

PROCESSO DE GERAÇÃO DE BIOGÁS A PARTIR DO REAPROVEITAMENTO DA GLICERINA FASE PESADA E LIXO ORGÂNICO DOMICILIAR

PROCESS OF BIOGAS GENERATION FROM THE REUSE OF HEAVY GLYCERIN PHASE AND HOUSEHOLD ORGANIC WASTE

Caroline Klinger¹; Marcelo Paulo Stracke²; Antônio Vanderlei dos Santos³

¹ Departamento de Engenharias e Ciências da Computação

Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões – URI – Santo Ângelo/RS – Brasil
ca_klinger@hotmail.com

² Departamento de Ciências Exatas e da Terra

Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões – URI – Santo Ângelo/RS – Brasil
marcelo_stracke@yahoo.com.br

³ Programa de Pós Graduação em Gestão Estratégica de Organizações

Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões – URI – Santo Ângelo/RS – Brasil
vandao@urisan.tcche.br

Resumo

Diante dos problemas ambientais enfrentados atualmente em relação ao destino de resíduos orgânicos e industriais, o presente projeto visa à produção de biogás a partir do reaproveitamento do lixo orgânico domiciliar e da glicerina fase pesada (subproduto originado a partir da produção de biodiesel). Até pouco tempo, o biogás era simplesmente conhecido como um subproduto obtido a partir da decomposição anaeróbia de lixo. No entanto, o acelerado desenvolvimento econômico dos últimos anos e a alta acentuada do preço dos combustíveis convencionais têm encorajado as investigações na produção de energia a partir de novas fontes renováveis e economicamente atrativas. Para tanto, utilizando-se um biodigestor anaeróbio, realizaram-se testes com diferentes quantidades de lixo orgânico e glicerina fase pesada com o intuito de avaliar a condição mais propícia para a produção de biogás. Além disso, tem-se por objetivo propor uma aplicação em escala maior que a até então executada em laboratório utilizando esterco oriundo da criação de suínos, uma vez que os resíduos de origem animal constituem elevada proporção da biomassa, e sua utilização em sistemas de reciclagem é de extrema importância sob aspectos econômicos e ambientais tornando-o uma excelente matéria prima na produção de biogás. Após a análise do biogás gerado, tanto a partir do lixo orgânico quanto do esterco de suínos, verificou-se que os processos utilizados foram satisfatórios.

Palavras-chave: biogás; lixo orgânico; glicerina fase pesada; esterco.

Abstract

In front of the environmental problems currently faced from the destination of organic and industrial waste, this project aims to produce biogas from the reuse of household organic waste and heavy glycerin phase (a by-product originated from the biodiesel production). Until recently, biogas was just known as a by-product obtained from the anaerobic decomposition of waste. However, the rapid economic development in recent years and the accentuated rise in the price of conventional fuels have encouraged the investigations at production of energy from new and renewable sources economically attractive. Therefore, using an anaerobic digester, tests were performed with different amounts of organic waste and heavy glycerin phase in order to evaluate the most favorable condition for the production of biogas. In addition, it has been aimed to propose an application on a larger scale than previously performed in the laboratory using manure coming from pig farming, since the animal waste represents high proportion of biomass, its use in recycling systems is extremely important in economic and environmental aspects making it an excellent raw material in the production of biogas. After analyzing the generated biogas, either from organic waste as the pig manure, it was found that the procedures applied were satisfactory.

Key-words: biogas; organic waste; heavy glycerin phase; manure.

1 Introdução

A pesquisa científica em universidades está passando por novos modelos e paradigmas que levam em conta o benefício social da pesquisa de caráter regional. Assim, a solução de problemas regionais através da pesquisa científica vem ao encontro do tripé que é a universidade, ou seja, pesquisa, ensino e extensão. Nessa busca por uma região mais produtiva e mais atenta a seus problemas ambientais, estamos pesquisando a utilização do lixo doméstico (que é um problema regional, mas com caráter global) na reciclagem e formação de novos produtos e processos como, por exemplo, a transformação de energia.

A política de inovação passa a ser um fator de grande valia a nível regional, pois pode reduzir o tempo de transformação de uma região de maneira incomum, passando a fixar as melhores mentes para que sejam os agentes transformadores dos valores locais. A ciência, a tecnologia e a inovação no atual estado da arte passam a ser o foco do crescimento regional em vários países, principalmente nos emergentes. A capacidade regional de criação científica e sua transformação em inovação tecnológica está associada a alguns agentes regionais como universidades, empresas e governo. Desta forma, devemos ter modelos gerenciais que se adaptem a cada região a fim de transformar a pesquisa em produtos e serviços, no caso desse artigo, inovar no reaproveitamento de materiais que são descartados no lixo de origem doméstica, industrial e agropecuária.

No novo contexto econômico e técnico-científico brasileiro, transformar os resultados da pesquisa científica e tecnológica em benefício social, econômico e ecológico como, por exemplo, na redução da degradação ambiental, requer um desenvolvimento pleno que permita a aproximação entre os agentes que fazem a gestão e aqueles que são usuários de conhecimento regional. Assim, o

presente artigo está ligado à interação da universidade com os problemas regionais, e à utilização de novos métodos e tecnologias no tratamento desses problemas.

Atualmente, a poluição e a crescente degradação do meio ambiente são problemas recorrentes enfrentados pelos seres humanos. Dentre os mais variados problemas ambientais, a questão do lixo doméstico tem alcançado amplas proporções. Segundo dados da Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais (ABRELPE) em 2012 mais de 3 mil cidades brasileiras enviaram quase 24 milhões de toneladas de resíduos para destinos considerados inadequados, ou seja, lixões a céu aberto, vazadouros em áreas alagadas, aterros controlados e locais não-fixos. O destino final do lixo em local inadequado, por sua vez, propicia a poluição visual, a presença de odores desagradáveis, a proliferação de insetos e doenças e a contaminação do solo e de lençóis freáticos devido a não impermeabilização do terreno, o que facilita a infiltração de chorume.

Outro problema é o destino dado à glicerina, um subproduto formado a partir da produção de biodiesel. O biodiesel, combustível biodegradável derivado de fontes renováveis tais como gorduras animais e óleos vegetais (fontes de ácidos graxos), tem apresentado um aumento significativo de produção já que desde 2004 é obrigatória a mistura de 4% de biodiesel ao diesel comum. Este biocombustível é produzido pela reação de transesterificação, onde triglicerídeos reagem com álcoois de cadeia curta (etanol ou metanol) na presença de um catalisador, tendo a glicerina fase pesada como subproduto (SCHWINGEL, 2014).

Tendo em vista que o processo de purificação da glicerina fase pesada é de alto custo, o que torna ele de difícil implantação, principalmente em cidades de pequeno porte, tem-se procurado novos processos, como a utilização desse subproduto na produção de biogás, uma vez que a glicerina bruta apresenta altas concentrações de carbono que facilitam o processo de biodigestão (VIANA, 2011).

Além da questão do lixo doméstico e proveniente da indústria, com a crescente demanda pela produção de alimentos, a agropecuária vem acentuando sua participação nos impactos provocados ao ambiente, o que torna cada vez mais necessário o desenvolvimento de sistemas de produção sustentáveis. Os resíduos de origem animal constituem elevada proporção da biomassa, e sua utilização em sistemas de reciclagem é de extrema importância sob aspectos econômicos e ambientais. A digestão anaeróbia é um dos vários processos existentes para o tratamento dos resíduos e constitui-se em método bastante atrativo, pois promove a geração do biogás, como fonte de energia alternativa, e do biofertilizante (AMORIM et al., 2004).

Para tanto, este trabalho tem por objetivo analisar a geração de biogás a partir do reaproveitamento da glicerina fase pesada e do lixo orgânico domiciliar através de um biodigestor anaeróbio e propor uma aplicação em escala maior que a executada em laboratório utilizando

esterco proveniente da criação de suínos. Além disso, tem-se o intuito de quantificar e qualificar o biogás produzido através de cromatografia gasosa.

2 Referencial teórico

2.1 Processo de Biodigestão

O processo de biodigestão é dividido em quatro partes distintas: hidrólise, acidogênese, acetogênese e metanogênese, conforme a Figura 1. Durante a hidrólise as bactérias liberam enzimas extracelulares que tem por função a quebra do material orgânico particular em compostos dissolvidos. Na acidogênese as bactérias transformam as moléculas de proteínas, gorduras e carboidratos em moléculas de ácidos orgânicos, etanol, amônia, hidrogênio, dióxido de carbono, dentre outros compostos. Já as bactérias acetogênicas, produtoras de hidrogênio são capazes de converter ácidos graxos em ácidos acéticos, CO_2 e H_2 que são os substratos para as bactérias metanogênicas. Por fim, na fase metanogênica, as bactérias atuam sobre o hidrogênio e o dióxido de carbono e os transforma em metano e gás carbônico (biogás) (FERREIRA et al., 2011).

Esta última fase é a parte mais demorada do processo, pois com o decorrer das reações químicas ocorre a formação de microbolhas de metano e dióxido de carbono em torno da bactéria metanogênica, isolando-a de um contato direto com a mistura. Por este motivo, a agitação do biodigestor é imprescindível para bons resultados.

Ainda em relação ao processo de fermentação e à produção de biogás, certos fatores podem influenciar na efetiva geração de biogás e na quantidade produzida, tais como (ALVES, 2000):

- Composição do resíduo: quanto maior a porcentagem de material orgânico no resíduo, maior o potencial de geração de metano. Além disso, o tamanho das partículas que compõem o resíduo devem ser pequenas.
- Ambiente anaeróbio: para que haja uma maior produção de metano, a matéria orgânica deve sofrer decomposição em ambiente sem oxigênio.
- Umidade: a umidade dentro do biodigestor, que deve estar entre 60 e 90%, é essencial à vida das bactérias responsáveis pela decomposição.
- Acidez e temperatura: as bactérias atingem maior produtividade a pHs entre 6.8 e 7.2 e temperaturas entre 32 e 60°C.

Figura 1: Fluxograma do processo de decomposição anaeróbia



Fonte: PECORA (2006)

O biogás caracteriza-se por ser uma mistura gasosa combustível composta em cerca de 60% por metano, 35% de dióxido de carbono e em 5% por uma mistura dos gases hidrogênio, nitrogênio, amônia, ácido sulfídrico, monóxido de carbono, aminas voláteis e oxigênio. A emissão de biogás para a atmosfera provoca impactos negativos ao meio ambiente já que contribui para o agravamento do efeito estufa por meio da emissão de metano para a atmosfera. O gás metano, por sua vez, tem um potencial cerca de 20 vezes maior que o dióxido de carbono com relação ao aquecimento global, sendo responsável por 20% do mesmo (PECORA et al., 2008).

Segundo Pecora (2006), até pouco tempo, o biogás era simplesmente conhecido como um subproduto obtido a partir da decomposição anaeróbia de lixo. No entanto, o acelerado desenvolvimento econômico dos últimos anos e a alta acentuada do preço dos combustíveis convencionais têm encorajado as investigações na produção de energia a partir de novas fontes renováveis e economicamente atrativas. Para tanto, atualmente constroem-se biodigestores, equipamentos utilizados para digestão de matérias orgânicas que se constituem de uma câmara fechada onde é colocado o material orgânico em solução aquosa, que possam contribuir para uma produção controlada de biogás.

2.2 Geração de biogás através dejetos de suínos

Segundo dados do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), no primeiro trimestre do ano de 2015 foram abatidas 9,170 milhões de cabeças de suínos, sendo que a região Sul

do país foi responsável por 66% do abate nacional neste período. Conforme Pereira (2011), a atividade suína é foco de demandas ambientais a nível global, quer seja pelo aspecto da saúde pública, pela contaminação de cursos d'água e lençóis freáticos e nas abordagens ambientais e sociais. Diante desse cenário, decorrem diversas iniciativas voltadas à minimização ou eliminação dos fatores negativos provindos da suinocultura, como a utilização da biomassa suína na geração de energia e combustíveis renováveis.

Até a década de 1970, os dejetos de suínos não representavam grande problema já que o número de animais era reduzido e os dejetos eram utilizados para a adubação do solo. Com o aumento da demanda de carne suína, tanto nos mercados interno e externo, a suinocultura intensiva teve um salto de produtividade e, como consequência, a geração de resíduos também apresentou grande crescimento. Como resultado do manejo inadequado dos dejetos de suínos, a poluição de mananciais de água e do solo tem se tornado frequente (NISHIMURA, 2009).

Segundo Amorim (2004), o acréscimo de resíduos de origem animal ao processo de biodigestão anaeróbia promove aumento na produção de biogás em relação ao uso de resíduos de origem vegetal. O potencial de produção de biogás a partir do estrume de ruminantes deve sofrer variações em função da qualidade nutricional dos alimentos fornecidos aos animais, esperando-se diferenças entre estrumes coletados a partir de animais que são criados somente no pasto em relação aos de animais que recebem suplementação alimentar, principalmente se for de alimento concentrado.

Conforme Pereira (2011), os biodigestores são equipamentos apropriados ao recebimento dos dejetos, restos de alimentação não digerida no trato digestivo do animal; restos de alimentação digerida, porém não assimilada; restos celulares de bactérias, escamações epiteliais e água de lavagem das baias. Dentre os principais benefícios de instalação de biodigestores em propriedades rurais de criação de suínos tem-se:

- Baixo custo de implantação;
- Baixos custos operacionais;
- Eficiência na remoção das diversas categorias de poluentes;
- Redução na produção de lodo;
- Não há consumo de energia elétrica;
- Baixa demanda de área;
- Produção de metano;
- Favorece a preservação das colônias de bactérias, dando sustentabilidade ao sistema;
- Possibilita a recuperação de subprodutos úteis como o biofertilizante.

Konrad et al. (2009), em seu experimento, utilizou um dispositivo cujo funcionamento consistia no descolamento de fluidos para a quantificação do biogás gerado. Quando adicionados ao

biodigestor (com capacidade de 1 L) 600 mL de substratos compostos unicamente de dejetos de suínos, houve uma produção média 1069 mL de biogás, durante 91 dias de experimento. Por outro lado, quando acrescentados 600 mL de substratos compostos por lodo oriundo de uma estação de tratamento de efluentes, a geração média de biogás foi de 44200 mL. Por fim, no experimento em que a concentração de substratos foi 50% de dejetos suínos e 50% de lodo, produziram-se 22.500 mL de biogás por 600 mL de substrato no período de experimento.

3 Metodologia

Quanto a sua natureza, a presente pesquisa é classificada em pesquisa aplicada, uma vez que esta caracteriza-se por seu interesse prático, isto é, que os resultados sejam aplicados ou utilizados imediatamente na solução de problemas que ocorrem na realidade. Já quanto aos seus objetivos, a pesquisa pode ser classificada como normativa, já que está primariamente interessada no desenvolvimento de estratégias e ações para aperfeiçoar os resultados disponíveis na literatura existente, para encontrar uma soluções para novas definições de problemas ou para comparar várias estratégias relativas a um problema específico.

Primeiramente, coletou-se o lixo orgânico domiciliar e a glicerina fase pesada utilizados nos testes reacionais subsequentes. Essas matérias primas, por sua vez, foram obtidas, respectivamente, junto ao Restaurante Universitário da URI em Santo Ângelo e à uma indústria de produção de biodiesel à partir de óleo de fritura localizada no município de Santa Rosa. Quanto à composição do lixo orgânico coletado nos testes realizados, observou-se basicamente a presença de feijão, arroz e massa. Os testes referentes à parte inicial do presente projeto foram realizados em laboratório nas dependências da URI Campus Santo Ângelo. Para tanto, o biodigestor utilizado nos testes reacionais está presente na Figura 2.

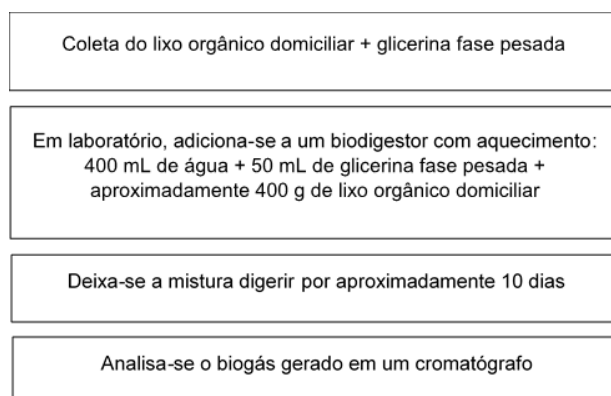
A Figura 3 apresenta uma generalização do processo de geração de biogás a partir do lixo orgânico domiciliar e glicerina fase pesada.

Figura 2: Biodigestor anaeróbio utilizado em laboratório



Fonte: Dados da pesquisa

Figura 3: Processo de produção de biogás



Fonte: Dados da pesquisa

4 Resultados e discussões

4.1 Geração de biogás a partir do lixo orgânico e glicerina fase pesada

Realizaram-se ao todo quinze testes reacionais onde se misturou água, glicerina fase pesada e o lixo orgânico coletado. Cada reação teve um tempo médio de dez dias para que ocorresse a biodigestão e a formação de biogás. A temperatura do biodigestor anaeróbio foi mantida em aproximadamente 40°C e a leitura da quantidade de biogás produzido fez-se a partir da escala presente no frasco reservatório de biogás do sistema. A Tabela 1 descreve as reações apresentando as quantidades de cada matéria-prima utilizada assim como o volume de biogás produzido em todos os testes realizados.

Tabela 1: Descrição dos dados reacionais

<i>Teste reacional</i>	<i>Água (ml)</i>	<i>Glicerina (ml)</i>	<i>Lixo (g)</i>	<i>Biogás produzido (ml)</i>
I	400	50	326,52	300
II	400	50	226,30	350
III	200	25	128,18	0
IV	400	40	350,61	550
V	300	30	118,27	0
VI	400	10	195,92	150
VII	400	50	235,94	250
VIII	100	45	76,56	50
IX	400	50	316,49	480
X	400	50	375,12	520
XI	400	50	320,56	450
XII	400	50	370,11	1650
XIII	400	50	434,78	1650
XIV	400	50	296,37	820
XV	400	50	375,93	1200

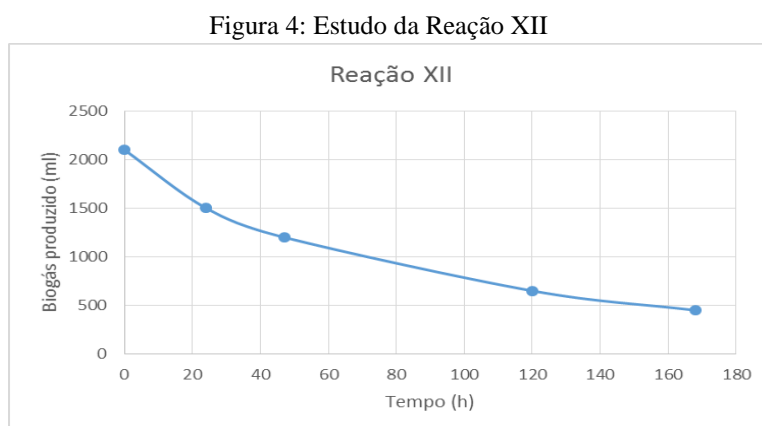
Fonte: Dados da pesquisa

A partir da Tabela 1, observou-se experimentalmente que as quantidades de lixo orgânico e de glicerina utilizados nos testes demonstraram uma influência significativa no biogás final produzido. Constatou-se que a quantidade de lixo ideal para uma boa geração de biogás deve ser superior a 300 g. Quanto à glicerina, notou-se que a quantidade ideal para uma boa produção de biogás deve estar na faixa de 40 mL à 50 mL, sendo que valores inferiores a 40 mL resultam em uma drástica diminuição na formação de biogás ou até mesmo na sua inibição. Para tanto, esses dois fatores, quantidade de lixo e de glicerina, explicam os resultados não satisfatórios nas reações III, V, VI e VIII.

Notou-se também que se a temperatura não for mantida em torno de 40°C a produção é baixa, fato que ocorreu no teste reacional VIII, quando desligou-se o banho-maria. Observou-se que nos testes em que foi utilizada glicerina fase pesada os valores de biogás produzido variaram abaixo e acima do padrão IV (onde se utilizou glicerina bidestilada), salientando a importância das demais substâncias no processo.

Cabe destacar que nos testes XII e XIII, em que foi feita a retirada do oxigênio com o auxílio de uma bomba de vácuo, tornando o processo mais próximo de ser efetivamente anaeróbio, observou-se que a mistura reacional (água, glicerina fase pesada e lixo orgânico), após o processo de biodigestão, não apresentava o odor pungente característico. Além disso, a consistência da mistura reacional após a biodigestão na presença de oxigênio era mais firme que a encontrada na biodigestão anaeróbia, a qual permanecia líquida até o fim do processo.

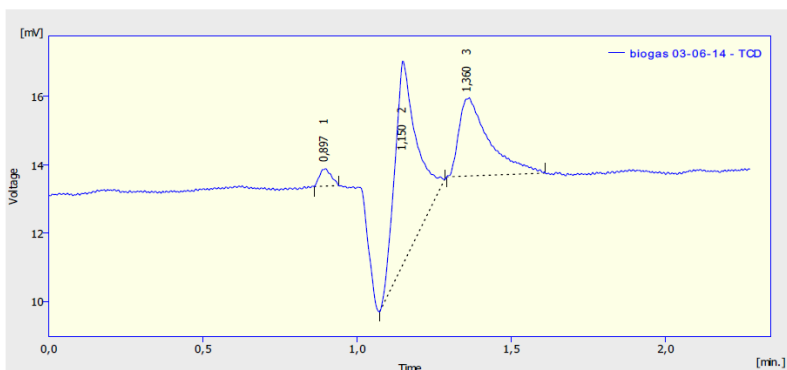
A Figura 4 abaixo mostra o monitoramento do teste reacional XII quanto a produção de biogás com o tempo. Observando-se o gráfico percebe-se que a reação apresentou maior produção de biogás em um tempo de aproximadamente 170 horas.



Fonte: Dados da Pesquisa

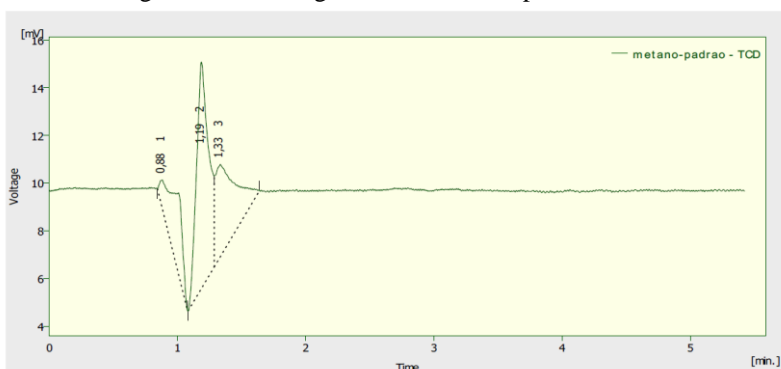
Buscou-se qualificar e quantificar o biogás produzido em laboratório. Para tanto, realizaram-se análises de cromatografia gasosa. A Figura 5 representa o cromatograma obtido na análise de um dos testes reacionais. Observa-se no cromatograma a existência de três picos. O pico com tempo de retenção de 0,897 min representa o gás carbônico (CO_2), o pico com tempo de retenção 1,150 min representa o vapor d'água e o pico com tempo de retenção de 1,360 min é característico do metano (CH_4), este último sendo compatível com o tempo de retenção apresentado na Figura 6, que traz o cromatograma do padrão de metano.

Figura 5: Cromatograma do biogás gerado em laboratório



Fonte: Dados da pesquisa

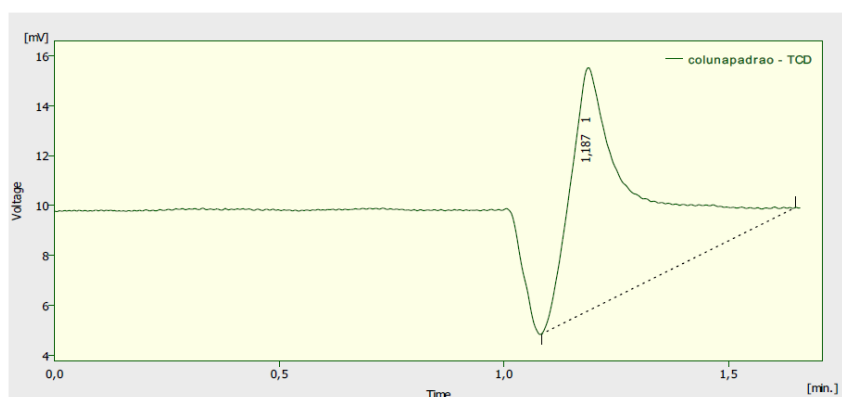
Figura 6: Cromatograma de 10 μ L do padrão de metano



Fonte: Dados da pesquisa

A Figura 7 apresenta o cromatograma da coluna padrão do equipamento e a Tabela 2 demonstra os valores da área de padrão CO_2 , vapor d'água e CH_4 , com erro associado de 10% na área dos picos dos cromatogramas.

Figura 7: Cromatograma da coluna padrão



Fonte: Dados da pesquisa

Tabela 2: Valores da área de padrão CO₂, vapor d'água e CH₄

<i>Componente</i>	<i>Gás Carbônico (CO₂)</i>	<i>Vapor d'água</i>	<i>Metano (CH₄)</i>
<i>Área dos picos da Figura 5</i>	0,24	6,00	3,75
<i>Subtração da área da Figura 7</i>		4,00	
<i>Área dos picos subtraindo-se a área do traço de água do cromatograma da Figura 7</i>	0,24	2,00	3,75

Fonte: Dados da pesquisa (Área em cm²)

A Tabela 3 traz a composição do componentes do biogás produzido (gás carbônico, vapor d'água e metano) determinada através de análise cromatográfica.

Tabela 3: Composição dos componentes do biogás produzido

<i>Componente</i>	<i>Gás Carbônico (CO₂)</i>	<i>Vapor d'água</i>	<i>Metano (CH₄)</i>
<i>Composição (%)</i>	4,17	33,33	62,5

Fonte: Dados da pesquisa

Comparando-se a composição do biogás gerado a partir da biodigestão de lixo orgânico domiciliar e glicerina fase pesada com os resultados apresentados por Konrad et al. em seus experimentos utilizando dejetos de suínos, verificou-se que houve uma geração de biogás baixa quando relacionado a utilização de substratos 100% lodo e 50% lodo + 50% dejetos de suínos. Porém, quando relacionado a utilização de substrato composto em 100% de dejetos de suínos, a geração de biogás foi satisfatória e, em alguns testes reacionais, até mesmo superior.

O biogás produzido experimentalmente, quanto a sua composição, apresenta 62,5% de metano, valor este dentro do esperado uma vez que, segundo Pecora et al., este valor é de aproximadamente 60%.

4.2 Processo inovador aplicado a uma escola técnica

A fim de transferir tecnologia para a sociedade realizou-se a inserção da universidade no seu contexto regional utilizando os resultados do experimento em laboratório para propor um processo inovador aplicado.

Após os testes realizados em laboratório com o protótipo do biodigestor apresentado acima, iniciou-se um processo de aplicação em uma escala maior a partir de uma parceria com a Escola Estadual Técnica Guaramano localizada no município de Guarani das Missões - RS. A escola já possui em suas instalações a estrutura para a geração de biogás e a produção de biofertilizantes a partir da criação de suínos. Nas Figuras 8, 9 e 10 estão ilustrados, respectivamente, o local de armazenamento do biogás e produção de biofertilizante, o modo de condução do biogás gerado e o local de queima do mesmo.

Após isso, qualificou-se o biogás produzido nas dependências da Escola Guaramano através de cromatografia gasosa. A Figura 11 apresenta a cromatograma do biogás oriundo da criação de suínos.

Analisando-se a Figura 11, observa-se que o pico com tempo de retenção de 1,163 min representa o vapor d'água e o segundo e menor pico representa o metano.

Comparando o biogás gerado através da biodigestão de lixo orgânico domiciliar e glicerina fase pesada (Figura 5) e o biogás gerado a partir da biodigestão dos dejetos de suínos (Figura 11), verificou-se que a concentração de biogás foi maior no processo de biodigestão de lixo e glicerina. Tal resultado não condiz com o esperado já que o acréscimo de dejetos de suínos ao processo de biodigestão anaeróbia promove aumento na produção de biogás. O resultado obtido pode ser explicado pelo indevido armazenamento e transporte do biogás, o que pode ter acarretado perdas significativas.

Figura 8: Armazenamento de biogás (ao fundo) e produção de biofertilizante (à frente)



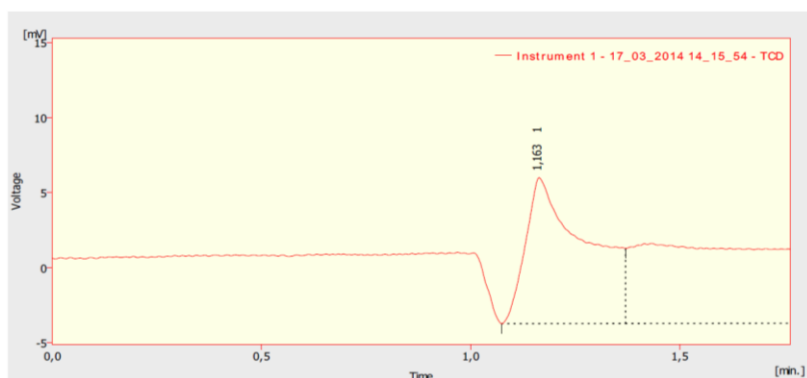
Figura 9: Modo de condução do biogás



Figura 10: Queima do biogás



Figura 11: Cromatograma do biogás produzido na Escola Guaramano (criação de suínos)



Fonte: Dados da pesquisa

5 Considerações finais

Por meio dos resultados obtidos com os testes reacionais realizados, observou-se que o biodigestor anaeróbio utilizado apresentou-se satisfatório em relação à biodigestão e à geração de biogás a partir do lixo orgânico domiciliar e glicerina fase pesada. Além disso, observaram-se diferenças significativas quando empregada a biodigestão anaeróbia. Quanto à qualificação do biogás produzido em laboratório, constatou-se que este era formado por 62,5% de metano, 33,33% de vapor d'água e 4,17% de gás carbônico. Já no que diz respeito à quantificação do biogás observou-se uma produção média de 561,33 mL, valor este abaixo do obtido na bibliografia. No que diz respeito ao biogás gerado a partir de dejetos de suínos, observou-se que os resultados foram abaixo do esperado devido ao fator do acondicionamento.

Sendo assim, a produção de biogás consiste em uma maneira de evitar o desperdício a partir da destinação correta de resíduos orgânicos e industriais, além de ser uma alternativa aos combustíveis fósseis.

6 Referências

ALVES, J. W. S. *Diagnóstico técnico institucional da recuperação e uso energético do biogás gerado pela digestão anaeróbia de resíduos*. São Paulo, 2000. Disponível em: <http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/86/86131/tde-09032012-090952/en.php>, Acesso em: 21 jan. 2015.

AMORIM, A. C.; JÚNIOR, J. L.; RESENDE, K. T. Biodigestão anaeróbia de dejetos de caprinos obtidos nas diferentes estações do ano. *Revista Engenharia Agrícola*. São Paulo. vol. 24, n. 1, 2004, p. 16 – 24. Disponível em: <http://www.scielo.br/pdf/eagri/v24n1/v24n01a03.pdf>, Acesso em: 22 jan. 2015.

Associação Brasileira das Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais (ABRELPE). *Lançamento do Panorama 2012*. Disponível em: <http://www.abrelpe.org.br/noticias_detalhe.cfm?NoticiasID=1420>, Acesso em: 21 jan. 2015.

FERREIRA, C. M.; LIMA, M. C. P. B. Biodigestor para o gás do lixo orgânico. *Revista e-xacta*. Belo Horizonte: Editora UniBH. vol. 4, 2011. p. 5 – 17. Disponível em: <<http://revistas.unibh.br/index.php/dcet/article/view/342>>, Acesso em: 11 dez. 2013.

HAN, S. K.; SHIN, H. S. Performance of an innovative two-stage process converting food waste to hydrogen and methane. *Journal of the Air & Waste Management Association*. Coréia do Sul. vol. 54, 2004. p. 242 – 249. Disponível em: < http://www.bvsde.paho.org/bvsacd/cd48/han.pdf?origin=publication_detail >. Acesso em: 16 jan. 2014.

HAULY, M. C. O.; OLIVEIRA, A. S.; POPPER, I. Digestão microbiana de matéria orgânica, produção de biogás e biofertilizante. *Revista Semina*. Paraná. vol. 4, 1983. p. 444 – 448. Disponível em: < <http://www.uel.br/revistas/uel/index.php/seminasoc/article/view/7399/0> >. Acesso em: 11 dez. 2013.

Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE). *Indicadores IBGE: estatística da produção pecuária*. Rio de Janeiro: IBGE, 2015. Disponível em: < http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/indicadores/agropecuaria/producaoagropecuaria/abate-leite-couro-ovos_201501_publica_completa.pdf >, Acesso em: 12 jan. 2016.

KONRAD, O.; BASTIANI, F.; SCHMITZ, M.; KÜNZEL, G. Quantificação da produção de biogás e determinação do percentual de metano a partir de dejetos suínos e lodo de Estação de Tratamento de Efluentes (ETE). *Revista Destaques Acadêmicos*. Lageado, n. 4, 2009, p. 59-65. Disponível em: < <http://www.univates.br/revistas/index.php/destaques/article/viewFile/493/350> >, Acesso em: 12 jan. 2016.

NISHIMURA, R. *Análise de balanço energético de sistema de produção de biogás em granja de suínos: implementação de aplicativo computacional*. Mato Grosso do Sul, 2009. Disponível em: < <http://repositorio.cbc.ufms.br:8080/jspui/bitstream/123456789/655/1/Rafael%20Nishimura.pdf> >, Acesso em: 09 jul. 2015.

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. São Paulo. 2006. Disponível em: < <http://cenbio.iee.usp.br/download/publicacoes/teseivan.pdf> >. Acesso em: 8 jan. 2014.

PECORA, V.; FIGEUIREDO, N. J. V.; COELHO, S. T.; VELÁZQUEZ, S. M. S. V. *Biogás e o mercado de créditos de carbono*. Rio de Janeiro. 2008. Disponível em: < <http://cenbio.iee.usp.br/download/publicacoes/riooilgas2008.pdf> >. Acesso em: 8 jan. 2014.

PEREIRA, G. Viabilidade econômica da instalação de um biodigestor em propriedades rurais. *Revista de Administração e Ciências Contábeis do IDEAU*. Erechim, vol. 6, n. 12, 2011. Disponível em: < http://www.ideau.com.br/getulio/restrito/upload/revistasartigos/76_1.pdf >, Acesso em: 12 jan. 2016.

SCHWINGEL, A.W. *Co-digestão de excretas de suínos associadas à doses crescentes de glicerina bruta*. Mato Grosso do Sul, 2014. Disponível em: < <http://200.129.209.183/arquivos/arquivos/78/MESTRADO-ZOOTECNIA/Disserta%C3%A7%C3%A3o%20Alice%20Schwingel.pdf> >, Acesso em: 09 jul. 2015.

VIANA, M. B. *Produção de biogás a partir de glicerol oriundo de biodiesel*. São Carlos, Dissertação (Mestrado), Universidade de São Paulo, 2011, 110p. Disponível em: < <http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/18/18138/tde-01092011-162845/pt-br.php> >, Acesso em: 16 dez. 2015.

Recebido: 25/08/2015

Aprovado: 06/04/2016