



**UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA GRANDE
CENTRO DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIA AGROALIMENTAR
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM SISTEMAS AGROINDUSTRIAIS**

DAMIÃO JUNIOR GOMES

**DIGESTÃO ANAERÓBIA DE DEJETOS SUÍNOS: UM ESTUDO PARA VERIFICAR
A INFLUÊNCIA DA ADIÇÃO DE MEIOS DE CULTURA**

POMBAL-PB

2014

DAMIÃO JUNIOR GOMES

**DIGESTÃO ANAERÓBIA DE DEJETOS SUÍNOS: UM ESTUDO PARA VERIFICAR
A INFLUÊNCIA DA ADIÇÃO DE MEIOS DE CULTURA**

Dissertação submetida ao Programa de Pós-Graduação em Sistemas Agroindustriais, do Centro de Ciências e Tecnologia Agroalimentar da Universidade Federal de Campina Grande, como parte dos requisitos exigidos para a obtenção do Título de Mestre.

Área de Concentração: Ciência e Tecnologia em Sistemas Agroindustriais.

Orientadora: Profa. Dra. Roberlucia Araújo Candeia.

POMBAL-PB

2014

**FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA PELA BIBLIOTECA SETORIAL
CAMPUS POMBAL/CCTA/UFCG**

DIS
G633d

Gomes, Damião Júnior.

Digestão anaeróbia de dejetos suínos: um estudo para verificar a influência da adição de meios de cultura / Damião Júnior Gomes. - Pombal, 2014.
55 fls.: il.

Dissertação (Mestrado em Sistemas Agroindustriais) – Universidade Federal de Campina Grande, Centro de Ciências e Tecnologia Agroalimentar, 2014.

"Orientação: Prof.^a Dr.^a. Roberlucia Araújo Candeia".
Referências.

1. Dejetos suínos. 2. Digestão anaeróbia. 3. Meios de cultura. 4. Biogás. 5. Biofertilizante. I. Candeia, Roberlucia Araújo. II. Título.

UFCG/CCTA

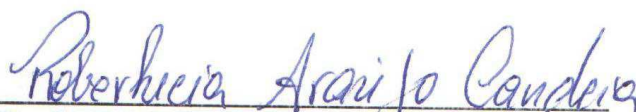
CDU 662.637

DAMIÃO JUNIOR GOMES

**DIGESTÃO ANAERÓBIA DE DEJETOS SUÍNOS: UM ESTUDO PARA VERIFICAR
A INFLUÊNCIA DA ADIÇÃO DE MEIOS DE CULTURA**

Dissertação aprovada em 19 de dezembro de 2014

BANCA EXAMINADORA



Prof.^a D.^a Sc. Roberlucia Araújo Candeia

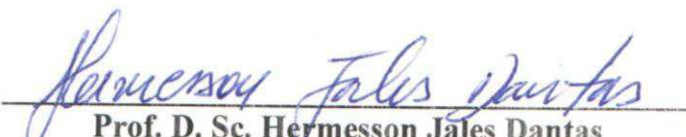
Orientadora

UATA/CCTA/ UFCG



Prof. D. Sc. Camilo Allyson Simões de Farias

Examinador Interno
UACTA/CCTA/ UFCG



Prof. D. Sc. Hermesson Jales Dantas

Examinador Externo
IFPB - *Campus Sousa*

POMBAL-PB

2014

Ao meu filho, Davi.
Meu maior bem.
Meu bem maior.

DEDICO

Precisamos vencer a fome, a miséria e a exclusão social. Nossa guerra não é para matar ninguém – é para salvar vidas.
(Luiz Inácio Lula da Silva)

AGRADECIMENTOS

A Deus, sobreano Pai;

Aos meus pais Jaime Gomes de Lima e Maria Estrela de Lima, por tudo;

Aos meus irmãos e sobrinhos pelo incentivo;

À minha esposa Nelieide Medeiros Gomes e ao meu filho Davi Medeiros Gomes pelo amor;

Ao Centro de Ciências e Tecnologia Agroalimentar da Universidade Federal de Campina Grande e ao programa de Pós Graduação em Sistemas Agroindustriais pela oportunidade de realização deste sonho;

Ao Instituto Federal da Paraíba *Campus* Sousa pela parceria;

À minha orientadora, Profa. Dra. Roberlúcia Candeia, pelas suas valiosas e construtivas orientações, pela paciência, calma e sabedoria nas discussões, pelo extremo apoio e ensinamentos ministrados, além de todo o acompanhamento no desenvolvimento deste trabalho. Sou muito grato;

Ao professor Dr. Manoel Barbosa Dantas, que participou da banca de qualificação e que muito contribuiu com suas sugestões para este trabalho;

Aos professores Dr. Hermesson Jales Dantas e Dr. Camilo Allyson Simões de Farias, que, gentilmente, aceitaram o convite para compor a banca avaliadora;

Aos Servidores Docentes e Técnicos Administrativos do Programa de Pós Graduação em Sistemas Agroindustriais, pelos conhecimentos partilhados, os quais contribuíram para meu crescimento pessoal e acadêmico;

À Profa. Maria de Fátima da Silva Freitas pela presteza e disponibilidade na revisão ortográfica do presente trabalho;

Ao Prof. Júlio Neto dos Santos pela gentileza em traduzir o resumo deste trabalho;

A Lucas Abreu pela cooperação nesta pesquisa;

A Hermano Oliveira Rolim pela realização de algumas análises;

À Profa. Mestra Romércia Batista dos Santos pelo apoio;

Aos Docentes do Programa de Pós Graduação em Sistemas Agroindustriais, pelos conhecimentos partilhados, os quais contribuíram para meu crescimento pessoal e acadêmico;

Aos colegas do Mestrado em Sistemas AgroIndustriais pelo companheirismo, espírito de solidariedade, novas amizades construídas e pelos bons momentos compartilhados;

Aos amigos e colegas do IFPB *Campus* Sousa, que me apoiaram durante a realização desse mestrado;

E por fim, a todos que direta ou indiretamente colaboraram para a realização desta pesquisa.

MINHA ETERNA GRATIDÃO!!!

GOMES, D. Jr. **Digestão anaeróbia de dejetos suínos: um estudo para verificar a influência da adição de meios de cultura.** 2014. 55f. Dissertação (Mestrado em Sistemas Agroindustriais). Universidade Federal de Campina Grande, Centro de Ciência e Tecnologia Agroalimentar. Pombal - PB.

RESUMO

Este estudo analisa o comportamento físico químico e microbiológico, referente à mistura de resíduos suínos com e sem adição de meios de cultura descartados, durante o processo de biodigestão anaeróbia, em biorreator tipo batelada. Montaram-se dois biorreatores, para fim de comparação, com capacidade de 50L cada. Os biorreatores foram ativados com a mesma diluição, razão de 1:2 (mistura biomassa/água, em m/m), no entanto, em um deles foi acrescentados 10% (m/m) de meios de culturas usados oriundos de um laboratório microbiológico. O monitoramento destes procedera por 56 dias, sendo coletadas alíquotas dos substratos nos tempos 0, 7, 21, 28, 35, 42, 49 e 56 dias, e submetidos à caracterização físico-química e microbiológica, bem como, verificou-se a influência dos meios de cultura na produção de biogás. Durante o desenvolvimento não se realizou nenhuma suplementação nos biodigestores. Os dados experimentais apontaram que durante o processo da biodegradação anaeróbia dos substratos, o biorreator A (com presença de meios de cultura) desempenhou melhores resultados, em relação ao biorreator B (com ausência de meios de cultura). Como por exemplo, pH's próximos da alcalinidade, propiciando o desenvolvimento das bactérias metanogênicas, e conseqüentemente, maior liberação de gases. No que concerne aos valores de concentração de coliformes totais (35 °C), termotolerantes (45 °C) e *E. coli* entre os afluentes e efluentes dos biorreatores, estes foram reduzidos, principalmente no biodigestor A, em que apresentou maior concentração de macronutrientes (NPK). Por fim, pode ser inferido que os resultados foram bastante relevantes, fazendo entender que a introdução de meios de cultura potencializa as reações de biodigestão anaeróbia, favorecendo maior produção de biogás, além de incorporar ao efluente (biofertilizante) maior concentração de nutrientes.

Palavras-Chaves: Dejetos Suínos. Digestão anaeróbia. Meios de cultura. Biogás. Biofertilizante.

GOMES, D. Jr. **Anaerobic digestion of swine dejections: a study to verify the influence of the addition of culture means**. 2014. 55 f. Dissertation (Master 's degree in Agribusiness Systems). Federal University of Campina Grande, Center of Science and Agrifood Technology. Pombal - PB.

ABSTRACT

This study analyzes the chemical and physical behavior microbiological, regarding the mixture of swine residues with and without addition of discarded culture means, during the process of anaerobic digestion, in bioreactor boat-load type. Two bioreactors were set up, for comparison end, with capacity of 50L each. The bioreactors were activated with the same dilution, reason of 1 : 2 (it mixes biomass / water, in m/m), however , in one of them was added 10 % (m/m) of means of cultures used originating from of the microbiological laboratory . The monitoring of these it had proceeded for 56 days , being collected brackets of the substrata in the times 0, 7, 21, 28 , 35, 42, 49 and 56 days, and submitted to the physiochemical characterization and microbiological, as well as, the influence of the culture means was verified in the biogas production. During the development it did not take place any supplementation in the digesters. The trial date appeared that during the process of the anaerobic biodegradation of the substrates, the bioreactor (with presence of culture means) it carried October better results, in relation to the bioreactor B (with absence of culture means). For example, close pH 's of the alkalinity , propitiating the development of the methanogenic bacteria , and consequently , larger liberation of gases. In what it concerns to the values of concentration of the total coliforms (35 ° C), thermophilic (45 ° C) and *E. coli* between the tributaries and effluents of the bioreactors, these were reduced, mainly in the digester, in that It presented larger macronutrient concentration (NPK). Finally, it can be inferred which the results were quite relevant, making that to understand the introduction of culture means potentiates the reactions of anaerobic digestion , favoring larger biogas production, fouled Incorporating to the effluent (biofertilizer) larger concentration of nutritious.

Keywords: Dejections Swine. Anaerobic digestion. Culture means. Biogas. Biofertilizer.

LISTA DE FIGURAS

| | |
|--|----|
| Figura 3. 1 Fluxograma do Processo de Fermentação Anaeróbia | 21 |
| Figura 4. 1 Apresentação e Esquematização do Sistema de Biodigestão Anaeróbia | 27 |
| Figura 4. 2 Efluentes de Dejetos Suínos. | 29 |
| Figura 4. 3 Fluxograma do Processo de Ativação e Monitoramento dos Biorreatores | 30 |
| Figura 5. 1 Valores de pH dos Substratos nos Biorreatores em Relação ao Tempo de Retenção Hidráulica | 38 |
| Figura 5. 2 Valores médios de sólidos totais, voláteis e fixos presentes durante o processo de biodigestão anaeróbia nos biorreatores..... | 40 |
| Figura 5. 3 Caracterização Microbiológica dos Afluentes e Efluentes de ambos os Biorreatores A (a) e B (b) | 44 |
| Figura 5. 4 Teste de Chama - queima do biogás | 46 |
| Figura 5. 5 Produção de Biogás | 46 |

LISTA DE TABELAS E QUADROS

| | |
|--|----|
| Tabela 4. 1 Proporções da biomassa e meios de cultura nos Biodigestores A e B... | 29 |
| Tabela 5. 1 Condutividade Elétrica dos Substratos nos Biorreatores em Relação ao Tempo de Retenção Hidráulica (mS/cm a 25°C)..... | 39 |
| Tabela 5. 2 Concentrações de macronutrientes em ambos os afluentes e efluentes dos biodigestores no início e no fim do Tempo de Retenção Hídráulica..... | 42 |
| Quadro 4. 1 Composição dos meios de culturas adotados neste experimento..... | 28 |

SUMÁRIO

| | |
|---|------|
| RESUMO..... | viii |
| ABSTRACT | ix |
| LISTA DE FIGURAS | x |
| LISTA DE TABELAS E QUADROS..... | xi |
| | |
| 1. INTRODUÇÃO | 13 |
| | |
| 2. OBJETIVOS | 15 |
| 2.1 OBJETIVO GERAL | 15 |
| 2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS..... | 15 |
| | |
| 3. REFERENCIAL TEÓRICO | 16 |
| 3.1 BIOMASSA: Resíduos Orgânicos | 16 |
| 3.2 SUINOCULTURA..... | 18 |
| 3.3 BIODIGESTÃO ANAERÓBIA | 21 |
| 3.4 MEIOS DE CULTURA..... | 22 |
| 3.5 BIODIGESTOR: Biogás e Biofertilizante..... | 24 |
| 3.5.1 Biogás..... | 24 |
| 3.5.2 Biofertilizante | 26 |
| | |
| 4. MATERIAIS E MÉTODOS..... | 27 |
| 4.1 BIORREATOR ANAERÓBIO | 27 |
| 4.2 MATÉRIA PRIMA: Biomassa | 28 |
| 4.3 ATIVAÇÃO E MONITORAMENTO DOS BIORREADORES | 29 |
| 4.4 CARACTERIZAÇÃO FÍSICA E QUÍMICA..... | 30 |
| 4.4.1 Análises do Teor de Sólidos Totais (ST)..... | 31 |
| 4.4.2 Análises do Teor de Sólidos Voláteis (SV) | 31 |
| 4.4.3 Análises do Teor de Sólidos Fixos (SF)..... | 32 |
| 4.4.4 Análises do Teor de Umidade..... | 32 |
| 4.4.5 Determinação do pH | 32 |

| | |
|---|----|
| 4.4.6 Determinação dos Macronutrientes | 32 |
| 4.3 AVALIAÇÃO MICROBIOLOGIA DO AFLUENTE E DO EFLUENTE | 33 |
| 4.3.1 Pesquisa de Coliformes a 35 °C e a 45 °C – Técnica do Número Mais Provável (NMP/g ou NMP/mL)..... | 33 |
| 4.3.2 Pesquisa de <i>Escherichia coli</i> | 35 |
| 4.3.3 Teste de Citrato de Simmons | 35 |
| 4.3.4 Teste do Indol | 35 |
| 4.3.5 Teste de Vermelho de Metila (VM) | 36 |
| | |
| 5. RESULTADOS E DISCUSSÃO..... | 37 |
| 5.1 CARACTERIZAÇÃO FÍSICA E QUÍMICA DURANTE O PROCESSO DE BIODIGESTÃO ANAERÓBIA | 37 |
| 5.2 AVALIAÇÃO MICROBIOLÓGICA | 43 |
| 5.3 AVALIAÇÃO DA PRODUÇÃO DE BIOGÁS | 45 |
| | |
| 6. CONCLUSÃO..... | 48 |
| | |
| REFERÊNCIAS..... | 50 |

1. INTRODUÇÃO

A energia é capaz de realizar mudanças das mais variadas formas, dentre elas: térmica, elétrica e química. Tal comportamento representa um potencial transformador, seja ele atuante de forma natural ou induzido pela ação do homem (BNDES e CGEE, 2008). Um ponto negativo diante do avanço tecnológico e crescente desenvolvimento urbano e rural, consiste no aumento dos impactos ambientais gerados por resíduos domésticos, industriais e agropecuários.

Estudos relatam a utilização de resíduos sólidos e líquidos como fonte de energia, por meio de diversas rotas tecnológicas adaptadas às diferentes características físicas e químicas das matérias primas, e da utilização requerida em converter a biomassa em um produto energético final. O biogás, por exemplo, produzido a partir da digestão anaeróbia da matéria orgânica presente em efluentes e resíduos domésticos, industriais e agropecuários, representa uma fonte alternativa e renovável de energia cada vez mais utilizada em todo o mundo, além de reduzir os impactos ambientais.

No Brasil, a elevada população e sua concentração em grandes centros urbanos e a expressiva produção agropecuária e agroindustrial indicam um potencial significativo para a produção de biogás (ZANETTE, 2009). Segundo Reis (2012) o processo anaeróbio, embora apresente uma taxa de bioestabilização da matéria orgânica mais lenta, figura-se como uma das alternativas que mais tem crescido nos últimos tempos, haja vista seu potencial de reaproveitamento energético (biodigestor).

O tratamento dos afluentes orgânicos através do biodigestor promove a estabilização do material, resultando na produção do biogás (gás metano em sua maior concentração) para geração de energia, e do biofertilizante, sendo este último, propício para o restabelecimento do teor de húmus do solo, melhorando as propriedades físicas e químicas além de ajudar na melhoria da atividade microbiana desse, podendo ser aplicado diretamente sob a forma líquida ou desidratada, dependendo das condições locais de infraestrutura e necessidades.

Considerada uma das maiores geradoras de dejetos por unidade de área ocupada, a suinocultura vem colaborando para a poluição de muitos recursos hídricos e contaminação de solos, tendo em vista que a Demanda Bioquímica de

Oxigênio (DBO) para esgoto doméstico é de 200 mg/litro, a DBO dos dejetos de suínos oscila entre 30.000 e 52.000 mg/litro, ou seja, em torno de 260 vezes superior (OLIVEIRA, 1993). Sabe-se ainda que, os dejetos suínos são considerados um potencial armazenador e disseminador de organismos patógenos. Por sua vez, uma das alternativas de tratamento e reciclagem eficaz para os resíduos provenientes da suinocultura é a biodigestão anaeróbia, na qual tem como princípio a fermentação realizada pelo metabolismo bacteriano.

Outros rejeitos que podem ser adicionados à matéria orgânica nos biodigestores com a finalidade de otimizar o crescimento de microrganismos metanogênicos no processo da biodigestão anaeróbia são os meios de cultura, provenientes dos laboratórios de bromatologia. Em virtude desses meios de culturas serem fontes de nutrientes, tal como carboidratos (lactose, sacarose, proteínas, microrganismos selecionados, etc).

Neste contexto, este trabalho buscou por analisar o comportamento do processo de digestão anaeróbia com dejetos da suinocultura, com e sem adição de meios de cultura usados, visando colher mais informações sobre a produção do biogás, e melhoramento do biofertilizante.

2. OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GERAL

Estudar o comportamento físico, químico e microbiológico do processo da biodigestão anaeróbia em biorreatores, utilizando dejetos da suinocultura, sob presença e ausência de meios de cultura descartados de laboratórios.

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Construir dois biodigestores anaeróbios de batelada, e alimentá-los com dejetos suínos, com e sem adição de meios de cultura usados;
- Avaliar a influência dos meios de cultura durante o processo de digestão anaeróbia por meio de parâmetros físicos e químicos.
- Caracterizar os biofertilizantes por meio de parâmetros físico-químicos e microbiológicos;
- Verificar a interferência da adição dos meios de cultura em relação à produção de biogás e biofertilizante durante o processo anaeróbio.

3. REFERENCIAL TEÓRICO

As preocupações com o ambiente impõem novas estratégias de vida, em virtude de uma série de problemas globais, tais como contaminação e degradação do ambiente, a crise de recursos naturais, energéticos e de alimentos. Tais problemas resultam da alta taxa de crescimento populacional, devido ao aumento da utilização excessiva e desordenada dos recursos do planeta. De todo modo, o consumo exacerbado dos recursos oriundos das reservas naturais proporciona a degradação progressiva dos solos, poluindo o ar atmosférico e afetando as condições de regeneração dos ecossistemas (MAIA, 2009).

Pesquisas vêm se concentrando no desenvolvimento ou reaproveitamento de insumos, e a biomassa tem ganhado destaque em razão da sua natureza renovável, ampla disponibilidade, biodegradabilidade e baixo custo (LEUNG, WU, LEUNG, 2010). O aproveitamento dos resíduos da agroindústria propõe agregar valor a cadeia produtiva e reduzir possíveis impactos ambientais negativos, como por exemplo, os resíduos da suinocultura.

3.1 BIOMASSA: Resíduos Orgânicos

A biomassa é entendida como toda matéria orgânica que se acumula num espaço vital, originada de vegetais ou animais, incluindo seus resíduos (STAISS, PEREIRA, 2001). Esta pode ser encontrada na natureza em diversas formas, e se diferenciam de acordo com suas características, primárias ou secundárias, e origens, a saber: vegetais não lenhosos, lenhosos e resíduos orgânicos (CORTEZ, LORA E GÓMEZ, 2008).

A bioenergia obtida a partir da biomassa é uma das alternativas as fontes não renováveis, tal como os combustíveis fósseis, tendo condições para ser uma solução efetiva aos problemas de natureza ambiental, social e energético com que a sociedade atual está a ser confrontada.

Os resíduos orgânicos são considerados poluentes e, quando acumulados, podem promover um ambiente insalubre e propício ao desenvolvimento de microrganismos que muitas vezes são agentes causadores de doenças.

Segundo a pesquisa realizada pela Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais (ABRELPE) e IBGE (2013), no Brasil a geração total de Resíduos Sólidos Urbanos (RSU) em 2013 foi de 76.387.200 toneladas, o que representa um aumento de 4,1% (209.280 t/dia), índice que é superior à taxa de crescimento populacional no país no período de 2012, no qual foi de 3,7% (201.058 t/dia). A quantidade de RSU coletados de 2012 para 2013 teve aumento de 4,4%, indicando uma discreta evolução na cobertura dos serviços de coleta com um total de 69.064.935 toneladas coletadas no ano. A comparação entre a quantidade de RSU gerada e a coletada em 2013, indicou segundo a pesquisa, que diariamente mais de 20.000 toneladas deixaram de ser coletadas no país e, além disso, tiveram destino impróprio.

Por sua vez, pode inferir que a gestão de resíduos sólidos tem trazido até o presente instante, prejuízos ambientais e econômicos para o Brasil. Diante desta situação, o governo brasileiro tem procurado instituir mecanismos e leis para a efetivação do cuidado e manejo final dos resíduos sólidos e líquidos. Para tanto, impôs a Política Nacional dos Resíduos Sólidos (PNRS), instituída pela Lei Federal nº 12.305/2010, em que concedeu prazo até o mês de agosto de 2014, para que os municípios adotem um plano de gerenciamento adequado para a disposição de rejeitos que não podem mais ser reaproveitados, reciclados ou tratados, não apresentando outra possibilidade de destinação que não a disposição final ambientalmente adequada. E os resíduos recicláveis e orgânicos, por exemplo, podem ser tratados por métodos adequados e normatizados e retornar ao ciclo produtivo, não sendo considerados rejeitos.

De acordo com Cortez, Lora e Gómez (2008) os resíduos animais representam uma importante quantidade de biomassa residual gerada pelos principais rebanhos de bovino, ovino e suíno, e os países tal como o Brasil e a China, aproveitam esta biomassa, e a converte em algum recurso energético, como por exemplo, biogás.

Em 2004 o Ministério de Minas e Energia – MME, já previa que até 2024 cerca de 30% do total da energia consumida pela humanidade seria proveniente de fontes renováveis, que hoje representam 14% da energia produzida no mundo. A biomassa representa 11,4% na participação de oferta de energia proveniente de fontes renováveis.

3.2 SUINOCULTURA

A suinocultura é uma das atividades da agropecuária mais difundida e produzida no mundo. De acordo com a USDA (2013), a China detém o primeiro lugar na produção de carne suína, com 50%. O segundo maior produtor individual é os EUA com 10% da produção. Contudo a União Europeia, o bloco com 27 países, exceto Croácia, tem uma produção que corresponde a 21% do total mundial. O Brasil tem uma produção de 3,37 milhões de toneladas que representa 3% do total mundial, e possui o estado do Paraná como maior produtor de suínos.

A cadeia produtiva de suínos tem se destacado no cenário agroindustrial brasileiro, fato decorrente aos avanços na escala de produção e aos investimentos tecnológicos do setor. No contexto social, está entre as atividades do agronegócio com potencial de gerar emprego e renda, tanto para o setor rural quanto para o agroindustrial (PROJETO GERAÇÃO DISTRIBUÍDA, 2009).

De acordo com Coldebella (2006) a suinocultura esteve presente desde o início da colonização do Oeste Paranaense. No princípio, era somente uma atividade de subsistência para as famílias, mas posteriormente, tornou-se uma importante fonte de renda familiar. A atividade é de fundamental importância no contexto socioeconômico do Estado, pois proporciona fonte de renda e emprego em todos os setores da economia, gerando aumento na demanda de insumos agropecuários, ampliação e modernização dos setores de comercialização e das agroindústrias. Atualmente, os resíduos originados desta atividade podem ser utilizados para a produção de energia e, posteriormente, um excelente biofertilizante.

Segundo o IBGE (2013) a Paraíba detinha 134.978 cabeças de suínos. As duas cidades mais produtivas foram Princesa Isabel e Conceição com 3.900 e 3.495 dos animais, respectivamente. O município de Pombal contabilizou 1.090 suínos.

Oliveira (2007) declara que os impactos da suinocultura sobre os recursos ambientais, principalmente sobre o solo e a água são imensos, na medida em que as práticas produtivas tradicionais têm negligenciado a aplicação de medidas de conservação ambiental que a atividade requer. Sendo assim, a preocupação com a poluição provocada pelo manejo inadequado dos dejetos suínos cresce constantemente, quer seja por uma maior consciência ambiental dos produtores,

quer seja pelo aumento das exigências dos órgãos fiscalizadores e da sociedade em geral (DIESEL, MIRANDA e PERDOMO, 2002).

De acordo com Refosco (2011), a suinocultura, é considerada pelos órgãos de fiscalização e proteção ambiental, como atividade de grande potencial poluidor, face ao elevado número de contaminantes contidos nos seus efluentes, cuja ação individual ou combinada representa uma fonte potencial de contaminação e de degradação do ar, dos recursos hídricos e do solo.

Sabe-se que os principais gases emitidos pelos sistemas de criação de suínos, incluindo a fase produtiva dos animais e a geração, manejo e utilização dos dejetos, são dióxido de carbono (CO_2), metano (CH_4), amônio (NH_4^+), óxido nitroso (N_2O) e o nitrogênio (N_2), considerados promotores do efeito estufa (OLIVEIRA, HIGARASHI e NUNES, 2003).

Para Gangbazo et al (1993), a poluição das águas superficiais decorre do transporte, por escoamento, de nutrientes como o nitrogênio e o fósforo, ocasionando a eutrofização dos mananciais. Baldissera (2002) comenta que quando os dejetos de suínos são lançados *in natura* em cursos d'água podem provocar redução dos níveis de oxigênio dissolvido, acarretando morte de peixes e de outros microrganismos, causando um desequilíbrio no ecossistema aquático. Já em relação à contaminação da água do lençol freático, Feder e Findeling (2007) relatam que quando o fornecimento de nitrogênio pelos dejetos supera a demanda das culturas e as condições ambientais são propícias à lixiviação. O nitrogênio na forma de nitrato (NO_3^-) poderá ser lixiviado juntamente com a água de percolação. Para Oliveira (1993), os teores de nitrato detectado no lençol freático de solos dispostos com altas taxas de dejetos líquido de suíno ($160 \text{ m}^3 \cdot \text{ha}^{-1}$), durante muitos anos, foram dez vezes maiores do que os encontrados em outros solos.

Por outro lado, outra via potencialmente poluidora encontrada nos cursos das águas tem sido a biológica, por microrganismos fecais patogênicos presentes nos dejetos (COOLS et al, 2001). Essa contaminação promove sérios riscos à saúde humana e aos animais que faz uso destas águas, podendo contrair doenças como leptospirose, verminose, hepatite, peste suína clássica, diarréias e gastroenterites (OLIVEIRA, 1993).

Alguns estudos sugerem soluções para os problemas causados pela suinocultura, dentre eles, Seganfredo et al (2004) indica que uma das formas de

minimizar os problemas de poluição dos recursos hídricos ocasionados por esta atividade no solo seria o planejamento do manejo de nutrientes e o uso de práticas conservacionistas para o controle de perdas de solo e água das lavouras, reduzindo os riscos de erosão, lixiviação e escoamento superficial.

A suinocultura gera em média cerca de 5% a 8% de dejetos por unidade de área ocupada, em relação ao peso vivo dos animais. O volume total de dejetos produzidos pode variar consideravelmente em função do manejo, tipo de bebedouro, sistema de higienização, frequência e volume de água utilizada e também ao número de categorias de animais (RIZZONI et al, 2012). Para o correto manejo dos dejetos de suínos, o seu tratamento deve ser considerado para viabilizar ambientalmente essa atividade. Dessa maneira, a tecnologia de biodigestão anaeróbia é uma alternativa para o gerenciamento desses dejetos, possibilitando que o produtor tenha um incremento ao valor de seus sistemas produtivos.

Segundo Schultz (2007), a geração de dejetos é constituída por esterco, urina, resíduos de ração e água. Essa composição está associada ao sistema de manejo adotado, que poderá apresentar grandes variações na concentração dos elementos componentes, dependendo da diluição a qual foram submetidos e do sistema de armazenamento.

A produção de fezes e urina, a água de limpeza e higiene e as perdas de água pelos bebedouros são os fatores que mais contribuem para a diluição dos dejetos. O volume é um parâmetro importante para caracterizar a concentração de elementos, dimensionar as estruturas de tratamento, armazenagem e o fluxo hidráulico, sendo esse, considerado um aspecto difícil, em função das variações existentes entre as granjas e dentro da própria granja, ao longo do tempo (OLIVEIRA, 2007).

Uma das soluções seria a biodigestão anaeróbia, em virtude de seus produtos (biogás e biofertilizante), oferecer soluções aos produtores, relacionados a problemas como o déficit no fornecimento de energia elétrica e a infertilidade do solo. Os ganhos ambientais são incontestáveis, diminuindo consideravelmente a emissão de gases geradores do efeito estufa e poluição dos recursos naturais. As desvantagens do sistema vêm sendo minimizadas a cada dia com a evolução da tecnologia, como a fabricação de equipamentos de funcionamento exclusivo por biogás e tecnificação do sistema de biodigestão (RIZZONI et al, 2012).

3.3 BIODIGESTÃO ANAERÓBIA

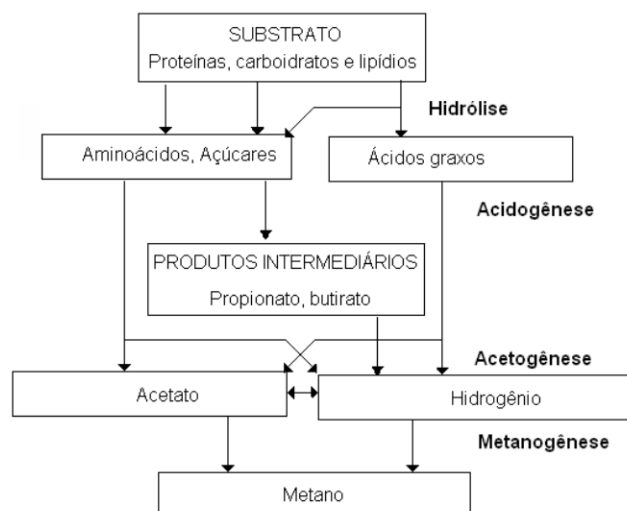
A biodigestão é um processo fermentativo realizado por bactérias que se multiplicam em ambientes anaeróbios, no processo de digestão de matéria orgânica (CRAVEIRO, LA IGLESIA e HIRATA, 1982).

A biodigestão anaeróbia pode ser definida como uma complexa interação de microrganismos que degradam os diversos componentes orgânicos presentes no resíduo até a forma final de metano e dióxido de carbono, principalmente. Os nutrientes contidos nos dejetos garantem a sobrevivência e reprodução dos microrganismos presentes durante a biodigestão, permitindo que ocorra a degradação da fração orgânica não estável – portanto poluente, até a forma estável: o biofertilizante, além de produzir o biogás (ORRICO JUNIOR et al, 2012).

Para que ocorra a digestão anaeróbia dos compostos orgânicos complexos é necessário que bactérias anaeróbias ou facultativas, conhecidas como fermentativas (ácidas) converta-os em compostos mais simples, de preferência em ácidos orgânicos. Os compostos orgânicos complexos mais abundantes nos resíduos são: carboidratos, proteínas, lipídeos. Em seguida, os ácidos orgânicos em conjunto com o hidrogênio são convertidos em metano. Este último processo ocorre graças a ações de bactérias metanogênicas, cujo seu comportamento é anaeróbio estrito.

Segundo Kunz, Perdomo e Oliveira (2004), o processo de fermentação anaeróbia consiste de etapas metabólicas sensíveis, podendo ser dividido em quatro fases, conforme ilustrada na Figura 3.1, a saber:

Figura 3. 1 Fluxograma do Processo de Fermentação Anaeróbia



Fonte: GIONGO, 2011.

- Fase hidrolítica: nesta fase as enzimas hidrolíticas extracelulares das moléculas complexas dos substratos solúveis degradam-se (hidrolisam) em pequenas moléculas que são transportadas para dentro das células dos microrganismos e metabolizadas (OLIVEIRA, 2004). Tal fase ocorre a transformação de proteínas em aminoácidos, de carboidratos em açúcares solúveis e de lipídeos em ácidos graxos de cadeia longa e glicerina (SOUZA, 2005);

- Fase de fermentação ácida (acidogênese): os produtos gerados na primeira fase vão ser transformados em ácidos orgânicos (acético, propiônico, butírico, isobutírico, fórmico, hidrogênio (H₂) e dióxido de carbono (CO₂)) (OLIVEIRA, 2004). Nesta fase não necessariamente é realizada por bactérias anaeróbias, é considerado vantajoso para o processo, visto que assim vai garantir um ambiente isento de oxigênio, essencial para as bactérias metanogênicas (NOGUEIRA, 1992);

- Fase de acetogênese: as bactérias acetogênicas, denominadas como produtoras de hidrogênio convertem os produtos gerados da acidogênese em dióxido de carbono (CO₂), hidrogênio (H₂), acetato e ácidos orgânicos de cadeia curta (SOUZA, 2005);

- Fase metanogênica: as bactérias metanogênicas convertem os ácidos orgânicos de cadeia curta, o dióxido de carbono (CO₂) e o hidrogênio (H₂) em metano (CH₄) e monóxido de carbono (CO) (OLIVEIRA, 2004). Segundo Nogueira (1992), 70% do metano formado provém do acetato e o restante do dióxido de carbono e hidrogênio.

3.4 MEIOS DE CULTURA

O cultivo dos microrganismos em condições laboratoriais é um pré-requisito para seu estudo adequado. Para que isto possa ser realizado, é necessário o conhecimento de suas exigências físicas e nutritivas. Esta informação resultou no desenvolvimento de numerosos meios de cultura. Por causa da grande variação das necessidades das bactérias há também diferenças na composição dos meios (ÁVILA, SILVA e FAGLIARI, 2012).

Entende-se por meio de cultura como qualquer substância sólida, semisólida ou líquida que possua um conjunto de fontes de nutrientes e seja utilizada para o cultivo de microrganismos (FRANCO et al, 2013).

Para Abreu et al (2010), o ágar ágar é uma substância coloidal e hidrofílica extraída de algas vermelhas que possui ponto de fusão de aproximadamente 100 °C e de solidificação entorno de 40 °C. A adição ou não desta substância no meio vai conferir-lhe diferentes consistências. Os meios sólidos são aqueles onde são adicionados 1,5 g a 3,0 g% de ágar ágar. Aos meios semisólidos são inseridos 0,5 a 1,0 g% da substância. Nos meios líquidos omite-se ágar.

Conforme Dias e Sipaúba-Tavares (2012), o procedimento para obtenção correta contendo ágar é o aquecimento para sua dissolução em água fervente até sua a solução tornar-se cristalina, sem partículas suspensas ou decantadas.

Para Porto et al (2011), a composição química é importante para diferenciar os meios em sintéticos ou complexos. No primeiro caso, os constituintes químicos são definidos, e, no segundo, não há definição de tais, uma vez que em geral são adicionados soro, sangue ou outro componente que não se tem total conhecimento da composição química.

Para cada atividade, se propõe utilizar meios de culturas com finalidades distintas. Ao meio preparado, é possível adicionar sangue, soro, extratos vegetais e animais que proporcionarão nutrientes acessórios passando a permitir o crescimento de heterotróficos fastidiosos e torná-lo um meio enriquecido. Ao passo que incorpora certos reagentes ou substâncias no meio básico, pode resultar num tipo de crescimento ou reação, após a inoculação e a incubação que permite ao observador distinguir diferentes tipos de bactérias, daí tem-se um meio diferencial. Quando são adicionadas substâncias químicas específicas que previne o crescimento de um grupo de microrganismos sem agir sobre outros, formula-se um meio seletivo.

Tais meios de cultura estão presentes em várias metodologias adotadas nos laboratórios de microbiologia e ao final das análises, eles são esterilizados e descartados, gerando rejeitos. Ressalta-se que esses rejeitos são ricos em nutrientes para os microrganismos.

Recentemente, alguns trabalhos tem buscado potencializar a produção de biogás, a partir do melhoramento das reações fermentativas do processo de biodigestão anaeróbia, introduzindo ao afluente (resíduos da agroindústria, como excrementos bovinos, suínos entre outros) inóculos como, por exemplo, as enzimas lipolíticas (lipases) em níveis específicos (RODRIGUES et al, 2014; VALENTE, 2010; CIRNE et al, 2007).

3.5 BIODIGESTOR: Biogás e Biofertilizante

A biodigestão anaeróbia dos resíduos orgânicos é um processo bioquímico que utiliza ação bacteriana para fracionar compostos complexos e produzir um gás combustível, denominado biogás, composto de metano e dióxido de carbono. O local onde se desenvolvem essas reações de decomposição é o digestor ou biodigestor (NOGUEIRA, 1992).

Em um biodigestor, materiais orgânicos como: dejetos de animais ou restos de vegetais sofrem um processo de transformação para biofertilizante que é um valioso adubo orgânico. Neste processo existe também a produção de biogás que pode ser utilizado como fonte de energia (MANUAL BIODIGESTOR WINROCK, 2009).

No biodigestor ocorre a fermentação da biomassa, em ambiente anaeróbio (sem a presença de oxigênio), onde os microrganismos degradam o material orgânico, transformando-o em biogás e biofertilizante.

Existem dois tipos principais de biodigestores quanto a sua alimentação: batelada, que não precisa ser abastecido com substrato diariamente e o contínuo abastecido diariamente. Sendo que, para resíduos com teores mais altos, destacam-se os modelos indiano, chinês e canadense ou tubular (PERDOMO, 2013).

Os biodigestores em batelada são bastante indicados para tratamento daqueles resíduos que são disponíveis em determinadas épocas, como por exemplo, a cama de frango, que é disponível após a retirada do lote de aves do galpão. O reator é composto de um corpo cilíndrico, um gasômetro flutuante e uma estrutura para guia do gasômetro que poderá ser um sistema de trave e roldana. Podem ser utilizados também biodigestores horizontais tubulares. O que difere o biodigestor em batelada dos modelos indiano e chinês é o abastecimento único, produz biogás em forma de picos, não possui caixas de entrada e saída e por fim, não possui paredes divisórias (FUKAYAMA, 2008).

3.5.1 Biogás

O biogás é um combustível resultante da biodegradação anaeróbia de matérias orgânicas, tem sua composição variada de acordo com as características do tipo de resíduo empregado como substrato de fermentação e as condições de

operação do biodigestor. Como seus principais constituintes têm: o metano (60-80% v/v) e o dióxido de carbono (20-40% v/v); o sulfeto de hidrogênio, o nitrogênio, o hidrogênio e o monóxido de carbono, em menores concentrações (Souza et al, 2010).

De acordo com relatos de Berni (2011), no Brasil já foram apresentados vários estudos e experimentos relacionados à produção de biogás a partir de diversos resíduos como, por exemplo, efluentes industriais, de esgotos e principalmente de dejetos de animais. Esse gás é produto de uma fermentação anaeróbia, mesmo método utilizado para fabricar vinho, vinagre, cerveja, entre outros, que ocorre no interior de um biodigestor. Os dejetos animais pelo fato de já saírem dos seus intestinos carregados de bactérias anaeróbias, se tornam o melhor alimento para a produção de biogás.

Para Salomon e Lora (2005), o poder calorífico do biogás pode variar de 22500 a 25000 kJ m⁻³. De forma generalizada, 1m³ de biogás gera energia equivalente a 0,80 kg de carvão vegetal, 1,5 kg de lenha, 0,55 L de óleo diesel 0,45 kg de GLP e 1,43 kWh em energia elétrica.

Em 2003, Leite e colaboradores montaram um sistema experimental para o tratamento de resíduos sólidos de centrais de abastecimento e feiras livres em reator anaeróbio de batelada no município de Campina Grande – PB, e concluíram que o tratamento anaeróbio de resíduos sólidos orgânicos, com aproveitamento do biogás, pode tornar-se uma alternativa tecnológica de relação satisfatória ao custo/benefício.

Para tanto, é possível produzir o biogás até mesmo a partir de resíduo com pouca concentração de material sólido. Em 2009, Luna et al realizaram uma pesquisa de caráter experimental com tratamento anaeróbio de resíduos orgânicos com baixa concentração de sólidos, também em Campina Grande, e descobriram que taxa de produção de biogás obtida foi de 5,6 L kg⁻¹substrato (base úmida), e acrescentaram que o biogás pode ser considerado como boa fonte energética, haja vista conter, em média, 50% de gás metano.

Quadros et al (2010) avaliaram em seu estudo experimental com dejetos de caprinos e ovinos em reator contínuo de PVC flexível em Jaguarari no Estado da Bahia, e destacaram que a eficácia da biodigestão destes resíduos sólidos ovinos no saneamento ambiental e na produção de biogás foi satisfatória, considerando-se os parâmetros bioquímicos, microbiológicos e parasitológicos do afluente e do efluente

e que o biofertilizante foi equilibrado para aplicação em pastagens estabelecidas de capim-elefante, com considerável concentração de nutrientes.

3.5.2 Biofertilizante

Subproduto da biodigestão, o biofertilizante é de extrema importância, pois, durante a produção de biogás, a matéria orgânica deixa o interior do biodigestor sob a forma líquida, rica em material orgânico (húmus), com grande poder de fertilização. A utilização deste resíduo, conhecido como biofertilizante, se aplicado ao solo, melhora as qualidades físicas, químicas e biológicas deste.

Considerando um excelente fertilizante, pode ser usado também como corretivo de acidez, da vida bacteriana e de textura. Possui alta concentração de nitrogênio e a baixa concentração de carbono. Este fato é devido à biodigestão, visto que ocorre dentro de um biodigestor e este libera o carbono em forma de CO_2 e CH_4 , deixando-o rico em nutrientes. De modo que, obtém-se uma melhora em suas condições para fins agrícolas, sem contar com o baixo custo, um dos grandes motivos para a sua utilização em lavouras (MARTINS, BICA, 2013).

De acordo com Berni (2011), os biofertilizantes líquidos não têm só uma forma de aplicação, como a sobre os solos, que é a mais conhecida, mas também tem sobre as folhas (adubo foliar), sobre as sementes e em hidroponia, uma técnica de cultivar a planta sem solo. Além disso, ao contrário dos biofertilizantes sólidos, o líquido tem uma absorção muito rápida pelas plantas, sendo muito útil para tratamento rápido de desnutrição das plantas obtendo resultados com muita eficiência, como também é útil para as culturas de ciclo curto, por exemplo, o das oleáceas (hortaliças) nem sempre pode esperar pela disponibilidade lenta de nutriente dos fertilizantes orgânicos (SILVA et al, 2007a; SILVA et al, 2007b).

4. MATERIAIS E MÉTODOS

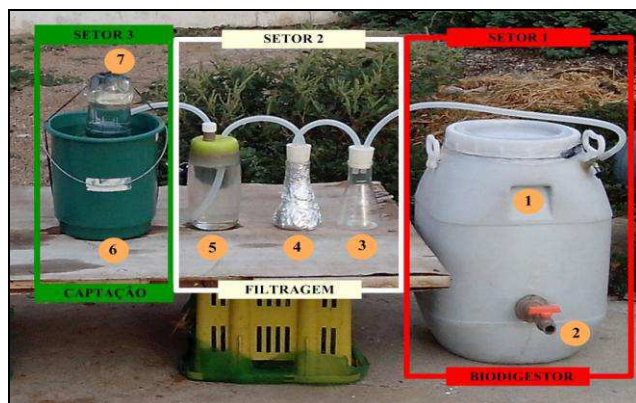
A pesquisa contemplou os seguintes métodos: qualitativo (levantamento bibliográfico), quantitativo (experimental) e descritivo. O experimento do presente estudo foi realizado no Laboratório de Resíduos Sólidos do Centro de Ciências e Tecnologia Agroalimentar da Universidade Federal de Campina Grande - UFCG *Campus* Pombal, PB, tendo como parceiro para o desenvolvimento de algumas análises, os Laboratórios de Análises Microbiológicas e de Solo do Instituto Federal da Paraíba – IFPB *Campus* Sousa.

4.1 BIORREATOR ANAERÓBIO

Os biorreatores anaeróbios foram montados separadamente para a execução do experimento. Adotaram-se os biodigestores (tipo batelada), os quais foram confeccionados com materiais de baixo custo-benefício, e em escala de bancada de laboratório. A Figura 4.1 ilustra o sistema de biodigestão anaeróbia. Este foi composto por: biodigestor (setor 1), tambor com capacidade de 50L; sistema de filtragem de gás com as soluções de Fe-EDTA e NaOH a 1M cada, (setor 2); coletor de gás (setor 3); e ponto (2) no setor 1 destinado as coletas das amostras para análises.

A solução de Fe-EDTA foi utilizada para a precipitação do H_2S , possivelmente misturado ao biogás formado. O NaOH foi útil para reter ácidos remanescentes.

Figura 4. 1 Apresentação e Esquemática do Sistema de Biodigestão Anaeróbia



Fonte: Arquivo pessoal, o Autor 2013.

4.2 MATÉRIA PRIMA: Biomassa

No experimento, foram utilizados resíduos da suinocultura (proveniente de esterqueira localizada no município de Pombal - PB), e meios de cultura usados, originados no Laboratório de Análises Microbiológicas do IFPB *Campus* Sousa, com composição definida no Quadro 4.1.

Quadro 4. 1 Composição dos meios de culturas adotados neste experimento

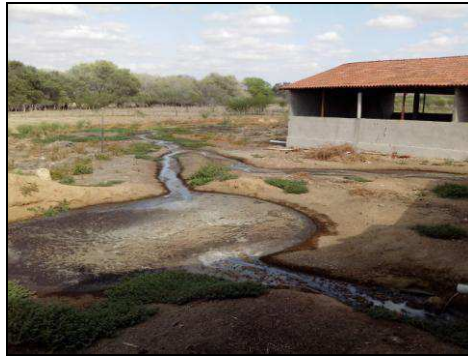
| Meios de Cultura | Composição | Concentração |
|----------------------------|---|---------------------|
| Caldo Lactosado | Produtos de digestão peptídica de tecido animal | 5 g/L |
| | Extrato de bile | 3 g/L |
| | Lactose | 5 g/L |
| Caldo Verde Bile Brilhante | Produtos de digestão peptídica de tecido animal | 10 g/L |
| | Lactose | 10g/L |
| | Bile de boi | 20 g/L |
| | Verde brilhante | 0,0133 g/L |
| Caldo EC | Caseína enzimática hidrolisada | 20 g/L |
| | Lactose | 5 g/L |
| | Sais biliares | 1,5 g/L |
| | Fosfato dipotássico | 4 g/L |
| | Fosfato monopotássico | 1,5g/L |
| | Cloreto de sódio | 5 g/L |

Fonte: BIOSYSTEMS, 2014.

A pocilga de onde foram coletados os resíduos suínos detém 197 animais. Esta é inserida numa pequena propriedade que continha uma indústria de laticínios. A nutrição destes animais é baseada principalmente em carboidratos, fibras, e complementada com o soro de leite. A limpeza do ambiente e remoção das fezes na esterqueira é feita duas vezes ao dia, apenas com água e varrição para uma tubulação que conduz o efluente até alguns metros do local, onde já se encontrava instalada uma lagoa de dejetos a céu aberto (efluentes suínos), conforme ilustra a

Figura 4.2. Pode-se observar a intensa degradação ambiental enfrentada por este pequeno espaço.

Figura 4. 2 Efluentes de Dejetos Suínos.



Fonte: Arquivo Pessoal, 2014.

Os dejetos suínos foram coletados, tanto da lagoa (Figura 4.2) como de fezes recentes. Tomou-se o cuidado de recolher a matéria orgânica mais recente possível, para que melhor fosse conduzido o experimento.

Realizaram-se dois experimentos (A e B), separadamente em cada biodigestor da seguinte conforme a Tabela 4.1:

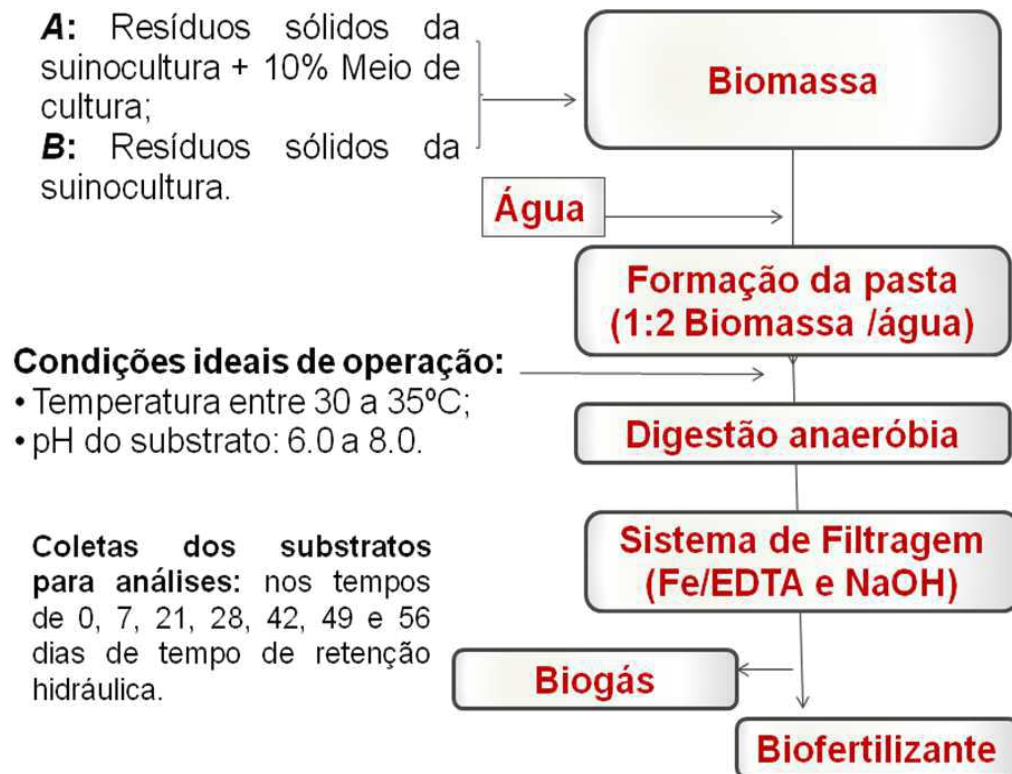
Tabela 4. 1 Proporções da biomassa e meios de cultura nos Biodigestores A e B

| | Dejetos suínos | Água | Meios de cultura |
|---------------|----------------|------|------------------|
| Biodigestor A | 09 kg | 20 L | 1 L |
| Biodigestor B | 10 kg | 20 L | -- |

4.3 ATIVAÇÃO E MONITORAMENTO DOS BIORREATORES

Os dois biorreatores foram ativados com proporções de diluição 1:2 (Biomassa/água), sendo diferenciado apenas pela presença de meios de culturas. Ressalta-se que ambos os sistemas foram submetidos às mesmas condições de temperatura e de ambientação, visto que temperaturas favoráveis ao processo de biodigestão variam numa faixa média de 32 a 35 °C. O processo de ativação e monitoramento dos digestores está detalhado na Figura 4.3.

Figura 4. 3 Fluxograma do Processo de Ativação e Monitoramento dos Biorreatores



As reações foram monitoradas no período entre 10 de abril e 09 de junho de 2014, compreendidos em 7, 21, 28, 42, 49 e 56 dias de tempo de retenção hidráulica, coletando frações dos substratos e as encaminhando para serem analisadas nos laboratórios através dos parâmetros físicos, químicos e biológicos. Ao final do processo da biodigestão anaeróbia, os efluentes (biofertilizantes) foram caracterizados.

4.4 CARACTERIZAÇÃO FÍSICA E QUÍMICA

Para determinar as caracterizações do afluente (biomassa antes de inserir no biodigestor) e efluente (biomassa após a digestão, chamada de biofertilizante) foram realizadas periodicamente as seguintes medidas: sólidos totais, sólidos voláteis, sólidos fixos, umidade, pH e condutividade. Adotaram as técnicas descritas em Standard Methods for The Examination of Water and Wastewater (APHA, 2005). Já para as análises de quantificação dos macronutrientes Nitrogênio, Potássio e Fósforo, foram seguidas as técnicas de Tedesco (1995). Todos os parâmetros foram

executados em triplicata, e os resultados foram expressos pelas médias dessas repetições.

4.4.1 Análises do Teor de Sólidos Totais (ST)

As determinações dos teores de ST foram realizadas retirando-se a umidade das amostras, inicialmente da biomassa e posteriormente do biofertilizante, para quantificação da matéria seca em porcentagem (% MS).

No laboratório, depois das amostras terem sido homogeneizadas, foram colocadas em recipientes de alumínio com taras conhecidas. As amostras foram pesadas, tendo-se, então, peso úmido (PU), e levadas à estufa com circulação forçada de ar, à temperatura de 65 °C até atingirem peso constante, sendo a seguir resfriadas e novamente pesadas em balança com precisão de 0,01 g, obtendo-se então o peso seco (PS).

Os teores de sólidos totais foram determinados segundo metodologia descrita por APHA (2005), sendo utilizados, para tanto, as seguintes Equações:

$$ST = 100 - U \quad (\text{Eq. 01})$$

$$U = [(PU - PS) / PU] \times 100, \quad (\text{Eq. 02})$$

Em que: ST = teor de ST, em porcentagem; U = teor de umidade, em porcentagem; PU = peso úmido da amostra, em gramas; PS = peso seco da amostra, em gramas.

4.4.2 Análises do Teor de Sólidos Voláteis (SV)

Para a determinação dos SV, as amostras já secas em estufa, resultantes da determinação de sólidos totais, foram acondicionadas em cadinhos de porcelana e levadas a mufla, onde foram submetidas à temperatura de 575 °C por um período de 2 horas. Após a queima inicial com a mufla parcialmente aberta e, em seguida, após o resfriamento, o material resultante foi pesado em balança analítica com precisão de 0,0001 g, obtendo-se o peso das cinzas ou matéria mineral. Os teores de sólidos voláteis foram determinados segundo metodologia descrita por APHA (2005). Assim, foram utilizadas as seguintes Equações:

$$SV = ST - \text{Cinzas} \quad (\text{Eq. 03})$$

$$\text{Cinzas} = \{ 1 - [(PU - Pm) / PU] \} \times 100, \quad (\text{Eq. 04})$$

Em que: SV = teor de SV, em porcentagem; PU = peso úmido da amostra, em gramas; Pm= peso obtido após queima em mufla, em gramas.

4.4.3 Análises do Teor de Sólidos Fixos (SF)

Os valores de sólidos fixos (SF) foram adquiridos a partir do cálculo da diferença entre os valores de sólidos totais e sólidos voláteis, conforme a Equação 05, a seguir:

$$SF= ST-SV \quad (\text{Eq. 05})$$

4.4.4 Análises do Teor de Umidade

As amostras foram introduzidas em uma estufa a 100 ± 10 °C até que a massa ficasse constante. A umidade foi calculada conforme a Equação 06, a seguir:

$$U= (m_1-m_2)/m_1 \times 100 \quad (\text{Eq. 06})$$

Em que, m_1 é a massa inicial (gramas) da biomassa e m_2 é a massa final (gramas).

4.4.5 Determinação do pH

Este parâmetro foi medido nos afluentes e efluentes dos biodigestores, utilizando-se pHmetro digital. Para tanto, foram utilizadas as mesmas amostras destinadas à determinação dos demais parâmetros APHA (2005).

4.4.6 Determinação dos Macronutrientes

a) Teor de Nitrogênio

Para a determinação de nitrogênio foi utilizado o destilador de micro kjeldahl, cujo princípio baseia-se na transformação do nitrogênio amoniacal ($(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$) em amônia (NH_3), a qual é fixada pelo ácido bórico e posteriormente titulada com H_2SO_4

até nova formação de $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$, na presença do indicador ácido/base, conforme metodologia descrita por Tedesco et al (1995).

b) Teor de Fósforo

Os teores de fósforo foram determinados pelo método calorimétrico. Esse método baseia-se na formação de um composto amarelo do sistema vanadomolibdofosfórico em acidez de 0,2 a 1,6 mol.L⁻¹, em que a cor desenvolvida foi medida em espectrofotômetro, determinando-se assim a concentração de fósforo das amostras, através da utilização de uma reta padrão traçada previamente a partir de concentrações conhecidas, entre 0 e 52 µg de P/mL. Os padrões são preparados conforme metodologia descrita por Tedesco et al (1995).

c) Teor de Potássio

Os teores de potássio foram determinados por fotometria de chama. Foi preparada uma solução estoque dissolvendo 0,9534g de KCl em 500 mL de água deionizada, resultando em 1000 mg.L⁻¹. Usaram-se as seguintes soluções padrão: 0,0 – 5,0 – 10,0 – 20,0 e 40,0 µg.mL⁻¹. A partir da solução estoque obteve uma curva padrão. Após a calibração, as leituras com as amostras foram realizadas, procedendo com a mistura de 1 mL da amostra + 9 mL de água deionizada Tedesco et al (1995).

4.3 AVALIAÇÃO MICROBIOLOGIA DO AFLUENTE E DO EFLUENTE

4.3.1 Pesquisa de Coliformes a 35 °C e a 45 °C – Técnica do Número Mais Provável (NMP/g ou NMP/mL)

Alguns laboratórios não têm interesse em pesquisar *Escherichi coli*. No entanto, este patógeno é o melhor indicador fecal e a sua detecção em sugere que outros microrganismos da mesma origem podem estar presentes. Da Silva (2010) revela que pelas técnicas a seguir, podem-se obter informações sobre a população de coliformes, (teste presuntivo); sobre a população real de coliformes (teste confirmativo) e sobre a população de coliformes fecais (APHA, 2005)

4.3.1.1 Preparação das amostras

Pesou-se assepticamente 11g da amostra (afluente e efluente) e adicionou-se 99 mL de água peptonada (diluição 10^{-1}). A partir desta diluição preparou-se as diluições de 10^{-1} , 10^{-2} , 10^{-3} , 10^{-4} e 10^{-5} , transferindo 1 mL de cada diluição para a posterior, e então, vertendo-se em vidrinhos contendo 9 mL de solução salina peptonada, e logo após a homogeneização APHA (2005).

4.3.1.2 Teste presuntivo (inoculação)

Pipetaram-se alíquotas de 1 mL de cada diluição para uma série de três tubos de ensaio com Caldo Lactosado em concentração normal com tubos de Durhan invertidos (9 tubos) APHA (2005).

4.3.1.3 Incubação

Os tubos foram homogeneizados e incubados a 35 °C por 48 horas. Transcorrido este tempo, observou-se a produção de gás nos tubos de Durhan ou no meio, quando o tubo era agitado suavemente APHA (2005).

4.3.1.4 Teste confirmativo

Para Coliformes a 35 °C (totais): de cada tubo de Caldo Lactosado positivo, era transferida uma alçada para o Caldo Verde Bile Brillhante para a diluição correspondente, previamente identificado; Incubava em estufa a 35 °C por 48 horas; Classificaria positivos os tubos com presença de gás nos tubos de Durhan APHA (2005).

Para Coliformes a 45 °C (fecais ou termotolerantes): de cada tubo de Caldo Lactosado positivo, transferia uma alçada para o meio EC (Casaeína Enzimática) para a diluição correspondente, previamente identificado; Incubava a 45 °C por 24 horas; Os tubos positivos eram aqueles com presença de gás nos tubos de Durhan APHA (2005).

4.3.2 Pesquisa de *Escherichia coli*

Todas as subculturas positivas de Caldo EC foram repicadas para o meio Ágar EMB (Eozina Azul de Metileno), com auxílio de uma alça de platina, fazendo estrias. Para cada tubo positivo em EC corresponde uma placa de Ágar EMB, identificada, para a perfeita correspondência; Incubava a 35 °C por 24 horas; Após este tempo, verificava-se o desenvolvimento de colônias típicas (caso existisse), consideravam aquelas que se apresentavam entre 2 e 3 mm de diâmetro, nucleadas com centro preto, com ou sem brilho metálico; quando existia colônias típicas, transferia 2 a 3 de cada placa para tubo de Ágar Nutriente inclinados ou Ágar Padrão para Contagem – PCA inclinados, incubava os tubos à 35 °C por 24 horas; efetuava em cada cultura em Ágar Nutriente ou PCA, as seguintes provas bioquímicas: teste de Citrato de Simmons, teste do indol e teste de vermelho de metila APHA (2005).

4.3.3 Teste de Citrato de Simmons

Inoculou-se uma alçada com uma alíquota leve da cultura de PCA para a rampa dos tubos de Ágar Citrato de Simmons e incubou-se a 35 °C por 4 dias; Positivo: o meio, que tinha a cor verde, se tornaria azul intenso, principalmente na ápice; Negativo: não havia mudança no meio APHA (2005).

4.3.4 Teste do Indol

Inoculava uma alçada com inóculo leve em PCA para o Caldo Triptona e incubava a 35°C por 24 horas; Após este tempo foram adicionadas 2 gotas do reagente de Kovacs a cada tubo e agitava levemente. Positivo: presença de uma coloração vermelha na superfície do líquido; Negativo: presença de uma coloração amarelada na superfície do líquido APHA (2005).

4.3.5 Teste de Vermelho de Metila (VM)

Inoculou-se uma alçada com uma alíquota leve da cultura de PCA para o Caldo VM; Incubou-se a 35 °C por 48 horas, e adicionou-se 5 gotas de solução de vermelho de metila. Positivo: o meio adquiria uma coloração vermelha; Negativo: o meio adquiria uma coloração amarela APHA (2005).

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados obtidos neste estudo de caso, referente ao comportamento da biodigestão anaeróbia quando se adicionar ou não meios de cultura (bactérias mesófilas) ao biodigestor, seguem abordados sob a organização: Caracterização física e química durante o processo de biodigestão anaeróbia em até 56 dias; Avaliação Microbiológica dos efluentes (biofertilizantes), e por último, relatará sobre os resultados obtidos quanto à produção do biogás.

5.1 CARACTERIZAÇÃO FÍSICA E QUÍMICA DURANTE O PROCESSO DE BIODIGESTÃO ANAERÓBIA

As temperaturas foram aferidas duas vezes ao dia com intervalo de 12 horas. Os experimentos funcionaram de forma satisfatória quanto ao controle desta variável, tendo intervalo entre 32 °C a 35 °C (temperatura ambiente). Sabe-se que a temperatura é um fator decisivo no processo de fermentação do biodigestor, visto que este parâmetro influencia no processo de degradação biológica, podendo alterar no volume de produção de biogás, bem como interferir na composição do biofertilizante (CASTRO, CORTEZ, 1998).

Cortez, Lora e Gómez (2008) abordam também em seus estudos que a biodigestão anaeróbia indica uma correlação entre temperatura de operação e a produtividade do processo, frisando que no processo eminentemente biológico, os microrganismos participantes devem ser então adaptados ao meio e quanto às faixas de temperatura de operação, o processo pode ocorrer de 10 °C a 65 °C de acordo com o tipo de bactéria, tais como: psicrófilas (< 20 °C); mesófilas (20 °C a 45 °C) e termófilas (> 45 °C).

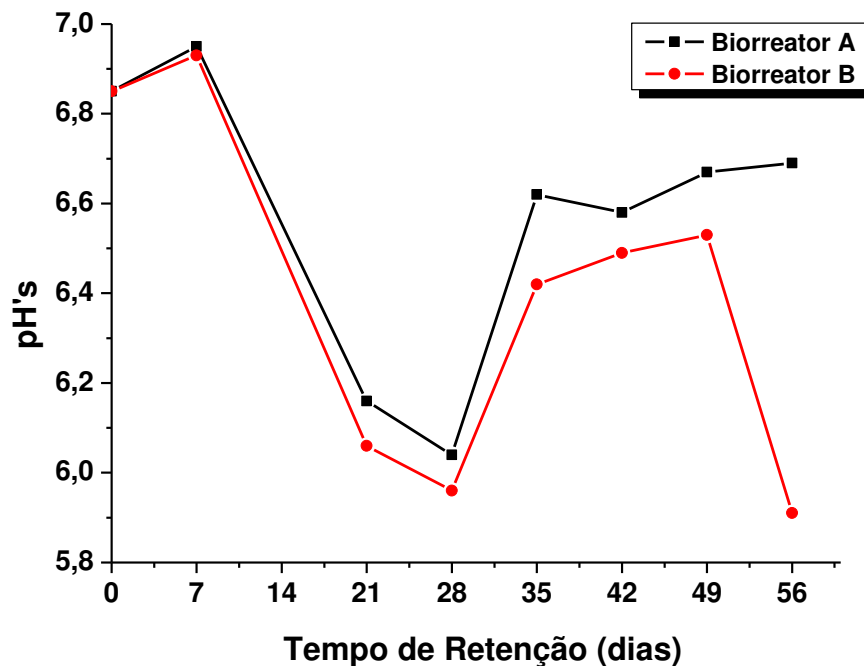
Diante desta fundamentação, é importante destacar que, os meios de cultura utilizados neste experimento continham categoricamente bactérias mesófilas.

Outro parâmetro que interfere na produção do metano é o pH do meio reacional. Alguns autores apontam o pH no intervalo entre 6,0 e 8,0 como sendo a faixa ótima para a digestão anaeróbia. Porém, Petruzzella et al (2013) relatam que a faixa ótima de pH para digestão anaeróbia de dejetos está entre 6,7 a 7,4. Acredita-

se que não existe um pH ideal para a atuação desses microrganismos, porém, recomenda-se que o pH esteja próximo a alcalinidade, em virtude dos microrganismos necessitarem estar em um meio que favoreça o seu desenvolvimento e atuação (OLIVEIRA, 2012).

Os resultados dos pH's registrados durante o monitoramento nos biorreatores, Figura 5.1, apontaram que no início os afluentes de ambos os biorreatores A e B, encontravam-se com pH's iguais, meio próximo da neutralidade. No entanto, ao passar dos dias, o biorreator A, portador da mistura de meios de cultura, caracterizou-se ser menos ácido em relação ao biorreator B, sem adição de meios de cultura. Obviamente, esta pequena variação se deve ao fato do biorreator A, ter havido aumento na carga nutritiva do meio (substrato) para o crescimento das bactérias, acreditando-se ter sido favorável no processo de biodegradação. Por sua vez, é importante esclarecer que não houve correção de pH durante o experimento de forma a reproduzir condições operacionais normais.

Figura 5. 1 Valores de pH dos Substratos nos Biorreatores em Relação ao Tempo de Retenção Hidráulica



A Figura 5.1 revela ainda, o comportamento dos pH's em relação ao tempo de retenção dos substratos em ambos os biorreatores, em que é possível observar oscilações nos meios (substratos) quanto a acidez e alcalinidade destes. No 28º dia verifica-se a menor redução no pH para o biorreator A (6,04), enquanto que o biorreator B foi percebido no 56º dia (5,91), mas que no 28º dia também teve diminuição no parâmetro para pH 5,96. Tal situação nos faz acreditar que nestes dias, tenha ocorrido maior presença de ácidos voláteis, resultando na etapa acetogênica, e dificultando na etapa metanogênica. Pois, de acordo com Pestana e Ganghis (2012) e Rizzoni (2012) no tratamento anaeróbio, essas variações, também chamadas de desequilíbrios são motivados por elevada população de bactérias acidogênicas, visto que estas prejudicam o desenvolvimento das bactérias metanogênicas.

Outro parâmetro interessante são os índices de condutividade elétrica, mensurados durante o monitoramento da biodegradação, indicando a formação de íons. A Tabela 5.1 apresenta os dados relacionados à condutividade elétrica dos substratos no decorrer de 56 dias de retenção hidráulica.

Tabela 5. 1 Condutividade Elétrica dos Substratos nos Biorreatores em Relação ao Tempo de Retenção Hidráulica (mS/cm a 25°C)

| Biorreator/ Condutividade | | Tempo de Retenção Hidráulica (em dias) | | | | | | | |
|------------------------------|--------------|--|------|------|------|-------|-------|-------|-------|
| | | 0 | 7 | 21 | 28 | 35 | 42 | 49 | 56 |
| A | mS/cm | 2,07 | 5,58 | 9,49 | 9,56 | 12,16 | 11,87 | 10,31 | 9,86 |
| B | mS/cm | 2,07 | 6,29 | 9,75 | 9,99 | 13,71 | 13,18 | 12,10 | 10,71 |

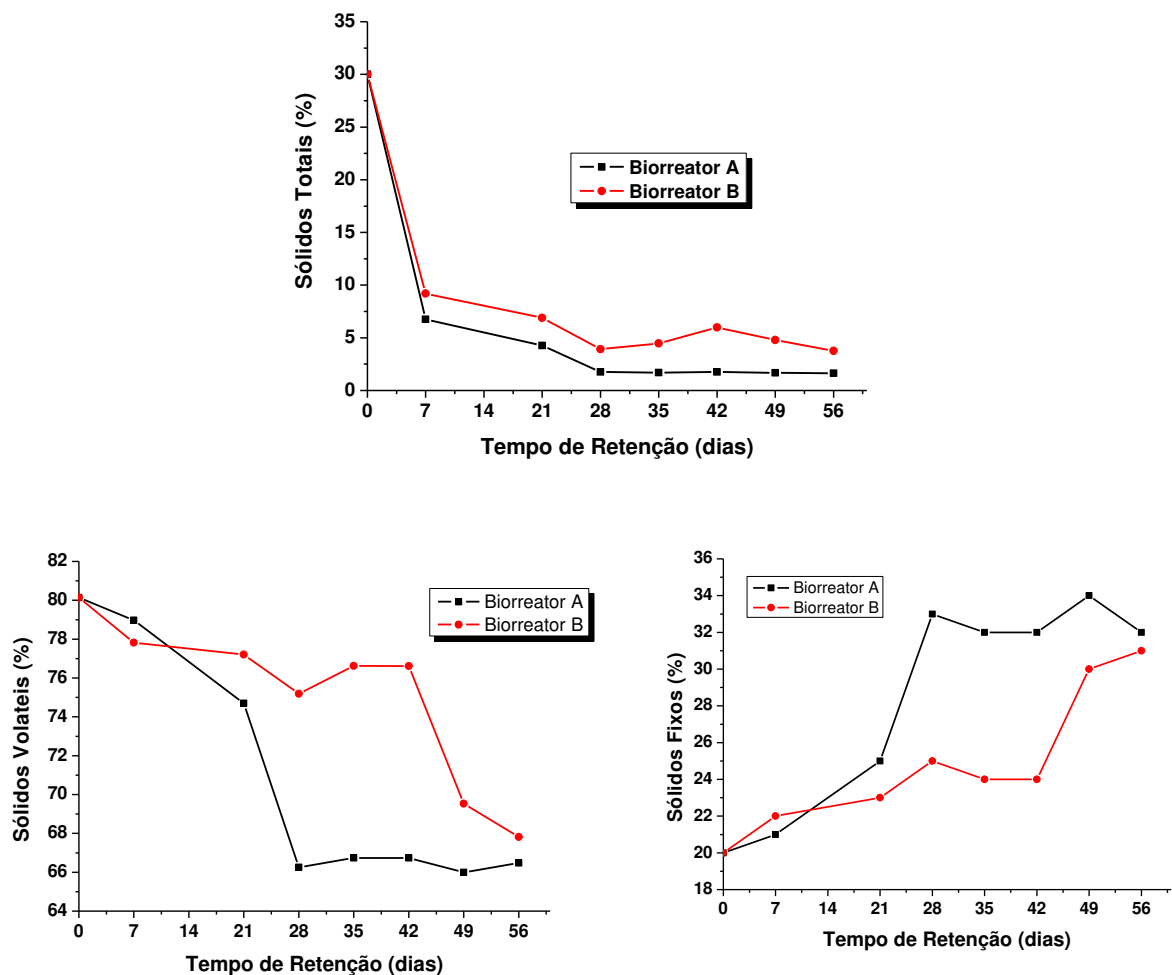
Para tanto, é possível relatar que durante o processo reacional, o biorreator B, teve valores de condutividade superior ao biorreator A. Acredita-se que a redução do valor do pH, promoveu meio mais ácido ao substrato, o que pode ter contribuído com a formação desses íons adsorvidos no substrato, dificultando a liberação de gases.

A condutividade elétrica no afluente líquido, ao final desse experimento confere certo grau de salinidade em relação ao afluente. De acordo com Silva et al

(2012), pode ser limitado seu uso direto em irrigação agrícola, mas como fertilizante (adubo orgânico), desde que controlado. Como o biofertilizante produzido no experimento é de origem orgânica é possível efetuar tal correção.

No que concerne aos monitoramentos referentes aos teores de sólidos totais, voláteis e fixos, Figura 5.2, verifica-se que em ambos os biodigestores houve decréscimo nos teores de sólidos totais em relação ao tempo de retenção do substrato nos biorreatores. Porém, o biorreator B apresentou menor percentual no fim do processo de biodegradação.

Figura 5. 2 Valores médios de sólidos totais, voláteis e fixos presentes durante o processo de biodigestão anaeróbia nos biorreatores



No que se refere aos sólidos voláteis, até o sétimo dia, os sistemas tiveram comportamento com pouca diferença, sendo que o biodigestor A, revelou maior

liberação de voláteis em relação ao B. Observa-se ainda que, o decaimento foi mais acentuado a partir do 42º dia. Já o sistema B o decaimento foi precoce, iniciando no 28º dia do processo de biodigestão.

As curvas dos sólidos voláteis permitem observar melhor eficiência do biorreator impulsionado pelos meios de cultura, haja vista que no Biorreator A contém maior população de bactérias metanogênicas. Ficando, portanto, evidenciado a produção do biogás, uma vez que as bactérias produziram metano (CH₄) e dióxido de carbono (CO₂) a partir da decomposição da matéria orgânica, conforme o entendimento de Leal et al (2012). De acordo com Rodrigues (2003) os sólidos voláteis indicam a fração orgânica dos sólidos, ou seja, sua redução implica na diminuição da matéria orgânica.

A ideia de que o desprendimento de sólidos voláteis é indicativo de formação de biogás foi apresentada também por McKendry (2002), quando ele afirma que o teor de voláteis é a parte da biomassa que evapora como um gás (incluindo o metano) por aquecimento. E infere ainda que, o teor de voláteis é quantificado medindo-se a fração de massa da matéria orgânica, que volatiliza durante o aquecimento de uma amostra padronizada e previamente seca, em atmosfera inerte. Klautau (2008) declara ainda que o material volátil interfere na ignição, pois quanto maior o teor de voláteis maior será a reatividade e conseqüentemente a ignição. Enfim, determina a facilidade com que uma biomassa queima.

Diferentemente da situação anterior, é possível visualizar o comportamento das curvas dos sólidos fixos em ambos os reatores (Figura 5.2), os quais foram distintos, de modo que o biodigestor B obteve maior retenção de material inorgânico em relação ao A. Isso mostra, sem margens para dúvidas, que biorreatores co-alimentados com meios de cultura líquidos, promove mais produção de gases.

5.1.1 Avaliação dos Macronutrientes (NPK)

As análises dos macronutrientes, em específico, Nitrogênio (N), Fósforo (P) e Potássio (K), nos afluentes e efluentes (biofertilizantes), revelaram as quantidades de nutrientes presentes nas referidas amostras. De acordo com os dados compilados na Tabela 5.2, observa-se que as concentrações de NPK foram mais elevadas no biodigestor A, em virtude de influência dos meios de cultura.

Tabela 5. 2 Concentrações de macronutrientes em ambos os afluentes e efluentes dos biodigestores no início e no fim do Tempo de Retenção Hídrica

| CONCENTRAÇÃO MACRONUTRIENTES | DE | BIODIGESTORES | | | |
|---------------------------------|----|---------------|---------|--------|---------|
| | | A | | B | |
| | | 1º dia | 56º dia | 1º dia | 56º dia |
| Nitrogênio (g/Kg) | | 30,39 | 31,91 | 27,36 | 29,93 |
| Fósforo (g/Kg) | | 10,75 | 10,77 | 10,75 | 10,60 |
| Potássio (mg/Kg) | | 11,21 | 12,38 | 9,48 | 11,54 |

Diante da boa qualidade do biofertilizante obtido, pode-se aproveitá-lo para os mais diversos fins como: controle de pragas e doenças de culturas agrícolas, pois esse tipo de biofertilizante age como escudo nos vetores; aumento da penetração de ar pelos poros, facilitando a sua respiração pelas raízes das plantas. Logo, conseqüentemente, obtêm maiores resultados de desenvolvimento; evitar erosões, pois as partículas ficam mais agregadas, absorvendo rapidamente as águas; dá vida a solos já degradados, aumentando a qualidade e a sua estrutura favorecendo o desenvolvimento das plantas, graças a multiplicação das bactérias; redução de prejuízo aos produtores, como por exemplo as plantas daninhas, pois diminui o poder germinativo das suas sementes; contribuir de forma extraordinária no restabelecimento do teor de húmus como expressa Berni (2011).

Sobretudo, por ser rico em Nitrogênio, o adubo orgânico elaborado nesta investigação pode contribuir ainda, para a absorção dos elementos minerais pelas raízes ou pelas próprias folhas através da fotossíntese ou da respiração. Além disso, pode ainda diminuir o amarelão das folhas e melhorar a produtividade de plantas frutíferas.

As benfeitorias do Potássio, segundo Souza et al (2013), presente neste composto se listam desde a diminuição da secagem das folhas, fortalecimentos dos

colmos, resistência do vegetal à seca, frios e pragas. Já o Fósforo auxilia na floração e frutificação, desenvolve o sistema radicular.

Uma tendência geral para compor substratos tem sido a adição de fontes de matéria orgânica, o que contribui não só para o fornecimento de nutrientes, mas também para a melhoria das características físicas do meio de cultivo (LIMA et al, 2006).

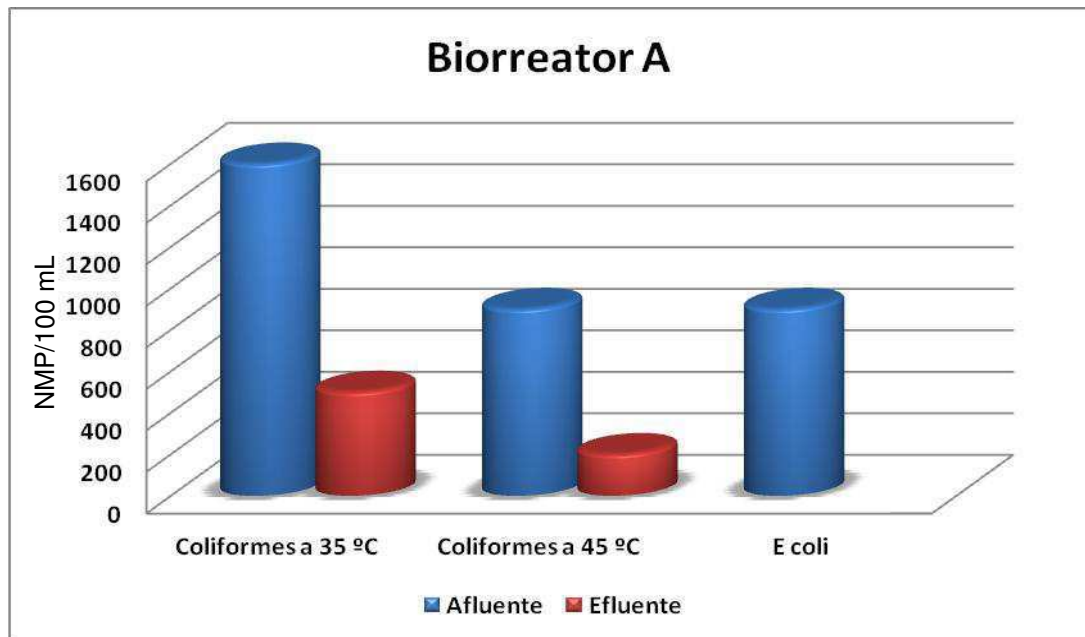
Em algumas regiões ou condições, o biofertilizante natural tem sido considerado perante aos agricultores uma alternativa de adubação orgânica mais viável, do ponto de vista econômico e agrônômico (SOUZA et al, 2013).

Cassol et al (2012) relatou em seu estudo que o fertilizante oriundo da biodigestão de dejetos suínos aplicado superficialmente em Latossolo Vermelho distroférico, não modifica o pH do solo, mas eleva a concentração de fósforo nos primeiros 5 cm superficiais do solo. Pode ser empregado como adubo para cultivo de milho sob o plantio direto.

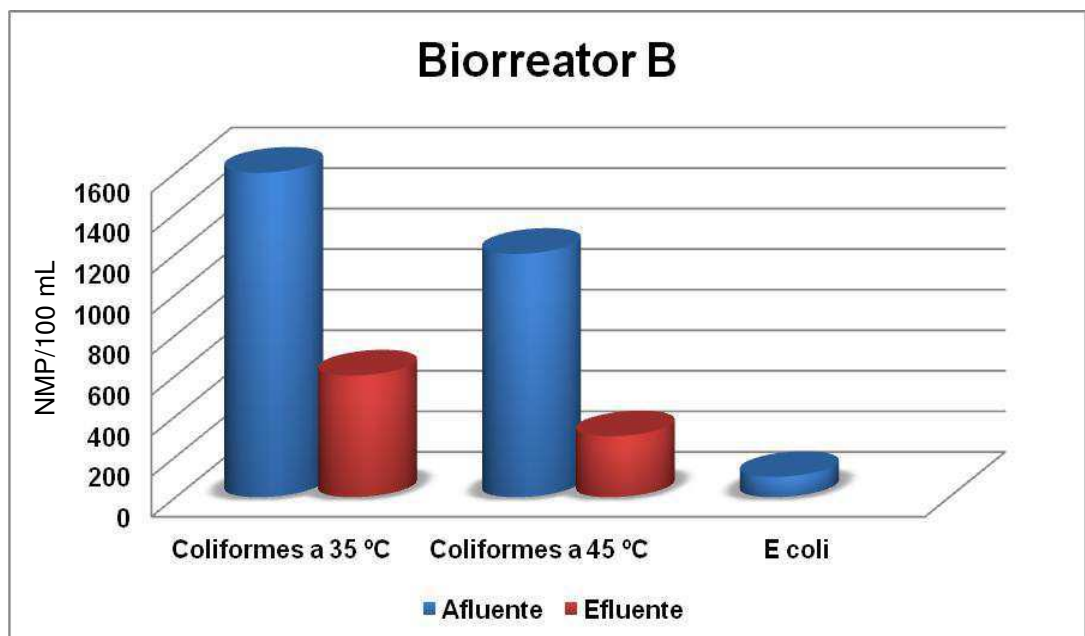
5.2 AVALIAÇÃO MICROBIOLÓGICA

As caracterizações microbiológicas foram realizadas tanto nos afluentes como nos efluentes em ambos os biorreatores. Os resultados seguem compilados na Figura 5.3 a e b, indicando as quantidades de coliformes totais (35 °C) e termotolerantes (45 °C) e *E. coli* presentes nas amostras antes e depois do processo de biodigestão.

Figura 5. 3 Caracterização Microbiológica dos Afluentes e Efluentes de ambos os Biorreatores A (a) e B (b)



(a)



(b)

Os resultados evidenciaram em ambos os biorreatores A e B, que estes receberam elevadas carga de coliformes totais e termotolerantes através dos seus respectivos afluentes. E, portanto, estas biomassas durante o processo metabólico

anaeróbio sofreram uma brusca redução nas suas respectivas cargas microbiológica.

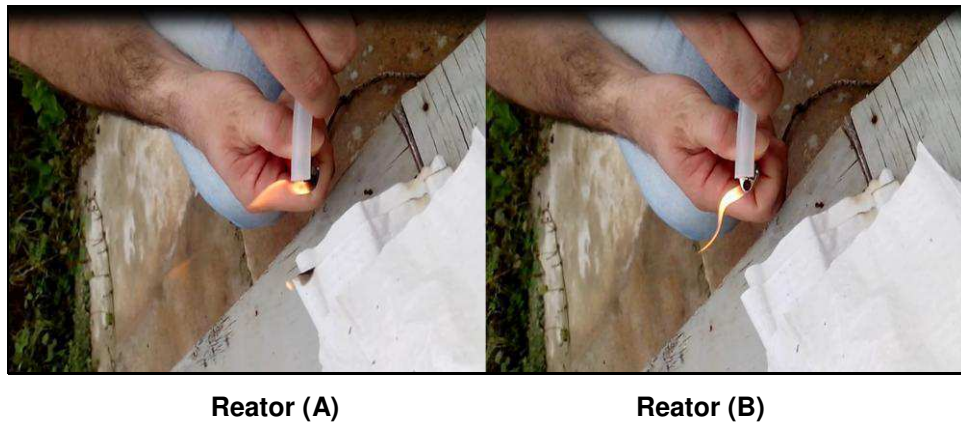
Destaque também para a *E. coli*, que teve ausência total em ambos efluentes dos biorreatores. Tal fato, é considerado bastante relevante, do ponto de vista de patogênicos, pois, ao final do processo de degradação da matéria orgânica, o efluente líquido denominado de biofertilizante servirá como adubo orgânico natural para ser aplicado em lavouras com uma certa segurança. Com isso, o agricultor poderá manipular o solo agora enriquecido sem prejuízo para sua saúde e das demais pessoas envolvidas na cadeia produtiva.

Por outro lado, apesar da segurança do biofertilizante, é necessário investigar a qualidade da água utilizada na irrigação. Em 2010, Abreu e colaboradores realizaram experimentos cultivando alface com este tipo de composto, no qual não se constatou contaminação do solo e dos adubos orgânicos por microrganismos, mas foi verificada contaminação da água e, conseqüentemente, da alface colhida. Portanto, existe um forte indício de ser a água a principal fonte de contaminação do produto agrícola na área do experimento e não os adubos sendo esses de origem química ou orgânica. Como a alface é usualmente consumida crua, em saladas ou sanduíches, e considerando os possíveis prejuízos que o produto contaminado pode causar à saúde, recomenda-se higienização e sanitização com cloro e posterior enxágue em água livre de contaminantes.

5.3 AVALIAÇÃO DA PRODUÇÃO DE BIOGÁS

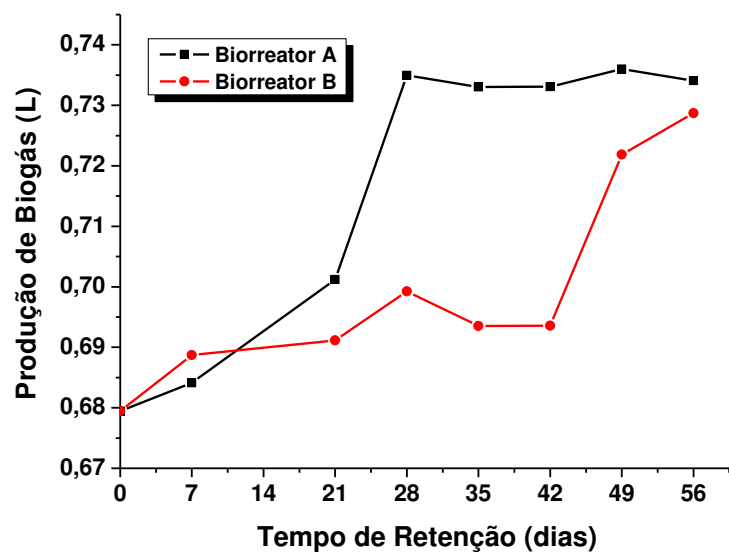
Quantificou-se a produção de gases, durante o monitoramento do processo da biodigestão nos dois biorreatores, não sendo possível afirmar nestes experimentos composição de cada gás emitido durante o decorrer do processo. No entanto, foram realizados testes de chama em ambos confirmando a presença do gás metano (CH_4), conforme ilustrada na Figura 5.4.

Figura 5. 4 Teste de Chama - queima do biogás



A Figura 5.5 ilustra a quantidade obtida correspondente à produção de biogás em cada biorreator em função do tempo de retenção (em dias). Por sua vez, percebe-se que no biodigestor B, a obtenção de biogás foi menor em relação ao A. O que nos leva a afirmar, fundamentando-se na literatura científica (LAY et al 1997), que a produção de gases é influenciada por vários fatores, dentre eles a composição da biomassa, e que, neste estudo teve a presença dos meios de culturas usados, promovendo um ambiente com mais nutriente para o crescimento das bactérias metanogênicas.

Figura 5. 5 Produção de Biogás



Analisando ainda, o comportamento das curvas na referida Figura 5.5, observa-se que no 7^o dia o biorreator B teve uma singela elevação no desprendimento de biogás em relação ao biorreator A. Acredita-se que, este fato esteja atribuído ao aumento da temperatura, visto que as bactérias metanogênicas são sensíveis a este parâmetro, logo, neste instante de tempo o biodigestor A portava em seu meio, maior população de microrganismos, o que resultou na singela diminuição.

6. CONCLUSÃO

Diante dos resultados expressos neste estudo de caso, buscando entender o comportamento da influência de meios de cultura durante o processo de biodigestão anaeróbia, foi possível inferir que:

O processo da biodigestão anaeróbia foi monitorado por 56 dias, observando o desenvolvimento das reações metabólicas de dois biorreatores, tipo batelada. Sendo que, um dos biorreatores continha presença de meios de cultura misturados com dejetos suínos (Biorreator A), e o outro apenas com os dejetos da suinocultura (Biorreator B).

A interferência da adição dos meios de cultura na composição do substrato facilitou em um melhor desempenho no processo de biodegradação, em função do tempo de retenção, visto que, este biorreator (A) obteve maior liberação de gases desempenhados pelas bactérias metanogênicas. No tocante aos parâmetros físicos e químicos, estes evidenciaram que os pH's em ambos os biorreatores não foram tão significativos que nos levasse a concluir diferenças no processo metabólico, no entanto, para o biorreator A nos apresentou maior redução nos sólidos totais, e aumento dos sólidos voláteis em relação ao B.

No que concerne ao efluente do biorreator A, este obteve menor concentração de sais, elevada concentração de macronutrientes (NPK), e menor concentração de coliformes totais, termotolerantes e *E. coli*, após o processo da biodigestão anaeróbica em relação ao efluente do biorreator B, isento dos meios de cultura. Esses fatores são considerados bastante satisfatórios, porque agregam ao efluente, excelentes qualidades de nutrientes para ser utilizado como biofertilizante pelo agricultor no cultivo, ou até mesmo na recuperação de solos degradados.

Para tanto, os meios de culturas descartas nos laboratórios considerados rejeitos podem se tornar resíduos, em virtude de termos promovido uma alternativa de aproveitamento deste.

Em síntese, este trabalho nos evidenciou que o aproveitamento de rejeitos descartados como os meios de cultura usados em laboratórios microbiológicos, com presença de bactérias metanogênicas, podem ser incorporados a outros resíduos orgânicos em um biodigestor, e favorecer a otimização do processo em alguns pontos como: melhor biodegradação da mistura, e com isso maior desprendimento

de gases pelas bactérias metanogênicas, além de incorporar nutrientes ao efluente quando estabilizado, propiciando a um melhor adubo orgânico (biofertilizante).

REFERÊNCIAS

- ABRELPE – Panorama de Resíduos Sólidos no Brasil. ISSN 2179-8303. 2013. Disponível em: <http://www.abrelpe.org.br/Panorama/panorama2013.pdf>. Acessado em 08/12/2014.
- ABREU, I. M. O., JUNQUEIRA, A. M. R., PEIXOTO, J. R; OLIVEIRA, S. A. Qualidade microbiológica e produtividade de alface sob adubação química e orgânica. **Ciênc. Tecnol. Aliment.**, v.30, suppl.1, p.108-118, mai. 2010.
- AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION (APHA). Standard methods for examination of water and wastewater. 21.ed. Washington: American Water Works Association, 2005. 1368p.
- ÁVILA, L. G., SILVA, D. G., FAGLIARI, J. J. Comparação dos caldos selenito cistina, tetrionato Muller-Kauffmann e Rappaport-Vassiliadis no isolamento de Salmonella Typhimurium. **Arq. Bras. Med. Vet. Zootec.**, v.64, n.3, p.773-775, jun. 2012.
- BALDISSERA, I. T. Poluição Por Dejetos de Suínos no Oeste Catarinense. **Agropecuária Catarinense**. v. 15, n. 1, p. 11-12, mar. 2002.
- BERNI, J. V. **Fermentação Anaeróbica de Dejetos Bovinos em Biodigestor Canadense: análise de macro e micronutrientes de biofertilizante**. 2011. 58p. Monografia (Tecnologia de biocombustíveis) Faculdade de Tecnologia de Araçatuba, Centro Estadual de Educação Tecnológica Paula Souza, Araçatuba - SP, 2011.
- BNDES e CGEE. **Bioetanol de cana-de-açúcar: Energia para o desenvolvimento sustentável**. Organização BNDES e CGEE. Rio de Janeiro: BNDES, 2008. Disponível em: <http://www.bioetanoldecana.org/pt/download/bioetanol.pdf> Acessado em: 13/12/2013.
- BRASIL. Lei n. 12.305, de 2 de agosto de 2010. **Política nacional de resíduos sólidos**. 2. ed. – Brasília : Câmara dos Deputados.
- BYOSYSTEMS. Meios de cultura. 2014. Disponível em: <http://www.biosystems.com.br/produto>. Acessado em: 08/12/2014.
- CASSOL, P. C.; COSTA, A. C. da; CIPRANDI, O.; PANDOLFO, C. M.; ERNANI, P. R. Disponibilidade de macronutrientes e rendimento de milho em latossolo fertilizado com dejetos suíno. **Rev. Bras. Ciênc. Solo**, v..36, n.6, p.1911-1923, 2012.
- CASTRO, L. R. DE; CORTEZ, L. A. B. Influência da temperatura no desempenho de biodigestores com esterco bovino. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 2, n 1, p.97-101, 1998.
- CIRNE, D. G. PALOUMET, X.; BJÖRNSSON, L.; ALVES, M. M.; MATTIASSON, B. Anaerobic digestion of lipid-rich waste – Effects of lipid concentration. **Renewable Energy**, v.32, n.6, p.965-975, 2007. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0960148106000942>> Acesso em: 16 nov.2013.

COLDEBELLA, A. **Viabilidade do Uso do Biogás da Bovinocultura e Suinocultura Para Geração de Energia Elétrica e Irrigação em Propriedades Rurais**. 2006. 75 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) - Universidade Estadual do Oeste do Paraná. Cascável, 2006.

COOLS, D.; MERCKX, R.; VLASSAK, K.; VERHAEGEN, J. Survival of E. Coli and Enterococcus spp. Derived From Pig Slurry in Soils of Different Texture. **Applied Soil Ecology**. v.17. p. 53-62, 2001.

CORTEZ, L. A. B.; LORA, E. E. S.; GÓMEZ, E. O. **Biomassa Para Energia**. Campinas: UNICAMP, 2008

CRAVEIRO, A. M.; LA IGLESIA, M. R. de; HIRATA, Y. S. **Manual de biodigestores rurais**. São Paulo: Ipt, 1982. 61 p.

DA SILVA, N., JUNQUEIRA, V. C. A., SILVEIRA, N. F. A., TANIWAKI, M. H., DOS SANTOS, R. F. S., GOMES, R. A. R. **Manual de Métodos de Análise Microbiológica de Alimentos e Água**. 3. ed. São Paulo: Varela, 2010.

DIAS, S. G., SIPAÚBA-TAVARES, L. H. Physical, chemical and microbiological aspects during the dry and rainy seasons in a pond covered by macrophyte used in aquaculture water supply. **Acta Limnol. Bras.**, v.24, n.3, p.276-284, set. 2012.

DIESEL, R.; MIRANDA, C. R.; PERDOMO, C. C. **Coletânea de Tecnologias Sobre Dejetos Suínos**. Concórdia: Embrapa Suínos e Aves, n. 14, p. 30, ago. 2002. (Boletim Informativo). Disponível em: <<http://docsagencia.cnptia.embrapa.br/suino/bipers/bipers14.pdf>>. Acesso em: 06 jul. 2013.

FEDER, F.; FINDELING, A. Retention and Leaching of Nitrate and Chloride in An Andic Soil After Pig Manure Amendment. **European Journal of Soil Science**. v. 58, p. 393-404, 2007.

FRANCO, M. L. R. S., AMARAL, L. A., VIEGAS, E. M. M., KRONKA, S. N., GASPARINO, E., MIKCHA, J. M. G., DEL VESCO, A. P. Qualidade microbiológica e vida útil de filés defumados de tilápia-do-nilo sob refrigeração ou congelamento. **Pesq. Agropec. Bras.**, v.48, n.8, p.1071-1079, ago. 2013.

FUKAYAMA, E. H. **Características quantitativas e qualitativas da cama de frango sob diferentes reutilizações: efeitos na produção de biogás e biofertilizante**. 2008. 96 f. Tese (Doutorado em Produção Animal) – Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinária, Universidade Estadual Paulista. Jaboticabal, 2008.

GANGBAZO, G.; COUILLARD, D.; PESANT, A. R.; CLUIS, D. Effects of Hog Manure on Nitrogen and Phosphorus Loads in Runoff Water Following Simulated Rainfall. **Canadian Agricultural Engineering**. v. 35, p. 97-103, 1993.

GIONGO, C. **PRODUÇÃO DE ÁCIDOS GRAXOS VOLÁTEIS POR BIODIGESTÃO ANAERÓBIA DA MANIPUEIRA**. 2011. 86f. (Dissertação em Engenharia Química). Pós-Graduação em Engenharia Química, UNIOESTE, Toledo, PR. 2011.

KLAUTAU, J. V. P. **Análise Experimental de uma Fornalha a lenha de Fluxo Cocorrente Para Secagem de Grãos**. 2008.196f. (Dissertação em Engenharia de Recursos Hídricos e Ambiental), PPGERHA, UFPR. Curitiba: 2008.

KUNZ, A.; PERDOMO, C. C.; OLIVEIRA, P. A. V. de. **Biodigestores: avanços e retrocessos**. Concórdia: EMBRAPA - CNPSA, 2004. 5 p. Disponível em: <http://www.cnpsa.embrapa.br/down.php?tipo=artigos&cod_artigo=9>. Acesso em: 28 março 2014.

LAY, J. J.; LI, Y.Y; NOIKE, T.; ENDO, J.; ISHIMOTO, S. Analysis of environmental factors affecting methane production from high-solids organic waste. **Japan Elsevier Science**. v. 36, n. 6 – 7, p. 493 – 500. 1997

LEAL, M. A. de A.; GUERRA, J. G. M.; PEIXOTO, R. T. dos G.; ALMEIDA, D. L de. Desempenho de crotalária cultivada em diferentes épocas de semeadura e de corte. **Rev. Ceres**, v. 59, n.3, p. 386-391. 2012.

LEITE, V. L.; SOUSA, J. T.; PRASAD, S.; LOPES, W. S.; ATHAYDE JÚNIOR, G. B.; DANTAS, A. M. M. Tratamento de resíduos sólidos de centrais de abastecimento e feiras livres em reator anaeróbio de batelada. **Rev. Bras. Eng. Agríc. Ambient.**, v.7, n,2, p.318-322, 2003.

LEUNG, D. Y. C.; WU, X.; LEUNG, M. K. H. A review on biodiesel production using catalyzed transesterification. **Applied Energy**, v. 87 , p. 1083–1095, 2010.

LIMA R. L. S; SEVERINO, L. S; SILVA, M. I. L; JERÔNIMO, J. F; VALE, L. S; BELTRÃO, N. E. M. Substratos para produção de mudas de mamoneira compostos por misturas de cinco fontes de matéria orgânica. **Ciência e Agrotecnologia**, v.30, p.474-479, 2006.

LUNA, M. L. D. de, LEITE, V. D., LOPES, W. S., SOUSA, J. T., SILVA, S. A. Tratamento anaeróbio de resíduos orgânicos com baixa concentração de sólidos. **Eng. Agríc.**, v.29, n.1, p. 113-121, 2009.

MAIA, D. C. S. **Remoção de H₂S e CO₂ de biogás para utilização Energética**. 2011. 86f. (Dissertação em Engenharia Química). Programa de Pós-Graduação em Engenharia Química da Universidade Estadual de Maringá, MARINGÁ – PR, 2011.

MANUAL BIODIGESTOR WINROCK. 2009. Disponível em: <http://www.neppa.uneb.br/textos/publicacoes/manuais/manual_biodigestor_winrock.pdf>. Acesso em. 01 abril. 2014.

MARTINS, D; BICA, G. S. Biodigestor, uma solução de baixo custo para pequenas propriedades. In: VIII Congresso Brasileiro de Agroecologia. **Cadernos de Agroecologia** – ISSN 2236-7934 – v 8, n. 2, Nov 2013. Disponível em: <http://www.aba-agroecologia.org.br/revistas/index.php/cad/article/viewFile/13615/8936>. Acessado em: 02/12/2014.

MCKENDRY, P. Energy production from biomass (part 1): overview of biomass. **Bioresource Technology**, v. 83, n 1, p. 37-46, 2002.

MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA – MME. **Balço Energético Nacional 2004: Ano Base 2003**. Secretaria de Energia, República Federativa do Brasil, 2004.

NOGUEIRA, L. A. H. **Biodigestão: A alternativa energética**. São Paulo: Nobel, 1992. 93 p.

OLIVEIRA, M. M. **Estudo da inclusão de compartimentos em biodigestores modelo canadense**. 2012. 112f. Dissertação em Desenvolvimento de Processos Agroindustriais e Ambientais. Pós Graduação em Engenharia de Processos, Universidade Federal de Santa Maria (UFSM), Santa Maria – RS.

OLIVEIRA, P. A. V. de. Produção e Aproveitamento do Biogás. In: OLIVEIRA, P. A. V. de et al. Tecnologias para o manejo de resíduos na produção de suínos: **Manual de boas praticas. Concórdia: Gestão Integrada de Ativos Ambientais**, Cap. 4, p. 42-55, 2004.

_____. **Manual de Manejo e Utilização dos Dejetos de Suínos**. Concórdia: Embrapa Suínos e Aves, 1993. 188 p. (Embrapa Suínos e Aves. Documentos, 27).

OLIVEIRA, P. A. V.; HIGARASHI, M. M.; NUNES, M. L. A. **Efeito Estufa**. Suinocultura Industrial, São Paulo, v. 25, n. 7, ed. 172, p. 16-20. 2003.

OLIVEIRA, R M de. **Biossistemas Integrados na Suinocultura**. Instituto de Tecnologia do Paraná (TECPAR): Dossiê Técnico, 2007. 62 p. Disponível em: <<http://www.sossuinos.com.br/Tecnicos/info18.pdf>>. Acesso em: 06 ago. 2014. 05/08/2014

ORRICO JUNIOR, M. A. P., ORRICO, A. C. A., LUCAS JUNIOR, J., SAMPAIO, A. A. M., FERNANDES, A. R. M., OLIVEIRA, E. A. Biodigestão anaeróbia dos dejetos da bovinocultura de corte: influência do período, do genótipo e da dieta. **R. Bras. Zootec.**, v.41, n.6, p.1533-1538, 2012.

PERDOMO, C. C. **Sugestões para o manejo, tratamento e utilização de dejetos de suínos**. Disponível em:<www.embrapa.cnpsa.com.br/artigos> acesso em 28 de dezembro 2013.

PESTANA, M.; GANGHIS, D. **Apostila de Tratamento de Efluentes**. Centro Federal de Educação Tecnológica CEFET/BA. Disponível em: <www.ifba.edu.br/.../Apostila%20Tratamento%20de%20Efluentes.doc> Acesso em: 27 ago.2014.

PETRUZZELLA, A.; MARINHO, C. C.; SANCHES, L. F.; MINELLO, M.; ESTEVES, F. de A. Magnitude and variability of methane production and concentration in tropical coastal lagoons sediments. **Acta Limnol. Bras.**, v. 25, n. 3, p.341-351, 2013.

PORTO, M. A. L., OLIVEIRA, A. M., FAI, A. E. C., STAMFORD, T. L. M. Coliformes em água de abastecimento de lojas fast-food da Região Metropolitana de Recife (PE, Brasil). **Ciênc. Saúde Coletiva**, v.16, n.5, mai. 2011.

PROJETO GERAÇÃO DISTRIBUÍDA. **Relatório Técnico Parcial I: Revisão Bibliográfica: Geração de Biomassa - Unidade Granja Colombari (UGC)**. Foz do Iguaçu: FINEP - ITAI, 2009.

QUADROS, D. G., OLIVER, A. P. M., VALLADARES, R., SOUZA, P. H. F., FERREIRA, E. J. Biodigestão Anaeróbia de Dejetos de Caprinos e Ovinos em Reator Contínuo de PVC Flexível. **Rev. Bras. Eng. Agríc. Ambient.**, v. 14, n. 3, 2010.

REFOSCO, D. **Utilização de Resíduos da Suinocultura para Produção de Energia Através do Biogás e Fertilizantes Orgânicos Estudo de Caso: Granja Marmentini - Dois Vizinhos – PR**. 2011. 86f. (Dissertação em Desenvolvimento de Tecnologia). Programa de Pós-Graduação em Desenvolvimento de Tecnologia PRODETEC do Instituto de Tecnologia para o Desenvolvimento – LACTEC, Instituto de Engenharia do Paraná – IEP. Curitiba – PR, 2011.

REIS, A dos S. **Tratamento de resíduos sólidos orgânicos em biodigestor anaeróbio**. 2012. 63p. Dissertação (Tecnologia Ambiental). Programa de Pós-graduação em Engenharia Civil e Ambiental da Universidade Federal de Pernambuco. Recife – PE, 2012.

RODRIGUES, L. S. **Avaliação “in vitro” da eficiência de diferentes inóculos no tratamento anaeróbico de efluentes líquidos de suinocultura**. 2003. 161 p. Dissertação (Mestrado em Veterinária) – Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2003.

RODRIGUES, J. P.; ORRICO, A. C. A.; ORRICO JUNIOR, M. A. P.; SENOL, L. de O.; ARAÚJO, L. C. de; SUNADA, N. da S. Adição de óleo e lipase sobre a biodigestão anaeróbia de dejetos suínos. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.44, n.3, p.544-547, mar, 2014.

RIZZONI, L.B.,TOBIAS, A. C. T., DEL BIANCHI, M, DIAS, J. A. D. Biodigestão Anaeróbia no Tratamento de Dejetos de Suínos. **Revista Científica Eletrônica de Medicina Veterinária** –, Ano IX – Número 18 – Periódicos Semestral. 2012.

SALOMON, K. R.; LORA, E. E. S. Estimativa do potencial de geração de energia elétrica para diferentes fontes de biogás no Brasil. **Biomassa & Energia**, v.2, n.1, 2005.

SCHULTZ, G. **Boas Práticas Ambientais na Suinocultura**. Porto Alegre: SEBRAE/RS, 2007. 44 p. Disponível em: <[http://www.biblioteca.sebrae.com.br/bds/BDS.nsf/A4DEFB9FA25C1277832574570050C804/\\$File/suinocultura.pdf](http://www.biblioteca.sebrae.com.br/bds/BDS.nsf/A4DEFB9FA25C1277832574570050C804/$File/suinocultura.pdf)>. Acesso em: 06 ago. 2014.

SEGANFREDO, M. A.; RUMJANEK, N. G.; XAVIER, G. R.; BARIONI JÚNIOR, W. **Visualizando Além dos Benefícios, na Análise do Uso dos Dejetos de Animais Como Fertilizante**. In: REUNIÃO BRASILEIRA DE MANEJO E CONSERVAÇÃO DO SOLO E DA ÁGUA, 15, 2004, Santa Maria. Anais... Santa Maria: SBCS, 2004. 1 CD-ROM.

SILVA, A. F., PINTO, J. M., FRANÇA, C. R. R. S., FERNANDES, S. C., GOMES, T. C. A., SILVA, M. S. L., MATOS, A. N. B. Preparo e Uso de Biofertilizantes Líquidos. **Comunicado Técnico da Embrapa Semi-Árido**, maio 2007a.

_____, Características químicas e aceitação de biofertilizante preparado e utilizado em horta agroecológica do Semi-Árido Nordeste. **Revista Brasileira de Agroecologia**, v. 2, n.2, p. 962-965, 2007b.

SILVA, W. T. L. da; NOVAES, A. P. de; KUROKI, V.; MARTELLI, L. F. de A.; MAGNONI JUNIOR, L. Avaliação físico-química de efluente gerado em biodigestor anaeróbio para fins de avaliação de eficiência e aplicação como fertilizante agrícola. **Quím. Nova [online]**. v.35, n.1, p. 35-40, 2012.

SOUZA, C. de F. Produção de biogás e tratamento de resíduos: Biodigestão anaeróbia. **Ação Ambiental, Viçosa**, n. 34, p.26-29, nov./dez. 2005.

SOUZA, E. G. F.; BARROS JUNIOR, A. P.; SILVEIRA, L. M. da; SANTOS, M. G. dos; SILVA, E. F. da. Emergência e desenvolvimento de mudas de tomate IPA 6 em substratos, contendo esterco ovino. **Rev. Ceres**, v. 60, n.6, p.902-907, 2013.

SOUZA, O., FEDERIZZI, M., COELHO, B., WAGNER, T. M., WISBECK, E. Biodegradação de resíduos lignocelulósicos gerados na bananicultura e sua valorização para a produção de biogás. **Rev. Bras. Eng. Agríc. Ambient.**, v.14, n.4, 2010.

STAISS, C.; PEREIRA, H. **Biomassa: Energia Renovável na Agricultura e no Setor Florestal**. Instituto Superior de Agronomia. Centro de Estudos Florestais. AGROS, 2001.

TEDESCO, M. J.; GIANELLO, C.; BISSANI, C. A.; BOHNEN, H; VOLKWEISS, S. J. **Análise de solo, plantas e outros materiais**. 2.ed. Porto Alegre, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 1995. 174p.

USDA – United States Departamen Of Agriculture. 2013.

VALENTE, A. M. ALEXANDRE V. M.; CAMMAROTA, M. C.; FREIRE, D. M. G. Pré-hidrólise enzimática de gordura de efluente da indústria de pescado objetivando o aumento da produção de metano. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v.30, p.483-488, 2010.

ZANETTE, A. L. **Potencial de Aproveitamento Energético do Biogás no Brasil**. Dissertação de Mestrado. Programa de Planejamento Energético, COPPE, da Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2009.