduardo Eyng
UTFPR – Câmpus Medianeira
(Banca examinadora)

M.Sc Leandro Fleck
(Banca examinadora)

AGRADECIMENTOS

Primeiramente à Deus, aos professores pelo conhecimento repassado, a universidade pela estrutura oferecida e a todos que de alguma forma nos auxiliaram nessa trajetória.

“Se quiser triunfar na vida, faça da perseverança a sua melhor amiga; da experiência, o seu conselheiro; da prudência, o seu irmão mais velho; e da esperança, o seu anjo da guarda”.

Joseph Addison

RESUMO

GARZA, Hugo; SKRZYPCZAK, Poliana; DOMINGOS, Viviane. Estudos preliminares da produção de biogás a partir da digestão anaeróbia de resíduos do restaurante universitário do Câmpus Medianeira. 2014. 38 f. Trabalho de Conclusão de Curso - Tecnologia em Gestão Ambiental, Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Medianeira, 2014.

A busca por energias renováveis está cada vez mais ascendente e o grande consumo de energia elétrica foi o fator que impulsionou essa busca. Existem inúmeros casos de sucesso com o aproveitamento da matéria orgânica para produção de biogás. O tratamento anaeróbio de resíduos de restaurantes pode ser uma alternativa para a produção de biogás. Neste trabalho, foi utilizado o resíduo de um restaurante com dejetos bovinos em condições anaeróbicas. Foi construído um sistema de biorreatores, em escala laboratorial, para o tratamento do resíduo orgânico alimentar com o inóculo bovino. O experimento foi conduzido em batelada com o acompanhamento diário para que fosse possível detectar toda e qualquer alteração e evolução do experimento. Os resultados obtidos não foram positivos, pois não houve produção de biogás. Após realizadas todas as análises de sólidos totais voláteis, notou-se que houve degradação de matéria orgânica pelas bactérias. Entretanto não foi detectado metano no biogás nas análises por cromatografia gasosa. Concluiu-se que o inóculo bovino não se mostrou eficaz na digestão anaeróbia do resíduo do RU.

Palavras chave: Biogás, Resíduos Orgânicos, Energia Renovável, Inóculo Bovino, Digestão Anaeróbia.

ABSTRACT

GARZA, Hugo; SKRZYPCZAK, Poliana; DOMINGOS, Viviane. Preliminary studies about the production of biogas through anaerobic digestion of food waste from the University Restaurant of Medianeira Campus. 2014. 38 f. Trabalho de Conclusão de Curso - Tecnologia em Gestão Ambiental, Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Medianeira, 2014.

The quest for renewable energy is growing up and large electricity consumption was the factor that pushed this search. There are numerous success cases with the use of organic matter to produce biogas. The anaerobic treatment of residues from restaurants can be an alternative for the production of biogas. In this work it was used the residue of a restaurant with bovine manure in anaerobic conditions. Bioreactor system was built on a laboratory scale for organic waste treatment with bovine inoculum. The experiment was conducted in batch with daily monitoring to detect any change and evolution of the experiment. The results were not positive because there was no production of biogas. After volatile total solids analyzes it was noted that there was degradation of organic matter by bacteria. It was not detected methane in the biogas analysis by gas chromatography. It was concluded that bovine inoculum was not effective in anaerobic digestion of restaurant waste.

Keywords: Biogas, Organic Waste, Renewable Energy, Bovine Inoculum, Anaerobic Digestion.

SUMÁRIO

RESUMO	5
LISTA DE FIGURAS	9
LISTA DE TABELAS	10
1. INTRODUÇÃO	11
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	12
2.1 ENERGIAS RENOVÁVEIS	12
2.2 RESÍDUO SÓLIDO ORGÂNICO.....	12
2.3 PROBLEMAS AMBIENTAIS	13
2.4 DIGESTÃO ANAERÓBIA	14
2.5 BIOGÁS	16
2.6 FUNCIONAMENTO DE UM BIODIGESTOR	17
2.7 INÓCULO	17
3 MATERIAIS E MÉTODOS	19
3.1 LOCAL DA PESQUISA	19
3.2 RESTAURANTE UNIVERSITÁRIO	19
3.4 SISTEMA DO BIORREATOR	21
3.5 MONTAGEM DO SISTEMA.....	22
3.6 TESTES DO BIORREATOR	23
3.7 PREPARO DO MEIO DE REAÇÃO	26
3.8 RESÍDUO ORGÂNICO DO RU.....	26
3.9 INÓCULO	26
3.10 SOLUÇÃO BARREIRA.....	27
4 ANÁLISE DE SÓLIDOS TOTAIS, FIXOS E VOLÁTEIS DO RESÍDUO	28
4.1 SÓLIDOS TOTAIS	28
4.2 EXECUÇÃO DA ANÁLISE.....	28
4.3 SÓLIDOS FIXOS E VOLÁTEIS.....	28
4.4 ANÁLISE DE PH.....	29
4.5 ANÁLISE DE CROMATOGRAFIA	29
5 RESULTADOS E DISCUSSÕES	30
5.1 PH DO INOCULO E DO RESIDUO	30
5.2 MONITORAMENTO DO EXPERIMENTO	31
5.3 CARACTERÍSTICAS DO MEIO DE REAÇÃO	32
5.4 CROMATOGRAFIA	34

6. CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	36
REFERÊNCIAS.....	37

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1 - DIGESTÃO ANAERÓBIA.....	16
FIGURA 2 – SISTEMA DO BIORREATOR MONTADO PARA TESTES.....	21
FIGURA 3 – ESQUEMA DO SISTEMA MONTADO	22
FIGURA 4 – SISTEMA DO BIORREATOR MONTADO PARA TESTES.....	23

LISTA DE TABELAS

TABELA 1 - PESAGEM DOS RESÍDUOS ALIMENTARES	20
TABELA 2 - VARIAÇÃO DO VOLUME DAS PROVETAS APÓS A INSERÇÃO DOS INFUSORES	24
TABELA 3 - PH DO MEIO DE REAÇÃO DOS REATORES APÓS O EXPERIMENTO.....	30
TABELA 4 - MONITORAMENTO DO EXPERIMENTO.....	31

1 INTRODUÇÃO

Para o Desenvolvimento Sustentável tanto em países desenvolvidos quanto em desenvolvimento é necessária a busca e incentivo de tecnologias que utilizem a reciclagem e a reutilização na destinação dos resíduos orgânicos gerados, de modo a não causar impactos ambientais negativos.

A geração total de RSU no Brasil em 2013 foi de 76.387.200 toneladas, o que representa um aumento de 4,1%, índice que é superior à taxa de crescimento populacional no país no período, que foi de 3,7%. (ABRELPE, 2013)

O índice de 58,3 % correspondente à destinação final adequada no ano de 2013 permanece significativo, porém a quantidade de RSU destinada inadequadamente cresceu em relação ao ano anterior, totalizando 28,8 milhões de toneladas que seguiram para lixões ou aterros controlados, que do ponto de vista ambiental pouco se diferenciam dos lixões, pois não possuem o conjunto de sistemas necessários para a proteção do meio ambiente e da saúde pública. (ABRELPE, 2013)

A produção de Biogás, cujo nome é dado a qualquer gás que foi produzido pela degradação biológica da matéria orgânica na ausência de oxigênio, como uma alternativa viável no tratamento de resíduos. Normalmente consiste em uma mistura gasosa composta, principalmente, de gás metano (CH_4) e gás carbônico (CO_2), com pequenas quantidades de sulfeto de hidrogênio (H_2S) e umidade, pode representar uma alternativa social e ambiental para o desenvolvimento sustentável.

O processo que gera biogás é a biodigestão anaeróbica realizada em um ambiente controlado chamado biodigestor. Neste ambiente, existe uma ausência absoluta de oxigênio, em que uma colônia mista de microrganismos degrada a matéria orgânica para a sua estabilização. Neste processo bioquímico, ocorre a produção de biofertilizantes e biogás (BLEY JR, 2014).

O objetivo deste estudo consistiu em analisar os aspectos técnicos, e ambientais do processo e apresentar uma metodologia para produção de biogás por meio de ensaios laboratoriais, do Restaurante Universitário da UTFPR – Câmpus Medianeira, verificando a contribuição desse sistema para o desenvolvimento sustentável.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 ENERGIAS RENOVÁVEIS

Com a percepção de que o atual modelo de desenvolvimento é baseado na utilização de combustíveis fósseis como principal fonte de energia, sabe-se que essa fonte não é renovável e já apresenta sinais de escassez em várias partes do mundo. Além disso, sabe-se que esse tipo de energia é extremamente prejudicial para o meio ambiente, devido à grande quantidade de gases tóxicos emitidos e seus inúmeros impactos ambientais negativos (BERMANN, 2007).

Vespa (2005) sugere que a digestão anaeróbia e a compostagem como processos de degradação de resíduos orgânicos, podem ser fontes de energia renováveis e inesgotáveis. Uma vez que a geração de resíduos sólidos tende a crescer juntamente com o avanço do desenvolvimento tecnológico e com o crescimento da população.

No Brasil, o consumo crescente e o impacto ambiental e social causados pelas fontes de energias tradicionais levaram o governo e a sociedade a pensarem em novas alternativas para geração de energia elétrica. Diante desse cenário, as fontes alternativas de energia como eólica, solar e biomassa, são consideradas de forma positiva. Além de causarem impactos substancialmente menores, ainda evitam a emissão de toneladas de gás carbônico na atmosfera (BERMANN, 2007).

2.2 RESÍDUO SÓLIDO ORGÂNICO

O resíduo orgânico é aquilo que tem origem animal ou vegetal, ou seja, que recentemente fez parte de um ser vivo. Em uma linguagem mais técnica e moderna referem-se aos resíduos sólidos, sendo seu componente biológico a matéria orgânica, mas da mesma forma oriundos dos seres vivos, animais e vegetais. Esse tipo de resíduo é considerado poluente. Caso não haja nenhum cuidado com o armazenamento desse resíduo cria-se um

ambiente propício ao desenvolvimento de microrganismos que podem ser agentes causadores de doenças (ENEGEP, 2007).

Conforme a Pesquisa Nacional de Saneamento realizado pelo IBGE 2008 observa-se que, em 67% dos municípios de até 50 mil habitantes, ainda há disposição final inadequada do lixo.

Os Resíduos sólidos orgânicos constituem-se em fonte geradora de impactos ambientais consideráveis, tais como: geração de gases e de maus odores; geração de resíduos percolados (chorume) e atração de agentes vetores. Eles iniciam sua decomposição imediatamente após serem dispostos no ambiente, os fenômenos naturais de decomposição ocorrem por ação de microrganismos (ENEGEP, 2007).

Quanto às características físicas os resíduos sólidos orgânicos são classificados como molhados. Normalmente tem composição constituída por restos de comida, cascas e bagaços de frutas e verduras, ovos, legumes, dentre outros (ENEGEP, 2007).

2.3 PROBLEMAS AMBIENTAIS

A Lei nº 12.305/10, que institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS) é bastante atual e contém instrumentos importantes para permitir o avanço necessário ao País no enfrentamento dos principais problemas ambientais, sociais e econômicos decorrentes do manejo inadequado dos resíduos sólidos. Prevê a prevenção e a redução na geração de resíduos, tendo como proposta a prática de hábitos de consumo sustentável e um conjunto de instrumentos para propiciar o aumento da reciclagem e da reutilização dos resíduos sólidos (aquilo que tem valor econômico e pode ser reciclado ou reaproveitado) e a destinação ambientalmente adequada dos rejeitos (aquilo que não pode ser reciclado ou reutilizado) (BRASIL, 2010).

Portanto, um dos caminhos para a solução dos problemas relacionados com os resíduos sólidos orgânicos (RSO) é a gestão e o gerenciamento destes, que consiste em ações relacionadas ao controle da geração, armazenamento, coleta, transporte, processamento e disposição de resíduos sólidos de maneira que esteja de acordo com os melhores princípios de saúde pública, economia, engenharia, conservação dos recursos naturais, estética e outras considerações ambientais e que, também, possa representar as atitudes e mudanças de hábitos das comunidades (BRAGA; DIAS, 2008).

A geração de resíduos sólidos é proporcional ao aumento da população e desproporcional ao aumento da disponibilidade de soluções para o gerenciamento de detritos, resultando em sérias defasagens na prestação de serviços, tais como a diminuição gradativa da qualidade do atendimento de coleta de resíduos a redução do percentual da malha urbana atendida pelo serviço de coleta e seu abandono em locais inadequados (BARCELOS, 2009).

2.4 DIGESTÃO ANAERÓBIA

Para Luna et al. (2009) a digestão anaeróbia tem sido utilizada como alternativa para a remoção de altas concentrações de matéria orgânica presente em muitos tipos de resíduos. Portanto esse resíduo apresenta um potencial muito grande para a produção de energia, tanto na forma direta, quanto na sua conversão em energia elétrica, sendo assim uma fonte de energia renovável.

A digestão anaeróbia de compostos orgânicos é, normalmente, dada em dois estágios: no primeiro estágio atuam bactérias anaeróbias e facultativas, denominadas formadoras de ácidos. Segundo Fuentes et al. (2008), compostos orgânicos complexos do tipo carboidratos, lipídios e proteínas são convertidos em outros compostos mais simples, principalmente, ácidos voláteis. No segundo estágio atuam bactérias estritamente anaeróbias, as quais convertem os ácidos orgânicos em produtos finais gasosos como metano e gás carbônico.

A digestão anaeróbia pode ser dividida em um processo de quatro fases, que são: hidrólise, acidogênese, acetogênese e metanogênese.

- **HIDRÓLISE**

A hidrólise consiste na conversão do material orgânico particulado complexo (proteínas, carboidratos e lipídios) em compostos mais simples (aminoácidos, pequenos sacarídeos, ácidos graxos e álcoois). Essa conversão é feita por meio da ação de enzimas excretadas pelas bactérias. (BARCELOS, 2009)

- **ACIDOGÊNESE**

Nesta fase, os produtos gerados na hidrólise são absorvidos por bactérias acidogênicas fermentativas e excretados como substâncias orgânicas simples como ácidos graxos voláteis (AGV). No processo de acidogênese a maioria das bactérias são anaeróbias obrigatórias, existindo também espécies facultativas, onde metabolizam o material orgânico pela via oxidativa (BENGTSSON et al., 2008).

- **ACETOGÊNESE**

As bactérias acetogênicas atacam os ácidos graxos voláteis e outros compostos orgânicos formados durante a fase acidogênica, produzindo o ácido acético e o hidrogênio gasoso, essas bactérias sobrevivem em relação de simbiose com as bactérias metanogênicas, ou seja, uma relação em que ambas se beneficiam (BENGTSSON, 2008).

- **METANOGÊNESE**

Na quarta e última fase, o metano é produzido por um grupo de procariontes, as metanobactérias, convertendo o acetato, hidrogênio e dióxido de carbono principalmente em metano e dióxido de carbono (LEITE et al., 2009).

As bactérias metanogênicas acetoclásticas respondem por cerca de 70% da produção de metano, restando às autotróficas os outros 30%. Apesar de serem um grupo bastante diversificado, as bactérias metanogênicas se caracterizam pela capacidade de reduzirem o gás carbônico a metano e sintetizarem o carbono celular a partir deste mesmo gás carbônico. (ANDREOLI et al., 2001).

Na Figura 1 ilustram-se as fases da digestão anaeróbia pelas bactérias e o produto resultante ao final de cada etapa.

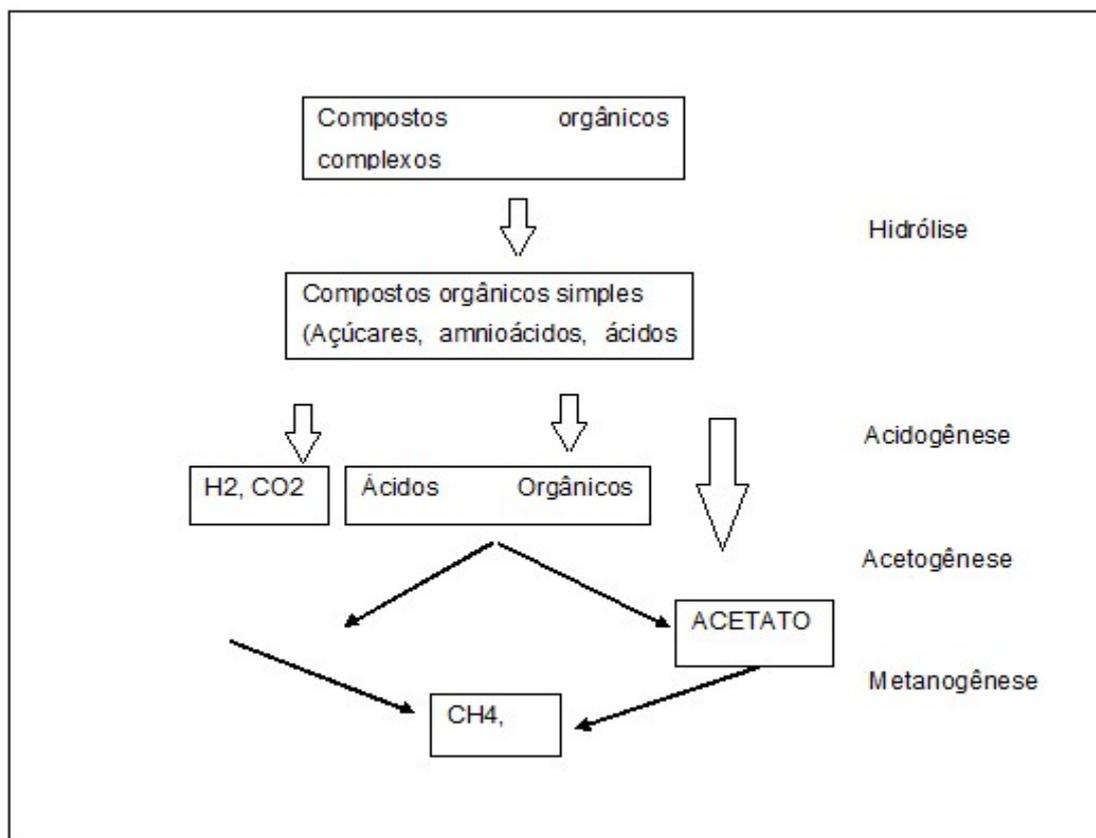


Figura 1 - digestão anaeróbia

Fonte: Adaptado de Andreoli et al., 2001.

2.5 BIOGÁS

No biogás, a proporção de cada gás na mistura depende de vários parâmetros, como o tipo de digestor e o substrato a digerir. De qualquer forma, esta mistura é essencialmente constituída por metano e o seu poder calorífico diretamente relacionado com a quantidade deste gás existente na mistura gasosa.

Os processos de fermentação anaeróbia que produzem metano foram desde sempre, utilizados pelo Homem para o tratamento dos esgotos, nos sistemas conhecidos por "fossas sépticas". Estas serviam tanto para tratar os esgotos domésticos de pequenas comunidades, quanto os resíduos da indústria agroalimentar ou agropecuária. Com o passar dos tempos estes sistemas simplificados de tratamento evoluíram nos países desenvolvidos, quando começaram a ser utilizados os chamados "digestores", para efetuar a estabilização das lamas resultantes da sedimentação primária e do tratamento biológico aeróbio dos esgotos.

Neste momento, existem duas situações possíveis para o aproveitamento do biogás: o primeiro caso consiste na queima direta (aquecedores, fogões, caldeiras, etc); o segundo diz respeito à conversão de biogás em eletricidade. Isto significa que o biogás permite a produção de energia elétrica e térmica. Assim, os sistemas que produzem o biogás, podem tornar a exploração pecuária auto suficiente em termos energéticos, assim como contribuir para a resolução de problemas de poluição de efluentes. Os efluentes obtidos são normalmente tratados em sistemas de lagoas, sendo depois utilizados em rega de terrenos agrícolas ou lançados em cursos de água. No restante das instalações, onde este tratamento não existe, o efluente é, em regra, utilizado diretamente na agricultura.

Atualmente existem vários estudos sobre produção de energia a partir de biogás, dos quais a grande maioria sobre o aproveitamento de lixo doméstico para geração de energia (MOURA, 2012).

2.6 FUNCIONAMENTO DE UM BIODIGESTOR

Segundo Santos (2000), um biodigestor é um tanque fechado onde os microrganismos entram em contato com o resíduo em condições anaeróbias, os mesmos se alimentam da matéria orgânica e dos nutrientes que estão presentes nos resíduos.

Barrera (1993) menciona que “o biodigestor, como toda grande ideia, é genial por sua simplicidade. Trata-se basicamente, de uma câmara fechada onde a biomassa é fermentada anaerobicamente e o biogás resultante é canalizado para ser empregado nos mais diversos fins”.

É possível classificar os biodigestores em batelada e contínuo. No de batelada a matéria orgânica é introduzida toda de uma vez, em seguida a câmara é fechada para que a digestão anaeróbia comece. A produção do biogás atinge um pico e depois os valores diminuem sendo necessário descarregar o biodigestor e colocar uma nova carga. No contínuo a alimentação é feita quase que diariamente, resultando numa eficiência maior além de dispensar limpezas frequentes (ANTUNES, 1981).

2.7 INÓCULO

O processo de digestão anaeróbia dos resíduos sólidos orgânicos pode ser otimizado e acelerado a partir da utilização de métodos que contribuam para a obtenção de uma partida rápida e equilibrada, como o uso de inóculos apropriados. Com a intenção de otimizar a digestão anaeróbia dentro de um reator contendo resíduos sólidos a serem degradados, pode-se utilizar uma solução com um inóculo, que propicia a adição de bactérias que farão digestão da matéria orgânica do resíduo em questão e propicia o equilíbrio da relação Carbono/Nitrogênio, além de incorporar a estrutura física da solução e regular o teor de umidade da solução (BARCELOS, 2009).

O inóculo comumente utilizados são os de origem animal, pois estes são ricos em microrganismos anaeróbios.

A adição de esterco aos resíduos sólidos orgânicos modifica as características do processo. O esterco possui alta quantidade de microrganismos, alta umidade e pH próximo da neutralidade, portanto as características do esterco são complementares às dos resíduos sólidos, que possuem pH baixo e pouco teor de umidade. (BARCELOS, 2009)

3 MATERIAIS E MÉTODOS

3.1 LOCAL DA PESQUISA

O trabalho foi realizado nos laboratórios da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, no Câmpus Medianeira. O resíduo orgânico foi coletado no Restaurante Universitário e o inóculo utilizado foi coletado em uma pequena propriedade localizada na zona rural do município de Medianeira, Paraná.

3.2 RESTAURANTE UNIVERSITÁRIO

O restaurante universitário é destinado a oferecer três refeições diárias (café da manhã, almoço e jantar) com público alvo de aproximadamente 2.800 estudantes de graduação, pós-graduação e demais usuários.

É uma unidade onde se tem a geração de grande quantidade de resíduos orgânicos, provenientes tanto na preparação dos alimentos, como do resto das bandejas dos usuários.

Calcula-se que sejam fornecidas diariamente, cerca de 800 refeições no horário do almoço e 300 refeições no jantar. Durante o semestre letivo são fornecidas em média 25.200 refeições por mês.

Neste local há 15 funcionários, que trabalham em áreas distintas, tais como: administrativa, cozinha e serviços gerais (caixa). O RU funciona nos dias úteis de segunda à sexta-feira, das 6:30 às 21:00, e aos sábados das 11:30 a 13:30.

As refeições diárias são divididas entre alimentos complementares ao prato principal do cardápio (arroz, feijão, tomate, etc.) que os usuários podem se servir a vontade e outros que são limitados a uma porção por pessoa, como o caso da mistura principal do dia (carne ou frango, etc.) e da sobremesa.

As medidas apresentaram variação de acordo com o período do dia como demonstrado na Tabela 1. Como a quantidade de refeições servidas durante o período do almoço é consideravelmente maior que no jantar, o desperdício de alimento por bandeja foi estimado pela *média* foi diagnosticado como sendo 55,40 g por dia.

Tabela 1 - Pesagem dos resíduos alimentares

DATA	PESO
25/08	73,08 kg
26/08	75,52 Kg
27/08	63,91 Kg
28/08	57, 04 Kg
29/08	58,08 Kg
30/08	42,3 Kg
01/09	56,56 Kg
02/09	64,45 Kg
03/09	53,09 Kg
04/09	37,12 Kg
05/09	70,34 Kg
06/09	29,91 Kg
08/09	45,82 Kg
09/09	63,21 Kg
10/09	39,91 Kg
TOTAL	831,06 Kg
MÉDIA POR DIA	55,40 ± 13,78Kg

O desperdício de alimento gerado pelo Restaurante Universitário durante 15 dias de pesagem, referentes à distribuição média de 1082 refeições/dia, foi de 55,40 kg/dia.

3.3 COLETA DOS RESÍDUOS DO R.U

Os resíduos foram coletados manualmente direto das lixeiras. O critério utilizado foi coletar amostras de todos os ingredientes disponíveis no cardápio do dia, a fim de ter uma amostra real do que se desperdiça em cada refeição. Junto com o resíduo orgânico, havia também resíduos inertes, como guardanapos e pedaços de plásticos. Devido esse fator, posteriormente, antes de triturado, o resíduo foi minuciosamente separado desses materiais inertes.

3.4 SISTEMA DO BIORREATOR

O biorreator foi montado com os seguintes materiais:

- 1 cuba de vidro transparente
- 9 provetas graduadas de vidro de 100 ml
- 3 frascos de plástico escuro de 500 ml
- 6 frascos de plástico translúcidos de 500 ml
- 9 infusores de soro com dosador
- Mangueiras de silicone
- 1 banho-maria

O sistema foi montado conforme ilustrado na Figura 2.



Figura 2 – Sistema do Biorreator montado para testes.

A mistura Resíduo Orgânico Inóculo (ROI) ficou confinada dentro dos frascos escuros, que pôde-se chamar de reatores nesse experimento, pois nestes reatores ocorreu a digestão da matéria orgânica pelas bactérias contidas no inóculo. Os reatores foram

confinados em um banho-maria a uma temperatura constante de 36° C, considerada ideal para o desenvolvimento das bactérias anaeróbias.

Uma vez iniciada a digestão da matéria orgânica, todo o gás produzido no reator foi direcionado para dentro das provetas, por meio das mangueiras de silicone, o que ocasionou no deslocamento do volume da solução barreira dentro da proveta possibilitando analisar e registrar a quantidade de gás gerado dentro do reator.

3.5 MONTAGEM DO SISTEMA

O sistema foi montado de maneira que o gás gerado dentro dos reatores pudesse se transferir para dentro das provetas, para que fosse possível realizar a medição tanto da quantidade de biogás produzida como da concentração dos gases. O gás gerado dentro das provetas, passaria pela mangueira até chegar dentro da proveta, assim, conforme o gás entrasse nas provetas, o gás deslocaria a solução barreira para baixo, possibilitando a leitura do deslocamento em mililitros. Na Figura 3 pode-se observar a disposição dos reatores, mangueiras e provetas.

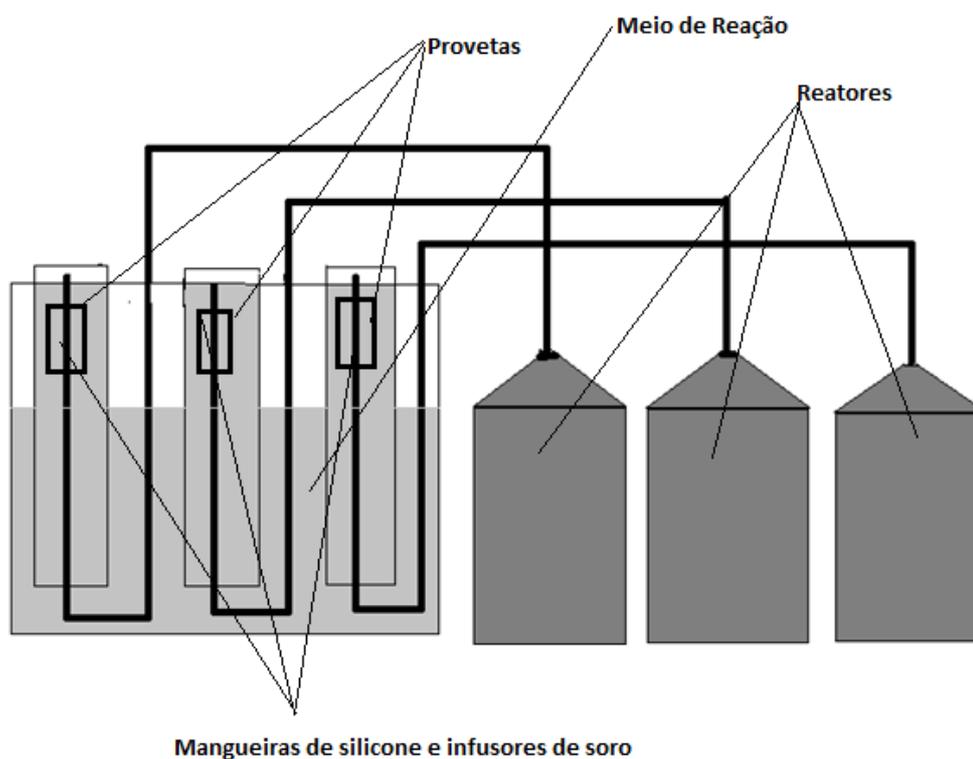


Figura 3 – Esquema do sistema montado

Primeiramente, as mangueiras e os infusores foram identificados de acordo com suas respectivas provetas.

Após essa etapa as mangueiras foram conectadas aos reatores e estes posicionados dentro do banho-maria, para que todas as mangueiras pudessem ficar devidamente organizadas. Em seguida começou o processo de preenchimento das provetas e a colocação do conjunto de mangueiras e infusores. Foram colocados três de cada vez, ou seja, para evitar que a cuba transbordasse e alguma das provetas quebrasse. Elas foram mergulhadas no aquário para que as mangueiras e os infusores fossem inseridos dentro da proveta até a sua extremidade, feito isso elas foram erguidas e colocadas no suporte, uma de cada vez.

Ao final do processo, todas as provetas foram minuciosamente observadas, para confirmar se todas as mangueiras e infusores estavam em seus respectivos lugares e também foi observado se não havia quantidades consideráveis de ar dentro das provetas, pois se houvesse ar, a montagem teria que ser refeita. Na Figura 4 pode-se observar as provetas com as mangueiras de silicone.



Figura 4 – Sistema do Biorreator montado para testes

O sistema foi montado quinze dias antes do início do experimento para que pudessem ser efetuados alguns testes.

3.6 TESTES DO BIORREATOR

O primeiro teste foi feito para averiguar qual o volume ocupado pela cápsula de ar da ponta do infusor. Primeiramente, todas as provetas e os infusores foram numerados de 1 a 9,

sendo um infusor exclusivo para cada proveta. Foram escolhidas as cinco primeiras provetas e seus respectivos infusores para o teste.

Colocou-se 70 mL de água em cada uma das cinco provetas escolhidas, em seguida mergulhou-se os infusores dentro das provetas para que fosse observado o deslocamento de água até o ponto em que a ponta da cápsula de ar do infusor tocasse o fundo da proveta. Ao tocar o fundo, mediu-se o volume da proveta. Subtraiu-se o volume final pelo volume inicial da proveta, obteve-se o volume que o infusor com a cápsula de ar ocupava dentro da proveta. Na Tabela 2 pode-se observar os resultados obtidos nas cinco provetas.

Tabela 2 - Variação do volume das provetas após a inserção dos infusores

Proveta	Volume inicial (mL)	Volume (mL)	final Variação do volume (mL)
P1	70	84	14
P2	70	83	13
P3	70	83	13
P4	70	84	14
P5	70	83	13

A média dos valores encontrados relativos à variação do volume das provetas foi de 13,4 mL. Portanto o infusor dentro da proveta ocupava o equivalente a 13,4 mL, isso significa que, quando o reator produziu biogás, esse valor foi descontado do valor registrado na variação do volume.

O segundo teste teve como objetivo avaliar se os reatores estavam bem vedados, ou seja, se não havia nenhum vazamento de ar dentro dos reatores, das mangueiras e dos infusores. O teste foi dividido em duas etapas.

Na primeira etapa, o sistema foi montado com os reatores vazios, ou seja, não haveria material para se decompor ou água para evaporar e influenciar nas provetas. As provetas foram totalmente preenchidas com água e posicionadas dentro do aquário de forma que no interior das provetas não houvesse nenhuma ou praticamente nenhuma bolha de ar. Em alguns casos uma pequena e insignificante quantidade de ar escapou das capsulas de ar dos infusores, nada que pudesse caracterizar um erro ou problema na vedação do sistema.

Feito isso com todas as provetas, o sistema foi deixado em repouso durante sete dias, tempo suficiente para o sistema ficar exposto às atividades cotidianas do laboratório, como vento vindo do lado de fora do laboratório, trânsito de pessoas próximo à bancada, entre outras intempéries.

Passados os sete dias as provetas foram analisadas para saber se houve algum deslocamento de ar de dentro dos reatores para dentro das provetas.

A princípio o sistema não tinha nenhum sinal de que algum terceiro usuário do laboratório tenha interferido. Primeiramente foram checados os infusores e suas válvulas. Notou-se que nas provetas P1 e P3 as válvulas dos infusores não estavam completamente fechadas, o que poderia causar algum vazamento de ar para dentro das provetas. Na proveta P5 a tampa do frasco estava rachada, o que poderia ter permitido a entrada de ar, já que a tampa não estava completamente rosqueada. E na proveta P7 nenhum problema foi detectado. Foram tomadas algumas medidas reparadoras para que os problemas detectados fossem resolvidos: foi reforçado o fechamento das válvulas das provetas P1 e P3, foi trocada a tampa do frasco equivalente à proveta P5 e quanto a proveta P7 decidiu-se melhorar a vedação das roscas de todas as demais provetas, afim de reforçar esse parâmetro.

Após serem tomadas todas essas medidas reparadoras, o sistema foi montado novamente para que fossem observados seus resultados.

Passado um período de sete dias, o sistema foi checado e observou-se que todas as provetas estavam com a vedação apropriada. Havia apenas pequenas bolhas de ar no topo das provetas, o que não poderia resultar erro ou qualquer alteração no resultado final do experimento.

Um terceiro e último teste foi realizado a fim de avaliar a vedação do sistema. Dessa vez sem envolver as provetas, foram utilizados apenas os frascos, as mangueiras de silicone e os infusores. Esses materiais, todos conectados, foram mergulhados em uma bacia com água, ficando apenas a ponta da mangueira de silicone e a ponta do infusor, este com a válvula de fluxo aberta. Em seguida, cada mangueira foi assoprada para que possíveis furos ou vazamentos nos frascos ou nas mangueiras fossem revelados.

Não foram detectados vazamentos em nenhum dos reatores e suas respectivas mangueiras e infusores, portanto pôde-se afirmar que o biogás produzido dentro dos reatores não escaparia, o que poderia alterar os resultados obtidos ao final do experimento.

3.7 PREPARO DO MEIO DE REAÇÃO

O meio de reação é a mistura do resíduo orgânico mais o inóculo colocados dentro de cada reator.

3.8 RESÍDUO ORGÂNICO DO RU

O resíduo orgânico do RU foi coletado pelos integrantes do grupo após o almoço. A amostra foi coletada manualmente com o auxílio de luvas de borracha e um béquer de plástico. Procurou-se coletar uma amostra que representasse aquilo que geralmente é deixado nos pratos após a refeição. Foram coletadas amostras de tudo que havia no cardápio naquele dia.

Foram coletados aproximadamente dois quilogramas de resíduo. Imediatamente após a coleta, ele foi diluído em água destilada e triturado. O resíduo foi acondicionado em um béquer de um litro, tampado dentro de um refrigerador com temperatura em torno de 5°C.

3.9 INÓCULO

O inóculo de esterco bovino foi coletado em um sítio na zona rural do município de Medianeira. A propriedade cuja criação de bovinos destina-se para a produção de leite. A alimentação dos animais é composta de gramíneas no período em que os animais estão no pasto e uma ração feita com grãos de soja, milho, sorgo, farinha de osso, e uma mistura de vitaminas e minerais.

Fez-se a coleta do inóculo, que nesse caso é esterco bovino, em uma pequena propriedade situada nos arredores do município de Medianeira. Diluiu-se esse inóculo com água destilada. Essa mistura ficou acondicionada em um refrigerador, no laboratório I-33, à uma temperatura média de 5°C.

3.10 SOLUÇÃO BARREIRA

Utilizou-se uma solução de ácido cítrico, cloreto de sódio (sal de cozinha) e água destilada, para a composição da solução barreira, que se encontra dentro da cuba de vidro. Essa solução impede que os gases gerados nos reatores solubilizem com esse meio, fazendo com que todos os gases desejados no experimento fiquem retidos nas provetas.

A solução também é útil para medir a quantidade de gás produzido por meio da variação do volume da solução dentro das provetas.

A solução foi feita com as seguintes proporções: Para cada 5g de ácido cítrico e 200g de cloreto de sódio (NaCl), diluir em 200g de água destilada.

4 ANÁLISE DE SÓLIDOS TOTAIS, FIXOS E VOLÁTEIS DO RESÍDUO

4.1 SÓLIDOS TOTAIS

Os Materiais utilizados na análise foram os seguintes:

- Cápsula de porcelana de capacidade para 100 mL;
- Mufla para operação em temperatura de $550 \pm 50^{\circ}\text{C}$;
- Cilindro graduado (proveta) de 100 mL;
- Estufa para operação em temperatura de 103 a 105°C ;
- Banho-Maria;
- Dessecador;
- Balança analítica de precisão (200 g de capacidade e 0,1mg de precisão);

4.2 EXECUÇÃO DA ANÁLISE

Realizou-se a lavagem de três cápsulas com posterior aquecimento na mufla em uma temperatura de $550 \pm 50^{\circ}\text{C}$ durante 1 hora. Após esse período, desligou-se a mufla para que o aparelho atingisse uma temperatura mais amena e retirou-se as cápsulas, em seguida esfriou-se as cápsulas no dessecador e pesou-se em uma balança analítica. Agitou-se o frasco contendo a amostra para homogeneização, em cada cápsula colocou-se 30 g de resíduo triturado e preparado, após levou-se as cápsulas ao banho-maria para que a amostra em análise pudesse evaporar até a secura. Em seguida colocou-se as cápsulas com o resíduo na estufa à uma temperatura de $103\text{-}105^{\circ}\text{C}$ durante 1 hora, resfriou-se para balancear a temperatura em um dessecador e pesou-se.

4.3 SÓLIDOS FIXOS E VOLÁTEIS

Transferiu-se o resíduo seco depois de sair da estufa à 103°C para a mufla à uma temperatura de $500 \pm 50^{\circ}\text{C}$ durante 1 hora. Resfriou-se em um dessecador para balancear a temperatura e pesou-se.

4.4 ANÁLISE DE pH

Realizou-se a análise de pH do resíduo orgânico e do inóculo. Para isso utilizou-se um peagâmetro previamente calibrado com o auxílio das soluções tampão pH 4 e tampão pH 7.

4.5 ANÁLISE DE CROMATOGRAFIA

A Cromatografia Gasosa inclui teste de pureza de uma substância em particular, ou separação de diversos componentes de uma mistura, as quantidades relativas de um determinado componente também podem ser determinadas.

A amostra é transportada por uma corrente de gás através de uma coluna empacotada com um sólido recoberta com uma película de um líquido. Devido a sua simplicidade, sensibilidade e efetividade para separar os componentes de misturas, a cromatografia de gás é uma das ferramentas mais importantes em química. É amplamente usada para análises quantitativos e qualitativos de espécies químicas e para a determinar constantes termoquímicas tais como calores de solução e vaporização, pressão de vapor e coeficientes de atividade. A cromatografia de gás é também usada para monitorar os processos industriais..

5 RESULTADOS E DISCUSSÕES

O experimento foi acompanhado diariamente pelos integrantes do grupo durante quarenta dias. Devido a problemas com os procedimentos laboratoriais nas análises de sólidos totais, fixos e voláteis, o cronograma pré-estabelecido teve que ser alterado devido a esse atraso. Inicialmente previa-se um tempo de sessenta dias de observação do sistema.

5.1 pH DO INÓCULO E DO RESÍDUO

Mediu-se o pH do inóculo e o mesmo apresentou-se dentro do esperado com o valor de 6,87.

Já o resíduo estava ácido com o pH de 5,77, portanto o mesmo teve que ser corrigido com Hidróxido de sódio 0,1 M, obtendo então o valor de 6,89 ficando assim dentro do esperado.

Ao final do experimento, foi medido o pH do meio de reação de todos os reatores, e o resultado obtido foi semelhante em todos os reatores. Quanto ao inóculo utilizado, o esterco bovino não se mostrou eficiente para a digestão anaeróbia de resíduos alimentares, como também foi constatado no experimento de Barcelos (2009), dos meios de reação testados com diferentes inóculos (esterco bovino, suíno e rúmen bovino), o esterco bovino foi o que apresentou menos taxa de degradação, levando a crer que o inóculo inibiu a digestão anaeróbia (Tabela 3).

Tabela 3 - pH do meio de reação dos reatores após o experimento.

pH após o término do experimento			
Reator	pH	Reator	pH
P1	6,93	P6	7,37
P2	6,89	P7	7,11
P3	6,96	P8	6,94
P4	7,66	P9	6,80
P5	7,10		

5.2 MONITORAMENTO DO EXPERIMENTO

Organizou-se uma escala de revezamento entre os integrantes do grupo, na qual cada um seria responsável por monitorar o experimento em dois respectivos dias da semana, sendo que no domingo não houve monitoramento, pois não há expediente na universidade aos domingos.

O monitoramento diário do experimento fez-se necessário devido à fragilidade do sistema. Outro motivo foi a necessidade de reposição da água destilada no banho-maria, para manter todo o meio de reação em contato com a água aquecida, aumentando assim a velocidade da digestão da matéria orgânica.

Realizou-se também o monitoramento do deslocamento do gás dentro de cada proveta, onde os resultados são apresentados na Tabela 4.

Tabela 4 - Monitoramento do experimento

(continua)

Dia	Provetas (mL)								
	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P9
03/out	0	0	0	0	0	0	0	0	0
04/out	0*	0	0	0	0	0	0	0	0
06/out	10	0	0	0	0	0	0	0	0
07/out	15	0	0	0	5	0	0	0	0
08/out	20	0	0	0	10	0	0	0	0
09/out	29	0	0	0	18	0	0	0	0
10/out	30	0*	0	0	18	0	0	0	0
11/out	30	0	0*	0	18	0	0	0	0
13/out	30	0	45	0	20	0	0	0	0
14/out	30	0	45	0	28	0	0	0	0
15/out	30	0	45	0	30	0	0	0	0
16/out	30	0	45	0	35	0	0*	0	0
17/out	30	0	45	0	45	0	0	0	0
18/out	30	0	45	0	45	0*	0	0*	0
20/out	27	0	45	0	45	1	0	0	0
21/out	26	0	70	0	45	1	0	0	0*
22/out	30	0	70	0	45	1	0	0	0
24/out	30	13	79	0	45	1	0	0	0
25/out	30	17	81	0	45	1	0	0	0
27/out	30	17	81	0	45	1	0	0	0

Tabela 4 - Monitoramento do experimento (conclusão)

Dia	Provetas (mL)								
	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P9
28/out	39	25	85	0	45	1	0	0	0
29/out	45	30	85	0	45	1	0	0	0
30/out	80	42	90	0	50	1	0	0	0
31/out	98	58	100	0	55	1	0	0	0
01/nov	98	58	100	0	55	1	0	0	0
02/nov	99	60	100	0	57	1	0	0	0
03/nov	100	62	100	0	60	1	0	0	0
04/nov	100	63	100	0	60	1	0	0	0

Na Tabela 4 observa-se o deslocamento de ar dentro das provetas, os números em negrito representam o primeiro dia em que foram notadas bolhas dentro das provetas, um sinal de que provavelmente havia produção de gás nos reatores. Sabendo que os três primeiros reatores P1, P2 e P3 eram as testemunhas eles foram os primeiros a apresentarem bolhas, o restante dos reatores, cujo meio de reação era o inóculo mais o resíduo orgânico, apresentaram bolhas posteriormente. Observados os valores da P1 e P5, houve suspeitas de vazamento no sistema, pois logo no segundo dia do experimento já haviam bolhas e deslocamentos significativos de ar. Nas demais provetas, os resultados não foram positivos, uma vez que esperava-se que o resíduo com o inóculo apresentassem melhores resultados, nenhum dos reatores gerou gás suficiente para deslocar uma quantidade significativa de ar dentro das provetas, na P4 não houve sequer formação de bolhas e apenas na P6 houve uma quantidade significativa de gás em comparação com as demais provetas, com um deslocamento de 1,0 mL, mesmo assim uma quantidade insatisfatória.

Ao final do experimento, ficou claro que apenas os reatores testemunhas produziram algum tipo de gás, atingindo praticamente a totalidade da capacidade das provetas. Após esse período o gás foi coletado para análise por cromatografia.

5.3 CARACTERÍSTICAS DO MEIO DE REAÇÃO

Os procedimentos para a análise de Sólidos Totais (ST), Sólidos Fixos (SF) e Sólidos Voláteis (SV), foram baseados na metodologia APHA (1992).

Foram analisadas amostras em triplicata do inóculo bovino e do resíduo do RU. Para o inóculo diluiu-se 500g de esterco em 500 mL de água destilada e então coletadas amostras

homogêneas de 30g. Para a mesma análise do resíduo do RU, foram coletados 200g de resíduo e triturado com 100 mL de água destilada, dessa amostragem foram colhidas três amostras de 30g. De cada um dos Biorreatores foram analisadas amostras homogêneas de 100mL. Nos Quadros 1 e 2 são apresentadas as médias dos ST, STF e STV.

Cápsulas	ST (mg.L ⁻¹)	STF (mg.L ⁻¹)	STV (mg.L ⁻¹)
1	83,034	3,332	79,702
2	72,563	7,659	64,904
3	78,765	6,463	72,302
Média	78,1206 ± 5,2651	5,8184 ± 2,2139	72,3026 ± 7,3990

Quadro 1 - Inóculo Bovino Resultado da análise dos sólidos totais, fixos e voláteis do Resíduo Orgânico

Cápsulas	ST (mg.L ⁻¹)	STF (mg.L ⁻¹)	STV (mg.L ⁻¹)
1	49,592	21,226	28,366
2	53,182	27,277	25,905
3	53,198	24,272	28,926
Média	51,9906 ± 2,0773	24,2583 ± 3,0255	27,7323 ± 1,6071

Quadro 2 - Resíduo orgânico

No Quadro 3 estão apresentados os resultados das análises dos sólidos totais, fixos e voláteis dos Biorreatores.

READORES	ST (mg.L ⁻¹)	STF (mg.L ⁻¹)	STV (mg.L ⁻¹)
REATOR 1	9866	2050	6916
REATOR 2	15267	1635	13632
REATOR 3	9079	2136	6943
REATOR 4	2889	980	1909
REATOR 5	4466	2467	1999
REATOR 6	3756	1183	2573
REATOR 7	4593	1668	2925
REATOR 8	4023	1823	2200
REATOR 9	30287	1329	28958

Quadro 3 – Resultados de ST, STF e STV dos Biorreatores

Os resultados apresentados nas tabelas acima demonstram que houve diminuição na quantidade dos ST, STF, STV no final do experimento, representando que a matéria foi degradada.

Quanto ao inóculo utilizado, o esterco bovino não se mostrou eficiente para a digestão anaeróbia de resíduos alimentares, como também foi constatado no experimento de Barcelos (2009, p 50), dos meios de reação testados com diferentes inóculos (esterco bovino, suíno e rúmen bovino), o esterco bovino foi o que apresentou menos taxa de degradação, levando a crer que o inóculo inibiu a digestão anaeróbia.

5.4 CROMATOGRAFIA

Coletou-se 5 mL do gás gerado nos biorreatores com o auxílio de uma seringa, e injetou-se no cromatógrafo. Essa análise foi realizada com o auxílio do técnico de laboratório responsável.

Os resultados abaixo mostram o gráfico padrão (Gráfico 1) e o gráfico da amostra (Gráfico 2).

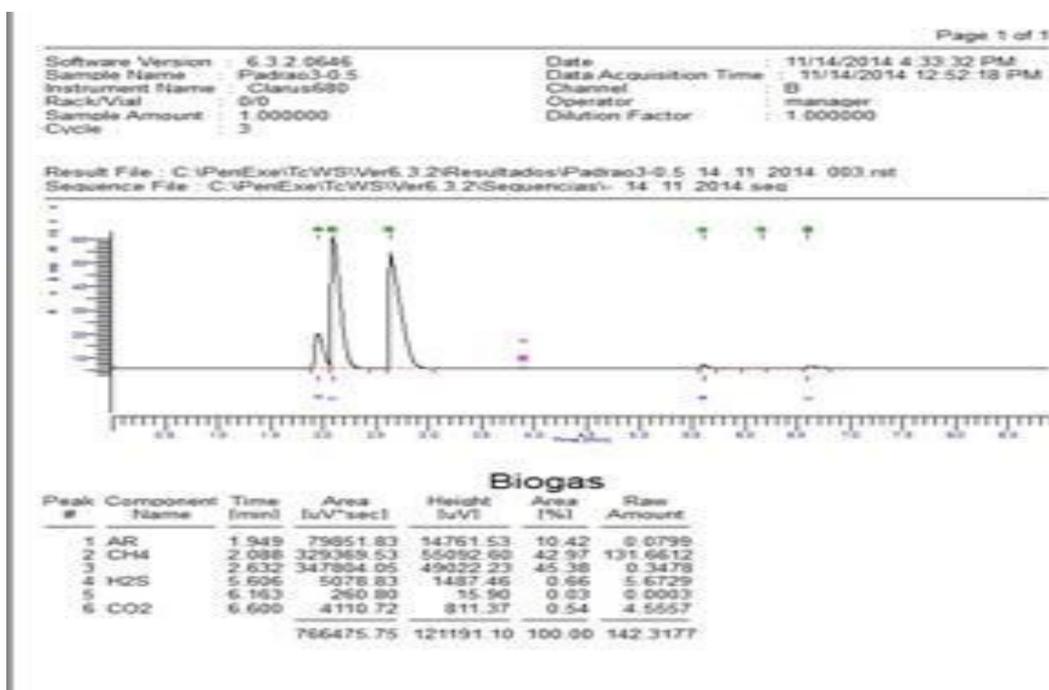


Gráfico 1 – Gráfico Padrão

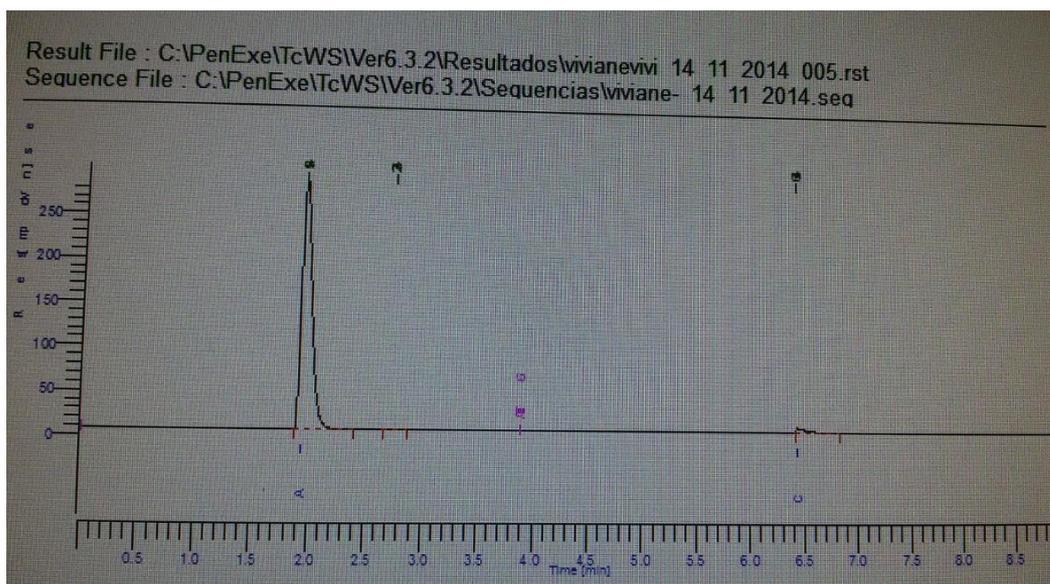


Gráfico 2 – Gráfico da amostra

Comparando-se o Gráfico 1 com o 2 observou-se a ausência de biogás.

6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Com o experimento em questão não obteve-se a produção do biogás desejada, comprovando-se que para a digestão anaeróbia dos resíduos orgânicos do Restaurante Universitário, o inóculo bovino como meio de reação não se mostrou eficiente.

Mesmo com todos os testes de vedação realizados, a possibilidade de vazamentos no sistema não pode ser descartada.

Devido à falta de aclimatação do inóculo com o resíduo, o esterco bovino não mostrou-se eficiente para a digestão anaeróbia de resíduos orgânicos. Isso pode ter feito com que o resíduo inibisse a ação das bactérias do inóculo, tornando-o ineficiente.

Portanto, recomenda-se que para esse tipo de experimento, é preferível usar outro tipo de inóculo, e que haja a aclimatação do mesmo antes de misturado com o meio de reação, para que as bactérias possam se adaptar ao resíduo que estarão em contato e que se possa determinar se o resíduo não apresenta nenhuma substância nociva à adaptação dessas bactérias ao meio de reação.

REFERÊNCIAS

- ABRELPE. **Panorama dos resíduos sólidos no Brasil - 2013**. Disponível em: <<http://www.abrelpe.org.br/Panorama/panorama2013.pdf>> Acesso em 20 Ago. 2014.
- ANDREOLI, Cleverson V.; VON SPERLING, Marcos; FERNANDES, Fernando T. **Lodo de esgotos: Tratamento e disposição final**. Belo Horizonte, 2001.
- ANTUNES, A. J. **Apontamentos sobre biogás**. Belo Horizonte: EMATER, 1981. 58p.
- BARCELOS, Beatriz Rodrigues de. **Avaliação de diferentes inóculos na digestão anaeróbia da fração orgânica de resíduos sólidos domésticos**. 2009. 89 f. Dissertação. Universidade de Brasília, 2009.
- BARRERA, Paulo. **Biodigestores: energia, fertilidade e saneamento para a zona rural**. São Paulo: Ícone, 1993.
- BENGTSSON, S. et al. Acidogenic fermentation of industrial wastewaters: Effects of chemostat retention time and pH on volatile fatty acids production. **Biochemical Engineering Journal**, 40:492, 2008.
- BERMANN, C. Impasses e controvérsias da hidreletricidade. **Estudos Avançados, São Paulo**, v. 21, n. 59, p. 139-153, jan./abr. 2007.
- BLEY JR, Cícero. **Biogás – A energia invisível**. São Paulo: Cibiogás, 2014.
- BRAGA, Maria Cristina Borba; Dias, Natália Costa. **Gestão de Resíduos Sólidos Urbanos**. Disponível em: <http://www.administradores.com.br/_resources/files/_modules/academics/academics_1079_201002281825303644.pdf>. Acesso em 20 Ago. 2014.
- BRASIL. Lei 12.305, de 02 de Agosto de 2010. **Diário Oficial da República Federativa do Brasil**. 2010.
- FUENTES, M., SCENNA, N., AGUIRRE, P. A. MUSSATI, M. C. Application of Two Anaerobic Digestion Models to Biofilm Systems. **Biochemical Engineering Journal**. 38:259- 269. 2008.
- LEITE, Valderi D. et al. Tratamento de resíduos sólidos de centrais de abastecimento e feiras livres em reator anaeróbio de batelada. **Revista brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.7, n.2, p.318-322, 2003
- LUNA, Maria L. D., et al. Tratamento anaeróbio de resíduos orgânicos com baixa concentração de sólidos. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v.9, n.1, p. 113-121. 2009. Acesso 4 de set de 2014.
- MOURA, J.P. de **Estudos das rotas tecnológicas para produção de biogás e da influência da composição química de dejetos de matrizes suínas na qualidade do biogás gerada por**

biodigestor. 2012. Disponível em:
<http://www.infobibos.com/Artigos/2012_1/rota/index.htm>. Acesso em: 6 Set. 2014.

SANTOS, P. **Guia Técnico de Biogás.** 1ª ed. Portugal: Je92 Projetos de Marketing Ltda., 2000.

VESPA, Izabel C. G. **Características minerais e energéticas do lixo urbano em processos de compostagem e biodigestão anaeróbia.** 2005. 57 f. Dissertação. UNESP.