

**UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA  
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS E VETERINÁRIAS  
CÂMPUS DE JABOTICABAL**

**BIODIGESTÃO ANAERÓBIA DA CAMA DE FRANGO  
ASSOCIADA OU NÃO AO BIOFERTILIZANTE OBTIDO COM  
DEJETOS DE SUÍNOS: PRODUÇÃO DE BIOGÁS E  
QUALIDADE DO BIOFERTILIZANTE**

**Laura Vanessa Cabral da Costa**

Zootecnista

JABOTICABAL – SÃO PAULO - BRASIL

2009

**UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA  
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS E VETERINÁRIAS  
CÂMPUS DE JABOTICABAL**

**BIODIGESTÃO ANAERÓBIA DA CAMA DE FRANGO  
ASSOCIADA OU NÃO AO BIOFERTILIZANTE OBTIDO COM  
DEJETOS DE SUÍNOS: PRODUÇÃO DE BIOGÁS E  
QUALIDADE DO BIOFERTILIZANTE**

Laura Vanessa Cabral da Costa

Orientador: Prof. Dr. Jorge de Lucas Junior

Dissertação apresentada à Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias do Campus de Jaboticabal, UNESP, como parte das exigências para a obtenção do título de Mestre em Zootecnia.

Jaboticabal – São Paulo – Brasil  
Março– 2009

C837b Costa, Laura Vanessa Cabral da  
Biodigestão anaeróbia da cama de frango associada ou não ao  
biofertilizante obtido com dejetos de suínos: produção de biogás e  
qualidade do biofertilizante / Laura Vanessa Cabral da Costa  
Jaboticabal, 2009  
xiii, 89 f. : il. ; 28 cm

Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual Paulista,  
Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, 2009  
Orientador: Jorge de Lucas Júnior  
Banca examinadora: Regina Maria Quintão Lana; João Antonio  
Galbiatti  
Bibliografia

1. Cama de frango. 2. Dejeito de suíno. 3. *Biodigestão anaeróbia*.  
I. Título. II. Jaboticabal-Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias.

CDU 636.5:631.86

## **DADOS CURRICULARES DA AUTORA**

**LAURA VANESSA CABRAL DA COSTA**, nascida em Corumbá MS, filha de Antônio da Costa e Ernestina Cabral da Costa. Em 2003 graduou-se em Zootecnia pela Universidade Estadual do Mato Grosso do Sul – UEMS, campus de Aquidauana- MS. No período de novembro de 2005 a fevereiro de 2007, atuou como bolsista de Apoio Técnico à Pesquisa pelo CNPq junto à mesma instituição de ensino, no projeto: *“Avaliação dos potenciais de impacto ambiental e de agregação de valor em suinoculturas no Mato Grosso do Sul: geração de dejetos e uso de biodigestores”*. Em março de 2007 iniciou o curso de Pós Graduação em Zootecnia em nível de mestrado, área de Concentração em Produção Animal – Aproveitamento de Resíduos na Agropecuária. Em novembro de 2008 foi aprovada no curso de Doutorado em Agronomia, Área de Concentração em Energia na Agricultura, sendo o início previsto para março desse ano.

*“Senhor:  
Conceda-me a SERENIDADE necessária  
para aceitar as coisas que não posso  
modificar;  
Modificar as que posso.  
E SABEDORIA:  
para discernir uma COISA da OUTRA”*

*(A.D)*

*Aos meus pais: Antonio e Ernestina, meus exemplos, meu referencial, meu porto seguro...meus conselheiros... MINHA VIDA! Serei eternamente grata, por todos os ensinamentos, por todos os momentos, pelo TODO e pelo TUDO... através do amor vocês me ensinaram o verdadeiro valor que tem a VIDA!!!*

### **MINHA HOMENAGEM!!!**

*Ao Gugu, Renan, Kelly, Géssica, Hillary, Yan, Luis Carlos, Mariane, Eduardo e "Lolly", meus lindos sobrinhos, obrigado por vocês existirem, por serem tão pequenos e notáveis...por tornarem nossa família mais FELIZ...os sorrisos, as risadas, as travessuras...enfim: vocês tornam tudo mais COLORIDO...a tia AMA VOCÊS!*

**DEDICO**

## AGRADECIMENTOS

À Deus, nosso pai maior e SUPREMO...primeiramente à ele sobre todas as coisas.

Aos meus pais, pelos ensinamentos, dedicação e por me apontarem pra DEUS a todo o instante...obrigado pelo amor sem limites.

Aos meus irmãos: Helder, Sthepheson, Faber e Toni, sou eternamente grata a DEUS por ele ter me colocado nessa família, agradeço por ser a bruxinha na vida de vocês... “mesmo distante os ensinamentos deixados pelos nossos pais, sempre nos unirá”. VOCÊS SÃO A MINHA FAMÍLIA, e a MINHA FAMÍLIA SOU EU!

As minhas tias: Dália, Tia Marleth (*in memorian*), tia Arleny, aos tios, aos primos e primas, pelos conselhos, pelo aconchego, pelo carinho, vocês são meus suportes mesmo na distância.

Ao Prof. Dr. Jorge de Lucas Junior pela orientação, e solicitude à este trabalho.

Aos professores membros da banca examinadora da defesa e da qualificação, Profa. Regina Lana e professor João Galbiatti e Adhemar Pitelli, pelas valiosas contribuições.

À Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias – FCAV - UNESP, campus de Jaboticabal e ao programa de Pós-graduação do curso de Zootecnia pela oportunidade de realizar o curso de mestrado.

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico - CNPq, pela concessão da bolsa de estudo.

Aos funcionários do Departamento de Engenharia Rural, FCAV – UNESP – Campus de Jaboticabal, Luizinho, Marquinhos, Primo, Fiapo, Luiz Fiapo, Miriam, Davi, Ari, Clarice, Sílvia, enfim, à todos, pela ajuda nos experimentos e obrigado pelo convívio agradável no ambiente de trabalho.

Aos colegas de laboratório: Adélia, Adriane, Airon, Camila, Cris, Rose, Estevão, Ariane, Adriana, Max, agradeço não só pelas trocas de experiência, mas principalmente pela companhia e por tornar o laboratório uma parte da minha casa.

Às amigas, Adriane e Cris, minhas “co-orientadoras”, cada palavra de agradecimento seria pouco, me lembrarei com muito carinho de vocês, não apenas pela amizade, mas principalmente pelo exemplo de profissionalismo.

À Cris e família, por vocês serem a minha família aquidauano-jaboticabalense, em vocês encontrei um pouco do MS em SP.

Às meninas da “REPÚBLICA AS FILHAS DO JORGE”, Adriane, Lilica, Lili, Ligia, Camila e Gianni saibam que vocês fizeram parte de uma das etapas mais importante da minha vida, vocês são especiais do jeito que são...as lembranças de cada dia na nossa casa, serão por mim eternizadas.

Às eternas amigas: Sandra e família, Claudiane, Kati, Néia, Karla... e outras que não sei mais...a distância não importa, o tempo tanto faz, a certeza será uma: “AMIGAS PARA SEMPRE É O QUE IREMOS SER...”

*Enfin quero que todos saibam: muitas pessoas foram imprescindíveis nas diversas etapas do meu trabalho e as colaborações, grande ou pequena, foram decisivas. À vocês deixo aqui meus sinceros agradecimentos.*

## SUMÁRIO

CAPITULO 1 CONSIDERAÇÕES INICIAIS	Pág.
1.1 Introdução	17
1.2 Objetivos	20
2.0 Revisão de Literatura	21
2.1 A biodigestão anaeróbia e o sistema contínuo de abastecimento	24
2.2 A biodigestão anaeróbia e o sistema de abastecimento em batelada	24
CAPITULO 2 Biodigestão anaeróbia de dejetos de suínos	
Resumo	
2.1 Introdução	29
2.1.1 Produção e potencial dos dejetos de suínos	30
2.2 Material e Métodos	31
2.2.1 Local e descrição do experimento	31
2.2.2 Abastecimento dos biodigestores semicontínuos	32
2.3 Análises laboratoriais	34
2.3.1 Teores de sólidos totais e voláteis	34
2.3.2 Determinação do potencial de hidrogênio	35
2.3.3 Análise de macro e micronutrientes	35
2.3.4 Temperatura (T <sup>o</sup> ) do biogás e ambiente	37
2.3.5 Produção de biogás	37
2.3.6 Composição do biogás	38
3.0 Resultados e discussão	39
3.1 Teores de sólidos totais e voláteis	39

3.1.2 Potenciais de produção de biogás	40
3.1.3 Distribuição da produção de biogás	41
3.1.4 Qualidade do biogás produzido	41
3.1.5 Caracterização mineral dos afluentes e efluentes	44
4.0 Conclusões	46
CAPÍTULO 3 Biodigestão anaeróbia da cama de frango diluída em biofertilizante obtido com dejetos de suíno	
Resumo	
3.1 Introdução	48
3.1.1 Produção e potencial energético da cama de frango	48
3.2 Material e Método	50
3.2.1 Local e descrição do experimento	50
3.2.2 Abastecimento dos biodigestores batelada	51
4.0 Análises laboratoriais	52
4.1 Teores de sólidos totais e voláteis	52
4.1.2 Determinação do potencial de hidrogênio	53
4.1.3 Análise de macro e micronutrientes	53
4.1.4 Temperatura (T <sup>o</sup> ) do biogás e ambiente	54
4.1.5 Produção de biogás	54
4.1.6 Composição do biogás	55
5.0 Análise Estatística	56
6.0 Resultados e discussão	56
6.1 Teores de sólidos totais e voláteis	56
6.1.1 Potenciais de produção de biogás	58
6.1.2 Distribuição da produção de biogás	59
6.1.3 Composição do biogás produzido	61

6.2 Caracterização mineral dos afluentes e efluentes	63
7.0 Conclusões	66
CAPÍTULO 4 Adequação de plantéis de suínos e de frangos de corte para operação conjunta de biodigestores	
Resumo	
4.1 Introdução	68
4.2 Material e Método	72
4.2.2 Estimativas da produção de dejetos líquidos de suínos em granja de ciclo completo	72
4.3 Resultados e discussão	74
4.3.1 Calculo do volume do dejetos	74
4.3.2 Calculo de volume dos biodigestores e lagoas para o sistema biodigestão anaeróbia dos dejetos de suínos (1000 matrizes CC)	74
4.3.3 Estimativas das necessidades de cama de frangos a cada 60 dias	75
4.3.4 Calculo do número de aves para a obtenção da cama necessária	76
4.3.5 Calculo do volume dos biodigestores batelada para o sistema de biodigestão anaeróbia da cama de frango (250.726 aves por lote)	76
4.3.6 Cálculo do volume de biogás a ser produzido por biodigestores com dejetos de suínos e cama de frango	77
4.3.6.1 Produção de biogás obtida com dejetos de suínos	77
4.3.6.2 Produção de biogás obtida com cama de frango a cada lote de criação	77
4.4 Custos para implantação dos sistemas de produção de biogás	79
5.0 Conclusões	81
6.0 Referências	82

## LISTA DE TABELAS

CAPÍTULO 2 – Biodigestão anaeróbia de dejetos de suínos	Págs.
TABELA 1 – Tempo de retenção hidráulica (TRH) volume de biodigestores (L) e volume diário (L)	32
TABELA 2 – Dados meteorológicos em Jaboticabal até setembro de 2008	33
TABELA 3 – Valores do pH e dos teores de ST e SV em massa e redução em porcentagem dos afluentes e efluentes	39
TABELA 4 – Potenciais médios de biogás ( $m^3 kg^{-1}$ ) no sistema avaliado	40
TABELA 5 – Caracterização química do afluente e efluente do sistema avaliado, dados expressos em mg/L	45
CAPÍTULO 3 - Biodigestão anaeróbia da cama de frango diluída em biofertilizante obtido com dejetos de suínos	
TABELA 1 Valores médios de pH e teores médios de ST e SV em massa e em porcentagem e redução de SV, para os resíduos utilizados nos abastecimentos	56
TABELA 2 Potenciais médios de produção de biogás em biodigestores abastecidos com três tipos de tratamentos	58
TABELA 3 Produção de biogás ( $m^3$ ) e (%) em 15 dias	59
TABELA 4 Teores de macro e micronutrientes encontrados no afluente dos tratamentos, dados expressos em mg/L	64
TABELA 5 Teores de macro e micronutrientes encontrados no efluente dos tratamentos, dados expressos em mg/L	64

## CAPÍTULO 4 - Adequação de plantéis de suínos e de frangos de corte para operação conjunta de biodigestores

TABELA 1 Produção de suínos no Brasil (mil cabeças)	69
TABELA 2 Produção média diária de dejetos nas diferentes fases produtivas dos suínos	73
TABELA 3 Volume de dejetos produzidos de acordo com o tipo de granja	73
TABELA 4 Volume de dejetos produzidos diariamente em uma granja com 1000 matrizes	74
TABELA 5 Produção de biogás correspondente ao período de 0 a 50 dias	78
TABELA 6 Custos para implantação dos sistemas de biodigestão anaeróbia e de geração de energia elétrica	80

## ÍNDICE DE FIGURAS

CAPITULO 1 CONSIDERAÇÕES GERAIS	Pág
FIGURA 1 Sequencia metabólica e grupos microbianos da biodigestão anaeróbia	27
CAPITULO 2 Biodigestão anaeróbia de dejetos de suínos	
FIGURA 1 Esquema do biodigestor indiano operado em sistema contínuo	31
FUGURA 2 Distribuição do biogás em m <sup>3</sup> , dos biodigestores operados com dejetos de suínos	42
FIGURA 3 Produção acumulada de biogás em porcentagem (%)	43
FIGURA 4 Qualidade do biogás produzido	44
CAPITULO 3 Biodigestão anaeróbia da cama de frango diluída em biofertilizante obtido com dejetos de suínos	
FIGURA 1 Esquema do biodigestor indiano para operação em sistema batelada	50
FIGURA 2 Vista parcial do biodigestor batelada instalado no Departamento de Engenharia Rural	52
FIGURA 3 Produção média de biogás (m <sup>3</sup> ) acumulada em 15 dias	60
FIGURA 4 Produção acumulada de biogás em porcentagem (%)	60
FIGURA 5 Teores em porcentagem (%) de CH <sub>4</sub> e CO <sub>2</sub> no CF+B+A	62
FIGURA 6 Teores em porcentagem (%) de CH <sub>4</sub> e CO <sub>2</sub> no CF+B	62
FIGURA 7 Teores em porcentagem (%) de CH <sub>4</sub> e CO <sub>2</sub> no CF+A	63

CAPITULO 4 Adequação de plantéis de suínos e de frangos de corte para operação conjunta de biodigestores

FIGURA 1 Produção de biogás (m<sup>3</sup>) a cada 50 dias no tratamento CF+B

79

**LISTA DE ABREVIATURAS E SÍMBOLOS****Abreviatura Termo**

atm	Atmosfera
Ca	Cálcio
CH <sub>4</sub>	Metano
cm	Centímetro
CO <sub>2</sub>	dióxido de carbono
Cu	Cobre
CV	coeficiente de variação (estatística)
°C	graus Celsius
Fe	Ferro
g	Gramma
GLP	gás liquefeito de petróleo
h	Horas
K	Kelvin
k	Potássio
Kg	Kilograma
L	Litros
m <sup>2</sup>	metro quadrado
m <sup>3</sup>	metro cúbico
Mg	Magnésio
mg	Miligrama
mL	Mililitros
Mn	manganês
MN	matéria natural
MS	matéria seca
N	Nitrogênio
Na	Sódio
P	Fósforo
Ps	peso seco
Pu	peso úmido
%	Porcentagem
ST	sólidos totais
SV	sólidos voláteis
TRH	tempo de retenção hidráulica
Tmed	temperatura média
Zn	zinco

## **BIODIGESTÃO ANAERÓBIA DA CAMA DE FRANGO ASSOCIADA OU NÃO AO BIOFERTILIZANTE OBTIDO COM DEJETOS DE SUÍNOS: PRODUÇÃO DE BIOGÁS E QUALIDADE DO BIOFERTILIZANTE**

**RESUMO:** Objetivou-se avaliar a produção de biogás e a qualidade do biofertilizante, produzidos a partir da associação da cama de frango diluída no biofertilizante obtido com estrume de suíno em diferentes proporções. Esta dissertação está dividida em 3 capítulos: a primeira parte consiste na descrição e apresentação da problemática dos resíduos gerados, objetivo do estudo e descrição do experimento. No Capítulo 2 analisa-se ensaio de biodigestão anaeróbia em sistemas contínuos abastecidos diariamente com dejetos de suínos, por aproximadamente 60 dias, em tempo de retenção hidráulica (TRH) de 30 dias com a finalidade de obtenção de biofertilizante, sendo que este foi armazenado em um tanque aberto, para que estivesse nas mesmas condições encontradas em lagoas, isto é, sujeito aos efeitos dos processos de evaporação e precipitação pluviométrica, sendo este armazenado por aproximadamente 60 dias, conclui-se que o sistema de biodigestão anaeróbia é eficaz para produção de biogás e biofertilizante. O Capítulo 3 consiste no abastecimento de biodigestores batelada, em que o biofertilizante obtido na primeira fase serviu como diluente para a cama de frango. Foram abastecidos doze biodigestores, com três diferentes tratamentos, a saber: cama de frango+biofertilizante+água CF+B+A, a cama de frango+biofertilizante CF+B e a cama+água CF+A, operados com aproximadamente 135 dias de retenção hidráulica. Caracterizaram-se os teores de sólidos totais (ST), sólidos voláteis (SV), análise de macro e micro nutrientes, bem como produção de biogás. Observou-se que o CF+B, foi o que melhor apresentou resultados em relação à produção e composição de biogás e melhores resultados para macro e micronutrientes. No capítulo 4, estão apresentados os dados de adequação de plantéis da avicultura de corte e suinocultura, para a operação conjunta de biodigestores com resíduos dessas atividades para a produção de biogás e biofertilizante.

**Palavras – chave:** biodigestores, dejetos de suínos e cama de frango,

## **ANAEROBIC DIGESTION OF LITTER OF BROILER ASSOCIATED WITH THE FERTILIZER OBTAINED MANURE FROM PIGS: BIOGAS PRODUCTION AND QUALITY OF FERTILIZER**

**ABSTRACT** - The objective was to evaluate the production of biogas and the quality of fertilizer, produced from the combination of litter of broiler in diluted fertilizer obtained from pig manure in different proportions. This thesis is divided into 3 sections: the first part is the description and presentation of the problem of waste generated, objective of the study and description of the experiment. In Chapter 2 analyzes the test of anaerobic digestion in continuous systems supplied daily with pig manure, for approximately 60 days with hydraulic retention time (TRH) of 30 days with the purpose of obtaining fertilizer. The fertilizer produced during the whole period was stored in a tank open to the same conditions that were found in ponds, do then subject to the effects of the processes of evaporation and rainfall, which is stored for approximately 60 days, it appears that the system of anaerobic digestion is effective for production of biogas and fertilizer, adding values to swine. Chapter 3 is the supply of digester batch, where the biofertilizante obtained in the first round served as diluent of chicken litter. Were supplied twelve digester, with three different treatments: treatment 1 (biofertilizante+ litter of broiler + water), treatment 2 ( biofertilizante + litter of broiler) and treatment 3 (litter of broiler + water), operated at approximately 160 days of TRH. Were characterized the levels of total solids (TS), volatile solids (VS), analysis of macro and micronutrients, and production of biogas. It was observed that treatment 2, was presented the best results for production and composition of biogas, further reductions of volatile solids, and better results for macro-and micronutrients. Chapter 4 were's present adequacy by stud pigs and fowl, for the operation group digester with waste this activity from the production biogas and fertilizer.

**Keywords:** pig manure, litter of broiler, digester .

## **CAPITULO 1 – CONSIDERAÇÕES GERAIS**

### **1.1 - INTRODUÇÃO**

As atividades de produção de suínos e frangos vêm crescendo consideravelmente, e ambas são consideradas atividades de alto potencial poluidor, o que se agrava com o aumento no número de animais confinados em pequenas áreas, com consequente aumento no volume de dejetos e resíduos produzidos.

A suinocultura está crescendo mais nos países em desenvolvimento do que nos países já desenvolvidos – observações embasadas em dados dos últimos oito anos. No período (1995-2003), a produção mundial de carne suína cresceu 21,8%, sendo que nos países desenvolvidos cresceu apenas 0,675 ao ano e nos países em desenvolvimento cresceu 3,89% ao ano (Porkworld, 2004b). A criação de suínos no Brasil em 2003 atingiu 34,5 milhões de suínos, o que equivale a 2,7 milhões de toneladas (PORKWORLD, 2004 a).

No Brasil é uma atividade predominantemente de pequenas propriedades rurais. Cerca de 81,7% dos suínos são criados em unidades de até 100 hectares. Essa atividade se encontra presente em 46,5% das 5,8 milhões de propriedades existentes no país, empregando mão-de-obra tipicamente familiar e constituindo uma importante fonte de renda e de estabilidade social (BUDIÑO et al., 2000).

Segundo o mesmo autor, a suinocultura atualmente é uma importante fonte de renda para o setor rural, trazendo benefícios econômicos e sociais. Porém, a criação de suínos é considerada altamente poluidora e degradante ambiental, sendo extremamente preocupante em algumas regiões com maior densidade de granjas e/ou topografia irregular, pois o lançamento de dejetos indiscriminadamente em rios, lagos e solo, está causando desconforto e doenças à população, além da própria degradação do ambiente com a poluição dos leitos d'água e saturação de solos pelos componentes químicos presentes nestes dejetos.

Outro sistema de produção que vem se destacando é a criação de aves, segundo ANUALPEC (2008), em 2007 foram produzidos 5,15 bilhões de frango de

corde no Brasil, tornando-o por um ano consecutivo, o maior exportador de carne de frangos no mundo. Paralelo a esse crescimento a produção de cama de frango vem aumentando. Em 42 dias de criação, um frango de corte produz cerca de 1,75 kg de cama (MS), ou seja, em 2007 o potencial para produção de cama foi de 9,01 bilhões de kg de cama de frango.

Na produção de aves para corte, a cama é o principal subproduto. A cama é normalmente reutilizada para reduzir o custo de produção e a poluição ambiental. Poucos estudos têm avaliado as características da cama reutilizada e, portanto, existem poucas informações sobre as vantagens e desvantagens de se reutilizar a cama.

De acordo com SANTOS (1997), a cama de frango foi muito utilizada na alimentação dos bovinos por ser uma fonte barata de nitrogênio protéico e não protéico, podendo ser fornecida o ano todo e, principalmente, no período seco do ano associada com a cana. Algumas pesquisas têm demonstrado preocupação com a transmissão de doenças e intoxicações nos animais, pois podem conter além de patógenos, metais como enxofre (S), e cobre (Cu), entre outros.

Porém o uso da cama de frangos na alimentação de ruminantes foi proibida a partir de 2001, quando a Portaria 15 do governo federal proibiu o uso da cama para tal finalidade (BRASIL, 2001).

Todo criador/produtor deve possuir um programa racional de controle dos dejetos, visando a sua correta utilização para evitar os problemas de poluição. Pela Legislação Ambiental, o produtor pode ser responsabilizado criminalmente por eventuais danos causados ao meio ambiente e à saúde dos homens e animais (PERDOMO, 2004).

Por outro lado os resíduos gerados nas atividades ligadas à produção animal, apesar dos problemas ambientais que podem causar, apresentam valor energético e fertilizante, podendo significar um fator de agregação de valor à atividade principal.

Dessa forma, encontrar uma maneira adequada para o manejo dos dejetos e ou resíduos é o maior desafio para reduzir os custos de produção e minimização dos impactos ambientais.

Na tentativa de minimizar esses impactos, causados por essas atividades, várias alternativas de tratamento têm sido desenvolvidas, como por exemplo, os sistemas de

biodigestão anaeróbia com uso de biodigestores, cujo processo ocorre com a degradação de material orgânico em ambiente com ausência de oxigênio livre, obtendo-se como produto final o biogás e o biofertilizante.

A possibilidade de aliar aos sistemas de produção animal conceitos do desenvolvimento sustentável e preservação dos ecossistemas é algo imprescindível. A sustentabilidade dos mais variados sistemas de produção, as validações de tecnologias que reduzam os riscos ambientais são ações que contribuem para uma melhor qualidade de vida não só dos produtores rurais, mas também de toda uma sociedade.

A consciência de que o tratamento de resíduos produzidos pelas diferentes atividades agropecuárias é de vital importância para a saúde pública e para o combate à poluição, tem levado a necessidade de desenvolver sistemas que combinem alta eficiência e custos baixos de construção e operação (STEIL et al., 2002). Neste sentido, a biodigestão anaeróbia surge como uma alternativa viável.

## 1.2 - OBJETIVO GERAL

Considerando-se a importância ambiental e econômica do tratamento de resíduos orgânicos provenientes da suinocultura e da avicultura e que estas atividades se desenvolvem de maneira muito próximas devido ao sistema de integração proporcionado por grandes empresas, o desenvolvimento deste projeto de pesquisa tem como objetivo geral:

- avaliar a produção de biogás e a caracterização química dos biofertilizantes bem como o efeito da associação da cama de frango com biofertilizante de suínos no processo de biodigestão anaeróbia.

Os objetivos específicos são:

- Comparar diferentes formas de diluição da cama de frango, em biofertilizante de suíno armazenado por 60 dias, associado com a água de chuva, cama + biofertilizante e cama de frango somente com água.

- desenvolver parâmetros para projetos de biodigestores que associem os dejetos e ou resíduos de suínos e a cama de frango.

## 2.0 - REVISÃO DE LITERATURA

A restrição do espaço e a necessidade de atender cada vez mais as demandas de energia, água de boa qualidade e alimento, tem colocado alguns paradigmas a serem vencidos, os quais se relacionam principalmente à questão ambiental e a disponibilidade de energia (LUCAS JR., 1994).

O mesmo autor confirma que a conversão de energia em suas mais diversas formas, tendo como base o processo de fotossíntese, gerando biomassa, é responsável pela sustentação dos índices de crescimento das populações humana e animal. Assim, também são os resíduos gerados na exploração suinícola, atividade que, pelos índices de produtividade alcançados, destacam-se pela velocidade da conversão energética, merecendo destaque as oportunidades de reciclagem de biomassa gerada como resíduo/subproduto no processo.

Torna-se imprescindível destacar que a poluição ambiental provocada também por excreção excessiva de nitrogênio, fósforo e alguns microminerais, na produção avícola já é realidade em diversas partes do mundo, inclusive em algumas regiões do Brasil. Atualmente têm-se regiões em vários estados do Brasil com problemas graves relacionados com produção de aves de corte e/ou de postura, sendo o solo e a água alvos de maior preocupação.

Assim, a produção avícola mundial impõe novos desafios para serem superados. Os sistemas de produção animal vêm sendo cada vez mais influenciados pelos paradigmas do respeito ao bem estar animal, retirada dos promotores de crescimento das rações e controle da emissão de gases e de resíduos poluentes no ar, solo e água. Por outro lado, a avicultura ainda precisa oferecer produtos de baixo custo e de alto valor nutritivo (SILVA, et al., 2006).

O aumento da demanda de carne de frango tem exigido uma produção rápida e caracteristicamente concentrada, com crescimentos vertiginosos do setor. Conseqüentemente são produzidas excessivas quantidades de resíduos nos galpões de criação, a cama de frango, a qual tem suas qualidades nutricionais notadamente conhecidas e utilizadas, tanto para alimentação de ruminantes, quanto para adubo

orgânico (SANTOS, 2001).

Segundo a mesma autora, se por um lado a avicultura é caracterizada por ser uma atividade com alto consumo de energia, e geradora de resíduos poluidores, por outro, esta atividade também tem a característica de produzir resíduos com considerável potencial energético. No caso da produção de frangos de corte a cama de frango pode ser revertida em energia com o processo de biodigestão anaeróbia.

Porém, para minimizar a quantidade de cama produzida, o Brasil possui uma das aviculturas mais desenvolvidas e tecnificadas do mundo. Em regiões de grandes concentrações de produtores, um excedente de cama é gerado e usado para disposição no meio ambiente, provocando excesso de nutrientes no solo e alta pressão pelo corte de árvores para produção de camas novas. Felizmente pelo fato do país apresentar um clima que permite a produção de aviários abertos, cria condições de reutilização das camas, as quais, dependendo da sua qualidade, volume e manejo, podem ser utilizados em até 12 lotes, sendo que, no geral, se reutiliza por seis lotes consecutivos. Esse fato contribui sobremaneira para a redução do excesso de cama para disposição no meio ambiente, além de reduzir a demanda por corte de árvores e a necessidade de aquisição de outros materiais utilizados como cama, os quais estão escassos no mercado, Avila et al. (2007) citado por FUKAYAMA (2008).

Contudo é possível observar a necessidade de alternativas para o uso deste subproduto gerado, a fim de minimizar os impactos causados.

Segundo KOZEN (2003), os dejetos de suínos e a cama de aves podem constituir fertilizantes eficientes e seguros na produção de grãos e de pastagens, desde que precedidos dos ativos ambientais que assegurem a proteção do meio ambiente, antes de sua reciclagem.

Segundo o mesmo autor, o desenvolvimento da suinocultura intensiva, com dimensionamentos empresariais, trouxe em conseqüência a produção de grandes quantidades de dejetos, normalmente armazenados em lagoas e depósitos abertos, onde se desenvolve a produção de gases nocivos que são transferidos para a atmosfera. Os alarmantes índices de contaminação dos recursos naturais, especialmente hídricos, e da qualidade de vida nos grandes centros produtores de

suínos, indicam que boa parte dos efluentes dos sistemas criatórios são lançados direta ou indiretamente no solo e em cursos de água, sem receber um tratamento adequado, transformando-se em uma expressiva fonte poluidora.

Os dejetos de suínos, por mais privilegiados que seja seu potencial de uso como fertilizante, devem ser considerados como resíduo esgoto poluente e que, ao serem dispostos na natureza sem os necessários cuidados, causarão impactos ambientais significativos aos solos, às águas superficiais e subterrâneas.

Segundo, LUDKE e LUDKE (2004), citado por ORRICO JR. (2007), os problemas ambientais relacionados com a atividade também se expressam de forma mais intensa em algumas regiões, porém a questão ambiental relacionada com o manejo de dejetos apresenta características que afetam toda e qualquer granja produtora. Com base nessas informações torna-se evidente a necessidade de um tratamento prévio dos resíduos produzidos por suínos, para posterior aplicação no solo.

Segundo OLIVEIRA (2001), ressalta que a digestão anaeróbia provavelmente é o processo mais viável para a conversão de esterco em energia, e em alguns casos, além da digestão anaeróbia, a combustão direta é alternativa viável. No calor gerado pela queima direta devem ser considerados os gases emitidos a atmosfera como um fator de impacto ao meio ambiente, com relação à queima direta de resíduos.

De acordo com KUNZ e PALHARES (2006), os biodigestores podem também possibilitar a venda de créditos de carbono, o que agregaria mais valor a este processo de tratamento de dejetos. O crédito de carbono surgiu devido a preocupação sobre a emissão de gases na atmosfera que contribuem para o aumento do efeito estufa. Em 1997, com a definição do Protocolo de Kyoto, foi preconizado que os países que não precisarem reduzir o índice de emissão poderiam vender créditos para os países desenvolvidos que precisam alcançar uma meta de redução. Os países ricos poderão transferir recursos financeiros e tecnologias sustentáveis para países em desenvolvimento, contribuindo para a redução global das emissões.

Assim sendo, o setor agropecuário poderá participar deste mecanismo com a tecnologia de biodigestores, que além de diminuir as emissões de CO<sub>2</sub> pela substituição de outras fontes energéticas de origem fóssil (lenha carvão, etc.), diminui-se também a

emissão de gases produzidos na fermentação e estabilização dos dejetos que normalmente seriam lançados pelas esterqueiras e lagoas de estabilização (OLIVEIRA, et al., 2001; 1997), agregando valores com a produção do biogás e do biofertilizante.

## **2.1 - A BIODIGESTÃO ANAERÓBIA E O SISTEMA CONTÍNUO DE TRATAMENTO**

A biodigestão anaeróbia é um processo biológico natural e eficiente no tratamento de consideráveis quantidades de resíduos, reduzindo o seu poder poluente e os riscos sanitários advindos dos mesmos (HILL, 1980). Uma maneira de viabilizar os sistemas de degradação anaeróbia, agregando valor aos subprodutos e reduzindo a emissão de odores é a implementação dos biodigestores (HIGARASHI, 2003), os quais são câmaras que realizam fermentação anaeróbia da matéria orgânica produzindo o biogás e o biofertilizante (DIESEL et al., 2002).

Existem dois tipos principais de biodigestores quanto a sua alimentação: o de batelada (não precisa ser abastecido com substrato diariamente) e o contínuo (abastecimento diário), sendo que, para resíduos com teores mais altos, destacam-se os modelos indiano, chinês (SILVA e LUCAS JR, s/d) e modelo canadense ou tubular (PERDOMO, et al., 2003).

A vantagem desse processo contínuo está na produção constante de biogás que está relacionada com a carga diária e aos teores de sólidos totais e voláteis (OLIVEIRA, 2001).

## **2.2 - A BIODIGESTÃO ANAERÓBIA E SISTEMA DE ABASTECIMENTO EM MODELO BATELADA**

Os biodigestores em batelada são bastante indicados para tratamento daqueles resíduos que são disponíveis em determinadas épocas, como por exemplo, a cama de frango, que é disponível após a retirada do lote de aves do galpão.

Esse modelo constitui-se, basicamente de um corpo cilíndrico, um gasômetro

flutuante e uma estrutura para guia do gasômetro, que poderá ser um sistema de trave e roldana. Podem ser utilizados também biodigestores horizontais tubulares.

Os biodigestores em batelada diferem dos modelos indiano e chinês, principalmente pelos seguintes aspectos:

- São abastecidos em uma só vez e esvaziados após um período conveniente de fermentação;
- Apresentam produção de biogás na forma de pico;
- Não possuem caixa de entrada nem de saída;
- Não necessitam ter parede divisória (ORTOLANI et al.; 1991).

De acordo com FUKAYAMA (2008), para estabelecer relações entre os principais tipos de biodigestores e suas características microbiológicas, é fundamental o conhecimento de três parâmetros básicos que influem na operação destes e em suas eficiências na produção de biogás. Esses parâmetros são:

- Tempo de Retenção de Microrganismos (TRM);
- Tempo de Retenção Hidráulica (TRH) e
- Tempo de Retenção de Sólidos (TRS).

O TRH é entendido como o intervalo de tempo necessário de permanência do afluente para que ocorra o processo de biodigestão de maneira adequada. Os TRM e TRS são os tempos de permanência dos microrganismos e dos sólidos no interior dos biodigestores, esses tempos são expressos em dias. De forma resumida pode-se dizer que altas produções de metano são conseguidas, satisfatoriamente, com longos TRM e TRS. Porém quando se utiliza biodigestores bateladas, apenas o TRH é considerado.

### **2.2.1 PROCESSOS DA BIODIGESTÃO ANAERÓBIA**

O processo biológico para a produção de biogás ocorre na ausência de oxigênio molecular, no qual um consórcio de diferentes tipos de microorganismos interage estreitamente para promover a transformação de compostos orgânicos complexos em produtos mais simples, resultando principalmente nos gases metano e dióxido de carbono (FORESTI et al. 1999).

A transformação das macromoléculas orgânicas complexas do dejetos em  $\text{CH}_4$  e  $\text{CO}_2$  ocorre por várias reações seqüenciais e requer a mediação de diversos grupos de microrganismos (STEIL, 2001; citando Foresti et al.,1999; ), os quais desenvolvem metabolismos coordenados e independentes, e contribuem para a estabilidade do sistema, encontrando como alimento, os sólidos voláteis dos dejetos Cezar, (2001); citado por FUKAYAMA (2008). Este processo desenvolve-se em quatro estágios principais: hidrólise, acidogênese, acetogênese e metanogênese, sendo que para cada estágio estão envolvidas diferentes populações microbianas (STEIL, 2001).;

Segundo LUCAS JR e SANTOS (2000), o processo se desenvolve em diferentes estádios de interação de microrganismos e substratos, ZEIKUS, (1980) citados pelos mesmos autores propôs a seguinte distinção metabólica das populações microbianas na digestão anaeróbica:

- bactérias hidrolíticas, fermentam grandes variedades de moléculas orgânicas complexas (por exemplo, polissacarídeos, lipídeos e proteínas) em amplo aspecto de produtos finais (por exemplo, ácido acético,  $\text{H}_2/\text{CO}_2$ , composto de um carbono e ácidos orgânicos maiores que o ácido acético e compostos neutros maiores que o metanol);

- bactérias acetogênicas, produtoras de hidrogênio incluem espécies facultativas e estritamente anaeróbias que fermentam ácido voláteis maiores que o acético (por exemplo, butirato, propanol) a hidrogênio e acetato;

- bactérias homoacetogênicas, que podem fermentar amplo espectro de compostos de um carbono à ácido acético;

- bactérias homoacetogênicas, que fermentam  $\text{H}_2/\text{CO}_2$  compostos de um carbono (por exemplo, metanol,  $\text{CO}$ , metalanina) e acetato a metano.

No último estágio da biodigestão anaeróbia, a metanogênese, ocorre a formação de metano a partir da redução de ácido acético e hidrogênio pelas bactérias metanogênicas. De acordo com STAMS (1994) citado por AUGUSTO (2007), as bactérias metanogênicas dividem-se em decorrência da afinidade entre o substrato e a produção de metano em: metanogênicas acetoclásticas, aquelas utilizadoras de acetato; e metanogênicas hidrogenotróficas, utilizadoras de hidrogênio (Figura 01).

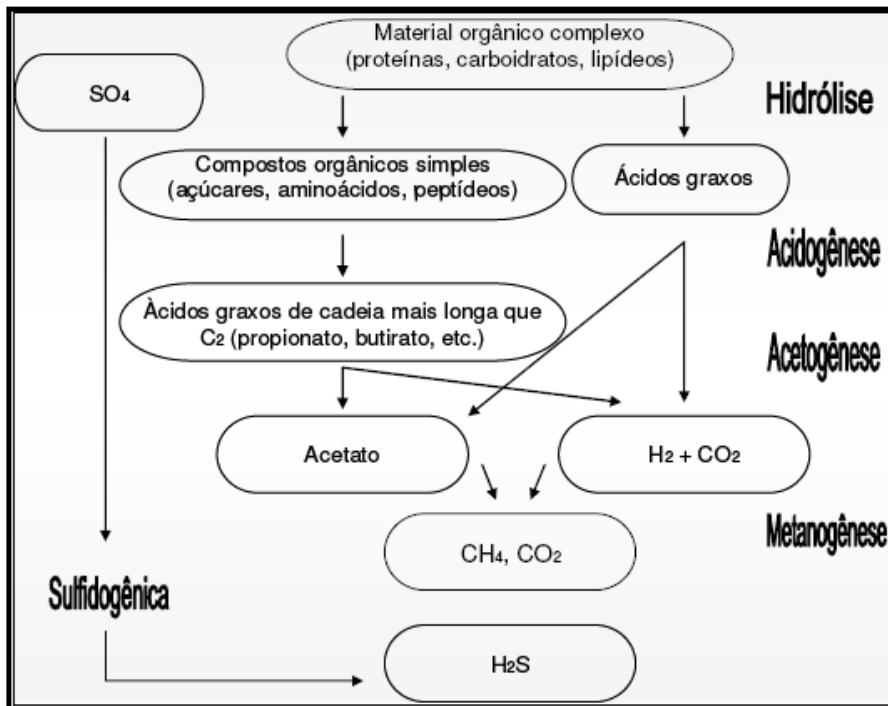


Figura 01 - Seqüência metabólica e grupos microbianos da biodigestão anaeróbia (adaptado de FORESTI et al., 1999; Rivera-Ramirez et al. citado por IAMAMOTO, 1999), citados por AUGUSTO (2007).

O sucesso do processo de biodigestão anaeróbia depende, portanto, de condições ambientais específicas (nutrientes, temperatura, tempo de retenção hidráulica suficiente entre outros) para que diferentes populações de microorganismos possam crescer e se multiplicar (SINGH e SINGH, 1996; HAMMAD, et al., 1999; YADVIKA et al., 2004) citados por FUKAYAMA (2008); RUIZ et al. (1992), citado por XAVIER (2002), existe uma série de substâncias que são prejudiciais e tóxicas para as bactérias do biodigestor, certas substâncias poluentes, como por exemplo o NaCl, Cu, Cr, NH<sub>3</sub>, etc, estes são concebíveis caso mantidas abaixo de certas concentrações, todos os desinfetantes e bactericidas são tóxico para as bactérias metanogênicas

## **CAPITULO 2 – BIODIGESTAO ANAERÓBIA DE DEJETOS DE SUÍNOS.**

**RESUMO:** Avaliar o processo biodigestão anaeróbia utilizando dejetos de suínos com 2% de sólidos totais (ST), com tempo de retenção hidráulica de trinta dias, para a produção de biogás e biofertilizante, foi o objetivo desse trabalho. Para o ensaio do processo de biodigestão anaeróbia, foram abastecidos seis biodigestores contínuos do Departamento de Engenharia Rural, UNESP – Campus de Jaboticabal, ambos com capacidade de volume útil sessenta litros. Foram avaliadas as produções de biogás, bem como os potenciais de produções e a qualidade do biofertilizante. Observou-se uma produção média de 0,5414 m<sup>3</sup> de biogás kg<sup>-1</sup> de sólidos totais adicionados, e uma redução média de 51,46 e 55,59 % de sólidos totais e voláteis, respectivamente. O biofertilizante apresentou teores médios de 47,2; 124,7 e 285,3 mg/L<sup>-1</sup>, para nitrogênio, fósforo e potássio, respectivamente. Conclui-se que o sistema de biodigestão anaeróbia com dejetos de suínos, mostra-se eficiente para a geração de biogás e biofertilizante, tendo o biofertilizante baixo teor de sólidos, o que é indicado para a diluição de outros resíduos sólidos.

**Palavras – chave:** biogás, biofertilizante e resíduos na suinocultura.

## 2.1 INTRODUÇÃO

Os dejetos de suínos, até a década de 70, não constituíam um fator preocupante, pois as concentrações de animais era pequena, e desta forma os solos das propriedades tinham capacidade para absorvê-los ou eram utilizados como adubo orgânico (OLIVEIRA, 1997; BUDIÑO et al., 2000).

De acordo com PERDOMO et al (1999) uma granja com 100 matrizes em ciclo completo produz cerca de 10 m<sup>3</sup> de dejetos/dia, quando se utiliza pouca água na higienização das instalações, 15 m<sup>3</sup> de dejetos/dia ao se empregar uma quantidade intermediária de água na lavagem das instalações e mais de 20 m<sup>3</sup> de dejetos/dia, utilizando-se grandes quantidades de água para limpeza. Essas diferenças na quantidade de água utilizada na limpeza das instalações implicam em perdas econômicas, não apenas no que se refere ao gasto de água, mas também na necessidade de construir estruturas maiores para a coleta e armazenamento dos dejetos.

Considerando que a produção de dejetos nas propriedades suinícolas é um problema constante, faz-se necessária a realização de estudos visando adequar a produção de suínos de acordo com a legislação ambiental e com o desenvolvimento sustentável do setor (PEREIRA, et al. 2005).

A tendência de crescimento em escala da suinocultura que se observa na atualidade, com instalações de granjas maiores em áreas concentradas, pode vir a contribuir de forma maciça para o incremento do impacto ambiental, caso não ocorra a preocupação de inibir ou de criar medidas que levem à minimização dos efeitos poluentes da atividade.

### **2.1.1 Produção e potencial energético dos dejetos**

Os dejetos de suínos são constituídos por fezes, urina, água desperdiçada pelos bebedouros e de higienização, resíduos de ração, pêlos, poeiras e outros materiais decorrentes do processo criatório (KOZEN,1983).

Segundo SOBESTIANSKY et al. (1998), o volume dos dejetos produzidos depende do manejo, do tipo de bebedouro e do sistema de higienização adotado, frequência e volume de água utilizada, bem como o número e categoria de animais. DARTORA et al. (1998) e PERDOMO (2004), citam que o primeiro passo é determinar o volume e o grau de diluição dos dejetos, pois diferentes consistências exigem técnicas específicas de manejo, tratamento e distribuição.

O volume pode ser determinado em função do tamanho do rebanho e das práticas de manejo ou da observação na própria granja, enquanto a consistência é dada pela quantidade de matéria sólida (MS) dos dejetos.

Segundo KOZEN (1983), a quantidade de dejetos produzidos varia de acordo com o desenvolvimento ponderal dos animais, apresentando valores decrescentes de 8,5 a 4,9% de seu peso/dia, considerando a faixa dos 15 aos 100 kg de peso vivo, sendo que a produção diária de 2,30 a 2,75 kg de esterco puro fresco por cabeça, para suínos em fase de terminação e para porcas de reposição, pré-cobrição e gestantes, 3,6 kg de esterco, 11 kg de esterco + urina e 16 L de dejetos líquidos. Para porcas em lactação com leitões esses números passam a 6,4 kg, 18 kg e 27 L, respectivamente.

Sendo assim, objetivou-se o estudo da biodigestão anaeróbia em biodigestores operados em sistemas contínuos com dejetos de suínos com 2% de sólidos, para o aproveitamento de subprodutos: biogás e biofertilizante.

## 2.2 – MATERIAL E MÉTODOS

### 2.2.1 - LOCAL E DESCRIÇÃO DO EXPERIMENTO

A pesquisa foi realizada no Laboratório de Biomassa e Biodigestão Anaeróbia do Departamento de Engenharia Rural da Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias da Universidade Estadual Paulista, UNESP – Campus de Jaboticabal, cujas coordenadas geográficas são: 21° 15' 22" S. 48° 18' 58" W, temperatura média anual de 22,2°C e altitude média de 595m (UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA, 2007).

O experimento foi conduzido no período de janeiro à abril de 2008, usando biodigestores instalados no Departamento de Engenharia Rural, os quais possuem capacidade útil de 60 litros de substrato em fermentação e que fazem parte de uma bateria de mini-biodigestores descrita por ORTOLANI et al. (1986), conforme esquema Figura 1.

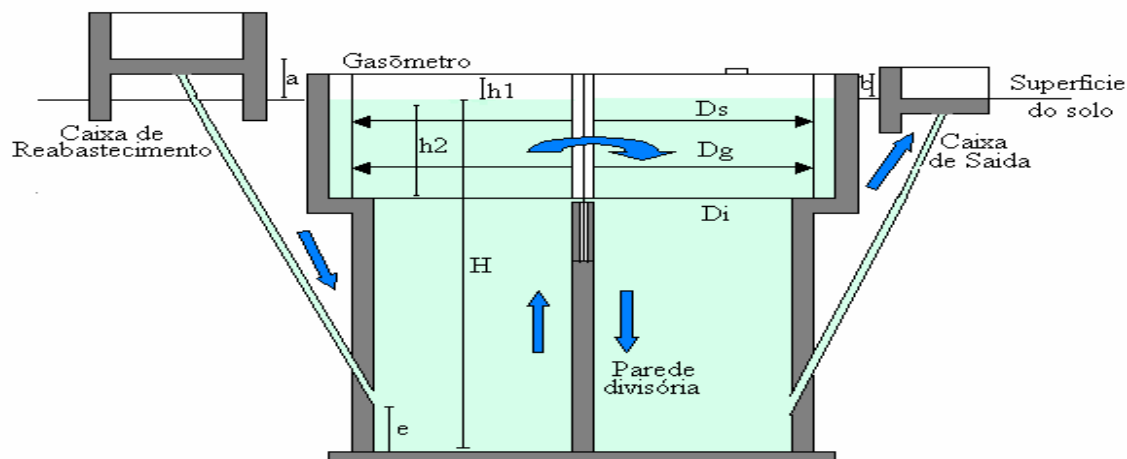


FIGURA 1 – Esquema do Biodigestor indiano operado em sistema contínuo

Este ensaio consistiu em obtenção de biofertilizante a partir de dejetos de suínos. Utilizaram-se seis biodigestores contínuos operados com 30 dias de Tempo de Retenção Hidráulica (TRH).

### 2.2.2 - ABASTECIMENTO DOS BIODIGESTORES CONTÍNUOS

Os dejetos de suínos foram obtidos do setor de suinocultura, localizado no Campus da UNESP- Jaboticabal-SP. Coletou-se os dejetos por meio de raspagem direta das baias com animais em fase de crescimento, alimentados com dieta isocalórica e isoproteica. Os dejetos foram transportados até o laboratório onde foram homogenizados para evitar alguma individualidade no padrão de excreção de cada animal. As coletas de dejetos foram realizadas semanalmente e os mesmos armazenados em freezer para realização das cargas diárias.

Foram abastecidos seis biodigestores, instalados no Departamento de Engenharia Rural, da UNESP campus de Jaboticabal. Cada biodigestor tem capacidade de 60 litros, sendo abastecido com substrato de água mais esterco de suíno, as cargas eram realizadas diariamente com base no cálculo da concentração de sólidos totais da matéria seca do esterco que foi em média de 25,37%, onde cada biodigestor recebia em média de 0,240 kg de dejetos diluído em água até obter 2 kg de substrato.

Na Tabela 1 encontram-se os parâmetros considerados no cálculo do abastecimento diário dos biodigestores.

TABELA 1 – Tempo de retenção hidráulica (TRH), volume do biodigestor (litros) e volume diário (litros)

TRH (dias)	Vol. do biodigestor (L)	Volume diário (L)
30	60	2

Com o substrato preparado, colocavam-se as cargas em baldes de alumínio com capacidade para 2 kg, que novamente eram agitadas para serem colocadas dentro dos biodigestores.

Em biodigestores indianos, após cada abastecimento, ocorre a saída do efluente na mesma quantidade da carga diária (2 kg), e este era coletado, e armazenado em um tanque, simulando uma lagoa de pós-tratamento de uma propriedade, de modo que o biofertilizante foi acrescido com água de chuva e esteve exposto à radiação solar e variações na temperatura ambiente (dados meteorológicos na TABELA 2). Esse biofertilizante ficou armazenado por cerca de 60 dias, tempo considerado médio em relação ao utilizado em propriedades rurais.

TABELA 2 – Dados meteorológicos em Jaboticabal - SP de janeiro à setembro de 2008

Mês	Tmed (°C)	Precipitação (mm)	ND
Janeiro	23,5	325,0	22
Fevereiro	23,9	302,7	20
Março	23,2	108,4	14
Abril	22,3	131,4	13
Mai	19,1	73,1	4
Junho	19,4	11,3	4
Julho	19,1	0,0	0
Agosto	21,8	24,2	05
Setembro	21,8	15,1	8

Fonte: Estação climatológica UNESP Jaboticabal

ND: número de dias com chuva

A cada carga de entrada (afluente) e saída (efluente) realizavam-se as análises de potencial Hidrogeniônico (pH) e sólidos totais e voláteis. Para efeitos de cálculos, considerou-se que 1 L de substrato é equivalente a 1 kg de substrato.

## 2.3 - ANÁLISES LABORATORIAIS

### 2.3.1 TEORES DE SÓLIDOS TOTAIS E VOLÁTEIS

Essas características foram realizadas diariamente ao longo do período experimental, nos afluentes e efluentes dos biodigestores a fim de analisar a redução de sólidos no substrato após submissão ao processo de biodigestão anaeróbia. Sendo utilizadas metodologias descritas em AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION – APHA (1998).

Para a determinação do teor de sólidos, cada amostra foi colocada em recipiente de alumínio com tara previamente conhecida e pesada para obtenção do peso úmido ( $P_u$ ) em balança com resolução de 0,001g. Depois de secas em estufa com circulação forçada de ar, à temperatura de aproximadamente 105° C até atingir peso constante. Em seguida após atingir temperatura ambiente, pesou-se na mesma balança, para a determinação do peso seco ( $P_s$ ). Os teores de sólidos em porcentagem foram determinados por meio da seguinte equação:

$$ST = 100 - U$$

$$U = \frac{(P_u - P_s)}{P_u} \times 100 \quad \text{onde,}$$

ST = teor de sólidos totais, em %;

U = teor de umidade da amostra, em %;

$P_u$  = peso úmido da amostra, em g;

$P_s$  = peso seco da amostra, em g.

O teor de sólidos voláteis foram determinados a partir do material seco na estufa, que serviu para determinação do teor de sólidos totais.

As amostras foram colocadas em cadinhos de porcelanas, com tara (T) previamente conhecidas e pesadas para determinação do peso inicial (Pi) em balança de resolução de 0,001g. Esses cadinhos foram levados à mufla e mantidos à temperatura de 575°C por duas horas e após este período de queima inicial na mufla, a mesma foi parcialmente aberta para em seguida, ocorrer o resfriamento até atingir a temperatura ambiente. Após os cadinhos serem pesados em balança analítica para determinação do peso final (Pf), obteve-se o peso das cinzas ou matéria mineral.

$SV = ST - \text{cinzas}$

$\text{Cinzas} = \{(1 - Pu - Pm) * 100\} / Pu$  onde

SV = teor de sólidos voláteis, em %;

Pm = peso obtido após queima na mufla, em g;

Pu = peso úmido da amostra, em g.

### **2.3.2 - DETERMINAÇÃO DO POTENCIAL HIDROGENIÔNICO**

O potencial hidrogeniônico (pH), foi realizado no mesmo substrato coletado do material de afluente e efluente utilizado para determinação dos teores de sólidos totais e voláteis. Utilizou-se o medidor de pH digital “Digimed (DMPH – 2)”, sendo que na determinação do pH da amostra realizou-se a partir do material recentemente coletado e com sua umidade natural.

### **2.3.3 - ANÁLISE DE MACRO E MICRONUTRIENTES**

Foram realizadas em amostras líquidas do afluente e efluente para quantificação dos minerais presentes nas mesmas.

Para tanto, as amostras foram digeridas, utilizando-se o digestor Digesdahl Hach, que promove a digestão total da matéria orgânica à base de ácido sulfúrico ( $H_2SO_4$ ), com posterior adição de 10 ml de peróxido de hidrogênio ( $H_2O_2$ ) até  $440^\circ C$ , tendo a obtenção de um líquido translúcido, ou um extrato.

Com esse extrato foram determinados os teores de nitrogênio, fósforo, potássio, cálcio, magnésio, cobre, manganês, zinco, sódio, segundo BATAGLIA et al. (1983).

Para a determinação de nitrogênio foi utilizado o destilador micro Kjeldahl, cujo princípio baseia-se na transformação do nitrogênio amoniacal ( $(NH_4)_2SO_4$ ) em amônia ( $NH_3$ ), a qual é fixada pelo ácido bórico e posteriormente titulada com  $H_2SO_4$  até nova formação de  $(NH_4)_2SO_4$ , na presença do indicador ácido/base, conforme metodologia descrita por SILVA (1981).

Os teores de fósforo foram determinados pelo método colorimétrico utilizando-se espectrofotômetro HACH modelo DR – 2000. Esse método baseia-se na formação de um composto amarelo do sistema vanadomolibdofosfórico em acidez de 0,2 a 1,6 mol  $L^{-1}$ , onde a cor desenvolvida foi medida em espectrofotômetro, determinando-se assim a concentração de fósforo das amostras, através da utilização de uma curva padrão traçada previamente a partir de concentrações conhecidas, entre 0 e 52  $\mu g/mL$  P. Os padrões são preparados conforme metodologia descrita por MALAVOLTA (1991).

Os demais minerais foram quantificados por absorção atômica. É realizada através de um equipamento de absorção atômica modelo GBC 932 AA acoplado a um computador contendo o software GBC AA.. Nele, as amostras digeridas são comparadas com padrões segundo o elemento que se esteja analisando.

### 2.3.4 - TEMPERATURA (Tº) DO BIOGÁS E AMBIENTE

A temperatura ambiente foi verificada por meio de termômetro digital (em ºC), antes de cada leitura do biogás. Para a leitura da produção de biogás após a leitura da produção de m<sup>3</sup>, colocava-se o termômetro no local de liberação de gás, em seguida, aguardava-se o período para estabilização da temperatura, o que ocorria em média de 60 segundos, procedendo-se então a tomada da temperatura do biogás.

### 2.3.5 - PRODUÇÃO DE BIOGÁS

A produção de biogás, foi realizada conforme observava-se o acúmulo na produção, com acompanhamento realizado diariamente e ao menos 01 vez por semana foi realizada a leitura.

A leitura consiste, na altura medida pela régua fixada junto ao biodigestor pelo deslocamento vertical do gasômetro. O número obtido na leitura é multiplicado pela área de seção transversal interna dos gasômetros. Após cada leitura os gasômetros foram zerados utilizando-se o registro de descarga do biogás. A correção do volume de biogás para as condições de 1 atm em 20ºC, foi efetuada com base no trabalho de CAETANO (1985), onde pelo fator de compressibilidade (Z), o biogás apresenta comportamento próximo ao ideal.

Para a correção do volume de biogás, utilizou-se a expressão resultante da combinação das leis de Boyle e Gay-Lussac, onde:

$$\frac{V_0 \times P_0}{T_0} = \frac{V_1 \times P_1}{T_1}$$

Sendo que:

$V_0$  = volume do biogás corrigido,  $m^3$ ;

$P_0$  = pressão corrigida do biogás, 10322,72 mm de água;

$T_0$  = temperatura corrigida do biogás, 293,15 °K;

$V_1$  = volume do gás no gasômetro,

$P_1$  = pressão do biogás no instante da leitura, 9652,10 mm de água;

$T_1$  = temperatura do biogás, em °K, no instante da leitura.

Considerando-se a pressão atmosférica de Jaboticabal igual a 9641,77 mm de água e pressão conferida pelos gasômetros de 10,33 mm de água, obtém-se como resultado a seguinte expressão, para correção do volume de biogás:

$$V_0 = \frac{V_1}{T_1} \times 273,84575$$

### 2.3.6 - COMPOSIÇÃO DO BIOGÁS

Foram realizadas análises de composição do biogás produzidos a partir da biodigestão anaeróbia de dejetos de suínos e resíduos da avicultura, para determinação dos teores de metano ( $CH_4$ ) e dióxido de carbono ( $CO_2$ ), utilizando-se o cromatógrafo de fase gasosa GC- 2001, equipado com as colunas Porapack Q e Peneira Molecular, e detector de condutividade térmica.

### 3.0 - RESULTADOS E DISCUSSÃO

#### 3.1 - TEORES DE SÓLIDOS TOTAIS E VOLÁTEIS

Na Tabela 3 estão apresentados os teores médios de sólidos totais e voláteis, em porcentagem e em massa (kg), no início e final do processo de biodigestão anaeróbia, bem como as possíveis reduções de sólidos voláteis em porcentagem para o resíduo avaliado, onde também são apresentados os valores do potencial de hidrogênio (pH).

TABELA 3 – Valores do pH e média dos teores de sólidos totais (ST) e voláteis (SV), em massa, e reduções em porcentagem, dos afluentes e efluentes do sistema avaliado.

	pH	ST (kg)	SV (Kg)
Inicial	6,97	0,032±0,011	0,025±0,09
Final	7,06	0,015±0,004	0,011±0,03
Reduções (%)		51,46±15,68	55,59±16,09

Os valores de pH encontrados no trabalho foram próximos tanto para o material de entrada quanto para o de saída. Os valores médios determinados são de 6,97 e 7,06, valor que segundo SILVA (1983), atende a faixa de pH ideal para a fermentação e produção normal de biogás (entre 7,0 e 8,0).

Nos teores de sólidos totais e voláteis verifica-se que houve redução, o que comprova que o processo de biodigestão anaeróbia promoveu a redução de material orgânico adicionado. Note-se que a redução de ST e SV está relacionada com a estabilização do sistema e com a adaptação dos microrganismos anaeróbios.

Os valores médios de redução de SV (55,59%) encontrados no presente trabalho, aproximaram-se dos encontrados por HILL et al. (1981), os autores utilizaram dejetos de suínos com 11,8% de ST, a uma temperatura de 21,1° C e verificaram redução de SV na ordem de 51,2%. Os teores de ST encontrados e as reduções de ST variaram entre 51,46 e 55,59%, respectivamente (TABELA 3). Neste experimento utilizou-se 2% de teor de ST, o objetivo desta diluição é em função da média nacional de dejetos caracterizados no Brasil ser considerado muito baixa. Porém, as reduções

de SV não foram próximas aos valores encontrados por PAGILLA et al. (2000), em que os autores utilizaram dejetos de suínos com teor de ST igual a 4,3%, para uma redução de sólidos voláteis de 36%.

As reduções de ST e SV podem sofrer influência do TRH e temperatura, conforme demonstraram HILL & BOLTE (2000), que alcançaram reduções de SV de 34,5 a 51,6%, utilizando TRH menores que 30 dias e resíduos de baixa concentração de sólidos totais (<4,0%). Os autores verificaram ainda que a produção de metano e a redução de ST diminuíram em função da redução do TRH.

Segundo os dados de MIRANDA (2005), avaliando dejetos de bovinos leiteiros e suínos com teores médios de 6% de ST em diferentes temperaturas e encontrou valores de redução de sólidos 72,77 % e 79,19 % de ST e 75,9 e 81,41 SV, valores maiores que os encontrados nesse trabalho.

De uma maneira geral observa-se que todos os parâmetros apresentados na Tabela 3, foram importantes para a observação da eficiência do processo.

### 3.1.2 - POTENCIAIS DE PRODUÇÃO DE BIOGÁS

Os potenciais médios de produção de biogás estão apresentados na Tabela 4, em m<sup>3</sup> de biogás por kg de ST adicionados, de SV adicionados, de SV reduzidos e de dejetos.

TABELA 4 - Potenciais médios de biogás (m<sup>3</sup> kg<sup>-1</sup>) no sistema avaliado.

Biodigestores	ST adic	SV adic	SV red	Dejetos
1	0,5344±0,280	0,6756 ±0,356	1,2993± 0,923	0,0819± 0,042
2	0,4909±0,285	0,6199 ± 0,619	1,1486±1,046	0,0755 ± 0,075
3	0,6272±0,391	0,7917± 0,487	1,5020± 1,130	0,0942 ± 0,053
4	0,5306±0,315	0,6700± 0,394	1,2491± 0,956	0,0811± 0,047
5	0,5352± 0,285	0,6772± 0,360	1,3034± 0,960	0,0804± 0,040
6	0,5302±0,311	0,6701± 0,391	1,2782± 0,974	0,0792± 0,043
Médias	0,5414	0,6841	1,2968	0,0821

adic = adicionados      red = reduzidos

Segundo SANTOS (1997) o melhor parâmetro para refletir o potencial de determinada biomassa e, portanto, mais indicado para se utilizar em projetos de

biodigestores, é aquele que expressa a produção de biogás por kg de ST adicionados nos biodigestores, pois elimina a interferência do teor de água presente na biomassa.

Os dados mostram que não há uma variação na produção de biogás de um biodigestor para outro, e os teores não variaram, para ST e SV adicionados, fato que pode ser explicado pela adaptação dos biodigestores e pela homogeneidade do substrato.

A produção de biogás é estimada em  $\text{m}^3$  e KONZEN (1983) cita que  $1\text{m}^3$  de esterco de suínos produz em torno de  $50\text{m}^3$  de biogás, ou seja, aproximadamente  $0,051\text{ m}^3$  de biogás por kg de dejetos.

MIRANDA (2005) encontrou valores de  $0,438\text{ m}^3\text{ kg}^{-1}$  de sólidos totais adicionados em estrume de suínos e  $0,941\text{ m}^3\text{ kg}^{-1}$  de sólidos voláteis reduzidos para os afluentes com teores de 6% sólidos totais submetidos a processos contínuos de abastecimento, valores próximos aos encontrados nesse trabalho, em que para os mesmos parâmetros foi encontrada uma média de  $0,5414\text{ m}^3\text{ kg}^{-1}$  de sólidos totais adicionados e  $1,2968\text{ m}^3\text{ kg}^{-1}$  de sólidos voláteis reduzidos.

### **3.1.3 DISTRIBUIÇÃO DA PRODUÇÃO DE BIOGÁS**

Durante todo o experimento houve uma produção média de  $0,979777\text{ m}^3$  de biogás ao longo dos setenta dias, observou-se que aos 18 dias já ocorria a queima do biogás ( TABELA 5)

TABELA 5 - Produção de biogás (m<sup>3</sup>), produção acumulada (%) e dias de queima do biogás

Dias de Fermentação	B1	B2	B3	B4	B5	B6	Média
0	0	0	0	0	0	0	0
7	0,023981	0,025407	0,038624	0,029743	0,035463	0,034633	0,031309
14	0,06009	0,055247	0,081228	0,063441	0,074818	0,069714	0,067423
21	0,181454	0,161544	0,234618	0,18765	0,212753	0,194277	0,195383
28	0,303208	0,294389	0,440131	0,356818	0,361066	0,355995	0,351935
35	0,467147	0,42607	0,610244	0,51969	0,535404	0,522282	0,513473
42	0,647168	0,598522	0,769395	0,633899	0,655555	0,662767	0,661218
49	0,799676	0,736405	0,92196	0,785255	0,782442	0,777882	0,800603
56	0,939683	0,876573	1,046804	0,920161	0,908423	0,892364	0,930668
63	0,982708	0,916647	1,078115	0,956759	0,946112	0,925427	0,967628
70	1,000811	0,927562	1,088966	0,967700	0,957056	0,936521	0,979770
Dias de Queima	18	18	18	20	18	18	

As produções volumétricas diárias de biogás de cada biodigestor estão apresentadas na Figura 2, e na Figura 3 estão apresentadas as produções acumuladas, em porcentagem.

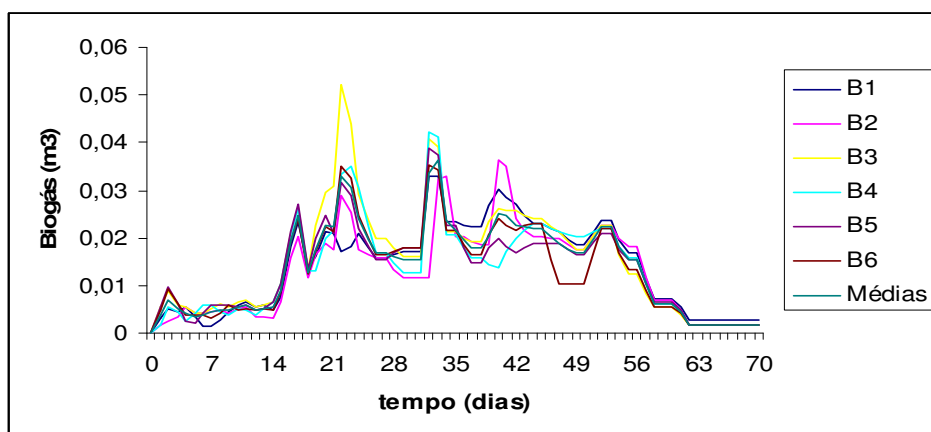


FIGURA 2 - Distribuição da produção do biogás. B1 (biodigestor 1); B2 (biodigestor 2); B3 (biodigestor 3); B4 (biodigestor 4); B5 (biodigestor 5); B6 (biodigestor 6).

Estimando o potencial de produção de biogás em biodigestores modelo batelada, com tempo de retenção hidráulica de 30 dias, LUCAS JÚNIOR (1998), utilizou dados referentes ao plantel da suinocultura no Brasil em 1997 concluiu que eram produzidos

53.875.092 kg de dejetos por dia, com potencial de produção de 0,1064 m<sup>3</sup> de biogás por kg de dejetos, o que resultou num potencial diário de produção de 5.732.310 m<sup>3</sup> de biogás, equivalente a 191.077 botijões de 13 kg de gás GLP.

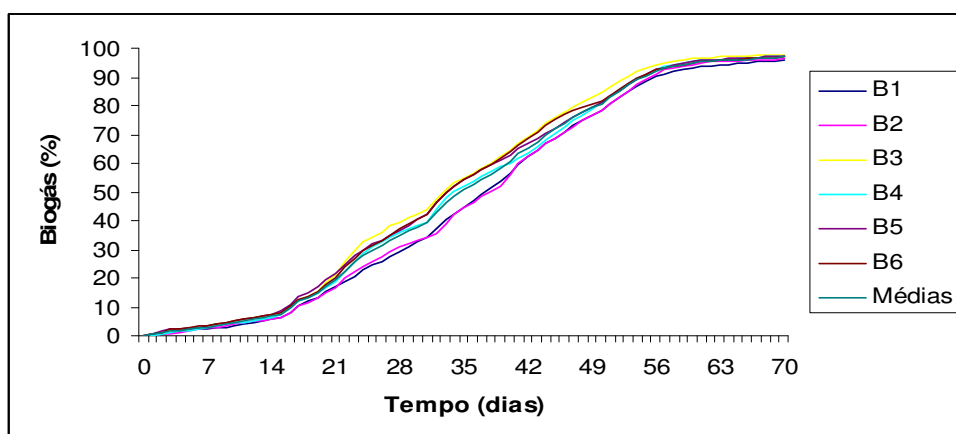


FIGURA 3 – Produção acumulada de biogás em biodigestores operados com dejetos de suínos

Pela Figura 3 pode-se observar que a produção de biogás foi menor até aproximadamente o 15º dia, período onde se obteve o primeiro pico de produção. Após essa fase houve um período em que a produção de biogás foi mais representativa e ocorreu a redução da produção em torno dos 60º dia. O conhecimento da faixa de maior produção de biogás é fundamental para o dimensionamento do aproveitamento do biogás gerado.

Observou-se que todos os biodigestores avaliados apresentaram produções acumuladas equivalentes ao longo do experimento, mantendo-se constante a produção entre o 15º e 63º dia. Este comportamento era esperado uma vez que não houve diferentes tratamentos, era utilizado sempre o mesmo substrato, e sempre abastecidos no mesmo horário.

### 3.1.4 QUALIDADE DO BIOGÁS PRODUZIDO

Os teores de metano encontram-se representados em porcentagem na Figura 4.

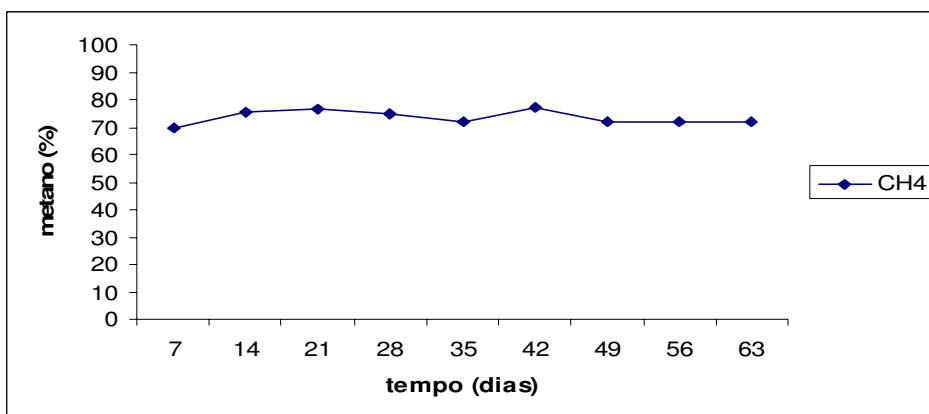


FIGURA 4 – Porcentagem de metano (CH<sub>4</sub>) durante os abastecimentos diários.

Verificou-se que no sistema avaliado, houve uma porcentagem acentuada de produção de metano já a partir da primeira semana após o início das cargas diárias 69,90%, a partir da segunda semana a porcentagem foi superior a 70%. Observou-se que embora os substratos tenham sido formulados para que contivessem 2% de ST, este teor não representou fator limitante para a produtividade de metano.

De acordo com a Figura, os teores de metano, variam de acordo com os dias de fermentação. A média dos teores de metano de 77,73% evidenciou que o biogás produzido nessas condições pode ser utilizado para geração de energia.

### 3.1.5 CARACTERIZAÇÃO QUÍMICA DOS AFLUENTES E DOS EFLUENTES

Na Tabela 6 estão apresentados os dados de macro e micronutrientes analisados semanalmente, do afluente e efluente dos biodigestores semicontínuos.

TABELA 6 - Caracterização química do afluente e efluente (mg/L<sup>-1</sup>).

Entrada Semana	Macronutrientes mg/L <sup>-1</sup>						Micronutrientes mg/L <sup>-1</sup>			
	N	P	K	Ca	Mg	Na	Fe	Mn	Cu	Zn
1	78,4	263,2	308,9	259,1	178,2	92,0	7,4	4,2	1,2	6,8
2	67,2	244,9	284,2	307,0	189,5	67,0	8,1	4,0	1,1	6,9
3	28	251,0	294,1	196,1	188,7	64,6	10,9	4,7	1,2	8,0
4	47,6	261,2	304,4	218,8	193,05	63,7	9,2	3,5	0,9	6,0
5	56	247,0	347,2	212,8	194,4	74,8	11,3	3,6	0,8	5,7
6	70	362,8	367,6	215,5	203,95	73,7	11,4	4,3	1,0	7,2
7	50,4	324,2	330	278,9	427	69,2	14,5	4,8	1,1	8,0
8	61,6	314,0	354,3	223,8	217,4	70,5	11,6	4,1	1,0	7,1
Médias	57,4	279,1	323,8	238,9	224,0	71,9	10,5	4,1	1,0	6,9
Saída Semana	Macronutrientes mg/L <sup>-1</sup>						Micronutrientes mg/L <sup>-1</sup>			
1	50,4	129,1	218,3	243,2	129,0	64,3	12,2	1,4	6,0	9,1
2	58,8	137,2	239,5	267,5	134,6	65,5	12,3	1,8	5,5	10,8
3	39,2	66,1	245,4	189,7	109,2	61,5	5,0	1,0	2,4	6,2
4	42,0	70,1	272,9	191,6	127,7	63,3	3,4	1,1	1,5	4,9
5	44,8	183,9	279,2	204,3	159,3	69,7	6,3	1,6	1,5	6,3
6	56,0	232,7	318,9	221,4	181,2	75,6	8,5	2,3	1,6	8,0
7	39,2	179,9	313,8	203,1	203,9	69,9	6,3	1,9	1,6	5,7
8	47,6	169,1	395,3	170,05	152,3	87,75	6,8	2,5	1,0	5,9
Médias	47,2	142,7	285,3	211,3	149,6	69,6	7,6	1,6	2,6	7,1

Observa-se através das médias que, durante todo o período avaliado, houve uma redução nos teores de macro e micro nutrientes no efluente, com exceção para os teores de cobre (Cu) e zinco (Zn), que apresentou uma elevação em seus teores no material de saída. Essa redução é considerada normal em operações de biodigestores contínuos, pois esse acréscimo na concentração no efluente, em comparação com o afluente, é em função da redução da fração orgânica, por meio da produção de biogás, que haveria concentração dos constituintes inorgânicos.

#### 4.0 CONCLUSÕES

Conclui-se que o tratamento de resíduos da suinocultura com 2 % de sólidos, com uso de biodigestores é eficiente para a produção de biogás e biofertilizante, tendo em produzido uma media de  $0,5414 \text{ m}^3 \text{ kg}^{-1}$  de sólidos totais adicionados e  $1,2968 \text{ m}^3 \text{ kg}^{-1}$  de sólidos voláteis reduzidos e apresentando valores significativos de 47,2; 142,7 e  $285,3 \text{ mg L}^{-1}$  para N, P e K. respectivamente.

### **CAPITULO 3 - BIODIGESTÃO ANAERÓBIA DA CAMA DE FRANGO DILUIDA EM BIOFERTILIZANTE OBTIDO COM DEJETOS DE SUÍNOS**

**RESUMO:** Avaliar a produção de biogás e qualidade do biofertilizante, em processos de biodigestão anaeróbia que associou a cama de frango de primeiro lote, ao biofertilizante obtido com dejetos de suínos, considerando um tempo de retenção hidráulica de 135 dias. Para esse ensaio foram abastecidos 12 biodigestores modelo batelada, os quais fazem parte de uma bateria de mini biodigestores instalados no Departamento de Engenharia Rural, UNESP - campus de Jaboticabal, sendo três diferentes tratamentos, que foi composto por: Tratamento 1 cama + biofertilizante+ água (CF+B+A); Tratamento 2 cama +biofertilizante (CF+B) e Tratamento 3 cama+ água (CF+A). Foram avaliadas as produções e qualidade do biogás, os potenciais de produção, reduções de sólidos totais e voláteis e macro e micronutrientes presentes no biofertilizante. A cama de frango + biofertilizante, foi o que apresentou melhores resultados para produção de biogás ( $m^3$ ) com em media de 20 dias de operação e os maiores valores para redução de sólidos voláteis  $m^3$  /kg de substrato, em comparação aos demais tratamentos, sendo também o que apresentou melhores resultados para os nutrientes: nitrogênio, fósforo e potássio.

**Palavras chave:** resíduos, biogás e fertilizantes.

### **3.1 INTRODUCAO**

A cadeia de produção avícola nacional é o segmento pecuário com maior índice de industrialização. As questões ambientais relacionadas a essa atividade tomam uma importância ainda maior, devido aos vários fatores exigirem um desenvolvimento produtivo, com qualidade nutricional e ambiental.

O aumento da demanda de carne de frango tem exigido uma produção rápida e caracteristicamente concentrada, gerando excessivas quantidades de resíduos nos galpões de criação (SANTOS, 2001).

Um dos destinos dos dejetos avícolas é seu uso como fertilizantes. Quando aplicados corretamente produzem resultados eficientes, mas se a taxa de aplicação superar a capacidade de retenção do solo e as exigências da cultura pode levar a concentrações de elementos em níveis tóxicos para os vegetais, reduzir a disponibilidade de fósforo, afetar os recursos hídricos ou levar à formação de nitritos e nitratos que são cancerígenos (PERDOMO, 1998). Assim, os principais componentes dos dejetos das aves considerados poluentes são o nitrogênio e o fósforo. Há de se considerar, ainda, a possibilidade de disseminação de doenças, uma vez que estes resíduos podem conter microorganismos patogênicos.

#### **3.1.1 Produção e potencial energético da cama de frango**

Segundo PAGININI (2004); GRIMES (2004), citado por FUKAYAMA (2008), cama é todo material distribuído sobre o piso de galpões para servir de leito às aves, sendo uma mistura de excretas, penas das aves, restos de 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.

Considerando-se a produção média de cama de 2,19 kg por frango de corte na matéria natural (MN), e a produção de frango de corte no Brasil em 2007 de 5,15 bilhões, SANTOS e LUCAS JR. (2003), estimaram que a produção de cama tenha sido aproximadamente 11,27 bilhões kg (MN).

Segundo SANTOS (2001), as quantidades produzidas e as características da cama de frango dependem sobretudo do material base utilizado, época do ano, número de lotes criados, tempo de criação e densidade populacional das aves. Quando se trata do estudo do potencial de produção de biogás com a biodigestão anaeróbia da cama de frangos, estas informações são de extrema importância, visto que tais fatores poderão determinar o maior potencial de produção de biogás, bem como sua qualidade.

Os potenciais de produção de biogás por kg de cama de 0,0668 – 0,0987 m<sup>3</sup>, considerando 15 dias de uso efetivo do biogás, foram próximos aos obtidos no ensaio de digestão seqüencial com camas obtidas no galpão experimental. Os potenciais de produção de biogás de cama de 0,1837 e 0,2396 m<sup>3</sup>, considerando o período total de produção de biogás de 50 dias, indicam a possibilidade da utilização do biogás em outras atividade e/ou galpão, de acordo com SANTOS (2001).

Segundo KOSARIC e VELIKONJA (1995), citados por FUKAYAMA (2008), afirmam que 1 m<sup>3</sup> de biogás pode ser aplicado para iluminação por lâmpada de 60 W por cerca de 7 horas, ou gerar 1,25 kW de eletricidade, ou cocção de três refeições para uma família de quatro pessoas, ou funcionar um motor de 2 HP por uma hora ou funcionar um refrigerador de 300 L por horas.

Sabe-se que hoje a cama de frango representa uma fonte de renda adicional na atividade e que sua qualidade poderá determinar melhores rendas, seja para o produtor, seja para a produtividade animal.

Sendo assim, objetivou-se o estudo da biodigestão anaeróbia em biodigestores operados em sistema batelada com cama de frango associada ao biofertilizante, (obtido e descrito no capítulo 2 desse trabalho), para avaliação da produção de biogás e qualidade do biofertilizante.

## 3.2 - MATERIAL E MÉTODOS

### 3.2.1 - LOCAL E DESCRIÇÃO DO EXPERIMENTO

A pesquisa foi realizada no Laboratório de Biomassa e Biodigestão Anaeróbia do Departamento de Engenharia Rural da Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias da Universidade Estadual Paulista, UNESP – Campus de Jaboticabal, cujas coordenadas geográficas são: 21° 15' 22" S. 48° 18' 58" W, temperatura média anual de 22,2°C e altitude média de 595 m (UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA, 2007).

O experimento foi conduzido no período de abril à setembro de 2008, usando biodigestores instalados no Departamento de Engenharia Rural, os quais possuem capacidade útil de 60 litros de substrato em fermentação e que fazem parte de uma bateria de mini-biodigestores descrita por ORTOLANI et al. (1986), conforme esquema Figura 1.

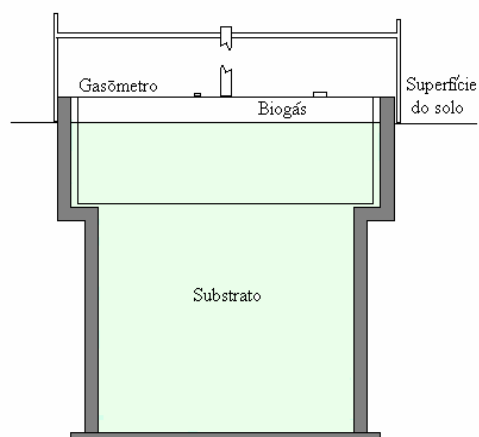


FIGURA 1 – Esquema do biodigestor indiano para operação em sistema de Batelada.

### 3.2.2 - ABASTECIMENTO DOS BIODIGESTORES BATELADAS

As camas de frango foram obtidas de galpões convencionais pertencentes à Empresa Frango Sertanejo, localizada no município de Pontal – SP, onde se fazia reaproveitamento da cama por 3 lotes de frangos criados por 45 dias, em média. O substrato utilizado na forração do piso era de serragem de *pinus*, a espessura da cama inicial era de aproximadamente 12 cm, este volume era incrementado de acordo com a colocação de novos substratos para aproveitamento nos demais ciclos de produção sob mesma cama. Porém com a finalidade experimental foi retirada cama de primeiro lote o qual foi utilizado no experimento.

Foram abastecidos 12 biodigestores modelo batelada, sendo que estes receberam três (3) tipos de tratamentos, com quatro repetições.

Descrição dos tratamentos:

T1 - cama de frango + biofertilizante oriundo de dejetos de suínos + água, (CF+B+A).

T2 - cama de frango + biofertilizante oriundo de dejetos de suínos (CF+B).

T3 - cama de frango + água (CF+A).

No T1 (CF+B+A), o biofertilizante e a água foram adicionados em partes iguais (50%), nos demais tratamentos a água e o biofertilizante representavam 100% do diluente, sendo que esta diluição foi calculada em função da característica do biofertilizante obtido que apresentou teores de sólidos totais menores que 1%, para tanto dispensando a necessidade de cálculo do mesmo para diluição da cama, assim sendo, temos as seguintes composições:

CF+B+A = 28,25 kg de água + 28,25 Kg de biofertilizante + 3,5 kg de cama

CF+B= 56,5 kg de biofertilizante + 3,5 de cama

CF+A= 56,5 kg de água + 3,5 de cama

O abastecimento foi feito com base na matéria seca da cama, que apresentou teor médio de 70% na matéria natural, optou-se por operar o biodigestor com 4 % de sólidos totais.



FIGURA 2 – Vista parcial do biodigestor batelada instalado no Departamento de Engenharia Rural utilizado no experimento, detalhe da câmara de fermentação e selo d'água.

#### 4.0 - ANÁLISES LABORATORIAIS

##### 4.1 - TEORES DE SÓLIDOS TOTAIS E VOLÁTEIS

Essas características foram realizadas diariamente ao longo do período experimental, nos afluentes e efluentes dos biodigestores a fim de analisar a redução de sólidos no substrato após submissão ao processo de biodigestão anaeróbia. Sendo utilizadas metodologias descritas em AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION – APHA (1998), descritas também no capítulo 2.

Os teores de sólidos voláteis foram determinados a partir do material seco que serviu para determinação do teor de sólidos totais, metodologias também descritas no mesmo item do capítulo anterior.

#### **4.1.2 - DETERMINAÇÃO DO POTENCIAL HIDROGENIÔNICO**

O potencial hidrogeniônico (pH), é realizado no mesmo substrato coletado do material de afluente e efluente utilizado para determinação dos teores de sólidos totais e voláteis. Utiliza-se o medidor de pH digital “Digimed (DMPH – 2)”, sendo que na determinação do pH da amostra realizou-se a partir do material recentemente coletado e com sua umidade natural.

#### **4.1.3 - ANÁLISE DE MACRO E MICRONUTRIENTES**

Foram realizadas em amostras líquidas do afluente e efluente para quantificação dos minerais presentes nas mesmas.

Para tanto, as amostras foram digeridas, utilizando-se o digestor Digesdahl Hach, que promove a digestão total da matéria orgânica à base de ácido sulfúrico ( $H_2SO_4$ ), com posterior adição de 10 ml de peróxido de hidrogênio ( $H_2O_2$ ) até  $440^\circ C$ , tendo a obtenção de um líquido translúcido, ou um extrato.

Com esse extrato podemos determinar os teores de Nitrogênio, Fósforo, Potássio, Cálcio, Magnésio, Cobre, Manganês, Zinco, Sódio, segundo BATAGLIA et al. (1983).

Para a determinação de nitrogênio foi utilizado o destilador de micro kjeldahl, cujo princípio baseia-se na transformação do nitrogênio amoniacal ( $(NH_4)_2SO_4$ ) em amônia ( $NH_3$ ), a qual é fixada pelo ácido bórico e posteriormente titulada com  $H_2SO_4$  até nova formação de  $(NH_4)_2SO_4$ , na presença do indicador ácido/base, conforme metodologia descrita por SILVA (1981).

Os teores de fósforos foram determinados pelo método calorimétrico utilizando-se espectrofotômetro HACH modelo DR – 2000. Esse método baseia-se na formação de um composto amarelo do sistema vanadomolibdofosfórico em acidez de 0,2 a 1,6 mol/L<sup>-1</sup>, em que a cor desenvolvida foi medida em espectrofotômetro, determinando-se assim a concentração de fósforo das amostras, através da utilização de uma reta padrão traçada previamente a partir de concentrações conhecidas, entre 0 e 52 µg de P/ml. Os padrões são preparados conforme metodologia descrita por MALAVOLTA (1991).

A absorção atômica, foi realizada através de um equipamento modelo GBC 932 AA acoplado a um computador contendo o software GBCAA. Nele, as amostras digeridas são comparadas com extratos padrões segundo o elemento que se esteja analisando. A concentração de Cálcio, Magnésio, Potássio, Cobre, Ferro, Manganês, Zinco e Sódio foram determinadas dessa forma.

#### **4.1.4 - TEMPERATURA (Tº) DO BIOGÁS E AMBIENTE**

A temperatura ambiente foi feita com termômetro digital (em °C), antes de cada leitura do biogás. Para a leitura da produção de biogás após a leitura da produção de m<sup>3</sup>, colocava-se o termômetro no local de liberação de gás, em seguida, aguarda-se o período para estabilização da temperatura, o que ocorre em média em 60 segundos, e procede-se a tomada da temperatura do biogás.

#### **4.1.5 - PRODUÇÃO DE BIOGÁS**

A produção de biogás, foi realizada conforme observava-se o acúmulo na produção, com acompanhamento realizado diariamente e ao menos 01 vez por semana foi realizada a leitura.

A leitura consiste, na altura medida pela régua fixada junto ao biodigestor pelo deslocamento vertical do gasômetro. O número obtido na leitura é multiplicado pela

área de seção transversal interna dos gasômetros. Após cada leitura os gasômetros são zerados utilizando-se o registro de descarga do biogás. A correção do volume de biogás para as condições de 1 atm em 20°C, foi efetuada com base no trabalho de CAETANO (1985), onde pelo fator de compressibilidade (Z), o biogás apresenta comportamento próximo ao ideal.

Para a correção do volume de biogás, utiliza-se a expressão resultante da combinação das leis de Boyle e Gay-Lussac, onde:

$$\frac{V_0 \times P_0}{T_0} = \frac{V_1 \times P_1}{T_1}$$

Sendo que:

$V_0$  = volume do biogás corrigido, m<sup>3</sup>;

$P_0$  = pressão corrigida do biogás, 10322,72 mm de água;

$T_0$  = temperatura corrigida do biogás, 293,15 °K;

$V_1$  = volume do gás no gasômetro,

$P_1$  = pressão do biogás no instante da leitura, 9652,10 mm de água;

$T_1$  = temperatura do biogás, em °K, no instante da leitura.

Considerando-se a pressão atmosférica de Jaboticabal igual a 9641,77 mm de água e pressão conferida pelos gasômetros de 10,33 mm de água, obtém-se como resultado a seguinte expressão, para correção do volume de biogás:

$$V_0 = V_1 / T_1 * 273,84575$$

#### 4.1.6 - COMPOSIÇÃO DO BIOGÁS

Foram realizadas análises de composição do biogás produzidos a partir da biodigestão anaeróbia de dejetos de suínos e resíduos da avicultura, para determinação dos teores de metano (CH<sub>4</sub>) e dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), utilizando-se o cromatógrafo de fase gasosa GC- 2001, equipado com as colunas Porapack Q e Peneira Molecular, e detector de condutividade térmica.

## 5.0 ANÁLISE ESTATÍSTICA

Os dados obtidos para os potenciais de produção de biogás por kg de dejetos, de ST adicionados, de SV adicionados, de SV reduzidos, e as quantidades de macro e micro nutrientes foram analisados em delineamento inteiramente casualizado.

Os dados serão submetidos à análise de variância pelo procedimento GLM do SAS program version 9.1 (2003) e as médias comparadas pelo teste de Tukey a um nível de significância de 5 %.

## 6.0 – RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 6.1 TEORES DE SÓLIDOS TOTAIS E VOLÁTEIS

Os valores de pH e os teores médios de sólidos totais e voláteis em porcentagem, no início e no final do processo de biodigestão anaeróbia, referente ao substrato utilizado nos três tratamentos, estão apresentados na Tabela 1.

TABELA 1 – Valores do pH e teores médio dos sólidos totais e voláteis, em massa e em porcentagem e redução de SV, para os resíduos utilizados nos abastecimentos

	pH		ST (Kg)		SV (kg)		ST	SV
	I	F	I	F	I	F	Reduções (%)	
CF+B+A	7,49	7,98	1,81	0,82	1,28	0,50	54,63	60,99
CF+B	6,86	8,10	1,88	0,95	1,25	0,60	49,38	52,61
CF+A	7,00	7,81	1,77	0,70	1,30	0,43	60,20	67,20

I = inicial F = final

Com base nos dados apresentados na tabela, a maior variação de pH foi do tratamento CF+B: de 6,86 a 8,10.

Segundo BATISTA (1981), as bactérias que produzem metano sobrevivem numa faixa estreita de pH, entre 6,5 e 8,0. Os dados indicam que todos os substratos foram propícios para o desenvolvimento de bactérias metanogênicas.

Assim, enquanto as primeiras bactérias do processo de biodigestão produzem ácidos, as bactérias produtoras de metano consomem esses ácidos, mantendo o meio neutro. Entretanto, as reações envolvidas nos primeiros estágios são muito mais rápidas que a produção de metano, por isso, ao se iniciar a produção de biogás é necessário que exista uma população de bactérias metanogênicas presentes para que o processo seja bem sucedido (ALFANO, 1997).

Dos dados apresentados na Tabela 1, observou-se que houve uma redução de 54, 49 e 60 % de ST e uma redução de SV de 61, 52 e 67% para os respectivos tratamentos, notando-se que o tratamento CF+A, foi o mais eficiente para as reduções de ST e SV, devido ao tratamento ter sido diluído em água e passar mais tempo por processo de degradação pelas bactérias. FUKAYAMA (2008) obteve redução de SV de 45,23%, utilizando-se cama de frango de corte de primeiro lote, valor próximo ao observado por Santos (2001) que foi de 41,27%. Os valores observados por esses autores são menores do que os obtidos neste experimento.

Porém, deve-se lembrar que a redução dos ST e SV depende de diversos fatores, como característica do substrato, temperatura, TRH, e em ambos os experimentos as condições experimentais eram variadas.

Segundo SANTOS (2001), a maior redução de sólidos nos substratos preparados com camas reutilizadas se deve a maior quantidade de excretas (maior acúmulo devido à criação de dois lotes de aves na mesma cama), em relação ao material utilizado como cama, o que no caso seria a maravalha.

Quanto maior for a concentração de sólidos voláteis na alimentação diária do biodigestor ( $\text{kg}/\text{m}^3$ ), maior será a capacidade do biodigestor de produção de biogás (LUCAS JR., 1994).

### 6.1.1 POTENCIAIS DE PRODUÇÃO DE BIOGÁS

Os potenciais médios de produção de biogás estão apresentados na Tabela 2, em m<sup>3</sup> de biogás por kg de ST adicionados, de SV adicionados, de SV reduzidos e de dejetos.

TABELA 2 – Potenciais médios de produção de biogás em biodigestores abastecidos com três tipos de tratamentos

Tratamento	Potenciais (m <sup>3</sup> de biogás kg <sup>-1</sup> )			
	ST adic <sup>1</sup>	SV adic <sup>2</sup>	SV red <sup>3</sup>	cama <sup>4</sup>
CF+B+A	0,327A	0,465A	0,763A	0,172A
CF+B	0,3031A	0,457A	0,869A	0,165A
CF+A	0,2295 B	0,311B	0,463B	0,117B
F	9,70**	14,30**	31,60**	11,98**
CV (%)	11,42	11,15	10,71	11,33

Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem entre si (P>0,05). <sup>ns</sup> Não significativo (P>0,05). \* Significativo a 0,05. \*\*Significativo a 0,01. <sup>1</sup> Potenciais de sólidos totais adicionados. <sup>2</sup> Potenciais dos sólidos voláteis adicionados e <sup>4</sup> Potenciais da cama.

Observa-se que em todas as variáveis para potenciais de biogás, o CF+A foi o que diferiu estatisticamente dos demais tratamentos, apresentando os menores valores: 0,2295; 0,311; 0,463 e 0,117 para ST adic, SV adic, SV red e dejetos respectivamente.

Os potenciais de produção de biogás por kg de SV reduzido de todos os tratamentos diferiram quando comparados entre si, o CF+B foi o que apresentou melhores resultados para sólidos voláteis reduzidos m<sup>3</sup> de biogás kg<sup>-1</sup>. Os dados mostram que mesmo com baixos teores de sólidos totais, o resíduo proporcionou meio para que as bactérias metanogênicas degradassem a matéria orgânica, refletindo em melhores valores para os potenciais de produção de biogás.

Segundo SALMINEN e RINTALA (2002), atingiram valores de 0,46 a 0,61 m<sup>3</sup> de biogás kg<sup>-1</sup> de SV adicionados quando trabalharam com resíduos de abatedouro de aves, valores esses próximos aos encontrados nesse trabalho, para CAF+B+A e CF+B.

FUKAYAMA (2008) encontrou valores de 0,2493 m<sup>3</sup> de biogás kg<sup>-1</sup> de sólidos totais adicionados e 0,561 m<sup>3</sup> de biogás kg<sup>-1</sup> de sólidos voláteis reduzidos processos de biodigestão de cama de primeiro lote, valores inferiores aos encontrados no presente

trabalho. Porém, a mesma autora trabalhando com camas de segundo lote, não encontrou diferenças nos resultados.

Valores de 0,2493 m<sup>3</sup> de biogás kg<sup>-1</sup> de sólidos totais adicionados e 0,5611 de biogás kg<sup>-1</sup> de sólidos voláteis reduzidos foram encontrados por SANTOS (2001), quando trabalhou com diferentes tipos de camas, os valores são inferiores se comparados a esse trabalho, pois os substratos foram preparados com diluições em biofertilizantes apresentando melhores resultados, pois o biofertilizante pode ter atuado como um importante inóculo nos tratamentos.

### 6.1.2 - DISTRIBUIÇÃO DA PRODUÇÃO DE BIOGÁS

Na tabela 3 estão apresentados os valores para produção de biogás acumulada a cada quinze dias para os respectivos substratos.

TABELA 3 Produções a cada quinze dias (m<sup>3</sup>) biogás para os biodigestores batelada abastecidos com cama de frango diluídas em biofertilizante de suíno e água

	CF+B+A	CF+B	CF+A
Dias de fermentação	Vol	Vol	Vol
0	0	0	0
15	0,0585	0,1740	0,0111
30	0,1866	0,3703	0,0158
45	0,3323	0,5190	0,0551
60	0,3931	0,5478	0,1659
75	0,4340	0,5542	0,2586
90	0,4449	0,5569	0,2829
105	0,4558	0,5593	0,3099
120	0,4558	0,5593	0,3099
135	0,4706	0,5646	0,3848
Média	0,3232	0,4405	0,1794
Dias de queima	20 <sup>o</sup>	35 <sup>o</sup>	46 <sup>o</sup>

De acordo com os resultados obtidos na tabela 3 e demonstrados nas Figuras 3 e 4 notou-se produções superiores de biogás nos biodigestores abastecidos com cama

de frango + biofertilizante de suíno em relação aos biodigestores abastecidos com cama de frango+biofertilizante de suíno+água e cama de frango+água. Estes resultados foram encontrados durante todo o processo.

Os dados relativos às produções volumétricas diárias de biogás e produção acumulada, em  $m^3$  e em porcentagem, respectivamente, estão apresentados nas Figuras 3 e 4.

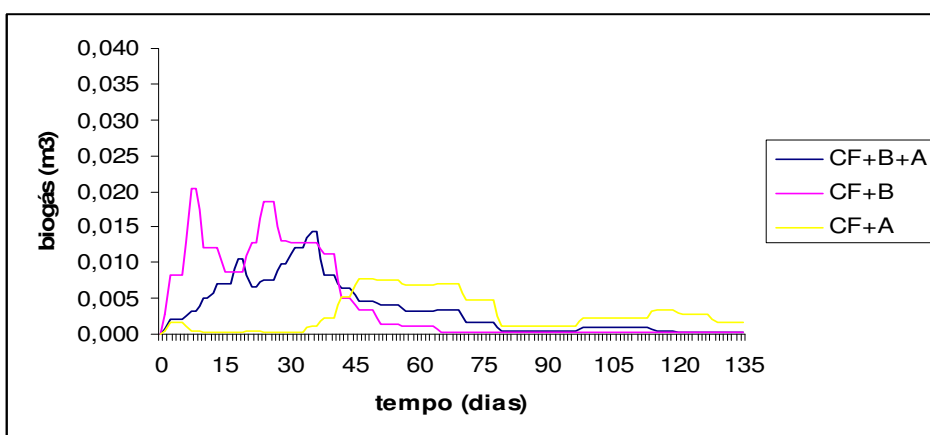


FIGURA 3 - Distribuição da produção do biogás ( $m^3$ ) em 15 dias

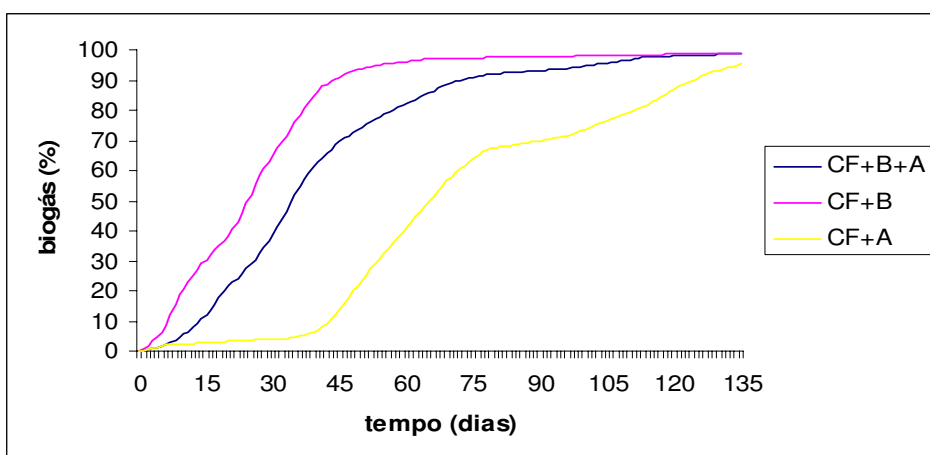


FIGURA 4 – Produção acumulada de biogás em 15 dias

Considerando os resultados obtidos com os tratamentos CF+B e CF+A, verifica-se que embora produzindo no total em menor quantidade em relação ao tratamento CF+B+A, o tratamento CF+B, permitiu uma maior velocidade na produção de biogás e logo uma rápida queda na produção, mantendo-se com bom pico de produção até aproximadamente os 40 e 45 dias, mantendo produção ao longo de no máximo 60 dias, o CF+B+A apresentou uma produção de biogás  $0,01 \text{ m}^3$  entre 15 e 30 dias. Ao se comparar as distribuições de produção de biogás, observa-se que embora com menor produção em comparação ao tratamento CF+B+A, o biodigestor que recebeu CF+B foi o que melhor apresentou picos de produção, o que seria muito indicado para os produtores de frango convencionais que trabalham com retirada de seu lote a aproximadamente aos 60 dias, onde teria como utilizar a cama no processo de biodigestão anaeróbia assim que fosse retirado os animais do lote, trabalhando de forma cíclica.

Segundo MAGBANUA JUNIOR, et al. (2001), testaram digestão anaeróbia usando resíduos de suínos e aves em várias proporções e concluíram que os tratamentos que receberam dejetos de suínos e aves juntos produziram mais alto rendimento de biogás e metano comparado com os dejetos isoladamente.

### **6.1.3 - COMPOSIÇÃO DO BIOGÁS PRODUZIDO**

São apresentados os dados em porcentagem (%) dos teores de metano ( $\text{CH}_4$ ) e dióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ ), nos três tratamentos avaliados, Figuras 5, 6 e 7.

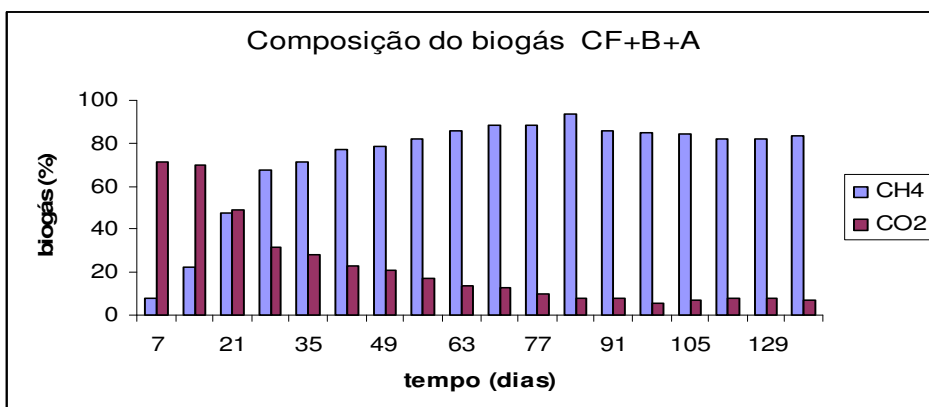


Figura 5 - Teores semanais da composição do biogás (%) de CO<sub>2</sub> e de CH<sub>4</sub> presentes no biogás produzido nos biodigestores operados com resíduos de cama de frango+ biofertilizante de suíno + água

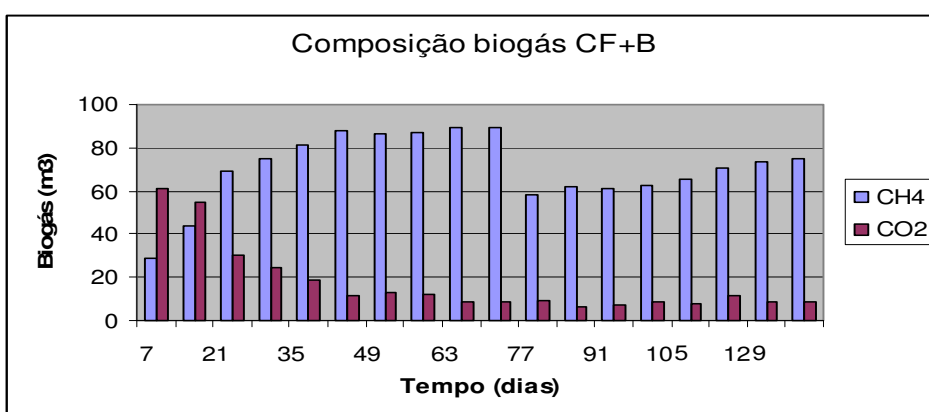


Figura 6 - Teores semanais da composição do biogás (%) CO<sub>2</sub> e de CH<sub>4</sub> presentes no biogás produzido nos biodigestores operados com resíduos de cama de frango+ biofertilizante de suíno

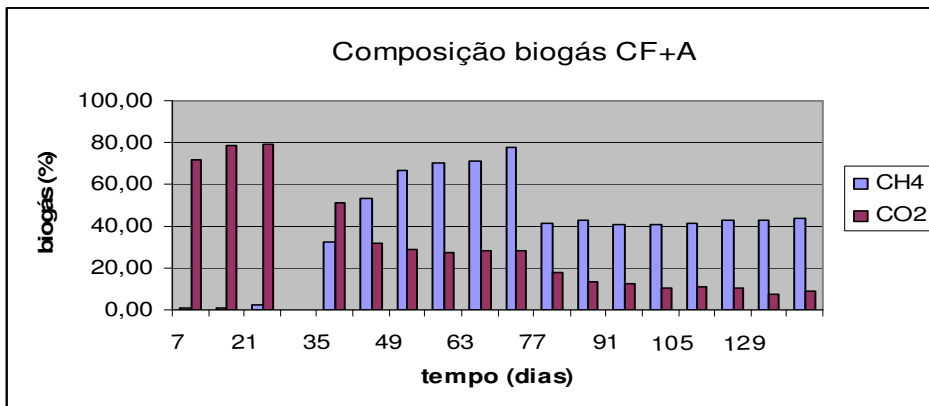


Figura 7 Teores semanais da composição do biogás (%) de CO<sub>2</sub> e de CH<sub>4</sub> presentes no biogás produzido nos biodigestores operados com resíduos de cama de frango + água

De acordo com as figuras 5, 6 e 7, observa-se que o tratamento CF+B foi o que produziu mais rápido biogás em comparação aos demais tratamentos, onde aos vinte dias já havia produção de metano uma média de 70 %, porém logo houve um decréscimo na produção do mesmo, o tratamento 3, começou a produzir a partir dos quarenta (40) dias, com uma media de produção de 70% mantendo-se assim ao longo dos 135 dias de experimento.

Os principais gases componentes do biogás são o metano e o gás carbônico. O metano é um combustível por excelência e o biogás é tanto mais puro quanto maior o teor de metano. O gás sulfídrico, formado no processo de fermentação, é o que dá o odor pútrido característico à mistura quando o gás é liberado, sendo também o responsável pela corrosão que se verifica nos componentes do sistema (MAGALHÃES, 1986). Há necessidade de mais estudos acerca do potencial de produção volumétrica de metano, o componente nobre do biogás, a partir dos diversos tipos de substratos disponíveis. Poderíamos ainda encontrar a produção de O<sub>2</sub> e N<sub>2</sub> nas leituras do cromatógrafo, porém estes não representam nem 1% da produção total do biogás.

## 6.2 - CARACTERIZAÇÃO MINERAL DO AFLUENTE E EFLUENTE

Nas tabelas 4 e 5 estão apresentados os teores de macro e micronutrientes nos três tratamentos avaliados, valores de entrada e saída respectivamente.

TABELA 4 - Teores médios de macro e micronutrientes encontrados no afluente dos tratamentos, dados expressos em mg/L<sup>-1</sup>

Trat	Macronutrientes					
	N	P	K	Ca	Mg	Na
Entrada						
CF+B+A	67,2	94,5	995,9	125,6	135,4	168,2
CF+B	75,6	133,1	1036,5	135,4	10,9	183,3
CF+A	58,8	100,6	788,1	80,0	92,2	149,4
	Micronutrientes					
Saída	Fe	Mn	Cu	Zn		
CF+B+A	6,3	1,4	0,2	4,4		
CF+B	4,4	1,2	1,2	4,3		
CF+A	4,0	1,1	1,1	3,2		

TABELA 4 - Teores de macro e micronutrientes encontrados no efluente, dados expressos em mg/L<sup>-1</sup>

Trat	Macronutrientes					
	N	P	K	Ca	Mg	Na
Saída						
CF+B+A	91,7B	115,0B	1454,0A	398,0B	177,0B	172,0A
CF+B	112,0A	215,0A	1463,0A	480,0A	199,0A	125,0B
CF+A	91,7B	179,0AB	1248,0B	467,0A	199,0A	132,0B
F	6,47*	5,19*	6,06*	2,8 <sup>ns</sup>	7,45*	3,58 <sup>ns</sup>
CV (%)	9,65	26,08	7,11	11,73	4,82	18,78
	Micronutrientes					
	Fe	Mn	Cu	Zn		
CF+B+A	9,0C	2,6B	1,5B	9,4B		
CF+B	15,0A	4,9A	3,0A	14,7A		
CF+A	12,0B	4,4A	2,3AB	10,6B		
F	18,2**	14,74**	4,66**	8,26**		
CV (%)	12,62	15,89	30,39	16,59		

Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem entre si ( $P > 0,05$ ). <sup>ns</sup> Não significativo ( $P > 0,05$ ). \* Significativo a 0,05. \*\*Significativo a 0,01.

De um modo geral observa-se que os tratamentos diferiram estatisticamente entre si para os teores de macro e micronutrientes no efluente avaliados. Os teores de nitrogênio e fósforo foram os que tiveram as maiores resultados, no tratamento CF+B, diferindo estatisticamente dos tratamentos CF+B+A e CF+A.

Comparando o afluente com o efluente, os teores de micronutrientes na saída foram os que apresentaram mais variações em comparação ao material afluente, principalmente o cobre e o zinco.

Os teores de N e P foram os mais significativos para o tratamento CF+B, observando-se maiores valores no efluente em relação aos demais nutrientes, o que evidencia que os minerais ficaram muito mais concentrados nesse tipo de tratamento e que a matéria orgânica saiu na forma de biogás. É importante considerar que o aumento da concentração de nutrientes pode contribuir para melhoria nas produções de biogás, pois oferece um meio mais propício ao desenvolvimento dos microrganismos anaeróbios, assim como permite a obtenção de um efluente com maior concentração de elementos fertilizantes.

Portanto esse tipo de associação da cama de frango+biofertilizante, exerce uma grande importância, para o produtor que trabalha além da criação de aves e/ou suínos, com sistemas de integração lavoura – pecuária, minimizando os custos com fertilizantes químicos, utilizando assim o biofertilizante como uma fonte alternativa na propriedade.

## 7.0 CONCLUSÕES

Conclui-se que os estudos realizados para os três tratamentos com cama de frango, mostraram diferenças na maioria dos parâmetros avaliados.

o processo de biodigestão anaeróbia foi eficiente em qualquer das diluições utilizadas.

A cama de frango+ biofertilizante, foi o que melhor apresentou valores para a produção e composição de biogás, tendo produzido em média de 20 dias de operação, porém ao mesmo tempo foi o que apresentou uma rápida queda na produção, antecipando o pico de produção em relação aos demais tratamentos, apresentando maiores valores para teores de metano.

A cama de frango + biofertilizante apresentou também melhores valores para N e P, necessitando de estudos aprofundados para aplicações práticas para os resultados obtidos (relação biogás/biofertilizante) e de acordo com as necessidades de cada sistema de produção.

## **CAPÍTULO 4: ADEQUAÇÃO DE PLANTÉIS DE SUÍNOS E DE FRANGOS DE CORTE PARA OPERAÇÃO CONJUNTA DE BIODIGESTORES**

**RESUMO:** Objetivou-se nesse trabalho fazer um estudo de caso, com base nas literaturas, avaliar a adequação de plantéis de suínos e aves, estimativas da produção de resíduos gerados por essas duas atividades, estabelecer uma relação de suínos para frango, bem como a quantidade necessária do biofertilizante para diluir a cama de frango com a finalidade de operar biodigestores para a produção de biogás e estabelecer uma relação do custo para a operação conjunta desse sistema.

**Palavras-chaves:** biogás e biofertilizante, produção de dejetos.

## 4.1 - INTRODUÇÃO

A crescente demanda pela produção de alimentos leva a agropecuária moderna a acentuar a participação nos impactos ambientais. As diferentes espécies animais exploradas comercialmente produzem grandes quantidades de dejetos, os quais se dispostos de forma inadequadas na natureza, podem causar poluição ambiental. Frente a atual situação, justifica-se aplicação do conceito de desenvolvimento sustentável, GOMES FILHO (1999).

Segundo VAN HORN et al., (1994), a produção animal, em particular, provoca considerável impacto ambiental, mas os nutrientes e a matéria orgânica nos dejetos constituem componentes naturais do ambiente e quando adequadamente tratados podem contribuir para a melhoria da produção vegetal e animal. Assim, embora sejam chamados de resíduos, estes componentes são na verdade recursos a serem reciclados.

Segundo o IBGE (2005), o plantel da suinocultura brasileira é estimado em 33 milhões de cabeças, na região Sul estão cerca de 14,5 milhões de cabeças. No estado de Santa Catarina estima-se a população de suínos em 5,7 milhões de cabeças, e na região oeste de Santa Catarina estão cerca de 4,5 milhões de cabeças, com apenas 26 % da área total do estado (25215 km<sup>2</sup>).

Embora a produção de suínos seja concentrada em regiões produtoras tradicionais como os estados do PR, SC e RS, grande expansão no estado de Minas Gerais, atualmente observa-se tendência para o crescimento expressivo em outros estados, principalmente no Centro-oeste do Brasil (Tabela 1)

TABELA 1- Produção de suínos no Brasil (mil cabeças)

<b>Estado</b>	<b>2002</b>	<b>2003</b>	<b>2004</b>	<b>2005</b>	<b>2006</b>	<b>2007*</b>	<b>2008*</b>
GO	909	1.098	1.186	1.326	1.043	1.459	1.534
MG	3.746	2.624	2.624	3.249	4.037	4.277	4.539
MS	826	830	835	908	867	867	886
MT	760	924	976	1.262	1.359	1.416	1.477
PR	5.400	5.174	4.781	4.781	5.009	5.084	5.166
RS	4.929	4.964	5.242	5.242	5.609	5.800	6.192
SC	7.744	7.163	7.071	7.348	8.421	8.737	8.933
SP	2.344	2.109	2.109	2.128	2.236	2.262	2.347
Outros	2.407	2.245	2.204	2.113	1.782	2.108	2.188
Total suinocultura industrial	29.064	27.132	26.402	28.357	30.724	32.012	33.262
Total suinocultura de subsistência	8.596	7.326	6.576	5.741	5.816	5.036	4.902
Total geral	37.660	34.458	32.978	34.098	36.540	37.048	38.164

\*estimativa      \*\* previsão

Fonte: Abipecs e Embrapa – Levantamento Sistemático da Produção e Abate de Suínos (LSPS)

Segundo GOMES FILHO (1999), no Brasil são produzidos, anualmente, de 32 a 51 milhões de toneladas dejetos de suínos. Essa atividade demanda mais de 192 milhões de metros cúbicos de água ao ano e mais de 100 milhões de metros cúbicos de efluentes são gerados anualmente, concentrados principalmente na região sul, PERDOMO et al. (2003).

Segundo PERDOMO et al. (2003), o crescimento da suinocultura ocasionou a produção de grandes quantidades de fezes, urina, desperdícios de água de bebedouros ou de limpezas, resíduos de ração, etc., que na ausência de tratamento inadequado, tornam-se grandes poluidores de mananciais de água. Pesquisas realizadas no oeste do estado de Santa Catarina, em 1986, mostraram que cerca de 1700 amostras de água coletada em diversos pontos, apresentam contaminação por coliformes fecais originários, principalmente, do manejo inadequado dos resíduos gerados nas atividades de suinocultura.

No campo da avicultura, o mesmo acontece essa atividade que vem crescendo cada vez mais. A avicultura brasileira representa hoje 1,5% do PIB, gerando 4,8 milhões de empregos diretos e indiretos e acima de 6 bilhões de reais apenas em impostos. Do total de carne de frango produzida, 70% são destinadas ao mercado doméstico, com consumo que hoje é de 38 kg por habitante ao ano, e os 30% restantes embarcados para cerca de 150 países, ANUALPEC (2008).

A produção de frangos está presente em todas as regiões do país, impactando a economia da maioria dos estados, com uma tendência de expansão para a região centro-oeste, procurando estabelecer-se em regiões produtoras de grãos e com um desafio sanitário mais baixo devido a menor densidade de aves. Cerca de 90% das aves abatidas são produzidas no sistema de integração vertical, onde a empresa detém o controle de todos os elos da cadeia, ou seja, produção, abate e processamento e distribuição. Isso gera, empregos, renda, fixação do homem do campo em sua terra e viabiliza a pequena propriedade.

Nos estados do sul do Brasil (Rio Grande do Sul, Santa Catarina e Paraná) a integração é responsável por aproximadamente 95% da produção, atingindo perto de 85% no país.

Em 2004 foram abatidos no Brasil 4,042 bilhões de frangos, que originaram a produção de 8,494 milhões de toneladas de carne. Do total, 6,069 milhões de toneladas foram destinadas ao mercado interno e 2,425 milhões de toneladas exportadas para 142 países, consagrando o Brasil como o maior exportador mundial de carne de frango. Para 2005, estima-se um abate de 4,32 bilhões de aves para atender à previsão de aumento do mercado interno em 3,5% e das exportações em 10 %. Isso deverá levar a uma produção total de 8,950 milhões de toneladas, 5,4% maior que a de 2004 (União Brasileira de Avicultura, 2005), citado por MIELE & GIROTO (2005)

Por sua vez, e apesar de um menor crescimento, a Região Sul teve impacto significativo no cenário nacional em função da sua participação no total do volume de pintos alojados no país, passando de 51,8% para 55,2% no mesmo período. Por outro lado, o nordeste e o sudeste apresentaram comportamento inverso, com decréscimos de 5,8 e 1,1 pontos percentuais, respectivamente. O Norte manteve sua participação no cenário nacional. Um dos aspectos favoráveis à ampliação da avicultura no centro-oeste é o menor custo da ração, tendo em vista esta ser uma região produtora de milho e soja, principais ingredientes da alimentação das aves. No entanto, o sul continua sendo um grande produtor de aves, sustentado pelo pioneirismo e tradição dos criadores, sua estrutura de pequenas propriedades familiares e pelas agroindústrias já instaladas, com uma eficiente coordenação exercida pela integração das atividades.

Segundo FUKAYAMA (2008), à medida que a produção nacional de frango aumenta, maiores quantidades de cama são geradas. Há evidências de que a capacidade de ampliação da produção de aves de corte está relacionada à capacidade de utilização da cama de frango, MIELE & GIROTO (2005)

Segundo SANTOS (2001), a quantidade de cama produzida e características da cama de frango dependem, sobretudo, do material base utilizado, época do ano, números de lotes criados, tempo de criação e densidade populacional das aves.

Além de estar relacionado com a disponibilidade do material base, SANTOS (2001), constatou que há diminuição significativa na produção de resíduos na granja quando se reutiliza cama. A cama na qual se criou um lote foi de 0,521 kg de matéria seca (MS) de cama/kg de peso de ave, e para dois lotes foi de 0,439 kg de MS de cama/kg de peso vivo de ave, indicando que uma reutilização pode diminuir o coeficiente de resíduo (produção de cama) em aproximadamente 16 %.

Segundo KELLEY et al.,(1995), citados por SANTOS (2001), a reutilização de cama além de reduzir os custos com aquisição de cama nova, reduz a degradação ambiental.

Objetivou-se nesse trabalho fazer uma adequação dos plantéis de suínos e aves para operação conjunta em processos de biodigestão anaeróbia para os resíduos gerados.

## **4.2 Material e Métodos**

O estudo para adequação dos plantéis foi realizado com base em estimativas, de granjas comerciais conforme parâmetros obtidos na literatura e os valores de produção de biogás, os teores de nutrientes do biofertilizante, da biodigestão anaeróbia da associação da cama de frango com biofertilizante de suíno, considerou-se os resultados obtidos no capítulo 3.

### **4.2.2 Estimativas da produção de dejetos líquidos de suínos em granja de ciclo completo.**

De acordo com DIESEL et al. (2002), citando OLIVEIRA (1993), cada suíno adulto produz em média 7- 8 litros de dejetos líquidos/dia ou 0,21 - 0,24m<sup>3</sup> de dejetos por mês (Tabela 2), bem como são apresentados os valores de produção de dejetos de acordo com o tipo de granja (Tabela 3).

TABELA 2 - Produção média diária de dejetos nas diferentes fases produtivas dos suínos

Categoria	Esterco (kg/dia)	Esterco+urina (kg/dia)	Dejetos Líquidos (litros/dia)
Suínos(25-100 kg)	2,3	4,9	7,0
Porca gestação	3,6	11,0	16,0
Porca lactação			
+	6,4	18,0	27,0
Leitões			
Cachaço	3,0	6,00	9,0
Leitões na creche	0,35	0,95	1,40

Fonte: Oliveira (1993)

TABELA 3 - Volume de dejetos produzidos, de acordo com o tipo de granja.

Tipo de granja	Quantidade produzida
Ciclo completo (L/matriz/dia)	150
UPL (L/matriz)	90
UPT (L/animal)	11,5

Fonte: Perdomo et al. (1999).

UPL = unidade produtiva de leitões

UPT = unidade produtiva de terminação

Neste estudo de caso foi considerado para os dimensionamentos dos biodigestores uma granja comercial de produção de suínos com 1000 matrizes em ciclo completo de produção.

## 4.3 Resultados e discussão

### 4.3.1 Cálculo de volume de dejetos

Levando-se em consideração os volumes de dejetos apresentados na tabela 3 e o número de 1000 matrizes no plantel, obtém-se os dados diários apresentados na Tabela 4.

TABELA 4 – Volume de dejetos produzidos diariamente em uma granja com 1000 matrizes

Tipo de granja	Quantidade Produzida diária
Ciclo completo (L <sup>-1</sup> )	150.000
UPL (L <sup>-1</sup> )	90.000
UPT (L <sup>-1</sup> )	11.500

UPL = unidade produtiva de leitões

UPT = unidade produtiva de terminação

### 4.3.2 Cálculo de volume dos biodigestores e lagoas para o sistema biodigestão anaeróbia dos dejetos de suínos (1.000 matrizes – ciclo completo)

O tempo de retenção hidráulica (TRH) médio recomendado para biodigestores de mistura completa com dejetos de suínos é de 30 dias (o mesmo tempo que vem sendo adotado em projetos de biodigestores que atendem o Mecanismo de Desenvolvimento Limpo – Projetos MDL) e o mesmo que será utilizado neste estudo de caso. Desta forma:

Volume útil dos biodigestores = volume diário de dejetos x tempo de retenção hidráulica

Volume útil dos biodigestores = 150.000 x 30 = 4.500.000 litros ou 4.500 m<sup>3</sup>

Serão adotados dois biodigestores com 2.250 m<sup>3</sup> de volume útil cada.

Para armazenamento do biofertilizante gerado nos biodigestores da granja de suínos será necessária a construção de uma lagoa que comporte um TRH de no mínimo 60 dias (ciclo de criação de frangos de corte e conseqüentemente disponibilidade de cama para abastecimento de biodigestores batelada para operar com cama de frangos diluída em biofertilizante de dejetos de suínos). Desta forma:

Volume útil da lagoa = volume diário de dejetos x tempo de retenção hidráulica

Volume útil da lagoa = 150.000 x 60 = 9.000.000 litros ou 9.000 m<sup>3</sup>

Serão adotadas três lagoas com 3.000 m<sup>3</sup> de volume útil cada.

#### **4.3.3 Estimativas das necessidades de camas de frangos a cada 60 dias**

Considerando-se as diluições e os resultados obtidos com o tratamento CF+B do capítulo 3 (tratamento que proporcionou os melhores resultados em produção de biogás) observa-se que os biodigestores receberam 56,55 kg de biofertilizante e 3,45 kg de cama de frangos, ou seja, uma relação de 0,06101 kg de cama para 1 kg de biofertilizante. Desta forma:

Quantidade de Cama = volume de biofertilizante x 0,06101 kg de cama

Quantidade de Cama = 9.000.000 L x 0,06101 = 549.090 kg de cama

#### **4.3.4 Cálculo do número de aves para a obtenção da cama necessária**

A cama de frango utilizada nos ensaios do capítulo 3 foi coletada na mesma granja que SANTOS & LUCAS JUNIOR (2003) coletaram a cama utilizada em seus estudos e obtiveram produção média de 2,19 kg cama/ave, considerando-se a matéria natural (MN).

Portanto, adotando-se 2,19 kg de cama por ave produzida pode-se calcular o número de aves necessárias para a obtenção de 549.090 kg de cama a cada 60 dias, como se segue:

Número de aves =  $549.090 / 2,19$  kg de cama

Número de Aves = 250.726 aves

Para a adequação dos plantéis de suínos e aves, se for considerado o uso integrado de biodigestores (cama de frangos diluída em biofertilizante de dejetos de suínos) e a relação 0,06101 kg de cama para cada litro de biofertilizante, observa-se que para cada matriz de suínos presente em uma granja que opera em ciclo completo de produção, serão necessários 250 frangos, a cada lote de criação, ou seja, 1.500 frangos criados ao longo de 1 ano.

#### **4.3.5 Cálculo do volume dos biodigestores batelada para o sistema biodigestão anaeróbia da cama de frangos (250.726 aves por lote)**

A cama de frangos será obtida a cada 60 dias (549.090 kg) e deverá ser diluída em 9.000.000 litros de biofertilizante de dejetos de suínos, proporcionando um volume aproximado de 9.549.090 litros de substrato para os biodigestores (ensaios procedidos

com a cama utilizada no capítulo 3 demonstraram que a densidade da cama após retirada dos galpões é igual a 400 kg/m<sup>3</sup> e que cada 1 kg de cama ocupa um volume específico de 1 litro de água de diluição). Desta forma:

Volume útil dos biodigestores = volume da cama diluída em 9.000 m<sup>3</sup> de biofertilizante de dejetos de suínos

Volume útil dos biodigestores = 9.549.090 litros ou 9.549,09 m<sup>3</sup>

Serão adotados quatro biodigestores batelada com 2.400 m<sup>3</sup> de volume útil cada. Para o abastecimento dos quatro biodigestores deverá ser construída uma caixa de carga com capacidade para 200 m<sup>3</sup> (esta caixa pode ser substituída por lagoa revestida de igual volume).

#### **4.3.6 Cálculo do volume de biogás a ser produzido nos biodigestores com dejetos de suínos e com cama de frangos.**

##### **4.3.6.1 Produção diária de biogás obtida com dejetos de suínos.**

No capítulo 2 foram apresentados os resultados de produção de biogás, observando-se que para cada litro de substrato adicionado nos biodigestores obteve-se 0,009852 m<sup>3</sup> de biogás. O volume diário estimado de substrato, considerando-se 1.000 matrizes é de 150.000 litros, assim:

Produção diária de biogás = 150.000 x 0,009852 = 1.477,80 m<sup>3</sup>

##### **4.3.6.2 Produção de biogás obtida com cama de frangos a cada lote de criação.**

No capítulo 3 foram apresentados os resultados de produção de biogás para cama de frangos de um lote de criação e do tratamento 2 (cama de frangos diluída em biofertilizante de dejetos de suínos) será utilizada a produção de biogás correspondente ao período de 0 a 50 dias (TABELA 5.0) e figura 1.0

TABELA 5 - Produção de biogás correspondente ao período de 0 a 50 dias

Dias	Volume (m <sup>3</sup> )	Acumulado (%)
0	0	0
1	0,00276	0,48
2	0,00827	1,93
3	0,00827	3,38
4	0,00827	4,83
5	0,00827	6,27
6	0,01282	8,52
7	0,02041	12,10
8	0,02041	15,67
9	0,01726	18,69
10	0,01203	20,80
11	0,01203	22,90
12	0,01203	25,01
13	0,01203	27,12
14	0,01051	28,96
15	0,00863	30,48
16	0,00863	32,00
17	0,00863	33,51
18	0,00863	35,03
19	0,00863	36,55
20	0,01101	38,48
21	0,01272	40,70
22	0,01272	42,92
23	0,01619	45,77
24	0,01846	49,02
25	0,01846	52,28
26	0,01846	55,53
27	0,01506	58,18
28	0,01295	60,45
29	0,01295	62,72
30	0,01285	64,98
31	0,01278	67,22
32	0,01278	69,46
33	0,01278	71,70
34	0,01276	73,94
35	0,01274	76,18
36	0,01274	78,42
37	0,01184	80,50
38	0,01127	82,49
39	0,01127	84,47
40	0,01127	86,46
41	0,00753	87,78
42	0,00493	88,66
43	0,00493	89,53
44	0,00493	90,41
45	0,00409	91,13
46	0,00347	91,75
47	0,00347	92,36
48	0,00347	92,98
49	0,00347	93,60
50	0,00224	93,99
Média	0,5351	

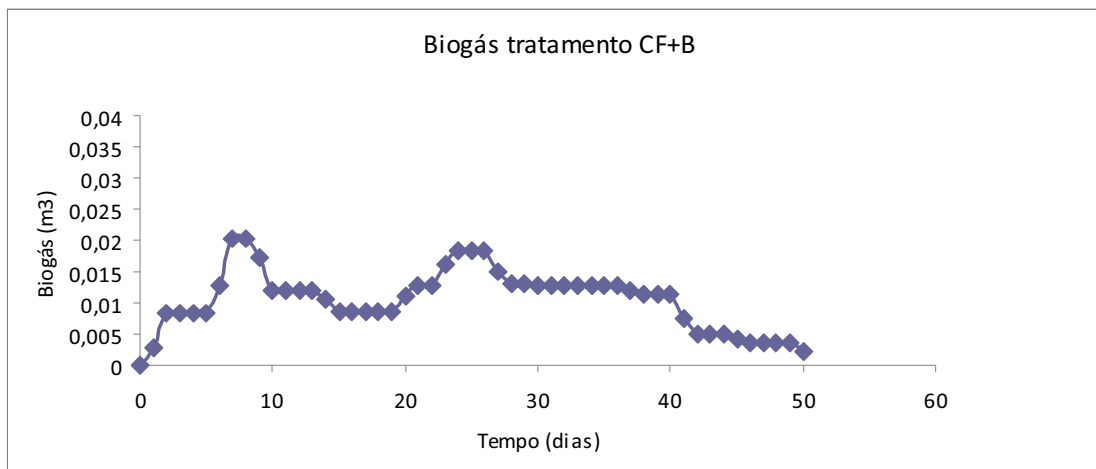


Figura 1 - Produção de biogás (m<sup>3</sup>) a cada 50 dias

Sendo assim, o produtor poderá dispor de 10 dias para esvaziamento e novo abastecimento dos biodigestores, até que se inicie um novo ciclo de criação das aves (ciclos de 60 dias). Desta forma, observa-se produção de 0,5351 m<sup>3</sup> de biogás para cada 3,45 kg de cama colocada nos biodigestores, ou seja 0,155 m<sup>3</sup> por kg de cama. Com 250.726 aves serão obtidos 549.090 kg de cama por lote, assim:

Produção de biogás = 549.090 x 0,155 = 85.108 m<sup>3</sup> de biogás por lote

#### 4.4 - Custos para implantação dos sistemas de produção de biogás

Na Tabela 6 estão apresentados os custos para implantação dos sistemas de produção de biogás para atendimento da granja de suínos e, separadamente os custos para atendimento da co-digestão cama de frangos biofertilizante de dejetos de suínos, conforme dimensionamento nos itens 4.3.2 e 4.3.4, bem como os custos dos conjuntos moto-geradores para geração de energia elétrica.

Tabela 6 – Custos para implantação dos sistemas de biodigestão anaeróbia e de geração de energia elétrica.

ITEM	PREÇO
1 sistema Vinibiodigestor <sup>®</sup> com capacidade útil total de 4500m <sup>3</sup> (2 unidades de 2.250 m <sup>3</sup> cada), com lagoa para armazenamento do biofertilizante, queimador do biogás excedente, bombas para recirculação, válvulas de alívio de pressão, caixas e tubulações.*	R\$ 453.484,00
1 sistema Vinibiodigestor <sup>®</sup> com capacidade útil total de 9.600 m <sup>3</sup> (4 unidades de 2.400 m <sup>3</sup> cada), queimador do biogás excedente, bombas para recirculação, válvulas de alívio de pressão, caixas e tubulações.*	R\$ 628.341,00
4 conjuntos moto-gerador com potência de 70 KVA, com painel de controle e interligação na rede de energia elétrica.**	R\$ 375.000,00
<b>TOTAL.....</b>	<b>R\$ 1.456.825,00</b>

\*Vinibiodigestor é uma marca registrada de SANSUY S. A. Indústria de Plásticos, empresa que efetuou o orçamento aqui apresentado. O sistema orçado se refere a entrega em funcionamento.

\*\*Os conjuntos moto-geradores foram orçados por Focking e se refere ao sistema instalado, com painel de controle e interligado à rede de energia elétrica.

Observa-se que os custos para implantação embora baseado em estimativas, apresentou valores muito altos, porém, para o mesmo deverá ser considerado, a relação custo/benefício e taxa de retorno para a implantação do sistema, e há de se considerar ainda os benefícios ambientais, por se tratar de um sistema que favorece o saneamento e preservação ambiental.

## 5.0 Conclusões

Os estudos apresentados e discutidos nos capítulos permitem algumas conclusões:

→ Nesse estudo de caso caracterizou-se uma suinocultura ciclo completo com 1000 matrizes, estabelecendo-se a relação suíno/aves para relação ao potencial de dejetos gerados e as possibilidades de sua utilização.

→ o uso integrado de biodigestores (cama diluída em biofertilizante de suíno), proporciona ao produtor uma utilização da cama e aproveitamento do biogás gerado de forma cíclica, a cada 50 dias teria uma produção de aproximadamente 85.108 m<sup>3</sup> de biogás/lote de produção de frangos, estando isso diretamente relacionado ao biogás que se produz e ao investimento destinado à construção do biodigestor.

## 6.0 REFERÊNCIAS

ALFANO, Z. C. **Tecnologia BioPolo 2000**.1997. Disponível em <www.higiservice.com.br> . Acesso em 15 junho 2002.

AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION. APHA. **Standard methods for the examination of water and wastewater**.19. ed. Washington, 1998 p.

ANULPEC 2008: anuário da pecuária brasileira. São Paulo: Angr FNP, Instituto FNP, 2008. p. 243 – 270.

AUGUSTO, K. V. Z. **Caracterização quantitativa e qualitativa dos resíduos em sistemas de produção de ovos: compostagem e biodigestão anaeróbia**. 2007. 131 f. Dissertação (Mestrado em Produção Animal) – Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinária, Universidade Estadual Paulista . Jaboticabal, 2007

BATAGLIA, O.G.et al. **Métodos de análises químicas de plantas**. Campinas: Instituto Agrônomo, 1983. 48 p. (boletim Técnico)

BATISTA, L. F. **Construção e operação de biodigestores**. Brasília: EMBRATER, 1981. Não pág.

BLEY JR, C. Gestão ambiental: a saída da suinocultura. Revista Porkworld. Ano 2, nº 11, janeiro/fevereiro 2003.

BRASIL, Instrução normativa número 15 do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Diário Oficial da União**. Brasília DF, 2001. 17 de junho de 2001.

BUDIÑO, L. F. E.; TUCCI, M. F. e HANNAS, M. I. In: SEMINÁRIO SOBRE GERAÇÃO, APROVEITAMENTO E UTILIZAÇÃO DE RESÍDUOS NA SUINOCULTURA. 2000. 79 p. Jaboticabal.

CAETANO, L. **Proposição de um sistema modificado para quantificação de biogás**. 1985. 75 f. Dissertação (Mestrado em Energia na Agricultura) – Faculdade de Ciências Agrônoma, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 1985.

DARTORA, V.; PERDOMO, C. C.; TUMELERO, I. L. Manejo de dejetos de suínos. V. 7, n. 11, p. 1-7, 1998. Concórdia: EMBRAPA-CNPSA e EMATER- RS, 1998. (EMBRAPA-CNPSA, Boletim Informativo).

DIESEL, R.; MIRANDA, C. R. E. PERDOMO, C. C. Coletânea de tecnologias sobre dejetos suínos. BIPES. Boletim Informativo: Pesquisa e Extensão, 2002. 25 p.

ENSMINGER, M. E. et al. **Feeds and nutrition**. 2<sup>a</sup> ed. California USA: The ENSMINGER, 1990. 1544 p.

FORESTI, E. et al. Fundamentos dos 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.

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

FUNDAÇÃO INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA IBGE. Disponível: <[www.sidra.ibge.gov.br](http://www.sidra.ibge.gov.br)> acesso em: 12 de dezembro de 2005

GOMES FILHO, R. R. et al. Alteração da demanda química de oxigênio da água residuária da suinocultura, utilizada como solução nutritiva no cultivo hidropônico de *Brachiaria ruzizienses*. CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, 28.1999. Pelotas. **Anais...Pelotas: UFPEL, 1999. CD-ROM.**

HIGARASHI, M. M. Sistemas de tratamentos de dejetos suínos. In: Revista Porkworld. Ano 2, n. 13, p. 74 – 76, maio/junho, 2003.

HILL, D. T. Methane gas production from dairy manure at high solids concentration. **Transactions of the ASAE**, St. Joseph, v. 23, n. 1, p. 122-126, 1980.

HILL, D. T.; BOLTE, J. P. Methane production from low solid concentration liquid swine waste using conventional anaerobic fermentation *Bioresource Technology*, v. 74, n. 3, p. 241-247, 2000.

HILL, D. T.; YONG, D. T.; NORDSTEDT, R.A. Continuously expanding anaerobic digestion – a technology for the small animal producer. **Transactions of the ASAE**, v. 24 n.3. p. 731 – 736.1981.

KONZEN, E.A. Manejo e utilização de dejetos de suínos. Concórdia: EMBRAPA-CNPISA, 1983. 32 p. (Circular Técnica, 6)

KOZEN, E. A. **Fertilização de lavoura e pastagem com dejetos de suínos e cama de aves**. EMBRAPA. In: V SEMINÁRIO TÉCNICO DE MILHO. 2003. Videira.

KUNZ, A. ; PALHARES, J. C. P. Créditos de carbono e suas conseqüências ambientais. Disponível em: <[www.embrapa.br](http://www.embrapa.br)>, acesso em 07 de novembro de 2006.

LOURES, E. G. **Manejo de dejetos de suínos**. Viçosa : UFV, s/d. (Boletim Técnico)

LUCAS JÚNIOR, J. **Algumas considerações sobre o uso do estrume de suínos como substrato para três sistemas de biodigestores anaeróbios**. 1994. 137 f. Tese

(Livre- Docência Construções Rurais) - Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, 1994.

LUCAS JUNIOR, J.SANTOS, T. M. B. Aproveitamento de resíduos na industria avícola para produção de biogás. In: SIMPÓSIO DE RESÍDUOS DA PRODUÇÃO AVÍCOLA., **Anais...** Concórdia, 2000, 27 – 43 p. Embrapa Suínos e Aves.

LUCAS JUNIOR, J.; SILVA, F. M. Aproveitamento de resíduos agrícolas para a geração de energia. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, 27., 1998, Poços de Caldas. **Anais...** Lavras/MG: UFLA/SBEA, 1998. p. 63-87.

LUCAS JUNIOR, J. et al. Produção de biogás a partir de dois tipos de esterco de suínos, fresco e pré-fermentado em esterqueira, com e sem adição de inóculo. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, 20., 1992, Londrina. **Anais...**Londrina: SBEA, v. 1, p. 279 – 305.

MAGALHÃES, A. T. P. **Biogás**: um projeto de saneamento urbano. São Paulo: Nobel, 1986.120 p.

MAGBANUA JUNIOR, B. S.; ADAMS, T. T.; JOHNSTON, P. Anaerobic codigestion of hog and poultry waste. **Bioresource Technology**, v. 76, p.165-168, 2001.

MALAVOLTA, E. et al. Micronutrientes, uma visão geral. In: FERREIRA, M. E., CRUZ, M. C. da. **Micronutrientes na Agricultura**. Piracicaba: PATAFÓS/CNPq. 1991. p. 1-33.

MIELE, M.; GIROTO, A. F. Análise da situação atual e perspectivas da avicultura de corte. Embrapa Suínos e Aves – CNPSA (artigos técnicos - 2005).

MIRANDA, A. P. **Influência da temperatura e do tempo de retenção hidráulica em biodigestores alimentados com dejetos de bovinos e suínos**. 2005. 113 f. Dissertação (Mestrado em Produção Animal). Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinária, Universidade Estadual Paulista. Jaboticabal, 2005.

OLIVEIRA, P. A. **Impacto ambiental causado pelos dejetos de suínos**. Embrapa Suínos e Aves. Concórdia – SC. 1997.

OLIVEIRA, P. A. **Potencial de produção e utilização de biogás na avicultura comercial**. In: Encontro de Avicultores do Estado de São Paulo, 27. Jornada técnica, 24.2001, **Anais...** Bastos/SP, Sindicato Rural de Bastos, p 16-28.

OLIVEIRA, P. A. V. de. **Projeto de biodigestores e estimativa de produção de biogás em sistema de produção**. Concórdia: Embrapa Suínos e Aves, 2005. 8 p. (Comunicado Técnico, 417).

ORRICO JUNIOR, M. A. P. **Biodigestão anaeróbia e compostagem de dejetos de suínos, com e sem separação de sólidos**. 2007. 93 p. Dissertação (Mestrado em Produção Animal) – Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Jaboticabal, 2007

ORTOLANI, A. F. BENINCASA, M.; LUCAS JUNIOR, J. **Biodigestores rurais modelos indiano, chinês e batelada**. Jaboticabal: FUNEP, 1991. 35 p.

ORTOLANI, A. F. et al. Bateria de mini-biodigestores: Estudo, projeto, construção e desempenho. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, 1986, São Paulo. **Anais...**p. 229 – 239

PALHARES, J. C. P. **Sistemas de produção de frango de corte**. Disponível em: <[www.embrapa.cnpsa.com.br](http://www.embrapa.cnpsa.com.br)> , acesso em 05 de maio de 2007.

PERDOMO, C. C. Como obter máximo aproveitamento dos resíduos/dejetos avícolas. In: SIMPÓSIO GOIANO DE AVICULTURA, v.3,1998, Goiânia. **Anais...**, p.11-16.

PERDOMO, C. C. **Sugestões para o manejo, tratamento e utilização de dejetos de suínos**. Disponível em:<[www.embrapa.cnpsa.com.br/artigos](http://www.embrapa.cnpsa.com.br/artigos)> acesso em 13 de junho 2006.

PERDOMO, C.C. OLIVEIRA, P. A. V.; KUNZ, A . **Sistemas de tratamento de dejetos de suínos: inventário tecnológico**.. Embrapa suínos e Aves, 2003, p.83 (Documento n. 85)

PERDOMO, C.C. et al. **Dimensionamento de sistemas de tratamento (decantador e lagoas) e utilização de dejetos suínos**. Embrapa Suínos e Aves, 1999, p.5 (Concórdia, Comunicado Técnico, n. 234)

PEREIRA, R. F.S.; ARANTES, V. M.; MELO, G. S.; PEREIRA, D. F. S.; PRADO, A. A. D. Eficiência do tratamento de dejetos de suínos com reator anaeróbio de fluxo ascendente (RAFA) In: XII CONGRESSO BRASILEIRO DE VETERINÁRIOS ESPECIALISTAS EM SUÍNOS. 2005, V. 2. Fortaleza – Ceará.

PORKWORLD. Perspectivas da suinocultura no curto e médio prazos. Disponível em <[www.porkworld.com.br/artigos](http://www.porkworld.com.br/artigos)>. acesso em 20 de fevereiro. 2004 Ano 3, n 18, janeiro/fevereiro, 2004 a.

PORKWORLD, Tendência de crescimento da suinocultura mundial. Disponível em <[www.porkworld.com.br/artigos](http://www.porkworld.com.br/artigos)>. acesso em 11 de abril 2004 Ano 3, n 19, março/abril, 2004 b.

SALMINEN, E. A.; RINTALA, J. A. Anaerobic digestion of solid poultry slaughterhouse waste – a review. **Bioresource Technology**, v.83, p. 13 – 26, 2002.

SANTOS, T. M. B. **Balanço energético e adequação do uso de biodigestores em galpões de frango de corte.** 2001. 167 f. Tese (Doutorado em Produção Animal) – Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade estadual Paulista, Jaboticabal, 2001.

SANTOS, T.M.B., LUCAS JR. J. Digestão anaeróbia de cama de frangos em operação seqüencial de biodigestores batelada. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, 27, 1998a. Poços de Caldas-MG, **Anais...** p.380-382,.

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 frango de corte.** 1997. 95 p. Dissertação (Mestrado em Produção Animal) – Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Jaboticabal, 1997.

SANTOS, T.M.B.; LUCAS JUNIOR, J. L. Utilização de resíduos da avicultura de corte para a produção de energia. In: CONGRESSO NACIONAL DE ZOOTECNIA., 2003, **Anais...**Uberaba:Zootec, p.131 a 141

SAS INSTITUTE. **Program version 9.1** Cary,2003.

SILVA, D. J. Análise de alimentos: métodos químicos e biológicos. Viçosa: UFV, 1983. 166 p.

SILVA, F. M.; LUCAS JR, J. **Biogás: produção e utilização.** Jaboticabal – UNESP, s/d.

SILVA, E. L.; SILVA, J. H. V., JORDÃO FILHO, J., RIBEIRO, M. L. G., MARTINS, T. D. D., COSTA, F. G. P. Redução dos níveis protéicos e suplementação com metionina e lisina em rações para poedeiras leves. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 35, n. 2. p. 491-496, 2006.

STEIL, L. **Avaliação do uso de inóculos na biodigestão anaeróbia de resíduos de aves de postura, frangos de corte e suínos.** 2001. 109f. Dissertação (Mestrado em Biotecnologia) - Instituto de Química, Universidade Estadual Paulista, Araraquara, 2001.

STEIL, L.; LUCAS JUNIOR, J.; OLIVEIRA, R. A . Avaliação do uso de inóculos na biodigestão anaeróbias de resíduos de aves de postura, frangos de corte e suínos. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, V. 22, n 1, p. 146- 149, 2002.

SOBESTIANSKY, J.; WENTZ, I.; SILVEIRA, P. R. S. Suinocultura intensiva – Produção, manejo e Saúde do Rebanho. In: **Considerações sobre a questão dos dejetos e o meio ambiente.** Embrapa – Brasília – 1998.

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA, UNESP, Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias. Departamento de Ciências Exatas. **Estação Agroclimatológica: valores**

**médios do período 1971 – 2000.**Disponível em:<[www.fcav.unesp.br](http://www.fcav.unesp.br)> Acessado em : maio de 2007

Xavier, C. A. N. **Aspectos gerais da biodigestão anaeróbia com ênfase no tratamento de resíduos da bovinocultura de leite.** Monografia (Trabalho de graduação em Zootecnia). Universidade Estadual do Mato Grosso do Sul, Aquidauana, MS, 2002.