

UNIVERSIDADE ESTADUAL DO OESTE DO PARANÁ
UNIOESTE CENTRO DE CIÊNCIAS EXATAS E TECNOLÓGICAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO “SCRICTU SENSU” EM ENERGIA NA AGRICULTURA
NÍVEL MESTRADO

GERAÇÃO DE BIOGÁS UTILIZANDO CAMA DE AVIÁRIO E MANIPUEIRA

ANA BEATRYZ PRENZIER SUZUKI

CASCADEL - PARANÁ – BRASIL

FEVEREIRO - 2012

UNIVERSIDADE ESTADUAL DO OESTE DO PARANÁ
UNIOESTE CENTRO DE CIÊNCIAS EXATAS E TECNOLÓGICAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO “SCRICTU SENSU” EM ENERGIA NA AGRICULTURA
NÍVEL MESTRADO

GERAÇÃO DE BIOGÁS UTILIZANDO CAMA DE AVIÁRIO E MANIPUEIRA

ANA BEATRYZ PRENZIER SUZUKI

Orientdor: Prof^o. Dr^o. Armin Feiden

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Energia na Agricultura em cumprimento parcial aos requisitos para obtenção do título de Mestre em Energia na Agricultura, área de concentração em **Agroenergia**.

CASCADEL – PARANÁ – BRASIL

FEVEREIRO – 2012

Dados Internacionais de Catalogação-na-Publicação (CIP)
Biblioteca Central do Campus de Cascavel – Unioeste
Ficha catalográfica elaborada por Jeanine da Silva Barros CRB-9/1362

S972g Suzuki, Ana Beatriz Prenzier
Geração de biogás utilizando cama de aviário e manipueira. / Ana Beatriz Prenzier Suzuki— Cascavel, PR: UNIOESTE, 2012.
69 p.

Orientador: Prof. Dr. Armin Feiden
Dissertação (Mestrado) – Universidade Estadual do Oeste do Paraná.

Programa de Pós-Graduação *Stricto Sensu* em Energia na Agricultura, Centro de Ciências Exatas e Tecnológicas.
Bibliografia.

1. Biogás. 2. Biofertilizante. 3. Biocombustíveis. 4. Cama de aviário. Manipueira. I. Universidade Estadual do Oeste do Paraná. II. Título.


CDD 21.ed. 631.86

ANA BEATRYZ PRENZIER SUZUKI


“Geração de biogás utilizando cama de aviário e manipueira”

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação *Stricto Sensu* em Energia na Agricultura em cumprimento parcial aos requisitos para obtenção do título de Mestre em Energia na Agricultura, área de concentração Agroenergia, **aprovada** pela seguinte Banca Examinadora:


Orientador:



Prof. Dr. Armin Feiden
Universidade Estadual do Oeste do Paraná – UNIOESTE/Cascavel



Prof. Dr. Elisandro Pires Frigo
Universidade Estadual do Oeste do Paraná – UNIOESTE/Cascavel



Prof. Dra. Kátya Regina de Freitas
Universidade Tecnológica Federal do Paraná – UTFPR/Cornélio
Procópio

Cascavel, 10 de fevereiro de 2012.

DEDICATÓRIA

Dedico essa dissertação, em primeiro lugar a Deus, pela graça a mim concedida por poder alcançar tantos marcos importantes e felizes em minha vida.

A minha família e a todos que torceram por mim me ajudaram, apoiaram e que de alguma forma venceram comigo mais esta etapa da minha vida.

AGRADECIMENTOS

- A Deus por ter me dado forças e iluminando meu caminho para que pudesse concluir mais uma etapa da minha vida;
- A minha irmã Polyana, por todo amor e dedicação que sempre teve comigo, a quem considero uma segunda mãe, por ter sido tão dedicada em minha criação, sempre me apoiando em todos os momentos, enfim por todos os conselhos e pela confiança em mim depositada, pelas horas em que ficou ao meu lado não me deixando desistir e me mostrando que sou capaz de chegar onde desejo, sem dúvida foi quem me deu o maior incentivo para conseguir concluir esse trabalho meus imensos agradecimentos.
- A minha madrinha Véra, meu eterno agradecimento pelos momentos em que estive ao meu lado, me apoiando e me fazendo acreditar que nada é impossível, que abriu mão de muitas coisas para me proporcionar a realização deste trabalho.
- A minha avó Inah, por estar sempre torcendo e rezando para que meus objetivos sejam alcançados.
- Ao meu pai Gilson (in memória) e minha mãe Many que mostrou que muitas vezes um gesto marca mais que muitas palavras.
- As minhas irmãs Ivy e Byanca pelo carinho e atenção que sempre tiveram comigo,
- A minha tia Suzy e meu tio Ney por me ajudar em mais esta etapa da minha vida, a quem em tempos passados acreditaram e me concederam incentivos.
- A minha Tia Eliana por estar sempre torcendo por mim.
- Aos amigos queridos, de perto e de longe, a minha eterna gratidão. Em especial as minhas amigas Kátya, Sara e Thais, pelas alegrias, tristezas e dores compartilhadas, com vocês as pausas entre um parágrafo e outro de produção foram muito mais produtivas. Ao amigo Júlio e Maicon pelas risadas e momentos proporcionados.
- Aos amigos que fiz durante o curso, pela verdadeira amizade que construímos em particular ao Rui Alexandre que sempre estive ao meu lado para o que fosse preciso. A Gislaine por dedicar parte do seu tempo e paciência para ajudar não só a mim, mas a todos os colegas. Ao Fabio por estar sempre disposto a ajudar nas horas em que mais preciso. E a todos os demais amigos pela cooperação em todos os trabalhos, meus especiais agradecimentos. Sem vocês essa trajetória não seria tão prazerosa;
- Ao meu orientador, professor Armin Feiden, pelo ensinamento e dedicação dispensados no auxílio à concretização dessa dissertação; A todos os professores do Programa de Pós-

- Graduação em Energia na Agricultura, pela paciência, dedicação e ensinamentos disponibilizados nas aulas, cada um de forma especial contribuiu para a conclusão desse trabalho e conseqüentemente para minha formação profissional;
- Por fim, gostaria de agradecer a todos os amigos e familiares, pelo carinho e pela compreensão nos momentos em que a dedicação aos estudos foi exclusiva, a todos que contribuíram direta ou indiretamente para que esse trabalho fosse realizado meu eterno AGRADECIMENTO.
- A todos que já falei, agradeço por acreditarem no meu potencial, na minha profissão, nas minhas idéias, nos meus devaneios, principalmente quando nem eu mais acreditava.

SUMÁRIO

LISTA DE FIGURAS.....	x
LISTA DE TABELAS.....	xi
LISTA DE EQUAÇÕES.....	xii
RESUMO.....	xiii
ABSTRACT.....	xiv
1. INTRODUÇÃO.....	15
2. REVISÃO DE LITERATURA.....	17
2.1 Biomassa como fonte de energia.....	17
2.2 Biomassa residual.....	18
2.3 Agropecuária brasileira.....	18
2.3.1 Importância econômica da avicultura.....	19
2.3.2 Produção de cama de aviário.....	20
2.3.3 Importância econômica da mandioca.....	21
2.3.4 Processo industrial de produção de fécula.....	22
2.4 Problemas ambientais relacionados aos dejetos.....	23
2.5 Produção de biogás e biodigestão anaeróbia.....	25
2.6 Biodigestores.....	26
2.6.1 Período de fermentação.....	26
2.6.2 Condições indispensáveis à fermentação.....	26
2.6.3 Retenção celular.....	27
2.6.4 Controle do pH.....	28
2.6.5 Relação carbono/nitrogênio.....	28
3. MATERIAIS E MÉTODOS.....	30
3.1 Matéria prima.....	30
3.2 Biodigestores.....	32
3.3 Análise Estatística.....	33
3.4 Tratamentos.....	34
3.5 Sistema.....	34
3.6 Análise de sólidos.....	35
3.6.1 Sólidos totais (ST).....	35
3.6.2 Sólidos totais voláteis (STV).....	35
3.6.3 Sólidos totais fixos (STF).....	36

4. RESULTADOS E DISCUSSÕES	37
4.1 Produção de biogás	37
4.2 Concentração de Metano (CH ₄)	42
4.3 Análise de sólidos das misturas utilizadas nos biodigestores	43
4.4 Produção de biogás	46
4.4.1 Rendimento da produção de biogás e metano (CH ₄).....	46
4.4.1.1 Rendimento de biogás e metano sobre sólidos totais adicionados	47
4.4.1.2 Rendimento de biogás e metano sobre sólidos totais removidos	47
4.4.1.3 Rendimento de biogás e metano sobre sólidos voláteis adicionados	48
4.4.1.4 Rendimento de biogás e metano sobre sólidos voláteis removidos.....	48
5. CONCLUSÕES	52
6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	53

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Matriz energética brasileira	17
Figura 2: Sistema completo de digestão anaeróbia e gasômetros.	33
Figura 3: Sistema de produção de biogás.	34
Figura 4: Gráficos de produção de biogás por tratamentos	37
Figura 5: Valores médios do volume de biogás (m ³ /semana)	39
Figura 6: Distribuição dos sólidos segundo o tamanho e a fração orgânica.....	43

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Tratamentos utilizados no experimento.....	34
Tabela 2: Médias de produção de biogás dos tratamentos	38
Tabela 3: Informações de agrupamento usando o método de Tukey	40
Tabela 4: Teste de Tukey para as repetições de cada tratamento	41
Tabela 5: Concentração de metano presente nos biogás nos diversos tratamentos.....	42
Tabela 6: Média das Análises de Sólidos dos Resíduos Afluente e Efluente.....	45
Tabela 7: Carga Orgânica adicionada e removida.....	45
Tabela 8: Produção de biogás por sólidos adicionados	49
Tabela 9: Média de Rendimento de produção de biogás para cada tratamento	49
Tabela 10: Substratos para produção de biogás e seus respectivos rendimentos.	51

LISTA DE EQUAÇÕES

Equação 1: Tempo de residência hidráulica	28
Equação 2: Determinação dos sólidos totais	35
Equação 3: Determinação dos sólidos totais voláteis	35

RESUMO

SUZUKI, A.B.P., (2012), *Geração de Biogás Utilizando Cama de Aviário e Manipueira*. Cascavel, 60 p. Dissertação de Mestrado (Mestrado em Energia na Agricultura). Centro de Ciências Exatas e Tecnológicas. Universidade Estadual do Oeste do Paraná.

A procura por energia têm se mostrado cada vez maior e para suprir essa demanda é necessário buscar fontes alternativas de energia. O presente trabalho teve como objetivo verificar a produção de biogás através da mistura da cama de aviário com manipueira para obtenção de biogás e analisando seus efluentes e verificando a redução de carga orgânica. Tentando assim resolver a questão ambiental da destinação dos mesmos e produzindo energia limpa e renovável contribuindo para a matriz energética brasileira. Foram utilizados biodigestores do tipo batelada feitos com PVC e alimentados com diferentes misturas da biomassa podendo assim verificar a quantidade de biogás gerado e a qualidade do biogás obtido. Foram encontradas Produções de biogás significativas de até 0,39 e 0,30 L d-1 e reduções de carga que chegaram a 81,94%.

Palavras-chaves: Biogás, Biofertilizante, Biocombustíveis, Cama de aviário, Manipueira

ABSTRACT

SUZUKI, A.B.P., (2012). *Biogas Generation Using poultry litter bed and Cassava Water.* Cascavel, 60 p. Dissertation (Master in Energy in Agriculture). Center for Science and Technology. State University of West Paraná.

The demand for energy have been shown to be increasing and to meet this demand is necessary to seek alternative sources of energy. This study aimed to verify the biogas production by mixing the poultry litter with cassava wastewater for obtaining and analyzing their biogas effluent and checking the reduction of organic load. Thus trying to solve the environmental issue of the disposal thereof and producing clean, renewable energy contributing to the Brazilian energy matrix. There were used batch digesters made of vinyl and fed with different mixtures of biomass and thus verified the amount of biogas generated and the biogas quality obtained. We found significant biogas productions of up to 0.39 and 0.30 L d⁻¹ and load reductions which reached 81.94%.

Key-words: Biogas, Biofertilizer, Biofuels, Poultry litter, Cassava water

1. INTRODUÇÃO

Os países desenvolvidos têm sua economia baseada em uma fonte de energia de origem fóssil que, até pouco tempo era considerada quase inesgotável: o petróleo; Porém, a necessidade de atender a um alto consumo de energia tem mostrado que alguns dos recursos naturais são finitos e que podem chegar a desaparecer. Por essa razão, a procura constante por fontes alternativas de energia, produzidas a partir de recursos naturais renováveis tem se intensificado.

Durante o último século e início deste, o mundo se fez dependente de energia de fontes não renováveis, os combustíveis fósseis, os quais contribuem intensivamente ao aquecimento global. Estes combustíveis oriundos do petróleo tiveram por várias vezes seus fornecimentos comprometidos e preços super valorizados por crises políticas e econômicas. Por isso, durante os últimos decênios estudos relacionados à produção de energias de fontes renováveis tem-se intensificado no meio rural, no sentido de substituir a fonte de energia até agora utilizada.

A partir da crise do petróleo nos anos 70, ocorreu uma busca de fontes alternativas de energia, no Brasil e no mundo. Para o meio rural, uma das alternativas que se mostraram promissoras foi o biogás obtido com a biodigestão anaeróbia de material orgânico vegetal e/ou animal. Considerando a elevação crescente dos preços dos insumos energéticos, o que torna extremamente cara a utilização de combustíveis de natureza fóssil. Devido à vocação agrícola do Brasil e suas condições climáticas, a geração de biogás, juntamente com outras formas de energia relacionadas à biomassa, pode se constituir em importante alternativa de fornecimento de energia.

O crescimento do setor agrícola tem ocorrido a partir de conquistas tecnológicas que dependem de alguma forma de energia, dentre elas as fontes convencionais mais utilizadas são a energia elétrica proveniente de hidroelétricas, que possuem custo elevado e os derivados de petróleo, que por sua vez vem se esgotando com alto consumo, estes possuem grande instabilidade de preços e causam insegurança quanto ao seu fornecimento futuro, além de ser altamente poluente (KOLLING, 2001).

Segundo Souza (2004), o Brasil já possui uma tradição no uso de fontes alternativas de energia, com destaque para a energia elétrica proveniente de hidroelétricas que atualmente, é responsável por mais de 80% de toda eletricidade consumida no país.

Algumas fontes renováveis de energia já estão sendo utilizadas, porém existem ainda muitas fontes pouco exploradas, tais como a energia solar, energia eólica e a biomassa.

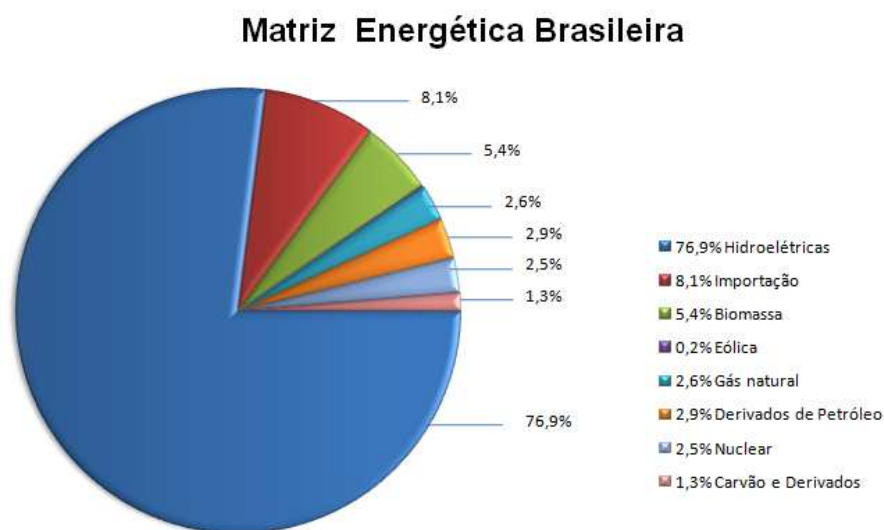
Diminuir a dependência de combustíveis fósseis e não renováveis e buscar soluções ambientalmente corretas, como a utilização da biomassa como fonte de energia, não apenas reduzirá os impactos globais pela queima de combustíveis fósseis como também contribuirá com a matriz energética dos países.

O objetivo desse trabalho foi buscar a melhor mistura entre cama de aviário e manipueira que são dois resíduos gerados em grandes quantidades no país para a obtenção desse combustível. Tentando resolver assim a questão ambiental da destinação dos mesmos e produzindo energia limpa e renovável contribuindo para a matriz energética brasileira

2. REVISÃO DE LITERATURA

A matriz energética brasileira é em grande parte composta por hidroelétricas, mas, a cada ano que passa fontes de energia alternativas ganham mais espaço. O Brasil apresenta uma matriz de geração elétrica de origem predominantemente renovável, sendo que a geração interna hidráulica responde por montante superior a 76% da oferta (Figura

Figura 11).



Figura

Figura 1: Matriz energética brasileira - 2011(BEN, 2011).

2.1 Biomassa como fonte de energia

Segundo Cortez, Lora e Gómez (2008), atualmente em maior ou menor intensidade, a maioria dos países, sejam eles desenvolvidos ou não, está promovendo ações para que as energias alternativas renováveis tenham participação significativa em suas matrizes energéticas. A motivação para essa mudança de postura é a necessidade de redução do uso de derivados do petróleo e, conseqüentemente, a dependência energética desses países em relação aos países exportadores de petróleo. Além disso, a redução no consumo dos derivados do petróleo também diminui a emissão de gases promotores do efeito estufa. Dessa maneira, considera-se uma energia renovável quando as condições naturais permitem sua reposição em um curto horizonte de tempo, a biomassa residual (GOLDEMBERG e LUCON, 2008).

A energia de biomassa é aquela fornecida por materiais de origem vegetal renovável ou obtida pela decomposição de dejetos. O Brasil tem desenvolvido tecnologia há vários anos para a utilização da biomassa como fonte geradora de energia, gerando empregos e com muito pouco recurso financeiro. Hoje são conhecidas diversas fontes renováveis de biomassa como: lenha, carvão vegetal, babaçu, óleos vegetais, resíduos vegetais, sisal, biogás, casca de arroz, cana de açúcar, dentre outros (FIESP - CIES, 2011).

Considera-se que a médio e longo prazo, a exaustão de fontes não-renováveis e as pressões ambientalistas poderão acarretar maior aproveitamento energético da biomassa (ANEEL, 2011a). Dessa forma, espera-se, que a utilização da biomassa como fonte de energia, aumente consideravelmente, através de uma política clara de comercialização, pela sua vantagem de geração descentralizada, próxima aos pontos de carga e pelos benefícios ambientais decorrentes da sua utilização (FIESP - CIES, 2011).

2.2 Biomassa residual

Qualquer matéria orgânica que possa ser transformada em energia mecânica, térmica ou elétrica é denominada como biomassa. A biomassa pode se originar de diversos setores: Florestal (principalmente a madeira), agrícola (soja, arroz, cana-de-açúcar, entre outros), rejeitos urbanos, industriais (sólidos ou líquidos, como lixo), e pecuários (dejetos de animais). Os derivados obtidos dependem tanto da matéria-prima utilizada (cujo potencial energético varia de tipo para tipo) quanto da tecnologia de processamento para obtenção dos energéticos (ANEEL, 2011b).

A energia da biomassa nada mais é que a energia que se obtém durante a transformação de produtos de origem animal e vegetal para a produção de energia calorífica e elétrica.

2.3 Agropecuária brasileira

A agropecuária representa cerca de 12% do PIB nacional, considerando-se apenas o valor da produção. Quando se usa o conceito moderno de *agribusiness* (que abrange a soma total das operações de produção e distribuição de insumos e novas tecnologias agrícolas, produção propriamente dita, armazenamento, transporte, processamento e distribuição dos produtos agrícolas e seus derivados), a participação do complexo agroindustrial alcança mais de 35% do PIB, evidenciando o efeito multiplicador que esse setor exerce sobre a economia como um todo e sobre o interior do País em particular (IBGE, 2012).

O crescimento da população, que ainda é uma realidade no mundo, exige aumento na produção de alimentos. Esse crescimento da agricultura brasileira tem ocorrido em função de ganhos de produtividade (GASQUES e VILLA VERDE, 1990). Isso faz com que da mesma forma haja um crescimento exponencial dos resíduos gerados pelo setor agropecuário brasileiro.

No Brasil, devido à intensa atividade agrícola, a produção de biomassa se constitui num grande potencial energético. O potencial estimado de energia primária via biomassa, segundo Magalhães e Souza (2001), somente na região Oeste do Paraná, poderiam substituir 3,9 % do consumo de energia primária na forma de petróleo no Brasil. Segundo os dados do Balanço Energético Nacional (BEN) de 2011, a participação da oferta de energia renovável na matriz energética brasileira foi de 45,4 %, onde a biomassa na forma de lenha, carvão vegetal, produtos da cana-de-açúcar e outras, contribuíram com mais de 27,3 %.

A geração de energia elétrica no Brasil em 2010 foi de 514,2 TWh, dos quais 5,9 % foram gerados por meio da utilização de biomassa como fonte primária de energia (lenha, bagaço de cana, lixo e outros) (EPE, 2011). Isso mostra que o Brasil, sendo um país de clima tropical e de grandes dimensões, apresenta um grande potencial para exploração da biomassa energética.

No entanto, algumas barreiras ainda devem ser ultrapassadas como questões econômicas, sociais e políticas.

2.3.1 Importância econômica da avicultura

O consumo de carne de frango aumentou significativamente no Brasil, surgindo assim à necessidade de implantação de melhorias nas criações, trazendo fusões para empresas avícolas (HEIZEIN, 2006).

O Brasil a cada ano que passa vem conquistando um espaço cada vez maior na produção mundial de carne de frango e cresceu cerca de 1000% entre os anos de 1961 a 2003, aumentando sua produção de 1,4% para 10,5% da produção mundial de carne de frango. Coube ao país o aumento de mais de 66.800 milhões de quilogramas na produção mundial dentro desse período, 7.800 milhões de quilogramas, ou seja, 11,7% do acréscimo mundial na produção (GIROTTI, 2004 *apud* HEIZEIN, 2006). No ano de 2003, o Brasil foi considerado o segundo maior produtor e exportador de carne de frango do mundo (ANUÁRIO BRASILEIRO, 2003 *apud* HEIZEIN).

O crescimento da Avicultura no Brasil tem mostrado o desenvolvimento do agronegócio no país, pois a atividade agrícola reúne três elementos do capitalismo: tecnologia

de ponta, eficiência na produção e diversificação no consumo. Além disso, tem a vantagem de não depender de fatores sazonais e de permitir a exploração simultânea com outras atividades agropecuárias. A Avicultura representou emprego para cerca de 2,5 milhões de pessoas no ano de 2006 e a agropecuária cresceu 5,11%, contribuindo em 1,51% de evolução do PIB brasileiro (VIEIRA; DIAS, s/d).

2.3.2 Produção de cama de aviário

Registra-se que em 2008 foram produzidos no Brasil 5,08 bilhões de pintos de corte, que resultaram a produção de 11.030 milhões de quilogramas de carne, consagrando o Brasil como o maior exportador mundial de carne de frango por cinco anos consecutivos (ABEF, 2009; UBA, 2009). Considerando-se a produção média de cama de 2,19 kg por frango de corte na matéria natural (MN) estima-se, portanto que em 2008 foram produzidos aproximadamente 11,12 bilhões de kg de cama de frango (MN) (SANTOS e LUCAS JR., 2003).

À medida que aumenta a produção nacional de frangos, maiores quantidades de cama são geradas sendo notória a necessidade eminente de se pensar nas possibilidades de manejo e de destino deste resíduo a fim de minimizar os impactos por ele causados, principalmente pelas elevadas concentrações de nitrogênio e carbono orgânico presente no material (AIRES, 2009).

Devido a isso surgiram na última década vários estudos para avaliar a biodigestão anaeróbia de excretas, uma das formas de bioconversão. Esta oferece várias vantagens como: conversão de resíduos orgânicos em gás metano, o qual pode ser usado diretamente como fonte energética; redução da emissão de amônia; controle de odores e o efluente gerado na digestão anaeróbia podem ser utilizados como biofertilizante nas plantações, este se constitui em uma fonte de vários minerais, além de contribuir para rápida amortização dos custos da tecnologia instalada (AIRES, 2009).

Além destas, outras vantagens da digestão anaeróbia podem ser citadas como: a contribuição para a mitigação das emissões de gases estufa como o CH₄; a conservação de áreas destinadas a aterro de resíduos, diminuindo o acúmulo de metais no solo, além da lixiviação dos mesmos para o lençol freático; alterações nas relações familiares e sociais nas camadas de baixa renda em função do fornecimento de energia de baixo custo e todas as benéficas conseqüências; influência na balança comercial do país pela substituição de combustíveis fósseis e redução dos conseqüentes impostos; minora distorções de mercado

referentes a práticas monopolistas do setor energético em função da auto-suficiência que propicia; a atuação como um mecanismo de segurança para o sistema regional ou local de geração e distribuição de energia e a geração de empregos (FUKAYAMA, 2008).

Segundo Konzen (2003), a cama de frangos de corte pode constituir fertilizante eficiente e seguro na produção de grãos e de pastagem, desde que recendidos dos ativos ambientais que assegurem a proteção do meio ambiente, antes de sua reciclagem. Embora ainda não existam projetos relacionados a Mecanismos de Desenvolvimento Limpo (MDL) com o uso de cama de frangos como fonte de energia renovável, é possível observar a necessidade de maiores avaliações para implantação de uma linha de base com o objetivo da redução dos Gases de Efeito Estufa (GEE), para que com isso possa requerer a Redução Certificada de Emissão (RCEs) no âmbito do Protocolo de Kyoto.

2.3.3 Importância econômica da mandioca

A mandioca é uma planta de origem latino americana, e sua produção está voltada para o consumo humano (MATSUURA et al., 2003). Devido a sua adaptabilidade, é uma planta extremamente cultivada em áreas onde outras espécies amiláceas não se desenvolvem com a mesma desenvoltura. A mandioca pode ser utilizada diretamente para o consumo ou destinada para a indústria na fabricação de farinha ou fécula (PASTORE, 2010).

O Brasil ocupa a segunda posição na produção mundial de mandioca, participando com 12,7% do total. A mandioca é cultivada em todas as regiões do Brasil, assumindo destacada importância na alimentação humana e animal, além de ser utilizada como matéria-prima em inúmeros produtos industriais. Tem ainda papel importante na geração de emprego e de renda, notadamente nas áreas pobres da Região Nordeste. Considerando-se a fase de produção primária e o processamento de farinha e fécula, estima-se que são gerados, no Brasil, um milhão de empregos diretos. Estima-se que a atividade mandioqueira proporcione uma receita bruta anual equivalente a 2,5 bilhões de dólares e uma contribuição tributária de 150 milhões de dólares. A produção de mandioca que é transformada em farinha e fécula gera, respectivamente, uma receita equivalente a 600 milhões e 150 milhões de dólares, respectivamente (Mattos & Cardoso, 2003).

A produção nacional da cultura estimada pela CONAB para 2011 é de 26.200 milhões de quilogramas numa área plantada de 1,7 milhões de hectares, com rendimento médio de 14.700 quilogramas de raízes por hectare.

Dentre os principais estados produtores destacam-se: Pará (17,9%), Bahia (16,7%), Paraná (14,5%), Rio Grande do Sul (5,6%) e Amazonas (4,3%), que em conjunto são

responsáveis por 59% da produção do país. Na distribuição da produção pelas diferentes regiões fisiográficas do país, a Região Nordeste sobressai-se com uma participação de 34,7% da produção, porém com rendimento médio de apenas 10.600 kg ha⁻¹. Nas demais regiões as participações na produção nacional são: Norte (25,9%), Sul (23,0%), Sudeste (10,4%) e Centro-Oeste (6,0%). As Regiões Norte e Nordeste destacam-se como principais produtoras e consumidoras, sendo a produção essencialmente utilizada na dieta alimentar, na forma de farinha. Nas Regiões Sul e Sudeste, em que os rendimentos médios são de 18.800 kg ha⁻¹ e 17.100 kg ha⁻¹, respectivamente, a maior parte da produção é orientada para a indústria, principalmente nos Estados do Paraná, São Paulo e Minas Gerais (IBGE, 2011).

De acordo com Silva (1996), em 1995 estavam instaladas 425 agroindústrias de processamento de mandioca no Centro-Sul do Brasil e cerca de 15 mil no Norte-Nordeste, a maioria sendo constituída de casas de farinha. A produção de fécula de mandioca, em 2002, foi de 430.000 mil quilogramas, ABAM (2002).

Segundo Franco (2001), a fécula de mandioca passou de uma fatia de 30% de um mercado mundial de amido de 650.000 mil quilogramas em 1991, para uma fatia de 40% de um mercado de 1.400 milhões de quilogramas em 2001. Esse mercado dominado nos Estados Unidos pelo amido de milho e na Europa pelo amido de batata tem atraído para o Brasil a atenção e o investimento de empresas multinacionais.

O faturamento para o setor de amido foi de US\$ 200 milhões e que a queda dos subsídios aos produtores europeus de amido de batata está estimulando o investimento de capitais de empresa multinacionais no Brasil. Na última década, o setor cresceu 175% e espera atingir um faturamento de US\$ 10 bilhões no ano de 2010, como uma produção de cerca de 4.500 milhões de quilogramas de fécula (FRANCO, 2001).

No período de 1980 a 1996, a capacidade industrial instalada no Oeste do Paraná aumentou de 10.000 mil kg ano⁻¹ para 350.000 mil kg ano⁻¹, representando um crescimento de 35 vezes. No mesmo período, o número de empregos direto na atividade aumentou de 20 para 800, representando um crescimento de 40 vezes. O valor do investimento no setor industrial de fécula aumentou de cerca de US\$ 500 mil em 1980, para US\$ 28 milhões em 1996, representando um aumento de 56 vezes (KUCZMAN, 1996).

2.3.4 Processo industrial de produção de fécula

O mercado de amido vem crescendo e se aperfeiçoando nos últimos anos, levando à busca de produtos com características específicas que atendam as exigências. A produção de amidos modificados é uma alternativa que vem sendo desenvolvida há algum tempo;

entretanto, a possibilidade de introduzir novas matérias-primas amiláceas como fonte de amidos com características interessantes industrialmente, vem suscitando o interesse dos industriais da área, pois proporcionaria um crescimento diferenciado em nível mundial, visto que no Brasil existe uma grande variedade de raízes amiláceas ainda pouco exploradas (VILPOUX, 1998).

O processo de produção de fécula de mandioca, qualquer que seja o grau de tecnologia empregada, compreende as etapas de lavagem e de descascamento das raízes, desintegração das células e liberação dos grânulos de amido, separação das fibras e do material solúvel e finalmente, a secagem. Durante o processamento é gerado o bagaço, massa ou farelo, resíduo fibroso que contém parte da fécula que não foi extraída no processamento. (CEREDA, 1982 e VILELA, 1987).

No processamento da mandioca para a produção de farinha, ocorre a geração da manipueira (água resultante da prensagem da massa de mandioca) como resíduo. Segundo Souza (1995), a geração de manipueira é de aproximadamente $0,5 \text{ L kg}^{-1}$ de mandioca, enquanto Faria (1978) determinou $0,48 \text{ L kg}^{-1}$.

Com uma demanda anual no Estado de 1.300 milhões de quilogramas, gera-se um volume de 1,78 milhões de litros por dia de manipueira, o que resulta numa DBO5 de 97.900 kg por dia, o que equivale a poluição gerada por aproximadamente 1,812 milhões de pessoas por dia (SOUZA & PAWLOWSKY, 1998).

Por ser um resíduo rico em suspensões coloidais, proteínas, glicose, restos de células, suspensões de matéria nitrogenada, ácido cianídrico e outras substâncias orgânicas, algumas alternativas tem sido procuradas para a reutilização e disposição final, sendo que as mais utilizadas no momento, como a fertirrigação (FIORETTO, 1994) e usos como inseticidas e nematicidas (PONTE, 1994), merecem estudos prévios das condições de aplicação e do solo, pois podem ocasionar contaminações do lençol freático.

2.4 Problemas ambientais relacionados aos dejetos

O problema ambiental que vem se destacando e recebendo atenção especial nos últimos anos não se refere apenas à avicultura, mas toda produção animal em geral que da origem a grandes quantidades de resíduos com alto potencial de emissão de gases de efeito estufa proveniente da degradação desses dejetos em locais não apropriados (AIRES, 2009).

Segundo a United Nations Framework Convention on Climate Change (2006) 20% das emissões mundiais de gases de efeito estufa são originários das atividades agropecuárias, sendo o metano (produzido durante a degradação da matéria orgânica em meio anaeróbico) e o

óxido nitroso (produzido em meios anaeróbios utilizando os compostos nitrogenados de natureza orgânica ou inorgânica) os principais gases envolvidos.

Estes gases impedem a saída da radiação solar que é refletida na superfície da Terra para o espaço contribuindo assim para o aumento da temperatura global. Esses gases trazem grande preocupação devido ao seu tempo de vida na atmosfera e seu potencial de aquecimento global com relação ao CO₂ (o CO₂ é o principal gás do efeito estufa, por isso foi eleito como sendo índice 1 para o aquecimento global e os demais gases são comparados a ele). Segundo a United Nations Framework Convention on Climate Change (2006) a vida média desses gases na atmosfera seria de 12 anos para o CH₄ e 120 anos para o N₂O e os respectivos potenciais de aquecimento global de 21 e 310 (AIRES, 2009).

A única forma de evitar a emissão destes gases seria a captação e posterior queima, onde o CH₄ e N₂O seriam transformados em CO₂ e N₂ após a queima, reduzindo assim a contribuição para o aquecimento global. Devido a isso o manejo de dejetos merece destaque como uma preocupação a mais, para os produtores do setor, envolvendo qualidade, comércio e interferindo nos custos de investimento e retorno que são fatores de grande importância na produção lucrativa de aves. Os dejetos provenientes da agricultura de corte são tão valiosos do ponto de vista biológico que podem e devem ser usados com inúmeras vantagens e não simplesmente descartados (MORENG e AVENS, 1990).

Os resíduos, quando dispostos sem prévio tratamento, comprometem a qualidade do solo e da água, com contaminação dos mananciais pelos microrganismos, toxicidade a animais e plantas e depreciação do produto, porém com percepção em médio e longo prazo. Deste modo, fica evidente a necessidade de desenvolvimento de tecnologias mais limpas com perspectivas de mitigar o abuso ao meio ambiente e produção de tais resíduos (AIRES, 2009).

O direcionamento para cada uma dessas situações depende exclusivamente do manejo adotado que, quando bem conduzido, permite o aproveitamento quase que integral dos resíduos dentro das condições estabelecidas em cada propriedade (SANTOS, 2000).

Com base nas características quantitativas, qualitativas e pelo alto potencial de emissão de gases de efeito estufa dos dejetos de aves, torna-se evidente a necessidade de um tratamento que atue sobre cada um desses pontos. Segundo Plaixats et al., (1998) a biodigestão anaeróbia pode ser utilizada nesse tratamento, pois além de reduzir o poder poluente, e os riscos sanitários dos dejetos, tem como subprodutos o biogás e o biofertilizante.

Afinal o poder poluente dos dejetos animais em geral é extremamente alto, perante o elevado número de contaminantes que possui cuja, a ação individual ou combinada, representa uma fonte potencial de contaminação de degradação do ar, dos recursos hídricos e

do solo. Fatos que vêm exigindo a definição de parâmetros de emissão cada vez mais rigorosos pela legislação ambiental, visando à preservação dos recursos socioambientais (STEIL et al., 2003).

2.5 Produção de biogás e biodigestão anaeróbia

O biogás é o nome comum dado à mistura gasosa produzida durante a biodegradação anaeróbia da matéria orgânica (RUIZ et al., 1992; CAMARERO et al., 1996; GARBA, 1996; LASTELLA et al., 2002; YADVIKA et al., 2004).

Na forma como é produzido, o biogás é constituído basicamente de 60 a 70% de metano (CH_4) e 30 a 40% de dióxido de carbono (CO_2), além de traços de O_2 , N_2 , H_2S , etc., segundo Ruiz et al. (1992).

O processo biológico para a produção de biogás ocorre na ausência de oxigênio, no qual uma associação de microrganismos interage estritamente para promover a transformação de compostos orgânicos complexos em carbono (FORESTI et al., 1999).

A biodigestão anaeróbia é dividida em três fases, hidrólise, acidogênese e metanogênese. Porém, há alguns autores que a dividem em quatro fases acrescentado a acetogênese, que é uma fase intermediária entre a acidogênese e a metanogênese (CAMARERO et al., 1996; SINGH e SINGH, 1996; STERLING et al., 2001). Há ainda quem divida o processo nas fases de hidrólise, acetogênese e metanogênese (SHARMA et al., 2000).

A primeira fase da digestão anaeróbia é chamada de hidrólise e envolve a transformação mediada por enzimas extracelulares dos compostos insolúveis e dos compostos com alto peso molecular como carboidratos, proteínas, lipídios e ácidos nucleicos em compostos solúveis mais simples como os monossacarídeos, os aminoácidos e os ácidos graxos. As bactérias que hidrolisam a matéria orgânica nessa primeira fase são facultativas e anaeróbias estritas (AIRES, 2009).

Na acidogênese, os compostos orgânicos mais simples são convertidos, por meio das bactérias acidogênicas, em ácidos graxos e voláteis de cadeia curta (acético, butírico e propiônico), ácido lático e compostos minerais (CASSINI, 2003).

Na terceira fase, o ácido acético, o hidrogênio e o dióxido de carbono são convertidos em uma mistura de metano e de dióxido de carbono pelas arqueias metanogênicas (dentre elas as que utilizam o acetato, *Methanosarcina spp.* e *Methanosaeta* e as que utilizam o formiato e o hidrogênio, *Methanobacterium spp.* e *Methanococcus spp.*) (RUIZ et al., 1992; GARBA,

1996; HESSAMI et al., 1996; HAMMAD et al., 1999; LASTELLA et al., 2002; LIU et al., 2002).

O sucesso do processo de biodigestão anaeróbia depende, portanto, de condições ambientais específicas (nutrientes, temperatura, tempo de retenção hidráulica suficiente e outros) para que as diferentes populações de microrganismos possam crescer e se multiplicar (SINGH, S. e SINGH, S.K. 1996; HAMMAD et al., 1999; YADVIKA et al., 2004).

O uso do biogás traz grandes vantagens, principalmente no que se trata da parte econômica, devido à redução dos gastos com combustíveis, como também traz ganhos ambientais através da troca de um combustível não renovável por um renovável bem como a redução da contribuição da atividade para o aquecimento global (AIRES, 2009).

2.6 Biodigestores

Como toda grande idéia o biodigestor é genial por sua simplicidade. Gaspar (2003) define os biodigestores anaeróbios como uma câmara fechada, onde dejetos de animais são introduzidos para o interior desta câmara e fermentados anaerobiamente por bactérias, sem a presença de ar, que por sua vez, pode chegar a reduzir a carga orgânica em 87%, podendo atingir até 96%, quando auxiliados por agentes biorremediadores, além de liberar o biogás e produzir insumos orgânicos (biofertilizante).

Os que estudam as mudanças globais sabem que vivemos hoje mais uma “crise de combustíveis” do que exatamente uma “crise de energia”, como se convencionou chamar. A energia disponível no planeta hoje que não é aproveitada, ou que o homem simplesmente desperdiça, seria suficiente para sustentar a humanidade em crescimento por tempo indefinido (BARRERA, 1993)

2.6.1 Período de fermentação

O período de fermentação da matéria orgânica dentro dos biodigestores varia de acordo com a redução da carga orgânica e a produção de biogás de biomassa para biomassa. Caracteriza-se como tempo de retenção o tempo que o material passa no digestor, isto é, o tempo de entrada e saída dos diferentes materiais no digestor. Como a água, sólidos e células. O tempo de retenção é diretamente proporcional à temperatura quanto maior a temperatura menor o tempo de retenção. A temperatura ideal para produção de biogás se encontra entre 35°C e 45°C (BARRERA, 1993).

2.6.2 Condições indispensáveis à fermentação

Segundo a SBRT as condições ótimas de vida para os microrganismos anaeróbios são:

a) Isolamento do ar (anaerobiose).

Nenhuma das atividades biológicas dos microrganismos, inclusive, seu desenvolvimento, reprodução e metabolismo, exigem oxigênio, e os mesmos são muito sensíveis a presença deste. A decomposição de matéria orgânica na presença de oxigênio produz dióxido de carbono (CO_2); na ausência de ar (O_2) produz metano. Se o biodigestor não estiver perfeitamente vedado a produção de biogás é inibida.

b) Temperatura adequada.

A temperatura no interior do digestor afeta sensivelmente a produção de biogás. Todos os microrganismos produtores de metano são muito sensíveis a alterações de temperatura; qualquer mudança brusca que exceder a 30°C afeta a produção. É preciso assegurar uma relativa estabilidade de temperatura.

c) Nutrientes.

Os principais nutrientes dos microrganismos são carbono, nitrogênio e sais orgânicos. Uma relação específica de carbono para nitrogênio de ser mantida entre 20:1 e 30:1. A principal fonte de nitrogênio são as dejeções humanas e de animais, enquanto que os polímeros presentes nos restos de culturas representam o principal fornecedor de carbono. A produção de biogás não é bem sucedida se apenas uma fonte de material for utilizada.

d) O teor de água.

Deve normalmente situar-se em torno de 90% do peso do conteúdo total. Tanto o excesso, quanto a falta de água são prejudiciais. O teor da água varia de acordo com as diferenças apresentadas pelas matérias-primas destinadas à fermentação.

e) Substâncias inibidoras ou tóxicas.

Materiais poluentes, como NaCl, Cu, Cr, NH_3 , K, Ca, Mg e Ni, são conciliáveis se mantidas abaixo de certas concentrações diluídas em água, por exemplo. O manual Chinês cita o ABS (composto detergente), cuja concentração máxima admissível é de 20 a 40 partes milhão.

2.6.3 Retenção celular

Em função das características dos resíduos agroindustriais que, em geral, são muito diluídos e produzidos em grandes volumes diários, os biodigestores rurais normalmente são inadequados para tratar os mesmos.

Para tratar de resíduos muito diluídos há duas alternativas: aumentar o tamanho do biodigestor ou, diminuir o tempo de residência hidráulica (TRH). Isto pode observado analisando a equação 1 abaixo:

$$TRH = \frac{V}{Q}$$

Equação 1: Tempo de residência hidráulica

Onde: TRH = tempo de residência hidráulica,

V = volume do biodigestor em m³

Q = vazão do líquido, em m³ h⁻¹

Assim, se aumentarmos a vazão (por diluição), temos que diminuir o TRH ou aumentar o volume. Desta forma, qualquer aumento da vazão vai resultar em aumentos de volume do biodigestor ou diminuição do TRH.

Aumentar volume significa aumentar custos e tem seus limites econômicos. A solução parece ser diminuir o TRH, mas isso também tem seu limite. Segundo Gunnerson (1989), o TRH limite para que não ocorra lavagem ("wash out") dos organismos anaeróbios fica entre 20 e 60 dias, dependendo da temperatura, pois o crescimento destes é muito lento e diminui ainda mais com a queda da temperatura. A solução neste caso é evitar a perda dos organismos, que são indispensáveis para manter o bom funcionamento do biodigestor.

Devido a isso à necessidade de se manter retidos no biodigestor os organismos metanogênicos, o que levou ao conceito de tempo de retenção celular (TRC).

O tempo de retenção celular (TRC) se refere a tempo em que as células ativas, que fazem a degradação anaeróbia, ou seja, o chamado "lodo ativo", ficam no biodigestor. Nos biodigestores rurais, o TRH e o TRC são iguais. Mas nos reatores agroindustriais ou industriais, estes tempos são separados.

2.6.4 Controle do pH

Mudanças no pH do meio afetam sensivelmente as bactérias envolvidas no processo de digestão. A faixa de operação dos digestores é em pH 6,0 a 8,0, tendo como ponto ideal o pH 7,0, que ocorre normalmente quando o digestor está funcionando bem (COMASTRI FILHO, 1981).

2.6.5 Relação carbono/nitrogênio

A fermentação produz CH₄ e CO₂, daí o consumo de carbono, diminuindo C/N e, conseqüente, aumentando N. Contudo, essa relação não pode ser muito pequena, isto é haver

excesso de produtos nitrogenados na mistura. Uma concentração grande de nitrogênio pode até paralisar a fermentação.

Este é um parâmetro muito importante e está relacionado com as condições em que se desenvolvem os processos biológicos da fermentação. A relação carbono/nitrogênio ideal para uma digestão ótima está na faixa de 20 a 30:1, isto é, 20 a 30 partes de carbono para uma de nitrogênio. A maioria dos esterco de animais possuem baixa relação C/N, pois devido a terem uma grande quantidade de nitrogênio e devem ser corrigidos com resíduos vegetais como palhas, sabugos, serragem, etc., para atingir o ponto ideal (LENZ s.d.).

3. MATERIAIS E MÉTODOS

O Experimento foi realizado no campus da UNIOESTE da cidade de Cascavel/PR que situa-se no Terceiro Planalto do estado, na região Oeste Paranaense, com uma altitude variando em torno dos 785 metros. O clima é subtropical mesotérmico superúmido. O experimento teve inicio no mês de maio sendo analisado durante os 120 dias e tendo o seu término em setembro, mas a época não influenciou os resultados, pois, todos os tratamentos foram mantidos a temperatura constante de 35°.

3.1 Matéria prima

Constituíram-se matérias primas do presente trabalho dois resíduos: (1) água residuária de indústria de fécula de mandioca; (2) cama de aviários de frangos de corte.

3.1.1 Caracterização da cama de aviário

Cama é todo o material distribuído sobre o piso de galpões para servir de leito às aves (PAGANINI, 2004), sendo uma mistura de excreta, penas das aves, ração e o material utilizado sobre o piso. Vários materiais são utilizados como cama: maravalha, casca de amendoim, casca de arroz, casca de café, capim seco, sabugo de milho picado, entre vários outros materiais (GRIMES, 2004). A cama de frango foi fornecida para ruminantes por muito tempo, porém, devido aos problemas sanitários ocorridos na Europa em 2001, como a encefalopatia espongiforme bovina (BSE), o Ministério da Agricultura publicou uma Instrução Normativa (BRASIL, 2001) proibindo, entre outros, a comercialização da cama de frango com a finalidade de alimentação para ruminantes. Tal proibição se deve aos riscos de haver contaminação da cama com restos de ração que por ventura tenha proteína animal em sua composição. Devido à dificuldade de fiscalização em todo o território brasileiro para a diferenciação se as aves foram alimentadas com proteína especificamente vegetal ou animal, a instrução proíbe o uso de toda e qualquer cama, independente da sua origem. Com esta correta proibição, o destino para cama de frango tornou-se restrito, sendo necessárias pesquisas com objetivo de estudar alternativas para o aproveitamento deste resíduo.

A reutilização da cama é uma alternativa viável para diminuir o impacto ambiental provindo do acúmulo deste resíduo, além de favorecer regiões em que há escassez do material base e dificuldade para vender a cama após a saída dos animais. Outras razões para a reutilização da cama são: custo para aquisição do material; mão-de-obra para retirar a cama

do galpão, aliada à tentativa de diminuir o tempo ocioso das instalações; diminuição da atividade madeireira, tornando escassa a oferta de maravalha e adaptação às épocas do ano para disponibilidade dos materiais (PAGANINI, 2004).

Segundo Lien et al. (1992); Malone (1992) e Brake et al. (1993), a cama pode ser reutilizada de 1 a 6 vezes sem que haja diferenças significativas no que se refere à mortalidade, ganho de peso, consumo de ração, eficiência alimentar e qualidade das carcaças. Vários fatores influenciam a composição químico-bromatológica da cama de frango, como a composição da ração, quantidade do material de cobertura do piso do galpão, estação do ano, densidade de alojamento das aves, tipo de substrato de cama, ventilação do galpão, nível de reutilização da cama e características das excretas das aves.

Santos (1997) constatou que há diminuição significativa na produção de resíduos na granja quando se reutiliza a cama. Segundo a autora, o coeficiente de resíduo no qual se criou um lote foi de 0,521 kg de matéria seca (MS) de cama kg⁻¹ de peso vivo de ave, e para dois lotes de 0,439 kg de MS de cama kg⁻¹ de peso vivo de ave, indicando que uma reutilização pode diminuir o coeficiente de resíduo (produção de cama) em aproximadamente 16%. Severino et al. (2006), ao estudarem onze materiais orgânicos, dentre esses a casca de amendoim e a cama de frango, encontraram valores de macronutrientes diferentes de Santos et al. (1997).

3.1.2 Caracterização da manipueira

Scholz (1971) descreve “manipueira” como sendo o líquido obtido da prensagem da massa de raízes raladas, após a retirada da casca.

Na sequência, o processo é descrito, baseado nos trabalhos de Parizotto (1999) e Anrain (1983) citado por Feiden (2001).

As raízes de mandioca são pesadas e tem o seu teor de amido avaliada em balança hidrostática, após esse processo são encaminhadas a moegas, em sequência é feita a lavagem com água em contra-corrente, enquanto são movimentadas e reviradas por um sistema de pás de aço revestidas de borracha. A Primeira lavagem é feita com água limpa, seguida de água vegetal reciclada (40%) e no final do lavador, é novamente utilizada água vegetal. Neste processo, só é retirada a película externa da raiz, a pele ou casquinha.

Após a lavagem, as raízes passam por um operador que, manualmente retira o pedúnculo das raízes em seguida são encaminhadas ao cortador de raízes, que as fraciona em pedaços de, aproximadamente, 30 mm de espessura. Seguem, então, para um

desintegrador/raspador, que desintegra as células, liberando o amido. Neste momento, é liberada a linamarina que, em contato com a água e enzimas, produz acetona cianidrina e ácido cianídrico. Este ácido, dissolvido na água e em contato com materiais contendo ferro, pode formar ferrocianetos.

A polpa obtida com a desintegração passa, a seguir, para os extratores, cones rotativos em série, providos de peneiras. Assim, é assegurada uma eficiente separação do amido e das fibras de celulose. A polpa lavada ou bagaço, contendo 80-95% de água, é encaminhada para um depósito e, geralmente, destinada para alimentação animal.

O rendimento de produção de fécula, por 1 kg de raiz, é de 0,25 kg, com 12 a 13% de umidade. Como resíduos, em peso úmido, 0,14 kg de cascas, 5,67 kg de água de lavagem, 1,1 kg de água vegetal e 1,88 kg de polpa e fibras (bagaço). Por este balanço, a soma total dos resíduos líquidos da indústria de fécula de mandioca é de 6,77 kg, por kg de raiz de mandioca processada (ANRAIN, 1983 *apud* FEIDEN, 2001).

O inóculo utilizado foi retirado de um biodigestor do tipo indiano em pleno funcionamento, alimentado com dejetos de suinocultura.

A cama de aviário foi peneirada em malha de 0,32mm. A manípueira e o inóculo, após coletados, foram imediatamente transportados ao laboratório para mistura com a biomassa e enchimento dos biodigestores.

3.2 Biodigestores

O biodigestor desenvolvido para o experimento foi um biodigestor de fluxo hidráulico descontínuo. Um biodigestor de fluxo hidráulico descontínuo, ou tipo batelada, se caracteriza por: alimentação descontínua, isto é, ela é feita apenas uma vez, no início do processo, depois ele ficou sem receber novo substrato até a biodigestão se completar.

O sistema de digestão anaeróbia foi composto por 2 recipientes com capacidade volumétrica conhecida, mangueiras e cano de cobre.

O digestor (A) era formado por um recipiente de aproximadamente 3,5l feito com canos de PVC fechado com tampa de PVC que possuía um orifício ao centro onde foi passado um cano de cobre e encaixado uma mangueira a qual sua função era de comunicação entre o digestor e o gasômetro. O gasômetro (B) também foi constituído de PVC que também possuía um orifício na tampa onde foi passado um cano de cobre e encaixada a mangueira que saía do biodigestor. O gasômetro construído era do tipo cúpula móvel que subia conforme a produção de gás de cada biodigestor.

Os gasômetros se encontravam imerso dentro de uma caixa d'água cheia, onde o gás produzido no biodigestor era conduzido através das mangueiras e com a pressão natural do gás o gasômetro subia conforme pode ser observado na **Erro! Fonte de referência não encontrada**.2. Para saber a quantidade de gás produzido era medida a altura que o gasômetro se encontrava acima da lâmina d'água, as medições foram realizadas diariamente e após medida a altura os gasômetros eram esvaziados.

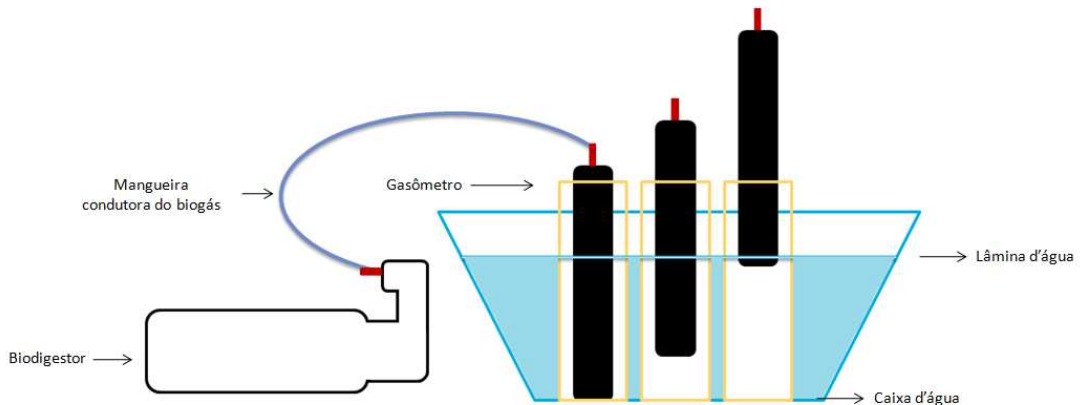


Figura 2: Sistema completo de digestão anaeróbia e gasômetros.

3.3 Análise estatística

O planejamento constitui a etapa inicial de qualquer trabalho, e, portanto, um experimento deve ser também devidamente planejado, de modo a atender aos interesses do experimentador e às hipóteses básicas necessárias para a validade das demais análises estatísticas.

O experimento foi realizado em delineamento inteiramente casualizado ou inteiramente ao acaso. Foram utilizados seis tratamentos com quatro repetições.

O teste de significância utilizado no experimento foi um teste de comparação de média no caso o Teste Tukey que serve para testar qualquer contraste entre duas médias de tratamentos. O número de contrastes que podem ser testados consiste no número de combinações das médias, duas a duas. Assim, num experimento com 6 tratamentos poderemos testar até 12 contrastes de duas médias de tratamentos.

O teste é exato quando duas médias do contraste têm o mesmo número de repetições como é o caso deste experimento. O teste de Tukey é aplicado ao nível de 5% de probabilidade.

3.4 Tratamentos

Os tratamentos estão descritos abaixo na Tabela 1:

Tabela 1: Tratamentos utilizados no experimento.

Tratamentos	Manipueira (%)	Cama de aviário (%)
A	0	100
B	20	80
C	40	60
D	60	40
E	80	20
F	100	0

Em todos os tratamentos foi adicionado mais 25% do volume total de inóculo e água para diluição.

3.5 Sistema

O sistema foi constituído de uma piscina de 3000 L, no centro da piscina foi colocada uma caixa d'água de 500 L onde foram dispostos os gasômetros e os biodigestores colocados ao redor da caixa d'água dentro da piscina onde os biodigestores se encontravam imersos. O sistema ainda possuía quatro aquecedores com termostatos que mantinham a água aquecida em temperatura constante de 36°C, para manter ainda essa temperatura foi utilizado lâminas de isopor ao redor da piscina e uma lona plástica preta que auxiliavam na conservação da temperatura; como mostra a Figura 3 a seguir.

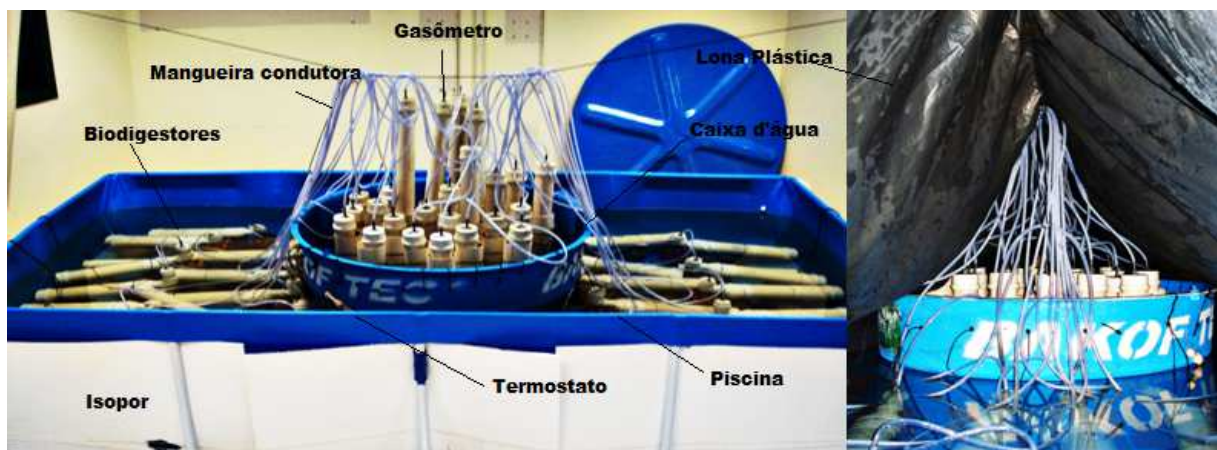


Figura 3: Sistema de produção de biogás composto de gasômetro, digestores, caixa d'água, mangueiras, piscina, termostatos, lâminas de isopor e lona plástica.

3.6 Análise de sólidos

A análise de sólidos foi realizada no laboratório da UNIOESTE/FUNDETEC, em Toledo. Foram avaliados os teores de sólidos totais, sólidos fixos e sólidos voláteis segundo metodologia descrita em APHA (1992).

3.6.1 Sólidos totais (ST)

Para determinação dos sólidos totais, foi aferida uma cápsula de porcelana deixando-a em mufla a (550 ± 50) 0C por 1 hora, seguida por esfriamento em dessecador e pesagem com precisão de 0,1 mg. Após, foi Transferido para a cápsula 10 ml da amostra, medidos em proveta que foi pesado e colocado em estufa a temperatura de 103-105°C durante aproximadamente 2 horas até atingir peso constante. Retirada da estufa foram colocadas em dessecador até esfriarem e a cápsula foi novamente pesada, obteve-se assim o peso seco (PS). Os teores de Sólidos totais foram determinados pela equação 2:

$$ST = \frac{100[(PU - PS).100]}{PU}$$

Equação 2: Determinação dos sólidos totais

em que: ST= Sólidos totais;

PU= Peso úmido (g);

PS= Peso seco (g).

3.6.2 Sólidos totais voláteis (STV)

Depois de terminar os sólidos totais a cápsula foi submetida à calcinação em mufla a (550 ± 50) °C por 1 hora, para determinar os sólidos fixos, em seguida foram retiradas da mufla, esfriadas em dessecadores e pesadas em balança com precisão de 0,1mg, obtendo-se assim o peso de cinzas (PC). Os teores de sólidos voláteis da biomassa foram calculados pela equação 3 abaixo:

$$SV = \frac{ST - [1 - (PU - PC)]}{PU} . 100$$

Equação 3: Determinação dos sólidos totais voláteis

em que: SV= Sólidos voláteis;

ST= Sólidos Totais;

PU= Peso úmido (g);

PC= Peso de cinzas (g).

3.6.3 Sólidos totais fixos (STF)

Os sólidos fixos totais são a porção do resíduo total fritável ou não fritável, que resta após a calcinação a $(550 \pm 50)^{\circ}\text{C}$ por 1 hora.

4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

4.1 Produção de biogás

A produção de biogás teve início aos 20 dias e foi crescendo conforme o TRH aumentava, podemos observar melhor o comportamento da produção de biogás de todos os tratamentos através da Figura 4. O tratamento F foi o único que obteve uma produção insignificante não sendo possível traçar uma curva.

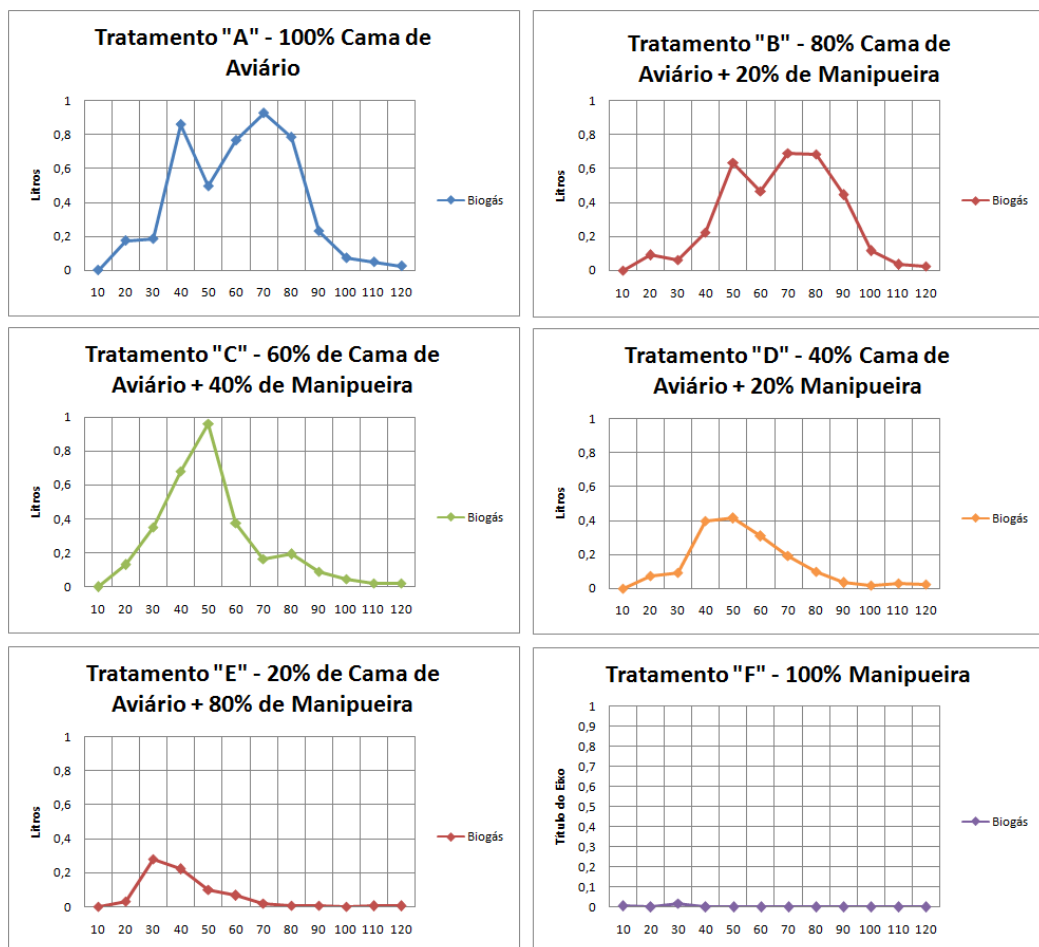


Figura 4: Gráficos de produção de biogás por tratamentos

Van Velsen & Lettinga (1980) e Gonçalves (1982), alertam para fator digestibilidade, uma vez que os principais componentes digeríveis na matéria orgânica poderão não estar disponíveis ao ataque de microrganismos por apresentarem sobre formas estruturais com ligações químicas estáveis como celulose e hemicelulose que quando impregnada por lignina, como na madeira, tornam-se materiais de difícil degradação em ambientes anaeróbios.

A cama de aviário é heterogênea e tem seus componentes agrupados em substâncias de rápida degradação, como por exemplo, amido e carboidratos, que são responsáveis pela rápida liberação de gás carbônico e substâncias de degradação lenta, como lignina, celulose e hemicelulose. Os fragmentos da degradação da lignina dão origem à diferentes derivados que são moléculas de degradação lenta.

Levando isso em consideração podemos verificar, na Tabela 2, que o tratamento “A”, composto apenas por cama de frango, atingiu aos 50 dias um pico de produção e logo após começou a cair, devido ao esgotamento dos materiais que se degradam mais rapidamente. Por volta dos 60 dias voltou a produzir novamente, pois os componentes fibrosos como a celulose, hemicelulose e a lignina começaram a apresentar seus picos de degradação. O mesmo também ocorreu no tratamento “B”, pois este tratamento possuía 80% de cama de aviário e uma dosagem pequena de manipueira, o que fez com que ele se comportasse de forma similar ao tratamento “A”.

Tabela 2: Médias de produção de biogás dos tratamentos

Tempo de Retenção (dias)	Tratamentos (L)					
	A	B	C	D	E	F
10	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0038
20	0,1742	0,0903	0,1296	0,0714	0,0300	0,0000
30	0,1848	0,0613	0,3512	0,0906	0,2794	0,0188
40	0,8589	0,2239	0,6804	0,3952	0,2209	0,0000
50	0,4948	0,6337	0,9600	0,4120	0,1011	0,0000
60	0,7650	0,4685	0,3777	0,3069	0,0653	0,0000
70	0,9258	0,6904	0,1658	0,1911	0,0197	0,0000
80	0,7835	0,6828	0,1917	0,0964	0,0048	0,0000
90	0,2298	0,4445	0,0909	0,0316	0,0078	0,0000
100	0,0718	0,1149	0,0455	0,0188	0,0016	0,0000
110	0,0482	0,0338	0,0200	0,0298	0,0043	0,0000
120	0,0241	0,0229	0,0223	0,0218	0,0034	0,0000
Média	0,3801	0,2889	0,2529	0,1388	0,0615	0,0019

O porcentual de material facilmente biodegradável, quando comparado ao teor de sólidos voláteis determinados nas matérias primas, podem indicar de forma aproximada o seu potencial de degradação (MOTTA, 1985). Para a manipueira temos que em torno de 70% dos voláteis se constituem de composto reconhecidamente biodegradáveis. Estas avaliações apresentam-se importantes, na medida que se pode inferir a quantidade e qualidade do biogás a ser gerado, como relatado por Chandler (1980).

Como mostra o gráfico 1, os tratamento “A” e “B” não tiveram uma produção inicial rápida, mas se mostram constante e ainda em crescimento aos 80 dias. O tratamento “C” com

60% de cama de aviário e 40% de manipueira atingiu um pico de produção com 40 dias e logo após entrou em queda. Já tratamento “D” apresentou uma baixa produção, mas pode verificar-se que o mesmo se apresentou mais constante que os demais tratamentos, pois durante 30 dias ele ficou estável até começar a entrar em declínio a partir dos 50 dias. O tratamento “E”, produziu apenas por 30 dias entrando em declínio logo após. O tratamento “F” não chegou a produzir biogás, por ter acidificado em função das características de alta solubilidade de seu substrato, como pôde ser comprovado ao termino do experimento.

Os digestores de fase única não são recomendáveis no tratamento de efluentes com altas cargas orgânicas solúveis, devendo haver a separação das mesmas em dois ambientes fisicamente isolados (Ghosh et al., 1985).

Feiden (2001), em seu experimento trabalhou com separação de fases em escala piloto, verificou no reator acidogênico valores de pH acima do esperado em sua fase inicial. Isso possivelmente ocorreu devido ao desenvolvimento de uma população metanogênica no reator acidogênico, nas fases iniciais do processo, quando adicionado ao biodigestor cargas orgânicas baixas.

Aires (2009), mostra que a produção de biogás dos tratamentos sem a separação de sólido da cama de aviário (NPE) obteve uma produção maior em sua fase inicial logo após entrando em declínio e novamente voltando a subir, do mesmo modo como acontece nos tratamentos “A” e “B” deste experimento. Já o tratamento com separação de sólidos (PEN) possui um início de produção de biogás mais demorado, mas se mantém em crescimento mais estável isso pode ser verificado na Figura 5.

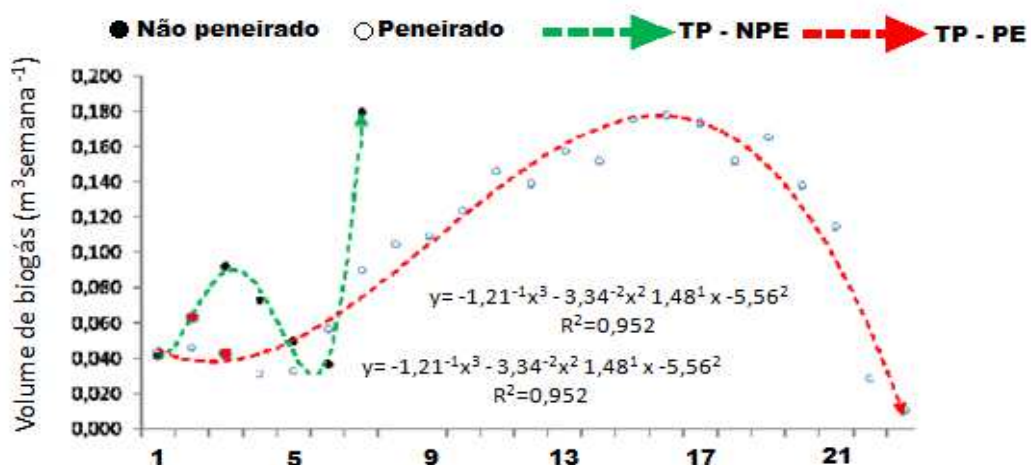


Figura 5: Valores médios do volume de biogás ($m^3/semana$) início da queima e tendência polinomial das camas de frango reutilizadas, durante sete semanas para o tratamento NPE e 23 semanas para o tratamento PEN (AIRES, 2009).

Analisando a Tabela 3 onde estão os resultados do teste de Tukey, podemos verificar que alguns dos tratamentos diferem entre si. “B” e “C” não diferem entre si, assim como “E” e “F” também não apresentam diferença significativa. As médias mostram que quanto maior a porcentagem de cama de aviário na mistura de biomassa colocada no biodigestor maior e a produção de gás, e quanto maior a porcentagem de manipueira menor a produção.

Tabela 3: Informações de agrupamento usando o método de Tukey 95% intervalos de confiança.

Tratamento	Média (L)	Agrupamento	Proporção de cama de aviário (%)	Estimativa de produção de biogás referente à cama de aviário (L)
A	0,3928	A	100	0,39280
B	0,2487	B	80	0,31424
C	0,2120	B	60	0,23568
D	0,1416	C	40	0,15712
E	0,0508	D	20	0,07856
F	0,0010	D	0	0

* Tratamentos que não compartilham uma letra são significativamente diferentes.

O Tratamento “A” possui 100% de cama de aviário “B” 80%, “C” 60%, “D” 40%, “E” 20% e “F” 0%. Observando a Tabela 3 temos a média para cada tratamento. Se levarmos em consideração somente a proporção de cama de aviário presentes nos tratamentos obtemos uma estimativa de produção de biogás referente somente a cama de frango, podendo verificar se tais tratamentos estão sendo eficientes na produção ou não em relação a manipueira adicionada.

O tratamento “A” composto por uma única biomassa (100% cama de aviário) e obteve sucesso na produção, serviu de parâmetro de comparação para os demais tratamentos.

Através disso temos que a única mistura que obteve um resultado acima da estimativa de produção foi o tratamento “C”, foi o único que a porcentagem de manipueira colocada na mistura aumentou e a produção de biogás.

Cereda et al (1986) avaliaram os grupos fisiológicos de microrganismos acidogênicos e metanogênicos e sugeriram a avaliação da digestão anaeróbia com separação de fases para o tratamento da manipueira. Fernandes Jr.(1989) estudou a digestão anaeróbia da manipueira em reatores de bancada de mistura completa com esse modelo de reator, observou forte instabilidade no processo devido ao acúmulo de ácidos orgânicos no meio. A instabilidade foi menor quando introduziu leito fixo, que preserva os microrganismos metanogênicos. A pesquisa do autor confirmou a sugestão de Cereda et al (1986), quanto a separação física das

fases acidogênicas e metanogênicas. Devido a não ser um biodigestor de duas fases o utilizado no experimento em questão os tratamentos com maiores quantidades de manipueira como o tratamento “F” não obtiveram bons resultados.

Comparando através do teste de Tukey as repetições de cada tratamento temos que “A”, “C”, “E” e “F” não diferem entre as suas repetições, mas, o mesmo não ocorre no tratamento “B” e “D” que através do teste podemos observar que há diferenças significativas entre suas repetições. Essas diferenças podem ter ocorrido devido ao mau funcionamento dos biodigestores que por vez ou outra tiveram que ser abertos para reparos durante o tempo de experimentação isso pode ser verificado na Tabela 4.

Tabela 4: Teste de Tukey para as repetições de cada tratamento (L).

Tratamento A			Tratamento B		
Repetições	Média (L)	Agrupamento	Repetições	Média (L)	Agrupamento
2	0,4265	A	4	0,3592	A
3	0,3929	A	1	0,2658	AB
4	0,3884	A	2	0,2143	B
1	0,3636	A	3	0,0087	C

Tratamento C			Tratamento D		
Repetições	Média (L)	Agrupamento	Repetições	Média (L)	Agrupamento
1	0,4265	A	4	0,1841	A
2	0,3929	A	3	0,1539	AB
3	0,3884	A	1	0,1329	AB
4	0,3636	A	2	0,0960	B

Tratamento E			Tratamento F		
Repetições	Média (L)	Agrupamento	Repetições	Média (L)	Agrupamento
4	0,0629	A	1	0,0020	A
2	0,0535	A	3	0,0013	A
1	0,0436	A	4	0,0006	A
3	0,0434	A	2	0,0000	A

4.2 Concentração de Metano (CH₄).

O produto final da digestão anaeróbia é o biogás, fonte renovável de energia, composto basicamente por 50 a 70 % de metano (CH₄) e 20 a 30 % de dióxido de carbono (CO₂). Além disso, outros gases, como o sulfídrico, nitrogênio, monóxido de carbono e amônia estão presentes no biogás em menores proporções (COMASTRI FILHO, 1981 e TEIXEIRA, 1985). A quantidade de metano existente no biogás regula seu poder calorífico, que geralmente se situa na faixa de 5.000 a 6.000 kcal m³⁻¹ em função da sua pureza. Quanto maior a concentração de metano no biogás, maior será o seu poder calorífico, podendo atingir em torno de 12.000 kcal m⁻³ com a retirada de CO₂, ou seja, a sua purificação (COMASTRI FILHO, 1981). As concentrações de metano obtidas nos tratamentos e nas repetições do experimento podem ser vistos na Tabela 5.

Tabela 5: Concentração de metano presente nos biogás nos diversos tratamentos.

Repetições	Tratamentos														
	A			B			C			D			E		
	CH ₄	CO ₂	O ²	CH ₄	CO ₂	O ²	CH ₄	CO ₂	O ²	CH ₄	CO ₂	O ²	CH ₄	CO ₂	O ²
1	60,50	37,70	1,80	64,00	34,40	1,60	62,00	33,20	4,80	71,00	26,90	2,10	58,00	37,00	4,50
2	69,50	27,70	2,80	73,00	24,50	2,50	70,00	26,40	3,60	56,50	41,90	1,60	59,00	37,20	3,80
3	71,50	26,00	2,50	73,00	25,10	1,90	70,00	27,20	2,80	66,00	30,60	3,40	55,50	41,90	2,60
4	66,00	31,50	2,50	71,00	27,20	1,80	73,00	24,10	2,90	64,00	33,80	2,20	58,50	39,70	1,80
Média	66,88	30,73	2,40	70,25	27,80	1,95	68,75	27,73	3,53	64,38	33,30	2,33	57,75	38,95	3,18

O tratamento “B” foi o que obteve a melhor qualidade do biogás, atingindo uma concentração média de CH₄ de 70,25% com concentração de CO₂ de 27,80%, seguidos pelos tratamentos “C” e “A”. O tratamento “E” pela baixa produção de biogás foi possível somente avaliar a qualidade em algumas situações, suas concentrações atingiram uma média de 57,75% de CH₄ e 38,95% CO₂. Os tratamentos “A”, “B”, “C” e “D” são de boa qualidade para se utilizar em motores de combustão interna, visto que para uma boa eficiência do motor o biogás deve possuir no mínimo 60% de CH₄. A diminuição dessa concentração implicaria no mau funcionamento do motor, acarretando falhas no sistema e dificuldades de ignição, portanto o tratamento “E” não é aconselhado para uso em motores de combustão interna, mas o mesmo pode ser utilizado de outras formas como queima direta.

4.3 Análise de sólidos das misturas utilizadas nos biodigestores

A mistura utilizada no processo foi composta por sólidos e por água. Os sólidos totais (ST) dividem-se em sólidos em suspensão e sólidos dissolvidos. Segundo Andreoli (2003), no lodo a maioria dos sólidos é representada pelos sólidos em suspensão, já com relação à matéria orgânica, os sólidos dividem-se em sólidos fixos ou inorgânicos (SF) e sólidos voláteis ou orgânicos (SV) a Figura 6, ilustra a distribuição de sólidos segundo estas diversas formas.

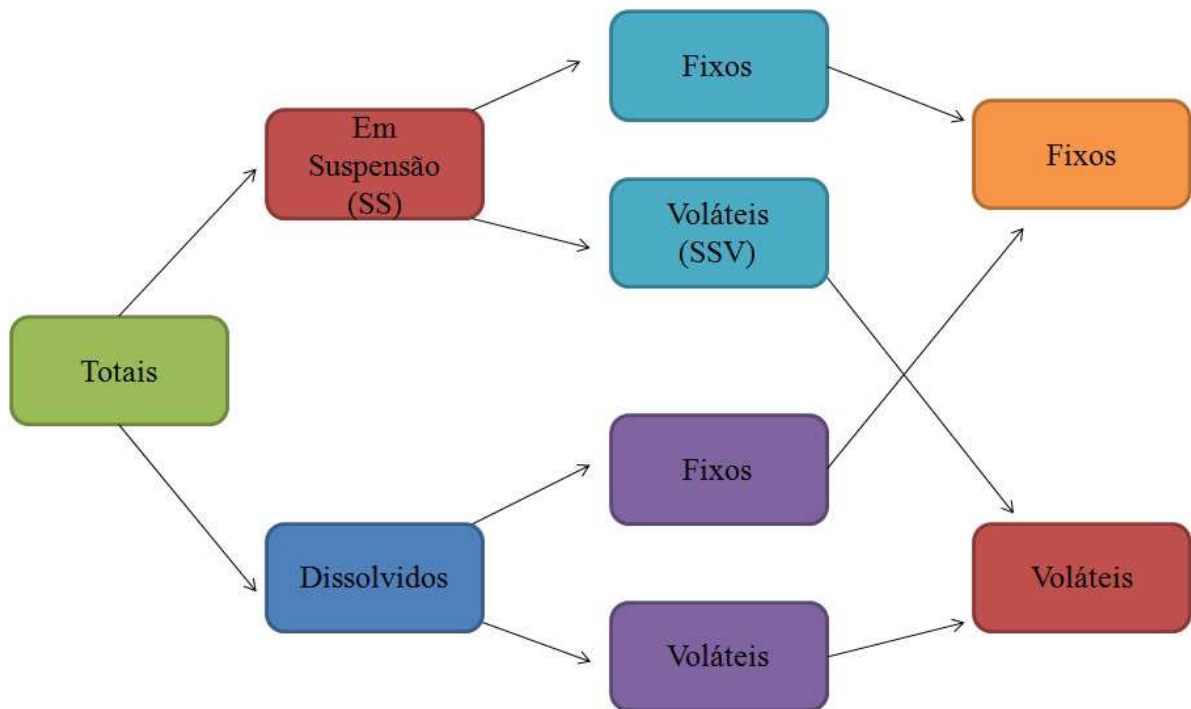


Figura 6: Distribuição dos sólidos segundo o tamanho e a fração orgânica (ANDEROLI,2003).

A matéria orgânica é decomposta pela ação das bactérias presentes no próprio efluente, transformando-se em substâncias estáveis, ou seja, as substâncias orgânicas insolúveis dão origem a substância inorgânicas solúveis (ANGONESE, 2005).

Na **Erro! Fonte de referência não encontrada.** podemos verificar todos os valores de ST, STV e STF dos afluentes e efluentes para as 24 amostras testadas no experimento bem como a porcentagem de ST e SV presentes em cada uma. Através desses dados foi possível determinar a quantidade de ST e SV removidos em cada tratamento. Com base na média desses dados podemos verificar que quanto maior a porcentagem de cama de aviário presente na amostra maior as quantidades de ST obtidos. A quantidade de sólidos decresce conforme diminui a porcentagem de cama de aviário, o mesmo pode ser observado com os SV.

Tendo determinado todos esses valores para as 24 amostras do experimento podemos determinar alguns itens que são essenciais para avaliar o resultado do experimento.

Na Tabela 7 podem ser observados os valores médios das cargas orgânicas adicionadas e removidas de sólidos totais e voláteis para cada tratamento. É claramente observado que quanto maior o teor de cama de aviário presente nas misturas maior e o valor de carga orgânica presentes nas amostras. A remoção de sólidos foi proporcional a adição do mesmo, sendo maior nos tratamentos com maior concentração de cama de aviário e menor nos tratamentos com mais manipueira.

A maior remoção de sólidos totais foi obtida no tratamento “A” isso se deve ao mesmo possuir uma carga orgânica maior que a dos outros tratamentos por ser composto somente por cama de aviário, mas, foi o tratamento “C” que obteve uma melhor eficiência de remoção de sólidos totais atingindo o valor de 75,82%.

Observou-se que o tratamento “A” foi o que apresentou um melhor resultado para remoção de sólidos voláteis devido a sua matéria prima ser constituída apenas por cama de aviário e por isso, possuir maior carga orgânica e conseqüentemente uma maior quantidade de sólidos voláteis adicionados $0,87 \text{ g SV L}^{-1}$ atingindo o valor de $0,69 \text{ g SV L}^{-1}$ de sólidos voláteis removidos e uma eficiência de 79,31%, mas, foi o tratamento “C” que novamente obteve um melhor resultado de eficiência com valor de 81,94% (Tabela 7).

Em seu experimento Motta (1985) obteve resultados entre 51% e 73%, o mesmo alimentou um reator de mistura completa de bancada com manipueira de carga orgânica entre $1,70 \text{ g SV L}^{-1} \text{ r d}^{-1}$ e $1,96 \text{ g SV L}^{-1} \text{ r d}^{-1}$.

BOUALLAGUI et al. (2005) alimentaram um reator tubular contínuo com carga orgânica em sólidos voláteis de $2,8 \text{ g L}^{-1} \text{ r d}^{-1}$ originada de restos de frutas e vegetais e TRH de 20 dias obtendo rendimento de biogás de $0,45 \text{ L biogás g}^{-1}$ de SV adicionados.

O experimento realizado por Barana & Ribas (2003), estudou um reator do tipo fluxo pistão vertical de uma fase (*plug flow*), alimentado com manipueira, obteve em seu estudo uma redução de sólidos voláteis de 60% e 79%.

Se os comparados com os resultados dos autores citados acima os resultados obtidos na remoção de sólidos voláteis apresentaram valores satisfatórios dentro dos valores descritos entre 81,94% e 64,29%.

Tabela 6: Média das Análises de Sólidos dos Resíduos Afluente e Efluente

Tratamentos e Repetições	Afluente						Efluente						Remoção	
	Vol. Amostra	ST	STF	STV	% de ST na Amostra	% de SV na Amostra	Vol. Amostra	ST	STF	STV	% de ST na Amostra	% de SV na Amostra	ST (g L ⁻¹)	SV (g L ⁻¹)
A	12,02	1,4900	0,37	1,12	12,35	9,29	8,92	0,31	0,15	0,17	3,52	1,89	0,33	0,18
B	10,98	1,1200	0,25	0,87	10,18	7,89	9,11	0,33	0,13	0,2	3,62	2,22	0,34	0,21
C	11,09	1,0900	0,23	0,86	9,81	7,74	8,97	0,21	0,08	0,13	2,35	1,44	0,22	0,14
D	9,44	0,3800	0,09	0,29	4,04	3,1	8,72	0,16	0,06	0,1	1,82	1,17	0,17	0,11
E	9,26	0,1700	0,04	0,13	1,84	1,44	9,8	0,09	0,04	0,05	0,92	0,49	0,09	0,05
F	9,34	0,0400	0,01	0,04	0,46	0,39	8,9	0,02	0,01	0,01	0,18	0,07	0,02	0,01

Tabela 7: Carga Orgânica adicionada e removida.

Tratamentos	Carga Orgânica de Sólidos Totais		Eficiência de Remoção (%)	Carga Orgânica de Sólidos Voláteis		Eficiência de Remoção (%)
	Adicionados (g L ⁻¹)	Removidos (g L ⁻¹) ¹⁾		Adicionados (g L ⁻¹)	Removidos (g L ⁻¹)	
A	1,15	0,82	71,30	0,87	0,69	79,31
B	0,95	0,61	64,21	0,74	0,53	71,62
C	0,91	0,69	75,82	0,72	0,59	81,94
D	0,52	0,29	55,77	0,42	0,27	64,29
E	0,17	0,08	47,06	0,14	0,09	64,29
F	0,05	0,03	60,00	0,04	0,03	75,00

AIRES (2009) apresenta valores de concentrações de ST e SV dos afluentes e efluentes do seu experimento. Em seu experimento ele estudou a produção de biogás de cama de aviário com e sem separação da parte sólida da mesma.

Segundo Leme (2010) o tratamento anaeróbio de dejetos, além de produzir biogás acarreta uma redução de carga orgânica entre 60% e 90% e, portanto, pode-se afirmar que os tratamentos “A”, “B”, “C”, “D” e “F” atingiram uma eficiência de remoção de carga satisfatória. Apenas “E” não obteve sucesso nesse parâmetro. A eficiência de remoção de carga orgânica do sistema se apresentou maior no tratamento “C” com uma remoção de sólidos totais e voláteis de 75,82% e 81,94% respectivamente.

O rendimento do processo pode ser avaliado obtendo-se dados de produção de biogás e sólidos presentes no processo. Através destes é possível realizar varias comparações entre elas a produção total e específica de biogás e CH₄ por litros de reator (Tabela 8). O rendimento do biogás sobre sólidos totais e sólidos voláteis adicionados e removidos e também o rendimento de CH₄ sobre sólidos totais e voláteis removidos. Estes dados estão expostos na Tabela 9.

4.4 Produção de biogás

Para avaliação da produção e do rendimento do biogás foram utilizados os seguintes indicadores técnicos: (esses são indicadores utilizados na análise de sólidos), produção total média diária de biogás por dia, produção específica média diária de biogás (L por L de reator), produção total média diária de metano (CH₄) por dia, produção específica média diária de metano (CH₄) (L por L de reator); rendimento de biogás e metano sobre sólidos totais adicionados; rendimento de biogás e metano sobre sólidos totais removidos; rendimento de biogás e metano sobre sólidos voláteis adicionados; e, rendimento de biogás e metano sobre sólidos voláteis removidos. Os resultados serão discutidos a seguir.

4.4.1 Rendimento da produção de biogás e metano (CH₄)

A Tabela 9 mostra os resultados obtidos de rendimentos de biogás e metano para quantidade de sólidos adicionados totais e voláteis, e também para a quantidade de sólidos removidos e sua redução em porcentagem. Para cada tratamento foram obtidos valores de rendimentos.

4.4.1.1 Rendimento de biogás e metano sobre sólidos totais adicionados

Foram encontrados valores de 0,01 L biogás g⁻¹ ST adicionado até 0,11 L biogás g⁻¹ ST adicionado. O tratamento que obteve um maior rendimento de biogás por sólidos totais adicionados foi o tratamento “D” seguido do tratamento “A”, “E”, “B”, “C” e “F” os valores obtidos foram 0,11 L biogás g⁻¹ ST, 0,10 L biogás g⁻¹ ST, 0,9 L biogás g⁻¹ ST, 0,9 L biogás g⁻¹ ST, 0,8 L biogás g⁻¹ ST e 0,01 L biogás g⁻¹ ST adicionados, respectivamente.

O tratamento “D” apresenta o maior rendimento, porém, não é um tratamento que seja viável se o objetivo for à produção de gás, pois, este apresenta uma produção diária e total baixa. O tratamento “A” apenas com a cama de aviário apresenta um bom rendimento e também uma produção de biogás estável ao longo de 120 dias.

Como o experimento possuía como objetivo a produção de gás através da mistura, o que se destaca é o tratamento “C” com um rendimento de biogás de 0,9 L biogás g⁻¹ ST adicionado e uma produção constante e estável.

Para os valores de rendimento de CH⁴ os melhores valores também foram obtidos pelo tratamento “D”, este apresentou o valor de 6,94 L metano g⁻¹ ST adicionado, mas, como já discutido acima este não é um tratamento que obteve uma produção de biogás considerável.

Nos tratamentos “A”, “B”, “E”, “C” e “F” foram obtidos os seguintes valores: 5,52; 5,01 L metano g⁻¹ ST adicionados, 4,49 L metano g⁻¹ ST adicionados, 4,48 L metano g⁻¹ ST adicionados e 0,00 L metano g⁻¹ ST adicionados, respectivamente. “B” é o tratamento que obteve a melhor qualidade do biogás quando se trata da mistura das matérias primas, por obter uma quantidade de metano maior e por ter obtido produção constante ao longo dos 120 dias.

4.4.1.2 Rendimento de biogás e metano sobre sólidos totais removidos

O rendimento de biogás sobre os sólidos totais removidos apresentou o maior valor no tratamento “E”, 0,24 L biogás g⁻¹ ST removido, seguido dos tratamentos “D”, “B”, “A”, “C” e “F”.

Foi quantificado também o rendimento do metano sobre os sólidos totais removidos, obtendo maior rendimento de metano também no tratamento “E”, 13,05 L metano g⁻¹ ST removidos. Para os tratamentos “A”, “B”, “C”, “D” e “F” foram obtidos os valores de 7,70; 8,23; 5,90; 12,94 e 0,00 respectivamente.

Pode se considerar que o tratamento “B” é o que possui o melhor desempenho, por ter alcançado uma produção constante, estável e ser composto pela mistura de biomassas.

4.4.1.3 Rendimento de biogás e metano sobre sólidos voláteis adicionados

“D” apresentou quantidades de 0,15 L biogás g^{-1} SV adicionado sendo o tratamento que obteve um maior rendimento de L biogás g^{-1} SV adicionado, em quanto “F” não obteve êxito em sua produção chegando ao valor máximo de 0,01 L biogás g^{-1} SV adicionado valores obtidos para os outros tratamentos podem ser observados na Tabela 9. O tratamento “D” foi o que obteve também a maior quantidade 9,20 L biogás g^{-1} SV adicionado.

4.4.1.4 Rendimento de biogás e metano sobre sólidos voláteis removidos

Destaca-se nesse item o rendimento do tratamento “D” tanto para o rendimento do L biogás g^{-1} SV removido quanto para o L metano g^{-1} ST removido com valores de 0,24 L biogás g^{-1} SV removido e 15,26 L metano g^{-1} ST removido.

Os resultados obtidos podem ser comparados com os descritos na Tabela 10.

O experimento obteve bons resultados de produção de biogás por sólidos adicionados.

Tabela 8: Produção de biogás por sólidos adicionados

Tratamentos	Produção Total de biogás acumulado (L d ⁻¹)	Produção específica de biogás (L biogás L r.d ⁻¹)	Produção total de CH ₄ (L d ⁻¹)	Produção específica de CH ₄ (L biogás l r.d ⁻¹)
A	0,39	0,11	21,77	6,22
B	0,30	0,09	16,63	4,75
C	0,25	0,07	14,30	4,09
D	0,14	0,04	8,83	2,52
E	0,05	0,02	2,64	0,76
F	0,00	0,00	0,00	0,00

Tabela 9: Média de Rendimento de produção de biogás para cada tratamento

Tratamentos	Rendimento do Biogás				Rendimento de CH ₄				Redução	
	ST Ad. (L biogás g ST adicionados ⁻¹)	SV Ad. (L biogás g SV adicionados ⁻¹)	ST removidos (L biogás g ST adicionados ⁻¹)	SV removidos (L biogás g SV adicionados ⁻¹)	ST Ad. (L CH ₄ g ST adicionados ⁻¹)	SV Ad. (L CH ₄ g SV adicionados ⁻¹)	ST removidos (L CH ₄ g ST adicionados ⁻¹)	SV removidos (L CH ₄ g SV adicionados ⁻¹)	ST (%)	SV (%)
A	0,10	0,13	0,14	0,17	5,52	7,32	7,70	9,14	71,77	80,24
B	0,09	0,12	0,15	0,17	5,01	6,50	8,23	9,33	64,18	71,46
C	0,08	0,10	0,10	0,12	4,48	5,68	5,90	7,02	75,96	81,23
D	0,11	0,15	0,20	0,24	6,94	9,20	12,94	15,26	54,35	61,29
E	0,09	0,11	0,24	0,17	4,49	5,68	13,05	9,16	46,86	65,09
F	0,01	0,01	0,01	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	62,45	81,87

4.4.2 Rendimento específica de biogás

Os melhores valores encontrados para produção de biogás por sólidos adicionados foram encontrados no tratamento “A” que atingiu uma produção de $0,39 \text{ L d}^{-1}$ de biogás em sua produção total, 9% a mais que o tratamento “B”. “A” também se destaca em produção específica de biogás obtendo uma média de $0,11 \text{ L biogás L r d}^{-1}$. O mesmo também obteve os melhores valores para produção total de CH_4 e produção específica de CH_4 com valores de $21,77 \text{ L d}^{-1}$ e $6,22 \text{ L biogás L r d}^{-1}$ (Tabela 9).

Alguns autores encontrados na literatura obtiveram resultados em seus experimentos em relação à redução de carga orgânica obtida.

BOUALLAGUI et al. (2005) alimentaram um reator tubular contínuo com carga orgânica em sólidos voláteis de $2,8 \text{ g L}^{-1} \text{ r d}^{-1}$ originada de restos de frutas e vegetais e TRH de 20 dias obtendo remoção de sólidos voláteis de 76% e produção de biogás de $0,45 \text{ L biogás g}^{-1}$ de SV adicionados.

Ribas (2003) em seu experimento testou a estabilização da manipeira de diferentes formas e após caracterizou os efluentes obtidos no processo. Os biodigestores foram operados, inicialmente antes do experimento com pH do efluente do reator acidogênico de 4,09 sendo que no metanogênico com pH de 6,45. A produção de biogás obtida foi de $9,79 \text{ L biogás d}^{-1}$, o reator acidogênico possuía um volume útil de 6 L e funcionava 6 horas por dia para proporcionar uma vazão de alimentação de 6 L dia^{-1} .

Neste experimento foi obtida uma produção específica de biogás de $0,11 \text{ L biogás L r d}^{-1}$ no tratamento “A” esse foi o tratamento que apresentou maior produção específica, chegando a uma produção de $0,39 \text{ L d}^{-1}$ de biogás.

O experimento realizado é de caráter inédito não tendo possibilidade de ser comparado com outros que utilizem da mesma biomassa. Para nível de comparação a Tabela 10 traz vários tipos de substratos e seus valores de sólidos totais e produção de biogás, através desta pode-se verificar que os resultados de produção de litros de biogás/gramas de sólidos totais adicionados esta dentro dos padrões de vários outros substratos inclusive se comparado com o de excreta de frango descrito na tabela. O experimento obteve bons resultados de produção de biogás por sólidos adicionados.

Tabela 10: Substratos para produção de biogás e seus respectivos rendimentos.

Substrato para a produção de biogás	MS (%) MSo na MS (%)	Rendimento de biogás (g L⁻¹)
Resíduo de matadouro	-	0,3 – 0,7
	-	-
Palha de cereais	86	0,2 – 0,5
	89 – 94	-
Palha de milho	86	0,4 – 1,0
	72	-
Palha de arroz	25 – 50	0,55 – 0,62
	70 – 95	-
Melaço	77 – 90	0,3 – 0,7
	85 – 95	-
Lodo de esgoto de casas de famílias	-	0,2 – 0,75
	-	17
Gordura misturada	99,9	1,2
	99,9	-
Lodo de esgoto	-	0,3
	-	20
Esterco líquido de gado	6 – 11	0,1 – 0,8
	68 – 85	-
Excremento de gado fresco	25 – 30	0,6 – 0,8
	80	-
Excremento de suíno	20 – 25	0,27 – 0,45
	75 – 80	-
Excremento de frango	10 – 29	0,3 – 0,8
	67 – 77	-
Excremento de ovelha fresco	18 – 25	0,3 – 0,4
	80 – 85	-
Excremento de cavalo fresco	28 – 25	0,4 – 0,6
	-	-

*Tabela adaptada de DOUBLEIN. & STEINHAUSER (2008).

5. CONCLUSÕES

De acordo com os resultados obtidos e as discussões apresentadas neste trabalho, as seguintes conclusões podem ser destacadas.

Os tratamentos que apresentaram uma maior produção de biogás por dia foram os tratamentos que possuíam uma maior porcentagem de cama de aviário em sua mistura sendo eles os tratamentos “A” e “B” com produções de 0,39 e 0,30 L d⁻¹ de biogás respectivamente.

O tratamento “C” foi o que obteve uma maior eficiência de remoção de 75,82% de ST e 81,94% de SV sendo a essa mistura a ideal se o objetivo for redução de carga orgânica.

O tratamento “B” apresentou o biogás de melhor qualidade com média de concentrações de 70,25% de metano.

O Tratamento “E” não obteve grande sucesso em nenhum dos casos, não sendo um tratamento eficiente para redução de carga e nem para a produção de gás.

Materiais como cama de aviário que possuem uma fração de degradação lenta devem ficar em biodigestores por um período mínimo de 70 dias para que possa haver a degradação dos mesmos e assim o material poder ser aproveitado no seu total.

Materiais como cama de aviário que possuem uma fração de degradação lenta devem ficar em biodigestores por um período mínimo de 70 dias para que possa haver a degradação dos mesmos e assim o material poder ser aproveitado no seu total. Isso pode ser concluído devido à queda de produção aos 40 dias, este período pode ser confundida com o final da produção, mas, novamente nos 50 dias a produção de biogás começa, entrando em declínio 20 dias após, sendo esse o período verdadeiro de fim de produção.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. ABAM – **Associação Brasileira dos Produtores de Amido de Mandioca**. Paranavaí, PR, 2002.
2. ABEF – **Associação Brasileira de Exportadores e Produtores de Frango de Corte**. Disponível em: <<http://www.abef.com.br>> Acesso em: 12 jan. 2009.
3. AIRES, A. M. A. **Biodigestão anaeróbia da cama de aviários de corte com ou sem separação das frações sólida e líquida**. 2009. 134 f. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Fac. de C. A. e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal.
4. ANDEROLI, C.V. VON SPERLING, M. FERNANDES, F. **Princípios do Tratamento Biológico de Águas Residuárias – Lodo de Esgoto: Tratamento e Disposição Final**. Departamento de Engenharia Sanitária Ambiental – DESA- UFMG, Companhia de Saneamento do Paraná –SANEPAR, Belo Horizonte, 2003
5. ANEEL. **Biomassa**. Disponível em: <[http://www.aneel.gov.br/aplicacoes/atlas/pdf/05-Biomassa\(2\).pdf](http://www.aneel.gov.br/aplicacoes/atlas/pdf/05-Biomassa(2).pdf)>. Acesso em: 10 Out. 2011a.
6. ANEEL. **Fontes Renováveis: Biomassa**. Disponível em: <http://www.aneel.gov.br/arquivos/PDF/atlas_pa_r2_c_ap4.pdf>. Acesso em: 10 Out. 2011b.
7. ANGONESE, A.R. **Uso de dejetos de suínos com biodigestores de fluxo tubular em sistema integrado**. . Dissertação (Mestrado) - Pós-Graduação em Agronomia, Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Marechal Cândido Rondon, 2005.
8. ANRAIN, E. **Tratamento de efluentes de fecularia em reator anaeróbio de fluxo ascendente e manta de lodo**. In: FEIDEN, A. Tratamento de águas residuárias de indústrias de fécula de mandioca através de biodigestores anaeróbios com separação de fases em escala piloto. 2001. 90 f. Tese (Doutorado em Energia na Agricultura) - Faculdade de Ciências Agrônômicas da Universidade Estadual Paulista, Botucatu-SP
9. APHA-AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION. **Standard methods for the examination of water and wastewater**. Washington, 1992. 18^{ed}.
10. ANUÁRIOBRASILEIRO DE AVES E SUÍNOS 2003. Rio Grande do Sul, 2003. In: HEIZEIN, L. F.; **A realidade em uma pequena empresa da avicultura catarinense. 2006**. Monografia. (Grau em Engenharia Agrônômica). Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2006.
11. BARRERA, P., **Biodigestores: energia, fertilidade e saneamento para a zona rural**. 2^aed. Ícone. São Paulo, 1993.

12. BEN, **Balço Energético Nacional – Relatório final 2011** – Disponível em: <https://ben.epe.gov.br/BENRelatorioFinal2011.aspx> . Acesso em: 08 Mar. 2011.
13. BRAKE, J. D. et al. **Evaluations of whole chopped kenaf and kenaf core used as a broiler litter material**. Poultry Science, Savoy, v. 72, n. 11, p. 2079-2083, 1993.
14. BOUALLAGUI, H.; TOUHAMI, Y.; BENCHEIKH, R.; HAMDY, M. **Bioreactor performance in anaerobic digestion of fruit and vegetables waste**. Process Biochemistry 40, p.989-995, 2005.
15. BRASIL. Ministério da Agricultura e do Abastecimento. **Instrução Normativa n. 15**, de 17 de Julho de 2001. Disponível em: <http://extranet.agricultura.gov.br/sislegisconsulta/consultarLegislacao.do>>. Acesso em: 04 de abril 2011.
16. CAMARERO, L.; DIAZ, J. M.; ROMERO, F. **Final treatments for anaerobically digested piggery slurry effluents**. Biomass and Bioenergy, Oxford, v. 11, n. 6, p. 483-489, jul. 1996.
17. CASSINI, S.T., **Digestão de Resíduos Sólidos Orgânicos e aproveitamento de Biogás**. Rede Cooperativa de Pesquisa. PROSAB. Vitória-ES, 2003.
18. CEREDA, M.P., CONCEIÇÃO, F.D.A., CAGLIARI, A. M., HEEZEN, A. M., FIORETTO, R. A. **Estudo comparativo de variedades de batata doce (*Ipomoea batatas*), visando aproveitamento em indústrias de alimentos**. Turrialba, San Jose, v.32, p.365-370, 1982.
19. CHANDLER, J.A.; JEWELL, W.J.; GOSSET, J.M.; VAN SOEST, P.J.; ROBERTSON, J.B.; **Predicting methane fermentation biodegradability**. Biotechnology and Bioenergy. P 93-107, 1980.
20. COMASTRI FILHO, J. A. **Biogás: independência energética do Pantanal Mato-Grossense**. Corumbá: Embrapa, 1981
21. CORTEZ, L. A. B.; LORA, E. E. S.; GÓMEZ, E. O. **Biomassa Para Energia**. Campinas: UNICAMP, 2008.
22. COMASTRI FILHO, J.A., **Biogás – Independência Energética do Pantanal Mato-grossense**. EMBRAPA, Circular Técnica nº9. Corumbá, MS, 1981.
23. DOUBLEIN, D. & STEINHAUSER, A. **Biogás from waste and renewable resources: an introduction**. Weinheim: WILEY-VCH Verlag GmbH & Co. KGaA, 2008. 443 p.
24. FARIA, J.A.S., **Estudo Sobre Tratamento de Águas Residuárias de Fecularias de Mandioca**. Dissertação para obtenção do título de mestre na Escola de Engenharia de São Carlos -USP - Universidade de São Paulo. São Carlos - SP, 1978.

25. FEIDEN, A. **Tratamento de águas residuárias de indústrias de fécula de mandioca através de biodigestores anaeróbios com separação de fases em escala piloto**. 2001. 90 f. Tese (Doutorado em Energia na Agricultura) - Faculdade de Ciências Agrônômicas da Universidade Estadual Paulista, Botucatu-SP
26. FERNADES JUNIOR, A. **A ocorrência de instabilidade e forma de seu controle na digestão anaeróbia de manipueira em reator de bancada de mistura completa**. 1989. 118f. Dissertação (Mestrado em Energia na Agricultura) –Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu.
27. FIESP - CIES. **Ampliação da Oferta de Energia Através da Biomassa**. Disponível em: <http://www.fiesp.com.br/publicacoes/pdf/AMbiente/relatorio_dma.pdf>. Acesso em: 18 Abr. 2011.
28. FIORETTO, R.A.. **Uso da Manipueira em Fertirrigação**. In: CEREDA, M.P et. al.. Resíduos da industrialização da mandioca no Brasil. São Paulo: Paulicéia, 1994, 174 p., p.51-80.
29. FORESTI, E. et al. **Fundamentos do tratamento anaeróbio**. In: CAMPOS, J.R. (Coord.). Tratamento de esgotos sanitários por processo anaeróbio e disposição controlada no solo. Rio de Janeiro: ABES, 1999. p. 29-52.
30. FRANCO, L. **Crescem as vendas de Fécula de mandioca**. Gazeta Mercantil, São Paulo, 12 jul. 2001. Agribusiness. B-16p.
31. FUKAYAMA, E. H. **Características quantitativas e qualitativas da cama de aviário sob diferentes reutilizações: efeitos na produção de biogás e biofertilizante**. 2008. 99 f. Tese (Doutorado em Zootecnia) - Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal-SP.
32. GARBA, B. **Effect of temperature and retention period on biogás production from lignocellulosic material**. Renewable Energy, Oxford, v. 9, n. 1-4, p. 938-941, sep/dec. 1996.
33. GHOSH, S., OMBREGT, J. P., PIPYN, P. **Methane production from industrial wastes by two-phase anaerobic digestion**. Wat. Res., v.19, p.1083-1088, 1985.
34. GASPAR, R. M. B. L. **Utilização de biodigestores em pequenas e médias propriedades rurais com ênfase na agregação de valor: um estudo de caso na região de Toledo – PR**. 106 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) - Pós-Graduação em Engenharia de Produção, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, Santa Catarina, 2003
35. GASQUES, J. G. e VILLA VERDE, C. M. **Crescimento da agricultura brasileira e política agrícola nos anos oitenta**. Agricultura em São Paulo, São Paulo, v.37, n.1,p.183-204, 1990.

36. GOLDEMBERG, J.; LUCON, O. **Energia, Meio Ambiente & Desenvolvimento**. 3 ed. São Paulo: Universidade de São Paulo, 2008.
37. GOLDEMBERG, J. **Biomassa e Energia**. Quim. Nova, Vol. 32, No. 3, 582-587, São Paulo-SP, 2009
38. GRIMES, J. L. **Alternatives litter materials for growing poultry**. North Carolina Poultry Industry Newsletter, v. 1, 2004.
39. GUNNERSON, D.G., STUCKEY, D.C., SKRINDE, R.T., WARD, R.F., GREELEY, M. **Anaerobic digestion (biogas) systems: principles of integrated use and their application in developing countries**. In: WISE, D.L. International Biosystems. Vol. I. Boca Raton (Florida): CRC Press, 1989, p. 25-139.
40. HAMMAD, M.; BADARNEH, D.; TAHBOUB, K. **Evaluating variable organic waste to produce methane**. Energy Conversion and Management, Oxford, v. 40, n. 13, p. 1463-1475, sep. 1999.
41. HESSAMI, M. A.; CHRISTENSEN, S.; GANI, R. **Anaerobic digestion of household organic waste to produce biogas**. Renewable Energy, Oxford, v. 9, n. 1-4, p. 954-957, sep/dec. 1996.
42. HEIZEIN, L. F.; **A realidade em uma pequena empresa da avicultura catarinense. 2006**. Monografia. (Grau em Engenharia Agrônômica). Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2006.
43. IBGE, **Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística**, <http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/indicadores/agropecuaria/lspa/lspa_201105_5.shtm> Acesso em: 29 Jun. 2011.
44. IBGE, **Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística**, http://www.ibge.gov.br/home/presidencia/noticias/noticia_visualiza.php?id_noticia=1830&id_pagina=1 Acesso em: 13 Mai. 2012.
45. KOLLING, E. M.; **Análise de um sistema fotovoltaico de bombeamento de água**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) – Centro de Ciências Exatas e Tecnológicas, Universidade Estadual do Oeste do Paraná. Cascavel-Pr, 45f, 2001.
46. KONZEN, E.A.; **Fertilização de lavoura e pastagem com dejetos suínos e cama de aves**. V SEMINÁRIO TÉCNICO DA CULTURA DO MILHO, 5., 2003, Videira. Anais..., Videira, SC, 2003.
47. KUCZMAN, O. **Mandioca no contexto econômico regional do oeste do Paraná: um estudo de caso**. Cascavel, 1996. 43p. Monografia (Especialização em Desenvolvimento Agroindustrial) – Departamento de Economia, Universidade Estadual do Oeste do Paraná.

48. LASTELLA, G. et al. **Anaerobic digestion of semi-solid organic waste: biogas production and its purification.** Energy Conversion and Management, Oxford, v. 43, n. 1, p. 63-75, jan. 2002.
49. LEME, E. J .A. **Manual prático de tratamento de águas residuárias.** Ed. UFSCar, São Carlos, 2010, 595 p.
50. LINKE, B. **Kinetic study of thermophilic anaerobic digestion of solid wastes from potato processing.** Biomass & Bioenergy 30, pg. 892-896, 2006.
51. LIU, W. T.; CHAN, O. C.; FANG, H. H. P. **Microbial community dynamics during start-up of acidogenic anaerobic reactors.** Water Resource, New York, v. 36, n. 13, p. 3203-3210, jul. 2002.
52. LIEN, R. J.; CONNER, D. E. ; BILGILI, S. F. **The use of recycled paper chips as litter material for rearing broiler chickens.** Poultry Science, Savoy, v. 71, n. 1, p. 81-87, 1992.
53. MAGALHÃES, E.A., SOUZA. S.N.M. **Potencial de Biomassa na Região de Cascavel no Oeste do Paraná.** In. X Encontro Anual de Iniciação Científica e I Encontro de Pesquisa da UEPG. Ponta Grossa – PR. 2001. p. 80-81
54. MALONE, G. W. **Nutrient enrichment in integrated broiler production systems.** Poultry Science, v. 71, p. 1117-1122, 1992.
55. MATTOS, P.L.P.; CARDOSO, E.M.R. **Cultivo da Mandioca para o Estado do Pará.** Disponível em: <http://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Mandioca/mandioca_para/index.htm>. Acesso em: 20 set. 2011.
56. MORENG,R.E.; EVANS, J. S. **Ciência e produção de aves: aquecimento, criação, alojamento, equipamentos e produção de aves.** São Paulo: Roca, 1990. p. 143-178
57. Associação Brasileira de Normas Técnicas- ABNT/ NBR 10664/Abr1989.
58. MOTTA, L. C. **Utilização de resíduos de indústrias de farinha de mandioca em digestão anaeróbia.** 1985. 119 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia), Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu-SP.
59. PAGANINI, F. J. **Produção de frangos de corte: manejo de cama.** Ed. MENDES, A. A.; NÄÄS, I. de A.; MACARI, M. Campinas: FACTA. p. 356. 2004.
60. PARIZOTTO, A.A. **Desempenho de lagoas e sedimentação na remoção de carga orgânica, nutrientes e coliformes totais em despejos industriais de fecularias.** In: FEIDEN, A. **Tratamento de águas residuárias de indústrias de fécula de mandioca através de biodigestores anaeróbios com separação de fases em escala piloto.** 2001. 90 f. Tese (Doutorado em Energia na Agricultura) - Faculdade de Ciências Agrônômicas da Universidade Estadual Paulista, Botucatu-SP

61. PASTORE, N. S. **Avaliação de diferentes fontes de nitrogênio e concentração de sacarose na produção de ácido cítrico por *Aspergillus Níger* usando manipueira como substrato**, Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Química em cumprimento parcial aos requisitos para obtenção do título de Mestre em Engenharia Química, Toledo,PR, 2010.
62. PLAIXATS, J.; BARCELO, J.; GARCIA-MORENO, J. **Characterization of the effluent residue from anaerobic digestion of pig excreta for its utilization as fertilizer**. *Agrochimica*, v. 32, n. 2-3, p. 236-239, 1988.
63. PONTE, J.J.. **Uso da Manipueira como Defensivo Agrícola**. In: CEREDA, M.P et. al.. *Resíduos da industrialização da mandioca no Brasil*. São Paulo: Paulicéia, 1994, 174 p., p.81-90
64. RIBAS, M.M.F. **Comparação da estabilização da manipueira com calcário e NaOH na fase acidogênica da biodigestão anaeróbia e uso do biofertilizante**. Dissertação (Mestrado) apresentada a Faculdade de Ciências Agrônômicas da UNESP – Câmpus de Botucatu –Área de Concentração em Energia na Agricultura, Botucatu,SP, 2003.
65. RIBAS, M.M.F.; BARANA, A.C.; **Start-up adjustment of a plug-flow digester for cassava wastewater (manipueira) treatment**. *Scientia Agricol*, v.60, n.2, p. 223-229, abr./jun. 2003.
66. RUIZ, R. L. et al. **Microbiologia do rúmem e do biodigestor**. In: RUIZ, R. L. *Microbiologia zootécnica*. São Paulo: Roca, p. 124-167, 1992.
67. SANTOS, C. C. **Avaliação físico-química de compostos de cama de frango e sua utilização na agricultura**. Dissertação (Mestrado em Produção Animal) – Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal. 2000. 93 f
68. SANTOS, T. M. B. **Caracterização química, microbiológica e potencial de produção de biogás a partir de três tipos de cama, considerando dois ciclos de criação de frangos de corte**. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal. 1997. 95 f.
69. SANTOS, T. M. B.; LUCAS JUNIOR, J. **Utilização de resíduos da avicultura de corte para a produção de energia**. In: ZOOTECA, 2003; CONGRESSO INTERNACIONAL DE ZOOTECA, 5.; CONGRESSO NACIONAL DE ZOOTECA, 13., 2003, Uberaba, 2003. p. 131-141.
70. SANTOS, T.M.B.; LUCAS JÚNIOR, J. **Balço energético em galpão de frangos de corte**. *Engenharia Agrícola*, Jaboticabal, v.24, n.1, p.25-36, 2004

71. SBRT, **Serviço Brasileiro de Respostas Técnica**, USP-Inovação, Disponível em: <http://www.respostatecnica.org.br>, Acesso em: 15 Mai. 2012.
72. SCHOLZ, H.K.B.W. **Aspectos industriais da mandioca no nordeste**. Ministério do interior/Banco do nordeste do Brasil/ETENE, 197p. 1971.
73. SHARMA, V. K. et al. **Inclined-plug-flow type reactor for anaerobic digestion of semi-solid waste**. *Applied Energy*, London, v. 65, n. 2, p. 173-185, apr. 2000.
74. SILVA, J. R. B.; **Mandioca e outras raízes tropicais: Uma base alimentar do século XXI**. In: CONGRESSO LATINO AMERICANO DE RAÍZES TROPICAIS, 1º CONGRESSO BRASILEIRO DE MANDIOCA, 9, 1996. São Pedro. Anais... São Pedro: Centro de Raízes Tropicais – UNESP, Sociedade Brasileira de Mandioca, 1996. p.12-5.
75. SINGH, S.; SINGH, S. K. **Effect of cupric nitrate on acceleration of biogas production**. *Energy Conversion and Management*, Oxford, v. 37, n. 4, p. 417-419, apr. 1996.
76. SOUZA, A. B. & PAWLOWSKY, U. **Recuperação de sub-produtos da manipueira por coagulação e floculação com quitosana**. In: Asociación Peruana de Ingeniería Sanitaria y Ambiental; AIDIS. *Gestión ambiental en el siglo XXI*. Lima, APIS, 1998. p.1-14, Ilus, tab. Congreso Interamericano de Ingeniería Sanitaria y Ambiental, 26 (AIDIS 98), Lima, 1-5 nov. 1998.
77. SOUZA, S. N. M. et al. **Custo de Eletricidade Gerada em conjunto motor gerador utilizando biogás da suinocultura**. *Acta Scientiarum. Technology*, Maringá, v. 26 p.127-133, 2004
78. SOUZA, A. B.. **Recuperação de subprodutos da manipueira por coagulação e floculação com quitosana**. Dissertação para obtenção do grau de mestre na Universidade Federal do Paraná - UFPR, Curitiba - PR. 1995.
79. STEIL, L.; LUCAS JUNIOR, J.; OLIVEIRA, R. A. **Avaliação do uso de inóculo na digestão anaeróbia de resíduos de aves de postura, frangos de corte e suínos**. *Engenharia Agrícola*, Jaboticabal, v. 22, n. 2, p. 146-159, maio, 2002.
80. STERLING JUNIOR, M. C. et al. **Effects of ammonia nitrogen on H₂ and CH₄ production during anaerobic digestion of dairy cattle manure**. *Bioresource Technology*, Essex, v. 77, n. 1, p. 9-18, mar. 2001.
81. TEIXEIRA, E. N. **Adaptação de estruturas existentes (esterqueiras) em biodigestores**. Campinas: Unicamp, 1985. 285 f. Dissertação (Mestrado Engenharia de Alimentos e Agrícola) Universidade Estadual de Campinas. Campinas, 1985.
82. UBA – **União Brasileira de Avicultura**. Disponível em: <<http://www.uba.org.br>> Acesso em: 12 jan. 2009.

83. VAN VELSEN, A.F.M. & LETTINGA, G. **Effects of feed composition on digester performance**. Anaerobic Digestion. London, Applied Science Publishers, P.113-130, 1980.
84. VIEIRA, Norberto Martins; DIAS, Roberto Serpa. **Uma abordagem sistêmica da avicultura de corte na economia brasileira**. Artigo Científico. Universidade Federal de Viçosa, Viçosa.
85. VILELA, E.R. , FERREIRA, M.E. **Tecnologia de produção e utilização do amido de mandioca**. Informe Agropecuário, Belo Horizonte, v.13, n.145, p.69-74, 1987.
86. VILPOUX, O. **Amidos adaptados ao uso nas indústrias de alimentos**. Fax/Jornal CERAT/UNESP, Botucatu, n.70, p.1-2, 1998
87. YADVIKA, S. et al. **Enhancement of biogas production from solid substrates using different techniques – a review**. Bioresource Technology, Essex, v. 95, n. 1, p. 1-10, oct. 2004.