

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA “JÚLIO DE MESQUITA FILHO”
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS E VETERINÁRIAS
CÂMPUS DE JABOTICABAL

**VIABILIDADE TÉCNICA E ECONÔMICA DA IMPLANTAÇÃO
DA BIODIGESTÃO ANAERÓBIA E APLICAÇÃO DE
BIOFERTILIZANTE NOS ATRIBUTOS DE SOLO E PLANTAS**

Adriane de Andrade Silva
Zootecnista

JABOTICABAL – SÃO PAULO - BRASIL
2009

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA “JÚLIO DE MESQUITA FILHO”
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS E VETERINÁRIAS
CÂMPUS DE JABOTICABAL

**VIABILIDADE TÉCNICA E ECONÔMICA DA IMPLANTAÇÃO
DA BIODIGESTÃO ANAERÓBIA E APLICAÇÃO DE
BIOFERTILIZANTE NOS ATRIBUTOS DE SOLO E PLANTAS**

Adriane de Andrade Silva

Orientador: Prof. Dr. Jorge de Lucas Junior

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

Jaboticabal – São Paulo – Brasil
Junho – 2009

S586 Silva, Adriane de Andrade
v Viabilidade técnica e econômica da implantação da biodigestão
 anaeróbia e aplicação de biofertilizante nos atributos de solo e
 plantas. / Adriane de Andrade Silva. -- Jaboticabal, 2009
 xiii, 168 f. : il. ; 28 cm

 Tese (doutorado) - Universidade Estadual Paulista, Faculdade de
 Ciências Agrárias e Veterinárias, 2009
 Orientador: Jorge de Lucas Junior
 Banca examinadora: Beno Wendling, João Antônio Galbiatti,
 Regina Maria Quintão Lana, Elias Nascentes Borges
 Bibliografia

 1. Reciclagem de nutrientes. 2. Biodigestão anaeróbia de dejetos
 de vacas e suínos. 3. Gases do efeito estufa. I. Título. II. Jaboticabal-
 Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias.

 CDU 631.862:633.15

Ficha catalográfica elaborada pela Seção Técnica de Aquisição e Tratamento da Informação –
Serviço Técnico de Biblioteca e Documentação - UNESP, Câmpus de Jaboticabal.
E-mail: adrianezootecnista@yahoo.com.br

DADOS CURICULARES DO AUTOR

Adriane de Andrade Silva – Nascida em 26 de julho de 1972, na cidade do Rio de Janeiro, filha de José Jodovaldo de Andrade Silva e Diva de Oliveira Silva, que sempre estimularam em seus filhos a busca pela educação e o amor pelo estudo. É graduada em Zootecnia pela Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro (UFRRJ) em 2000. Após a sua formação atuou na sua área de formação, em Uberlândia e região na área de consultoria agropecuária, coordenação de eventos técnicos e assistência técnica em diversas propriedades atuando na área de bovinocultura de corte, forragicultura, fertilidade de solo e plantas e no manejo de resíduos agropecuários. Concluiu em 2005, o curso de Mestrado em Ciências Veterinárias pela Universidade Federal de Uberlândia (UFU) na área de concentração da produção animal, onde desenvolveu sua dissertação intitulada “Potencialidade da recuperação de pastagem de *Brachiaria decumbens* fertilizada com camas de aviário e fontes minerais” sob orientação da Prof^a. Dr^a. Regina Maria Quintão Lana. Concluiu em 2009 o curso de Doutorado em Zootecnia na Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” – FCAV/UNESP, campus de Jaboticabal sob orientação do Prof. Dr. Jorge de Lucas Junior desenvolvendo a tese intitulada “Viabilidade técnica e econômica da implantação da biodigestão anaeróbia e aplicação de biofertilizante nos atributos de solo e de plantas forrageiras”. Atualmente é membro da Sociedade Brasileira dos especialistas em resíduos das produções agropecuárias e agroindustrial (Sbera) e possui artigos científicos em periódicos especializados e mais de 70 trabalhos em anais de eventos de pesquisa nacionais e internacionais. Participou de mais de 20 eventos científicos no Brasil, co-orientou seis trabalhos de conclusão de curso de graduação e participou de bancas de defesa de trabalho de conclusão de curso.

“SÓ A IMAGINAÇÃO É MAIS
IMPORTANTE QUE O
CONHECIMENTO”

“A MENTE QUE SE ABRE A UMA
NOVA IDÉIA JAMAIS VOLTARÁ AO
TAMANHO ORIGINAL”

Albert Einstein

Aos meus pais José Jodovaldo de Andrade Silva (*in memoriam*) e Diva de Oliveira Silva por terem incentivado e sempre acreditado na importância da valorização da educação. Pelos ensinamentos valiosos da importância na observação das belezas naturais, respeito a todos os seres vivos e da importância de curtir a vida, sem perder a responsabilidade profissional necessária.

Dedico

A minha irmã Alzira Maria de Andrade Silva e as queridas tia Terezinha de Oliveira e tia Dirce de Oliveira Tenório por nunca duvidarem que eu pudesse alcançar meus objetivos mesmo quando as superações necessárias muitas vezes pareciam intransponíveis. E é claro pelos momentos inesquecíveis de descontração e afeto dispensados.

Aos queridos tios e tias, primos e primas, amigos e amigas, ao meu cunhado Victor e sobrinho(a)... saibam que vocês são meu orgulho!

Ofereço

AGRADECIMENTOS

À Universidade Estadual Paulista “Julio de Mesquita Filho” FCAV/UNESP – Campus Jaboticabal e ao Programa de Pós Graduação em Zootecnia, pela oportunidade da realização do curso de doutorado.

Ao Prof. Dr. Jorge de Lucas Junior, pela orientação durante o desenvolvimento do projeto de pesquisa proposto, e exemplo de grande competência na condução e conhecimentos relacionados a gestão de biomassa e biodigestão anaeróbia e principalmente pela amizade construída e “grandes” ensinamentos acadêmicos e informais.

À CAPES pela concessão da bolsa de estudos.

Aos “irmãos” durante o Doutorado, Adélia, Airon, Camila, Cristiane, Ellen, Karol, Laura e Marina, meu agradecimento pela convivência nos projetos e pela ajuda fornecida e saibam que acredito no potencial e profissionalismo de cada um de vocês.

Ao amigo e Prof. Celso Jardim pela parceria no desenvolvimento e condução dos projetos de pesquisa e ajuda fundamental. Ao Prof. Paulo e aos alunos do Colégio Técnico Agrícola José Bonifácio (CTA/UNESP) e ao funcionário do CTA Júlio pelas inúmeras aplicações/viagens necessárias com a chorumeira e no preparo do solo.

A Sansuy S.A. pelo apoio na doação do projeto de biodigestão e do biodigestor e lagoa implantado para o desenvolvimento desta pesquisa no setor de suinocultura.

A Prof^a. DSc. Maria Cristina Thomaz pela concessão da área para implantação do biodigestor.

A Prof^a. DSc. Regina Maria Quintão Lana e a Universidade Federal de Uberlândia (UFU) pela parceria no Laboratório de Análises de Solos e folhas e na análise dos dados. Sobretudo agradeço pela amizade, confiança e parcerias realizadas durante quase dez anos. Uma grande parte dos meus conhecimentos na área de fertilidade dos solos, e nutrição de plantas foram construídos com seus ensinamentos e questionamentos.

Aos Professores da FCAV/UNESP pelos ensinamentos e convívio durante o período deste doutorado. Em especial aos membros titulares do exame de qualificação Prof. João Galbiatti, Prof. Wanderley de Mello, Prof. Jairo Cazetta e

Prof^a. Ana Cláudia Ruggieri, pelas considerações pertinentes realizadas. Meu muito obrigado e respeito pelo profissionalismo e atenção dispensados.

Aos amigos que participaram de minha banca de defesa de tese Prof. Elias Nascentes Borges, Prof. Beno Wendling, Prof. João Galbiatti, Prof. Jorge de Lucas Junior e Prof^a. Regina Maria Quintão Lana, sem suas correções e sugestões o resultado final não seria completo.

Aos amigos e moradores da República “Filhas de Jorge”, Vivian, Flávia, Liliane (Lili), Eliane (Lili) e Leandro, Lígia, Camila, Laura, Fabiana (Lilica) e muitos outros que passaram por lá. Aos Amigos de Jaboticabal principalmente, Anderson (Homem da Horta), Anarlete e Adriana, Sidnão e Kako, Cris e Família e muitos outros que fizeram com que esta temporada seja inesquecível.

Aos funcionários do departamento de Engenharia Rural da FCAV/UNESP, principalmente à Miriam, Luisinho, Fiapo, Maranhão, Tiãozinho, Ronaldo, Marcos, Cidão, Davi, Silvia e Clarice que sempre estiveram aptos e dispostos em auxiliar na árdua e prazerosa tarefa de trabalhar com pesquisa e no nosso caso muitas vezes “cheirosa”.

Aos profissionais do setor de manutenção da UNESP pela construção do biodigestor tubular, principalmente ao mestre de obras Assis pela responsabilidade em cada detalhe e a todos os membros de sua valorosa equipe. Meu agradecimento ao Daniel e demais encanadores, ao Jair, chefe da seção, pela disposição em execução da obra e entender da urgência que foi necessária em algumas etapas.

Aos funcionários da Fazenda de ensino e Pesquisa pela ajuda fornecida e equipamentos utilizados. Em especial ao Jair, Fernando e Marcelo.

Ao Laboratório de Biomassa e Biodigestão Anaeróbia que me ensinou que experimento pode ser “perdido”, mas que é preciso continuar. Como a Fênix da mitologia ele renasceu das cinzas em 2009.

Ao Gilson do laboratório de fitossanidade pela sempre gentil concessão de estufas, ao Prof. Arthur Bernardes e Prof^a. Leila Trevisan pela disponibilidade de utilização do aparelho de medição de área foliar e seção de estufas do setor de horticultura. Ao Gabi pelos ensinamentos e disponibilidade de equipamentos no estudo na área de análise de sementes. Aos demais laboratórios que auxiliaram nas necessidades básicas requeridas após o incêndio de nosso laboratório. Na concessão de água destilada, empréstimos de moinhos, muflas e demais equipamentos.

Aos demais amigos e funcionários da UNESP, familiares e amigos de Uberlândia, Rio de Janeiro, e outros lugares por onde passei...que muitas vezes não estavam presentes em todas as etapas deste doutorado mas que sempre serão lembrados. Aos amigos da cachaçaria...da cervejaria....das churrasquadas....da sorveteria.....da pizzaria.....das caminhadas..... e das baladas..... Muito Obrigado.

SUMÁRIO

	Página
RESUMO	1
ABSTRACT	2
ESTRUTURA DA TESE	3
CAPÍTULO 1 - CONSIDERAÇÕES INICIAIS	5
1.1 - INTRODUÇÃO	5
1.2 - SISTEMAS AGROPECUÁRIOS	7
1.3 – CARACTERIZAÇÕES DOS DEJETOS DE SUÍNOS E BOVINOS	9
1.4 – BIODIGESTÃO ANAERÓBIA E SUA APLICAÇÃO NO SISTEMA DE TRATAMENTO	11
1.5 – COMPOSTAGEM E SUA APLICAÇÃO NO SISTEMA DE TRATAMENTO	18
1.6 – DISPOSIÇÃO NO SOLO DE ADUBOS ORGÂNICOS	20
1.7 – VIABILIDADE ECONÔMICA ALIADA A PRODUÇÃO AGROPECUÁRIA	22
1.8 - OBJETIVOS	25
1.8.1 - Geral	25
1.8.2 - Específicos	25
1.9 - REFERENCIAS	26
CAPÍTULO 2 – PRODUTIVIDADE DO SORGO FORRAGEIRO E ATRIBUTOS DO SOLO COM APLICAÇÃO DE DIFERENTES DOSES DE BIOFERTILIZANTE BOVINO E NITROGENIO MINERAL	34
RESUMO	34
ABSTRACT	35
2.1 - INTRODUÇÃO	36
2.2 – MATERIAL E METODOS	39
2.2.1 - Coletas das partes aéreas das plantas: Produtividade de matéria verde e matéria seca	41
2.2.2 – Massa de 1000 grãos	42
2.2.3 – Coleta e análise de solos	42
2.3 - RESULTADOS E DISCUSSÃO	43
2.4 - CONCLUSÕES	55
2.5 - REFERENCIAS	56
CAPÍTULO 3 – PRODUTIVIDADE E ATRIBUTOS DO SOLO COM APLICAÇÃO DE DOSES DE BIOFERTILIZANTE E FONTE DE NITROGENIO MINERAL NO CULTIVO DE MILHO DURANTE DUAS SAFRAS CONSECUTIVAS	61
RESUMO	61
ABSTRACT	63
3.1 - INTRODUÇÃO	65
3.2 – MATERIAL E MÉTODOS	68
3.2.1 – Descrição do experimento	68
3.2.2- Atributos avaliados	71

3.3 – RESULTADOS E DISCUSSÃO	73
3.4 - CONCLUSÕES	84
3.5 - REFERENCIAS	85
CAPITULO 4 – PRODUTIVIDADE E ATRIBUTOS DE SOLO APÓS APLICAÇÃO DE DEJETOS COMPOSTADOS DE BOVINOS LEITEIROS NO CULTIVO DE MILHO	90
RESUMO	90
ABSTRACT	91
4.1 - INTRODUÇÃO	92
4.2 – MATERIAL E METODOS	95
4.3 – RESULTADOS E DISCUSSÃO	98
4.4 - CONCLUSÕES	103
4.5 REFERENCIAS	104
CAPITULO 5 – INSTALAÇÃO E OPERAÇÃO DE UM BIODIGESTOR TUBULAR DE MANTA DE PVC FLEXIVEL EM ESACALA PILOTO E AVALIAÇÃO DA OPERAÇÃO COM DEJETOS LIQUIDOS DE SUINOS E CO-DEGESTÃO COM DEJETOS DA BOVINOCULTURA LEITEIRA	107
RESUMO	107
ABSTRACT	108
5.1 - INTRODUÇÃO	109
5.2 – MATERIAL E METODOS	111
5.2.1 – Dimensionamento do plantel e do sistema de tratamento anaeróbio	111
5.2.2 – Sistema de Tratamento anaeróbio	112
5.2.2.1 – Escavação do biodigestor	112
5.2.2.2 – Definição do sistema de tratamento	115
5.2.2.3 – Operação do sistema de biodigestão anaeróbia	119
5.2.3 – Avaliação do sistema	122
5.2.4 – Determinação dos teores de sólidos totais	123
5.2.5 – Determinação dos teores de metano, dióxido de carbono, oxigênio e nitrogênio	123
5.2.6 – Determinação de macronutrientes e micronutrientes	124
5.2.7 – Determinação de potencial hidrogênionico (pH)	125
5.3 – RESULTADOS E DISCUSSÃO	126
5.4 – CONCLUSÃO	140
5.5 – REFERENCIAS	141
CAPITULO 6 – ESTUDOS DE GESTÃO E VIABILIDADE ECONOMICA COM A IMPLANTAÇÃO DE UM BIODIGESTOR TUBULAR DE MANTA DE PVC FLEXIVEL E APROVEITAMENTO DOS SUBPRODUTOS GERADOS	145
RESUMO	132
ABSTRACT	

6.1 - INTRODUÇÃO	133
6.2 – REVISÃO DE LITERATURA	134
6.3 – MATERIAL E METODOS	138
6.3.1 – Dimensionamento do plantel e do sistema de tratamento anaeróbio	138
6.3.2 – Sistema de Tratamento anaeróbio	139
6.3.2.1 – Estimativa de geração de dejetos	139
6.3.2.2 – Custo de instalação do biodigestor	140
6.3.3 - Capacidade de Produção de biogás	141
6.3.4 – Capacidade de geração de energia elétrica pelo biogás	141
6.3.5 – Cálculo de valor fertilizante dos substratos utilizados	142
6.4 – RESULTADOS E DISCUSSÃO	144
6.5 – REFERENCIAS	

LISTA DE ABREVIações

AC = área cultivada

AGV = ácido graxo volátil

AGV's = ácidos Graxos voláteis

atm= atmosfera

°C = graus Celsius

CH₄ = metano

CS = capacidade de suporte

CTC = Capacidade de troca de cátions

Cu = cobre

CV = coeficiente de variação

DAE = Dias após a emergência

dag = decagrama

dm³ = decímetro cúbico

DBO = demanda bioquímica de oxigênio

DMS = diferença mínima significativa

EJ = Exa Joule(10¹⁸)

FCAV = Faculdade de ciências agrárias e veterinárias

Gtep = Giga toneladas equivalentes de petróleo (10⁹)

ha = hectare

kg = quilo

kWh = quilowatt - hora

J = Joule

L = litro

m³ = metro cúbico

MDL = mecanismo de desenvolvimento limpo

mg = miligramas

mm = milímetros

MO = matéria orgânica

MS = matéria seca

MT = milhões de toneladas

MV = massa verde

PIB = produto interno bruto

pH = potencial hidrogeniônico

ppm = partes por milhão

PVC = poli cloreto de vinila

RAS = regras de análise de sementes

SB = soma de bases

t = tonelada

Tep = toneladas equivalentes de petróleo

Tg = milhão de tonelada

TRH = tempo de retenção hidráulica

UA = Unidade Animal

UASB = Upflow Anaerobic Sludge Blanket

UNESP = Universidade Estadual Paulista "Julio de Mesquita filho"

UV = Ultravioleta

V% = saturação por bases

LISTA DE TABELAS

	Pág
CAPITULO 2 - PRODUTIVIDADE DO SORGO FORRAGEIRO E ATRIBUTOS DO SOLO COM APLICAÇÃO DE DIFERENTES DOSES DE BIOFERTILIZANTE BOVINO E NITROGENIO MINNERAL	
TABELA 1 - Peso da massa verde da parte aérea de sorgo forrageiro, submetida a diferentes níveis de adubação com biofertilizante e fonte mineral em cinco épocas distintas de coleta	43
TABELA 2 - Matéria seca da parte aérea de sorgo forrageiro, submetida a diferentes níveis de adubação com biofertilizante e fonte mineral em cinco épocas distintas de coleta	44
TABELA 3 - Produção de massa verde (colmo + folhas + panícula + grãos) e massa seca (colmo + folhas + panícula + grãos) estimada do sorgo forrageiro submetida a diferentes níveis de adubação com biofertilizante e fonte mineral em duas épocas distintas de coleta	46
TABELA 4 - Massa de 1000 grãos de sorgo forrageiro aos 120 DAE e partição da parte aérea da planta de sorgo após aplicação de diferentes doses de biofertilizante e nitrogênio mineral	48
TABELA 5 - Valores de pH, matéria orgânica, fósforo, potássio, cálcio e magnésio do solo ao final do ciclo da cultura de sorgo após aplicação de diferentes doses de adubação com biofertilizante e nitrogênio mineral	50
TABELA 6 - Demonstrativo de valores de capacidade de suporte por hectare/mês, e área a ser cultivada necessária para manter 50 Unidades animais por 6 meses e o custo estimado do adubo mineral e biofertilizante aplicado	53
CAPITULO 3 - PRODUTIVIDADE E ATRIBUTOS DO SOLO COM APLICAÇÃO DE DOSES DE BIOFERTILIZANTE E FONTE DE NITROGENIO MINERAL NO CULTIVO DE MILHO DURANTE DUAS SAFRAS CONSECUTIVAS	
TABELA 1 - Características químicas do Latossolo Vermelho eutroférico, na profundidade de 0- 20 cm	68

TABELA 2 -	Descrição dos tratamentos aplicados e das quantidades médias de macronutrientes e micronutrientes aplicados SAFRA 2007/2008 e 2008/2009.	70
TABELA 3 -	Matéria seca das frações folha, colmo, espiga com palha e planta inteira de milho fertilizado com doses de biofertilizante bovino e nitrogênio mineral safra 2007/2008 e safra 2008/2009	74
TABELA 4 -	Macronutrientes e micronutrientes foliares do milho safra 2007/2008 fertilizado com doses de biofertilizante bovino e nitrogênio mineral	77
TABELA 5 -	Caracterização de atributos de solo após cultivo do ano agrícola safra 2007/2008	78
TABELA 6 -	Demonstrativo de valores de capacidade de suporte por hectare/mês, e área a ser cultivada necessária para manter 50 Unidades animais por 6 meses durante a safra 2007/2008 e 2008/2009 e o custo estimado por safra	82
CAPITULO 4 -	PRODUTIVIDADE E ATRIBUTOS DE SOLO APÓS APLICAÇÃO DE DEJETOS COMPOSTADOS DE BOVINOS LEITEIROS NO CULTIVO DE MILHO	
TABELA 1 -	Descrição dos teores de nitrogênio, fósforo e potássio aplicado nos tratamentos com doses de composto bovino, N-mineral e controle sem adubação	95
TABELA 2 -	Produtividade de matéria seca foliar, espiga e colmo, massa de 1000 grãos e rendimento de grãos (kg ha ¹).	98
TABELA 3 -	Demonstrativo de capacidade de suporte por hectare/mês e a área cultivada necessária para manter 50 unidades animais por 6 meses	100
TABELA 4 -	Atributos de solo após aplicação de diferentes doses de composto de dejetos de bovinos de leite e nitrogênio mineral em cobertura	101
CAPITULO 5 -	INSTALAÇÃO E OPERAÇÃO DE UM BIODIGESTOR TUBULAR DE MANTA DE PVC FLEXIVEL EM ESACALA PILOTO E AVALIAÇÃO DA OPERAÇÃO COM DEJETOS	

LIQUIDOS DE SUINOS E CO-DEGESTÃO COM DEJETOS DA BOVINOCULTURA LEITEIRA

TABELA 1 -	Características dos substratos utilizados no período de partida e período de adequação do biodigestor tubular implantado no setor de suinocultura da UNESP/Jaboticabal-SP.	122
TABELA 2 -	Teores percentuais de CO ₂ , N ₂ e CH ₄ Presentes no biogás do biodigestor tubular de manta de PVC flexível avaliado entre o dia 31/3/2008 e 29/09/2008	127
TABELA 3 -	Quantificação de alguns macronutrientes (N, P, K, Ca, Mg) e dos teores de sólidos totais (ST) dos afluentes e efluentes do biodigestor tubular de manta de PVC	130
TABELA 4 -	Quantificação de alguns micronutrientes (Cu, Zn, Mn, Fe), teor de sódio (Na) e pH dos afluentes e efluentes do biodigestor tubular de manta de PVC	132
TABELA 5 -	Demonstrativos de materiais e mão de obra utilizados e ou estimados para a construção de biodigestor tubular	135
TABELA 6 -	Relação entre produção de biogás, kcal e conversão para botijão de GLP	137
TABELA 7 -	Concentração média dos biofertilizantes	137
TABELA 8 -	Valores anuais atribuídos aos biofertilizantes, produção de GLP com a implantação do biodigestor	138
CAPITULO 6 -	ESTUDOS DE GESTÃO E VIABILIDADE ECONOMICA COM A IMPLANTAÇÃO DE UM BIODIGESTOR TUBULAR DE MANTA DE PVC FLEXIVEL E APROVEITAMENTO DOS SUBPRODUTOS GERADOS	
TABELA 1 -	Concentração média dos biofertilizantes utilizados nos experimentos	142
TABELA 2 -	Quantificação dos dejetos gerados nas unidades teóricas de produção de suínos e bovinos	144
TABELA 3 -	Estimativa de volume de dejetos produzidos e de dimensionamento de área útil de biodigestor anaeróbio em tres tempos de retenção hidraulica(TRH) em dois sistemas de produção	145

TABELA 4 -	Custo da escavação, lona e instalação dos biodigestores e das lagoas de armazenamento para os projetos das granjas A e B	146
TABELA 5 -	Descrição da produção de metano estimada da granja A	147
TABELA 6 -	Descrição da produção de metano estimada da granja B	148
TABELA 7 -	Transformações energéticas do biogás e metano gerado pelas granjas A e B	148
TABELA 8 -	Quantidades diária e mensal de N total, P ₂ O ₅ e K ₂ O gerados pelos biofertilizantes da Granja A e B	149

LISTA DE FIGURAS

	Pág.
CAPITULO 2 - PRODUTIVIDADE DO SORGO FORRAGEIRO E ATRIBUTOS DO SOLO COM APLICAÇÃO DE DIFERENTES DOSES DE BIOFERTILIZANTE BOVINO E NITROGENIO MINNERAL	
FIGURA 1 - Aplicação do biofertilizante bovino em cobertura na linha de cultivo	40
CAPITULO 3 - PRODUTIVIDADE E ATRIBUTOS DO SOLO COM APLICAÇÃO DE DOSES DE BIOFERTILIZANTE E FONTE DE NITROGENIO MINERAL NO CULTIVO DE MILHO DURANTE DUAS SAFRAS CONSECUTIVAS	
FIGURA 1 - Biodigestor modelo indiano instalado no departamento de engenharia rural FCAV-UNESP, campus de Jaboticabal	69
CAPITULO 5 - INSTALAÇÃO E OPERAÇÃO DE UM BIODIGESTOR TUBULAR DE MANTA DE PVC FLEXIVEL EM ESACALA PILOTO E AVALIAÇÃO DA OPERAÇÃO COM DEJETOS LIQUIDOS DE SUINOS E CO-DEGESTÃO COM DEJETOS DA BOVINOCULTURA LEITEIRA	
FIGURA 1- Planta lateral para escavação do biodigestor de propriedade intelectual de SANSUY S.A.	114
FIGURA 2 - Vista da secção A-A da planta para escavação do biodigestor tubular de propriedade intelectual de SANSUY S.A.	114
FIGURA 3 - Secção B-B da planta para escavação do biodigestor tubular de propriedade intelectual de SANSUY S.A	115
FIGURA 4 - Detalhe da ancoragem da planta para escavação do biodigestor tubular de propriedade intelectual de SANSUY S.A	115
FIGURA 5 - Layout da disposição do sistema de tratamento de resíduos instalado na suinocultura da FCAV/UNESP.	116
FIGURA 6 - Escavação concluída e dimensionamento do biodigestor segundo planta na etapa anterior a colocação da lona	117
FIGURA 7 - Instalação da lona de PVC flexível com as duas partes reator do biodigestor e gasômetro	

	vulcanizadas transformando-se em uma peça única	117
FIGURA 8 -	Biodigestor operando, a parte inflável corresponde ao gasômetro aonde acumula-se o biogás gerado no processo	118
FIGURA 9 -	Instalação da lagoa de armazenamento de biofertilizante	118
FIGURA 10 -	Lagoa de armazenamento com biofertilizante	118

VIABILIDADE TÉCNICA E ECONÔMICA DA IMPLANTAÇÃO DA BIODIGESTÃO ANERÓBIA E APLICAÇÃO DE BIOFERTILIZANTE NOS ATRIBUTOS DE SOLO E PLANTAS

RESUMO: A necessidade de ampliação de atitudes que levam o meio rural a buscar a sustentabilidade e a implantação do uso da biodigestão anaeróbia tem sido incentivada por se tratar de um mecanismo de desenvolvimento limpo que alia a importância do tratamento dos resíduos agropecuários (dejetos), geração de energia (biogás) e biofertilizante. Desenvolveu-se um estudo em que se focou a hipótese que a implantação de sistema de tratamento de dejetos, com o uso de biodigestor anaeróbio e o aproveitamento dos seus produtos, o biofertilizante, poderia substituir a adubação mineral nitrogenada de cobertura no cultivo de forrageiras e que essa prática poderia reduzir o custo de adubação e promover ganhos adicionais com a geração de energia elétrica e ganhos ambientais, com a redução de emissão de metano e produção do biogás. Utilizou-se como ferramenta para embasar a hipótese três cultivos de forrageira, um de sorgo e dois de milho. Observou-se que a aplicação de biofertilizante e composto bovino não promoveram aumentos significativos na produtividade das culturas. Paralelamente desenvolveu-se a implantação de um biodigestor de manta de PVC flexível que serviu de parâmetros para a simulação da viabilidade econômica de um sistema de criação de bovino para 100 vacas leiteiras e um sistema de criação de suínos de ciclo completo para 500 matrizes. Conclui-se que projetos que contemplam o princípio da interdisciplinaridade podem auxiliar de maneira mais efetiva na tomada de decisão de implantação de soluções ambientalmente corretas que podem ser também economicamente viáveis.

PALAVRAS CHAVE: co-digestão de dejetos, dejetos de bovinos, dejetos líquidos de suínos, reciclagem de nutrientes, sustentabilidade.

VIABILITY TECHNICAL AND ECONOMIC OF IMPLEMENTATION THE ANEROBIC DIGEST AND BIOFERTILIZER APPLICATION IN ATTRIBUTES OF SOIL AND PLANT

ABSTRACT: Because of the need for expansion of attitudes that lead to rural areas to seek sustainability. The introduction of the use of anaerobic digestion has been encouraged by the case of a clean development mechanism that combines the importance of processing of agricultural waste (manure), generation of energy (biogas) and biofertilizer. Has developed a study that focused on the hypothesis that the deployment system for the treatment of waste using anaerobic biodigest and use products, the biofertilizer, could replace mineral nitrogen fertilization in coverage the cultivation of fodder and that this practice could reduce the cost of fertilizer and promote additional gains in the generation of electric energy and environmental gains, such as reducing the emission of methane. It was used as a tool for the hypothesis based three of forage crops, one the sorghum and two maize. It was observed that the application of biofertilizer and compost cattle did not promote significant increases in productivity of crops. Developed in parallel to implement a blanket biodigest of flexible PVC that served as parameters for the simulation of the economic viability of a system for creating and veal to 100 dairy cows and a pig breeding cycle of full matrix for 500. It is concluded that projects that include the principle of interdisciplinarity can assist more effectively in decision making for the deployment of environmentally correct solutions that can be economically viable.

KEYWORDS: co-digest manure, dairy cow manure, swine slurry, recycling of nutrients, sustainability.

ESTRUTURA DA TESE

O desenvolvimento da pesquisa foi embasado no princípio básico do aproveitamento de biofertilizantes em culturas de interesse zootécnico. A intenção foi observar se o biofertilizante é capaz de melhorar a fertilidade do solo e promover uma produtividade satisfatória das culturas. Assim, foram desenvolvidos diferentes experimentos com o cultivo de milho e sorgo visando observar alterações nos atributos de solo e planta.

Os dados foram coletados em experimentos independentes com o aproveitamento de biofertilizantes, oriundos de diferentes sistemas de tratamento, disponíveis na UNESP - câmpus de Jaboticabal.

Paralelamente, e um dos objetivos principais desta pesquisa, instalou-se o sistema de tratamento de resíduos agropecuários no setor de Suinocultura da UNESP – Jaboticabal; o qual consta de um biodigestor anaeróbio tubular de manta de PVC flexível, dimensionado para atender o setor em escala real, e a lagoa de estabilização/armazenamento de biofertilizante.

No capítulo 1 foi apresentado o tema, a problemática, a justificativa do estudo e os objetivos.

No capítulo 2 a pesquisa trata dos aspectos da aplicação de diferentes doses de biofertilizante bovino e nitrogênio mineral em cobertura no cultivo de sorgo forrageiro (*Sorghum Bicolor (L.) Moench*), com a avaliação de características de produtividade de matéria seca, em cinco estágios fisiológicos, separação das diferentes frações da matéria seca (folha, colmo, panícula e material senescente), massa de 1000 grãos e atributos de solo.

No capítulo 3, aproveita-se da mesma temática utilizada no capítulo 2, sendo que se avalia a produtividade de matéria seca da parte aérea (dividida nas diferentes frações), e produtividade de grãos do cultivar de milho (*Zea mays sp.*) durante a safra 2007/2008, primeiro ano de cultivo, e na safra 2008/2009, correspondendo ao segundo ano de cultivo com aplicação de biofertilizante bovino. Ainda, neste capítulo, avaliou-se

os atributos de solo, e teores foliares de macro e micronutrientes no estágio de ensilagem do material.

No capítulo 4 realizou-se a exposição dos dados do experimento de milho com doses de composto orgânico de bovino. Este composto é o produto de outra forma de aproveitamento dos dejetos, a compostagem, e também representa uma alternativa viável. Esse capítulo teve como finalidade a avaliação desta forma de aplicação de resíduo.

No capítulo 5 estão descritos os procedimentos relacionados à implantação do sistema de tratamento de resíduos agropecuários, abordando as etapas de dimensionamento, construção e operação do sistema de biodigestão anaeróbia implantado no setor de suinocultura da FCAV/UNESP. Realizou-se o monitoramento da qualidade do biogás produzido por dejetos líquidos de suínos e com a co-digestão dos dejetos líquidos de suínos e dejetos de vacas leiteiras. Realizou-se também a viabilidade econômica da implantação do sistema através do cálculo de “pay-back”.

No capítulo 6 realizou-se uma estimativa baseada nos custos de instalação e dados de produção de biogás com o aproveitamento dos dejetos e um estudo da viabilidade econômica da implantação do biodigestor e aproveitamento dos seus produtos em dois sistemas de produção fictícios. Uma granja de ciclo completo de suínos de 500 matrizes e uma granja de vacas leiteiras com plantel de 100 vacas. Utilizando-se de dados obtidos na literatura e nos capítulos anteriores.

O estabelecimento da estrutura da tese e das referências bibliográficas seguiram as orientações constantes no volume 4 das Normas para Publicações da UNESP (UNESP, 1994) e ABNT (2000), respectivamente.

CAPÍTULO 1 – CONSIDERAÇÕES INICIAIS

1.1 – INTRODUÇÃO

Os órgãos governamentais têm formulado uma lista de ações necessárias para que o pensamento ecológico deixe de ser empírico para tornar-se uma atitude concreta. Inspirado neste pensamento, a construção das soluções ambientais tem como seu principal argumento a formação de uma sociedade sustentável e socialmente justa.

Ambientalmente, são muitas as frentes de trabalho que devem ser implementadas, visando principalmente a conservação de biomas, reduções no desmatamento de vegetações nativas, reflorestamento de mata ciliar e criação de unidades de conservação, controle e redução de emissões de gases promotores do efeito estufa, redução na geração e implementação de tratamento dos resíduos, entre os quais deve-se dar destaque para a necessidade do aumento no tratamento de esgotos domiciliares, industriais e agropecuários.

O princípio holístico da harmonia ambiental, reciclagem de nutrientes e regeneração de áreas contaminadas ou degradadas, faz com que os ecossistemas agropecuários necessitem de adoções de tecnologias que juntem os conhecimentos das engenharias (civil, ambiental e agrônoma), às ótimas práticas zootécnicas, adubação orgânica e o conhecimento das inter-relações solo-água-atmosfera, para formular um sistema de tratamento das águas servidas e dejetos produzidos pelas atividades intensivas de produção animal.

Foca-se, nesta revisão, para a importância do tratamento dos resíduos agropecuários, geração de metano e utilização de biofertilizante, que foram os objetivos centrais dos experimentos dos capítulos constantes nessa tese. Entre as soluções

tradicionais no tratamento de águas residuárias e de dejetos, encontram-se as lagoas de estabilização ou despejo direto “in natura” no solo e em corpos d’água, que não produziram, na prática, o controle da poluição do ambiente. O insucesso da utilização destes métodos deve-se ao volume dos resíduos gerados que tem aumentado em função das características atuais de criação dos animais serem realizadas em grandes confinamentos e em pequenas áreas.

Dentre as alternativas o uso de biodigestores é considerado uma forma viável de tratamento que une o processo natural da biodigestão anaeróbia com os modelos de engenharia necessários para otimização do processo. Neste contexto, a sua utilização vem atender ao desenvolvimento do sistema que une a meta da proteção ambiental com a geração de economia financeira. A sua aplicação em escala real poderá ser o ponto fundamental para a definição de múltiplas etapas que possibilitem a aplicação de efluentes tratados, reciclando os nutrientes e resultando em aumentos de produção sem impactos negativos ao sistema solo-planta-ambiente.

O objetivo da implantação deste sistema de tratamento é prevenir a contaminação ambiental, tratando a fonte pontual de poluição das instalações pecuárias, da descarga de águas residuárias, promovendo a estabilização e o desenvolvimento do benefício da reciclagem de nutrientes dentro do sistema.

Dentre os benefícios esperados com a implementação do sistema de tratamento com biodigestor anaeróbio pretende-se uma economia financeira (com o aproveitamento do biogás e do biofertilizante gerado), uma melhoria ambiental (com a redução do despejo de dejetos “in natura” no sistema municipal de tratamento de esgoto) e ganhos sociais (com o bem estar gerado pela redução de emissões de gases do efeito estufa e redução de odores para a atmosfera).

No Brasil, não era uma preocupação comum o manejo dos dejetos, porém, recentemente, observa-se um aumento do número de produtores preocupados com a questão. A preocupação ocorre não somente impulsionada pela política do “poluidor pagador” em que são aplicadas multas severas para que sejam adotadas atitudes corretas de manejo, mas também pela política do “protetor recebedor”, que atualmente

tem recebido incentivos fiscais, maior visibilidade do mercado mundial, facilidade de obtenção de crédito rural, entre outros benefícios.

1.2 – SISTEMAS AGROPECUÁRIOS

A agropecuária tem importante participação no PIB (Produto Interno Bruto) do país. Segundo o IBGE (2008), em 2005, o PIB foi de R\$ 2,148 trilhões, e a agropecuária tem uma participação de aproximadamente 6,0% e mantém-se com a tendência de consolidação para os próximos anos. Porém ressalte-se que ocorreu uma projeção de aumento sob a ótica da oferta de 4,9% na participação da agropecuária para o ano de 2008, resultados compatíveis com o crescimento da produção de grãos e de continuidade do dinamismo da pecuária segundo o Banco Central do Brasil (BCB, 2008).

Com a implantação da participação dos mecanismos ambientais como “commodities” internacional, o setor agropecuário poderá ter um papel muito maior na economia nacional. Uma vez que as “commodities” ambientais são mercadorias originárias de recursos naturais produzidos e extraídos em condições sustentáveis dividindo-se em sete matrizes (água, energia, biodiversidade, madeira, minério, reciclagem e controle de emissão de poluentes). Estas matrizes são insumos vitais para garantir a sobrevivência da indústria e da agricultura, e porque não dizer, da soberania nacional (PORTUGAL NETO, 2008).

Dentre as matrizes listadas como potenciais “commodities” ambientais, a agropecuária está ligada a todas, cabendo aos profissionais envolvidos o melhor manejo para obtenção de divisas não só ligadas ao produto tradicional como também aos produtos ambientais.

O Brasil, atualmente, é o quarto maior produtor mundial de carne suína, com uma produção de 2.363.000 de cabeças de suínos em 2007. Este setor foi responsável com a venda de carne suína por negócios na ordem de US\$ 876,7 milhões somente no primeiro semestre de 2008, com crescimento esperado de 37,54% a mais do que o

mesmo período de 2007. O consumo mundial de carne suína corresponde a aproximadamente 105 milhões de toneladas, em equivalente carcaça, sendo o Brasil o responsável pela produção de aproximadamente 2.900 mil toneladas (ABIPECS, 2008).

A bovinocultura também representa uma das maiores cadeias produtivas, ocupando no ranking mundial o posto de segundo maior produtor de carne bovina e o primeiro exportador, com uma produção estimada de 9,2 milhões de toneladas de carne, e de 26 bilhões de litros de leite (IBGE, 2008).

Mesmo com o grande potencial da criação de suínos e bovinos no país, o que se observa é que existem alterações mercadológicas que afetam individualmente os sistemas criatórios. Em propriedades que desenvolvem uma diversificação de criação os riscos são reduzidos, pois dificilmente ambas as atividades se encontram em momento desfavorável no mercado. Outro fator que tem contribuído para essa diversificação de atividades nas propriedades é a necessidade de reserva de áreas para despejo dos resíduos gerados nos grandes confinamentos de animais, o que tem beneficiado à manutenção de áreas com culturas de alta extração de nutrientes (milho, sorgo, soja), e áreas com produção de forrageiras. Todos esses fatores têm sido indicados para formar um sistema de cooperação, em que, os grandes projetos agropecuários, geradores de resíduos, contribuem para a geração de energia, e a reciclagem de nutrientes. Os dejetos, que também podem ser definidos como biomassas, têm garantido uma sustentabilidade ambiental do sistema.

A biomassa é definida como toda matéria orgânica de origem animal e vegetal, formada pelo processo de fotossíntese, que ocorre na presença da luz. Ao contrário da energia dos combustíveis fósseis, a biomassa é renovável e pouco contribui para o acúmulo de dióxido de carbono na atmosfera terrestre, ou melhor, a maior parte do CO₂ liberado durante o uso da biomassa, é absorvida novamente no processo de fotossíntese para formação da mesma (SOUZA et al., 2004).

O potencial mundial de utilização de biomassa em 1990 foi de 225 EJ, no entanto o seu uso real foi de 46 EJ. Estima-se que o potencial de biomassa vai crescer para 370 a 450 EJ até o ano de 2050 (8,8 Gtep e 10,8 Gtep) (FISCHER & SCHRATTENHOLZER, 2001) e o potencial energético mundial somente com a

produção de esterco foi estimado em 20 EJ (DAGNALL, 2000). Segundo SANCHEZ (1976) e GREENLAND et al. (1992) o potencial de produção de biomassa vegetal é muito diferenciado entre as regiões temperadas, tropical e subtropical, em que a produção tropical chega a $60 \text{ t ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$, em comparação a $30 \text{ t ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$ em regiões temperadas e frias.

Atualmente a biomassa é uma das fontes disponíveis mais estudadas na co-geração de energia. Pode-se citar o exemplo do aproveitamento de resíduos da cana-de-açúcar, onde temos usinas auto-sustentáveis e com venda do excedente de produção de energia para o sistema elétrico. Além das atividades produtivas rurais as quais geram resíduos agrícolas, florestais e pecuários. Os resíduos da pecuária são constituídos por estercos e outros produtos resultantes da atividade biológica do gado bovino, suíno, avicultura e demais espécies produzidas em escala, cuja relevância é dependente do local de geração e muitas vezes justificam seu aproveitamento energético, além da necessidade primária de tratamento para redução do potencial patogênico e ambiental destes dejetos.

1.3 – CARACTERIZAÇÕES DOS DEJETOS DE SUÍNOS E BOVINOS

Os dejetos da criação de animais, para produção de carne, até a década de 70 não constituíam maiores problemas para os criadores e a sociedade, pois a concentração de animais nas propriedades era pequena. O confinamento e a intensificação da produção trouxeram como conseqüência o aumento do volume de dejetos produzidos, por unidade de área, que ainda continuam a ser lançados em cursos d'água, estocados e/ou descartados a céu aberto, sem tratamento prévio, transformando em fonte poluidora, constituindo fator de risco para a saúde humana e animal (MATOS et al.,1998).

Em termos comparativos, o potencial poluente dos dejetos de suínos, é muito superior a de outras espécies de rejeitos orgânicos. A demanda bioquímica de oxigênio (DBO) nas dejeções de suínos varia de 30000 a 52000 mg/L contra cerca de 200 mg/L do esgoto doméstico, ou seja, é cerca de 260 vezes maior (MATOS et al., 1998).

Caracteriza-se como dejetos líquidos de suínos, todo resíduo proveniente dos sistemas de confinamento, sendo composto por fezes, urina, resíduo de ração, excesso de água dos bebedouros e de higienização, dentre outros, decorrentes do processo criatório (KONZEN, 1980). A composição dos dejetos de animais está associada ao sistema de manejo adotado, podendo apresentar grandes variações na concentração de seus componentes, dependendo da diluição e da modalidade como são manuseados e armazenados. A urina influi significativamente na quantidade de líquidos, que por sua vez, depende diretamente da ingestão de água. Em geral cada litro de água ingerido por um suíno resulta em 0,6 litros de dejetos líquidos (OLIVEIRA, 1993).

Os dejetos de uma vaca produtora de leite, com média de 24 meses e produzindo 15 kg de leite, produz aproximadamente 45 kg de dejetos por dia, e uma vaca de corte produz aproximadamente 28 kg de dejetos por dia, e em média ambos produzem no mínimo 13 L de urina dia. Para manutenção da limpeza diária do estábulo utilizam-se aproximadamente 50 L de água por animal (FUENTES YAGUE, 1992).

Van HORN et al., (1994) realizaram estimativas da produção de dejetos por vacas Holstein com 635 kg de peso corporal, e descreveram que, dependendo da fase de lactação e do período seco, pode-se observar uma variação de 88,4 a 36,3 kg por dia. Estimando uma ejeção anual de 22.805 kg de dejetos totais (13.982 kg de fezes e 8.822 kg de urina), tem-se uma idéia do impacto que cada animal representa na propriedade para se manejar os dejetos.

MORSE et al., (1992) estimaram que vacas leiteiras excretam por dia no composto (fezes +urina) 54 g de P, 168 g de K, 119 g de Ca, 55 g de sódio, 46 g de Mg.

A composição dos dejetos de suínos é variável de acordo com o manejo. Valores médios demonstrados por KONZEN & ALVARENGA (2007), de algumas composições dos dejetos de suínos, sem separação de sólidos apresenta pH entre 7,2 a 7,8; 1,3 a 2,5 % MS; 1,6 a 2,5 kg m⁻³ de N; 1,2 a 2,0 kg m⁻³ de P₂O₅; 1,0 a 1,4 kg m⁻³ de K₂O. Com a separação de sólidos apresentam pH entre 7,0 a 7,5; 0,1 a 0,3 % MS; 0,7 a 0,9 kg m⁻³ de N; 0,3 a 0,5 kg m⁻³ de P₂O₅; 0,6 a 0,8 kg m⁻³ de K₂O; ou seja, quando se realiza a separação da fração sólida o potencial poluente do dejetos é bastante alterado.

A mesma variação ocorre para dejetos de bovinos, conforme demonstram as caracterizações médias listadas por KONZEN & ALVARENGA (2007), o estrume sólido de bovino apresenta pH entre 7,0 a 7,5; 45 a 70 % MS; 15 a 25 kg m⁻³ de N; 8 a 12 kg m⁻³ de P₂O₅; 8 a 15 kg m⁻³ de K₂O; Já as fezes misturadas com a urina apresentam pH entre 6,8 a 7,5; 12 a 15 % MS; 4,5 a 6,0 kg m⁻³ de N; 2,1 a 2,6 kg m⁻³ de P₂O₅; 2,8 a 4,5 kg m⁻³ de K₂O; e o chorume (estrume + urina + água de lavagem) apresentam pH entre 7,0 a 7,5; 10 a 15 % MS; 1,5 a 2,5 kg m⁻³ de N; 0,6 a 1,5 kg m⁻³ de P₂O₅; 1,50 a 3,0 kg m⁻³ de K₂O.

A grande variabilidade dos dejetos não ocorre somente em função do manejo adotado na produção, mas na forma de coleta, fontes de diluições, e ainda ocorrem variações em função do sistema de tratamento e/ou armazenamento utilizado.

Os efluentes pecuários contêm normalmente uma vasta gama de microrganismos, que estão presentes no trato digestivo dos animais, podendo, muitos deles, serem patogênicos. As principais categorias de microrganismos de origem fecal e com potencial patogênico são: as bactérias (*Salmonella spp.*, *Escherichia coli*, *Campylobacter spp.*, *Aeromonas hydrophila*, *Yersinia enterocolitica*, *Vibrio spp.*, *Leptospira spp.*, *Listeria spp.*), os protozoários (*Cryptosporidium parvum*, *Giardia lamblia*, *Balantidium coli*) e os vírus (vírus da hepatite E, reovírus, rotavírus, adenovírus, calicivírus, vírus da influenza) (SOBSEY et al., 2001).

1.4 - BIODIGESTÃO ANAERÓBIA E SUA APLICAÇÃO NO SISTEMA DE TRATAMENTO

Os processos mais utilizados para aproveitamento sustentável dos dejetos são a compostagem e a biodigestão anaeróbia. O entendimento tanto do processo de produção de substratos como sua aplicação determinarão a sustentabilidade do sistema de tratamento e disposição. A avaliação de atributos do solo que determinam o desempenho e a produção das culturas, bem como, o impacto da absorção de nutrientes e seu acúmulo no sistema e no meio ambiente variam no espaço e no tempo, sendo necessário o monitoramento. O conhecimento dos laudos de solo, foliares e

caracterização dos substratos orgânicos (compostos e biofertilizantes) são ferramentas indispensáveis que têm sido adotadas por diferentes grupos de produtores, fabricantes de equipamentos, fornecedores de insumos, companhias de sementes e genética, consultores agropecuários, cientistas/pesquisadores, ou seja, os principais profissionais envolvidos na atividade agropecuária e que diretamente encontram-se preocupados com a melhoria da produção com retorno econômico ótimo.

O processo da biodigestão anaeróbica envolve reações bioquímicas realizadas em basicamente três estágios (hidrólise, fermentação acidogênica e metanogênica), por diversos tipos de bactérias, na ausência de oxigênio. O grupo de bactérias fundamental nesse processo é o grupo de bactérias metanogênicas, que atuam na última etapa, formando o metano (CH₄) (LUCAS JUNIOR, 1994).

Na hidrólise ocorre a transformação dos materiais orgânicos complexos (Ex: polímeros de carboidratos, proteínas, lipídeos), em materiais dissolvidos mais simples (EX: açúcares, aminoácidos, peptídeos) (CHERNICHARRO, 1997). Segundo LETTINGA et al, (1996) na anaerobiose a hidrólise ocorre de forma lenta, pois é afetada por diversos fatores alterando as taxas em que o material é hidrolisado.

Na Acidogênese os produtos oriundos da hidrólise são metabolizados e convertidos em principalmente ácidos graxos voláteis (AGV's), ou seja, compostos mais simples. Entre os compostos produzidos além dos AGV's há a produção de álcoois, ácido láctico, gás carbônico, hidrogênio, amônia e sulfeto de hidrogênio. Na acetogênese os produtos da acidogênese são oxidados formando o substrato para as bactérias metanogênicas (hidrogênio, dióxido de carbono e acetato), sendo na fase metanogênica pela especificidade com que os microorganismos utilizam-se do substrato as arqueias formam dois grupos principais conhecidas como acetoclásticas (formam metano à partir do acetato) e hidrogenotróficas (produtoras de metano através do hidrogênio e dióxido de carbono) (CHERNICHARRO, 1997).

Para ocorrer a biodigestão anaeróbia é necessário que os requisitos ambientais sejam garantidos, sendo o sucesso do processo dependente de um balanço delicado dos nutrientes requeridos pela população microbiana, que caso não sejam fornecidos

pode-se utilizar algumas estratégias como menores cargas ao sistema ou permissão de menor eficiência ao sistema.

O tratamento de esgoto sanitário doméstico e dejetos de sistemas agropecuários, normalmente não apresentam limitações para a biodigestão, pois são formados de macro e micronutrientes, porém alguns rejeitos industriais podem ter restrição de alguns elementos que devem ser fornecidos ao sistema para garantir a sua eficiência. Segundo LETTINGA et al., (1996), em ordem decrescente de importância é necessário o fornecimento de nitrogênio, enxofre, fósforo, ferro, cobalto, níquel, molibdênio, riboflavina e vitamina B₁₂.

A temperatura também é um fator de grande influência ao processo. A temperatura ótima, ou seja, aonde o crescimento é máximo, é de 30 a 35 °C na faixa mesofílica e de 50 a 55 °C na faixa termofílica, apesar da formação de metano ocorrer em uma faixa bastante ampla de 0 a 97 °C (CHERNICHARRO, 1997).

Os sistemas de tratamento anaeróbios são mais apropriados como uma primeira etapa no tratamento de efluentes com elevadas concentrações de matéria orgânica, como por exemplo é o caso específico dos efluentes de confinamentos de vacas leiteiras. A remoção de DBO é satisfatória, ocorre sem gasto de energia elétrica e com a utilização de reduzidas áreas de implantação (VON SPERLING, 1998). O tratamento anaeróbio exclusivamente, segundo VON SPERLING, (1996), não tem como objetivo a purificação da água e sim a destruição e estabilização da matéria orgânica para um tratamento secundário posterior.

O uso de biodigestores, pela sua capacidade de reduzir a emissão de metano para a atmosfera, é incentivado como um dos mecanismos de desenvolvimento limpo (MDL), estabelecido pelo Protocolo de Kyoto, assinado em dezembro de 1997, no Japão, por diversos países membros da Organização das Nações Unidas. O documento estabeleceu diretrizes para criação de projetos do seqüestro de carbono, e de redução de emissões como um mecanismo para redução do nível de gases envolvidos no efeito estufa na atmosfera.

Os biodigestores anaeróbios são capazes de produzir e armazenar os gases produzidos de diferentes substratos, sendo o dejetos de suínos um substrato que permite

altas conversões em metano, quantidade normalmente superior à produção obtida a partir de substrato de bovinos. As bactérias são as responsáveis pela degradação da matéria orgânica e produção do biogás. Como produtos da biodigestão anaeróbia têm-se o biogás, fonte de energia, e o biofertilizante, fonte de nutrientes e elementos que atuam como condicionadores do solo para ser utilizado na recuperação física, química e biológica do solo.

A biodigestão ocorre em reatores, tanques protegidos do contato com o ar atmosférico, onde a matéria orgânica contida nos efluentes é metabolizada por bactérias anaeróbias.

Estima-se que os biodigestores começaram a ser utilizados no Brasil à partir da década de 70, estimulado pela crise do petróleo, onde os modelos disponíveis eram os chineses e indianos.

O processo de biodigestão anaeróbia tem demonstrado também resultados interessantes na redução do impacto ambiental de dejetos humanos e animais, não somente pela diminuição dos sólidos presentes, mas também pela redução de microrganismos indesejáveis nos efluentes, principalmente os microrganismos patogênicos (SCHOCKEN-ITURRINO et al., 1995).

Estão sendo testados no país diversos modelos de biodigestores com a finalidade de produção de biogás e principalmente reduzir a carga poluente dos dejetos de suínos. O modelo tubular, confeccionado de lona de PVC, apresentam crescimento na sua implantação no país. Apresenta alta capacidade de retenção de resíduos, menor custo de implantação e eficiência no aproveitamento de biogás e redução da carga poluente.

Uma questão principal quando se decide operar um sistema com a implantação de biodigestores é a sua correta classificação, pois eles são de maneira geral tanques de fermentação que podem ser operados de diversas maneiras, serem construídos de diferentes materiais, dispor ou não de diferentes sistemas de aquecimento, agitação, recirculação entre outros dispositivos. Ou seja, segundo BENINCASA et al. (1986), os biodigestores podem ser estruturas mais simples ou mais complexas de acordo com a função, a experiência e elaboração de projetos adaptados para cada situação.

Outro conceito importante poderia ser a definição do sistema de biodigestão, pois são diversas as concepções encontradas na literatura. Aqui definiremos um sistema de biodigestão como o formado por no mínimo uma caixa de entrada (afluente) de material (caixa de pré-fermentação), o biodigestor (caixa de fermentação ou reator) e um tanque de armazenamento de efluente.

No que se refere à forma de operação dos biodigestores existem dois tipos básicos: A operação em batelada, em que a carga do substrato a ser fermentado é adicionada de uma única vez. E a operação contínua, em que com uma periodicidade, que pode ser variável de alguns segundos à uma vez por semana, é realizado a carga do substrato a ser fermentado. Na operação dos biodigestores também observamos variações como a estratégia de recirculação de uma parte do material, tempo de armazenamentos variáveis na caixa de entrada, entre outras estratégias.

Os primeiros tipos de biodigestores implantados no Brasil foram os modelos “clássicos” conhecidos como indianos, que são caracterizados pelo gasômetro, que pode ser mergulhado sobre a biomassa em fermentação ou em um selo d’água externo, e uma parede central dividindo o tanque de fermentação em duas câmaras, com estrutura enterrada no solo e construída normalmente de argamassa. E o chinês, que é formado por uma câmara cilíndrica de alvenaria e com teto abaulado, destinado ao armazenamento de biogás (BENINCASA et al, 1986). Porém atualmente, nenhum desses modelos de biodigestores tem sido implantado rotineiramente, seja no meio rural ou no urbano. Os tipos mais comuns atualmente são os biodigestores tubulares de manta de PVC flexível e o UASB (Upflow Anaerobic Sludge Blanket).

O biodigestor tubular é considerado um reator anaeróbio de fluxo contínuo e mistura completa, em que o ideal é que todos os elementos que adentram o reator são instantaneamente e totalmente dispersos. Assim, o conteúdo no reator é homogêneo ou, ainda, a concentração de qualquer substância é a mesma em qualquer ponto do reator (VON SPERLING, 1996).

BENINCASA et al, (1986) descreveu o digestor tubular pela estrutura localizada abaixo do nível do solo, formando um tanque, projetado para o TRH mínimo de 30 dias, com as paredes laterais e o fundo podendo ser mantidos em argila, mas com as

paredes das extremidades de concreto reforçado, possuindo aberturas para entrada e saída de material, e a cobertura de PVC isolante (não rígido), fixada em volta das paredes do digestor com concreto. Porém, atualmente conforme estamos expondo, essa descrição detalhada de estrutura pode ser bastante alterada sem que o biodigestor deixe de ser considerado um sistema tubular, pois alterações são realizadas de acordo com o projeto para o qual se desenvolve a planta do biodigestor.

A transformação do resíduo orgânico utilizado no biodigestor dá origem a 3 subprodutos, o biogás, o lodo (parte sólida que decanta no fundo dos biodigestores) e o efluente líquido (corresponde a um líquido cuja carga orgânica foi reduzida, podendo ser disposto no meio ambiente com baixa possibilidade de contaminação ambiental).

O biogás, que é uma mistura gasosa (combustível), resultante da fermentação anaeróbica da matéria orgânica, em que os gases mais abundantes são o metano (CH_4) com participação entre 60 a 70%, o dióxido de carbono (CO_2) com participação de 30%, e a participação de outros gases em menores proporções como o óxido nitroso (N_2O), oxigênio (O_2); e gás sulfídrico (H_2S). Pensando numa simplificação geral do processo para geração do biogás poderíamos dizer que a reação química de transformação simplificada é $\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6 \rightarrow 3\text{CO}_2 + 3\text{CH}_4$, ou seja, através deste processo biológico de degradação com presença de microorganismos, ocorre a transformação de uma molécula orgânica (Ex: glicose) gerando dióxido de carbono e metano, os dois gases mais abundantes no biogás.

Nos sistemas agroindustriais existem diversas formas de aproveitamento do biogás, como exemplo, tem-se a utilização como fonte primária de energia em aquecedores de galpões e conjunto motor-gerador de eletricidade (MAGALHÃES et al., 2004). Sua utilização depende entre outros fatores do poder calorífico do biogás que se correlaciona com a porcentagem de metano nele existente. O metano puro, em condições normais (pressão a 1,0 atm e temperatura de 0 °C), possui um poder calorífico de 9,9 kWh/m³, ao passo que o biogás com concentração de metano variando entre 50% e 80% tem um poder calorífico inferior de 4,95 a 7,9 kWh/m³ (CETESB, 2006).

PECORA (2006) diz que a conversão energética do biogás é o processo de transformação da energia química das moléculas do biogás, por meio de uma combustão controlada, em energia mecânica, que por sua vez será convertida em energia elétrica.

Com a realidade do desenvolvimento tecnológico de pequenas unidades de geração elétrica, baseadas em fontes renováveis alternativas de energia com redução nos custos, a liberação do mercado de eletricidade, facilidade de financiamento, possibilidade de instalação junto aos mercados consumidores e menor tempo de implantação são fatores que favorecem a expansão da geração distribuída, abrindo mercado para estas fontes. No Brasil, o Programa de Incentivo às Fontes Alternativas de Energia (Proinfa), criado com base na Lei nº 10.438/02 (MME, 2005), tem como objetivo o aumento da participação da energia elétrica gerada por produtores independentes autônomos a partir de diversas fontes, entre elas a biomassa.

O biofertilizante, também é um subproduto do processo com valor agregado pelo seu poder fertilizante, o efluente do biodigestor apresenta potencial de utilização como adubo orgânico e pode ser utilizado como água residuária para irrigação.

Ao passar pelo biodigestor, segundo KUNZ et al. (2005) o efluente perde carbono na forma de metano e CO₂ (diminuição na relação C/N da matéria orgânica), o que melhora as condições do material para fins agrícolas em função do aumento da mineralização de alguns nutrientes. Este mesmo pensamento foi defendido por OLIVEIRA (1993) que coloca que o biofertilizante ou efluente da digestão anaeróbia (biodigestores) possuem alta concentração de matéria orgânica solúvel ou insolúvel, portanto, este efluente de biodigestor requer tratamento antes de ser descartado em rios. Mas em solos desde que em condições controladas seu efeito é benéfico.

Segundo MEDEIROS & LOPES (2006), os biofertilizantes possuem compostos bioativos, resultantes da biodigestão de compostos orgânicos de origem animal e vegetal. Em seu conteúdo são encontradas células vivas ou latentes de microrganismos de metabolismo aeróbico, anaeróbico e fermentação (bactérias, leveduras, algas e fungos filamentosos) e também metabólitos e quelatos organominerais em solutos aquoso.

PERDOMO et al. (2003) relata que em geral as amostras com baixo teor de matéria seca têm uma baixa concentração de nutrientes e segundo esses autores, esse fato diminui seu valor fertilizante. Observaram também estes autores que cerca de 38 % das amostras de esterco tinham menos de 0,5 % de nutrientes e, segundo eles o que é mais preocupante, 27 % do total das amostras apresentavam menos de 0,3 de nutrientes e um teor de matéria seca inferior a 1 %.

Quando respeitado o TRH (tempo de retenção hidráulica) ideal, o biofertilizante encontra-se estabilizado e pronto para ser disposto no solo sem riscos ambientais. Porém deve-se dar uma atenção para as quantidades dispostas para que a percolação não cause um dano.

1.5 – COMPOSTAGEM E SUA APLICAÇÃO NO SISTEMA DE TRATAMENTO

A compostagem é uma técnica idealizada a fim de acelerar a estabilização aeróbia e a humificação da porção fermentável dos resíduos vegetais ou animais através da ação de microrganismos específicos obtendo-se como produto final o composto orgânico (KIEHL, 2002), que pode ser aplicado no solo com várias vantagens sobre os fertilizantes químicos de síntese, exercendo influências tanto nas propriedades físicas quanto nas propriedades químicas do solo.

A compostagem do material orgânico ocorre por ação dos microorganismos em condições favoráveis de temperatura, umidade, aeração, pH, qualidade da matéria prima disponível (teor de MO, relação carbono:nitrogênio, potencial de oxiredução). A eficiência do processo baseia-se na perfeita interação desses fatores e o produto gerado, um adubo orgânico de alto valor comercial e agrícola (CAMPOS, 2001).

Durante a compostagem ocorrem duas fases: termofílica (45 a 65 °C), na qual será máxima a atividade microbiológica de degradação e higienização, e a fase de maturação ou cura, quando ocorrem a humificação e a produção do composto propriamente dito (PEREIRA NETO & STENTIFORD, 1992).

A compostagem é uma prática simples de operação e que não depende de muita tecnologia, mas é eficiente na estabilização do material orgânico, redução de odores e menor proliferação de moscas nas propriedades oriundas do acúmulo de dejetos. GOMEZ (1998) ressaltou alguns benefícios do processo de compostagem como a reciclagem dos elementos com interesse agrônômico, redução do volume inicial de resíduos, degradação de substâncias tóxicas e/ou patógenos e conversão dos nutrientes até formas que sejam mais disponíveis às plantas. Segundo CAMPOS, (2001), outra vantagem é o custo para produção de uma tonelada de composto, em que se utilizando o valor referente ao custo de uma diária de um trabalhador rural, quando o manejo é realizado com mão-de-obra humana, ou com o uso de trator, o valor de 0,34 diárias.

A compostagem, em geral, é realizada através do enleiramento do material, realizando a confecção das pilhas. Esta tem como principal objetivo o aquecimento da massa, permitindo que o calor resultante da degradação da matéria orgânica não se dissipe, favorecendo o desenvolvimento da microflora termofílica e a eliminação de patógenos, sementes de plantas daninhas e possíveis substâncias fitotóxicas. Quando se processa a compostagem em montes, com massas que são bons isolantes térmicos, o calor desenvolvido se acumula e a temperatura alcança valores elevados, podendo chegar até 80 °C (AMORIM et al., 2004).

KIEHL (1985) sugeriu que o material a ser compostado seja disposto em pilhas ou leiras de seção transversal triangular e altura de 1,5 a 1,8 m. Segundo o autor essa altura não deverá ser excedida sob risco de compactar a leira resultando um meio anaeróbico no seu interior e parte inferior, condição indesejável ao processo de compostagem.

Entre os procedimentos necessários deve-se realizar o revolvimento com frequência da massa, e a manutenção da umidade ideal. O composto normalmente está estabilizado quando não se consegue distinguir na massa o material de origem, não apresenta elevação de temperatura (principalmente na zona central), isto ocorrendo aproximadamente entre 40 e 200 dias após o início da compostagem.

PEIXOTO (1988) mencionou que a redução de volume das leiras de compostagem pode variar em torno de 50 a 70% e que cada metro cúbico de composto produzido pode pesar mais de 1000 kg.

1.6 – DISPOSIÇÕES NO SOLO DE ADUBOS ORGÂNICOS

O emprego de adubos orgânicos é uma das muitas práticas preconizadas pela agricultura. A adubação orgânica compreende o uso de resíduos orgânicos de origem animal, vegetal, agro-industrial e outros com a finalidade de aumentar a produtividade das culturas (CFSEMG, 1999). Os principais adubos orgânicos disponíveis são dejetos de suínos, as camas de aviários, esterco de animais em geral, adubação verde (principalmente com o uso de crotalária, guandu, mucuna-preta, Lab Lab, que são leguminosas que podem ser fornecidas ao gado além de melhorar a fertilidade do solo).

A degradação de áreas agricultáveis é uma das responsáveis pela abertura de novas áreas, destruindo a vegetação natural, como o cerrado, áreas de florestas e mata ciliar, além do agravante da perda de remuneração da atividade. O uso de técnicas que permitam menor dependência de insumos externos e uma diversificação de atividades na propriedade rural faz com que aumentem as possibilidades de sucesso da atividade.

Os dejetos de suínos podem ser considerados como adubo orgânico de excelente qualidade por conter altas quantidades de macronutrientes e micronutrientes, necessitando, no entanto conhecer potencialidades e limitações na sua interação com o solo e a água (MALONE, 1992).

A disposição do esterco no solo deve deixar de ser realizada de maneira geral, sem qualquer preocupação com o equilíbrio ecológico do sistema e suas conseqüências, e sim buscando uma correta aplicação.

Com a utilização de dejetos de suínos WARREN & FONTENO (1993), observaram transformações físico-químicas nos solos agricultáveis, demonstrando que a capacidade de troca de cátions (CTC) e a disponibilidade de N, P, K, Ca, Mg aumentaram linearmente com o aumento da dose de dejetos aplicados ao solo, além de ocorrerem melhorias relacionadas à agregação e sua resistência, estrutura, as quais

apresentam influencia direta na porosidade total e disponibilidade de água no solo. Os mesmos resultados foram observados por HENRY & WHITE (1993), LONGSDON (1993) e SMITH (1993). Os pesquisadores observaram que além da melhoria das propriedades físicas e químicas do solo, as forragens cultivadas em solos onde foram adicionados dejetos de suínos ou outros resíduos orgânicos, obtiveram maiores teores de proteína, P, K, Cu e Na, quando comparadas às aplicações com adubação mineral.

OLIVEIRA (1993) detectou valor de nitrato dez vezes superiores ao normal nas águas subterrâneas de uma área adubada com dejetos de suíno na quantidade de 60 m³ ha⁻¹. Afirma ainda que além da poluição das águas subterrâneas com nutrientes, outros riscos potenciais são a salinização do solo, poluição do solo e das plantas com metais pesados e a contaminação dos homens e animais com agentes patogênicos provenientes dos dejetos. DAZZO et al. (1973) afirmam que a contaminação por vírus, parasitas, bactérias e fungos no solo, plantas e água também deve ser observada.

Alguns problemas foram relatados pela utilização de dejetos de animais na adubação de solos, principalmente quanto à presença de microorganismos patogênicos e a contaminação de águas subterrâneas pelo excesso de nutrientes nos dejetos. Observou-se, também, o risco de contaminação do lençol freático, comprometendo a qualidade de águas destinadas aos animais e ao consumo humano (EDWARDS et al, 1996 e BLAKE, 1996).

Com a aplicação de resíduos é necessária a implantação do manejo regionalizado do solo e das culturas, uma vez que a sua aplicação pode promover alterações benéficas ou não ao sistema solo-planta. O sistema agropecuário envolve conceitos diversos, que dependem de informações complexas que são variáveis em função de local (tipo de solo, declividade de terreno, histórico da área, entre outros), animais (exploração de uma ou mais atividade, interação entre as atividades, tipo de gerenciamento e controle biosseguridade), cultivos (perenes, anuais, tamanho de área de cultivo, tecnologia implantada, entre outros) e condições climáticas de uma área. Estudos envolvendo diferentes parâmetros correlacionados com a implantação do sistema visam o aumento da produtividade, otimização no uso de recursos e redução do impacto da agropecuária ao meio ambiente.

A aplicação de resíduos orgânicos no solo poderá apresentar grande variabilidade de resposta do solo, em consequência de complexas interações dos fatores e processos das práticas de manejo da fertilidade e das culturas, e dos sistemas de cultivo (com ou sem cobertura de palha), são causas adicionais de variabilidade. Segundo CORÁ (1997) o manejo pode alterar atributos químicos, físicos, mineralógicos e biológicos com impacto principalmente nas camadas superficiais do solo.

Segundo BURTON (1997), em vários países do mundo ocorrem danos ambientais pela estocagem e o uso inadequado de dejetos diversos que devem servir de alerta para que seja evitado este problema em outros países. Na Alemanha, principalmente na baixa saxônia, a poluição ambiental por dejetos motivou a implantação de medidas restritivas muito rígidas quanto à aplicação de dejetos de animais, na tentativa de preservação e recuperação do solo e das águas de superfícies e subsuperfícies. Segundo o Ministério do Meio Ambiente da Alemanha, a pouca atenção destinada à produção descontrolada de dejetos de animais no passado fará com que a produção intensiva de animais tenha que ser diminuída (FEDERAL ENVIRONMENTAL AGENCY, 1998, HAHNE et al., 1996). Segundo VLASSAK, (1994) a Bélgica, a região de Flandres está em situação igualmente crítica. Nestes países, mesmo após rígida legislação implantada para disciplinar a produção de dejetos e seu uso, a recuperação d'água e dos solos poluídos deve ser um processo lento, de alto custo e apenas paliativo conforme afirma a FEDERAL ENVIRONMENTAL AGENCY, (1998).

1.7 – VIABILIDADE ECONÔMICA ALIADA A PRODUÇÃO AGROPECUÁRIA

A atividade agropecuária desenvolvida até recentemente no Brasil, muitas vezes apresentava uma falsa dissociação de fatores econômicos, os produtores rurais tinham dificuldade de utilizar de estratégias de gerenciamento das propriedades como empresas rurais.

A própria exploração da terra, por si só já está atrelada a uma atividade econômica, uma vez que a terra é considerada um bem de capital durável. A

administração da propriedade, atualmente, tem maior peso no controle da análise dos fatores terra, trabalho humano e capital. A mensuração contábil de cada um destes itens permite, diante das condições disponíveis, a escolha do melhor tipo de exploração agrícola economicamente mais rentável (BORCHARDT, 2004).

As margens de lucro, no setor primário (agropecuário), são cada vez menores, a profissionalização e a busca de novos padrões de qualidade por parte do produtor rural é uma necessidade que não deve estar só relacionada a preocupação com os processos produtivos, mas também com as ações gerenciais e administrativas de sua propriedade.

Projetos executados sem as devidas análises econômicas podem constituir-se num caminho curto para o fracasso (CASACA & TOMAZELLI JÚNIOR, 2001).

Muitas alterações têm sido impostas ao produtor rural, em função da necessidade de adoção de novas tecnologias. Entre as alterações observa-se o novo código civil brasileiro (2003), que no art. 970 trata do direito de empresa e determina que o empresário rural tenha tratamento favorecido, diferenciado e simplificado no exercício de sua atividade quanto à inscrição e aos efeitos daí decorrentes. Segundo Marion (2007), o empresário que tiver a atividade rural como sua principal atividade poderá gerir esta atividade como uma empresa com registro público de empresas mercantis, como os demais empresários, ou sem inscrição em junta comercial, mas com inscrição na secretaria de fazenda para obter talão de notas fiscais de produtor rural, ou ainda como uma sociedade empresária (como sociedade limitada, ou anônima).

Ainda hoje, há muita dificuldade em se trabalhar com a “pessoa física produtor rural”, pois muitas vezes alguns itens como moradia, consumo de alimentos e lazer, locomoção (carro, caminhonete) são utilizados pela família do produtor e não deveriam ser lançados em uma planilha de bens do negócio agropecuário. A apuração dos rendimentos na agropecuária via imposto de renda pessoa física é dependente da receita bruta do negócio, que dependente da característica da propriedade pode ser Segundo Marion (2007), simplificada (escrituração rudimentar, nos moldes de um livro caixa) ou contábil (escrituração regular em livros contábeis e fiscais) sendo que quanto

maior for a receita bruta observa-se que mais completa será a escrituração chegando a uma forma contábil de empresa rural e não mais como pessoa física.

Na agropecuária, a definição da escrituração rural não era uma prática rotineira das propriedades, somente à partir da necessidade de maior controle das atividades que estes cuidados começaram a ser implantados. Sabe-se que, na agropecuária, tem-se as despesas diretamente relacionadas à receita (ao produto final) e as despesas não diretamente relacionadas ao produto. Como exemplo pode-se citar o caso específico da implantação de um biodigestor para o tratamento dos dejetos de uma atividade, a sua implantação não está diretamente ligada ao custo da carne produzida (da aquisição dos animais, alimentação, criação do animal), mas o tratamento dos dejetos é uma etapa necessária na propriedade, pois a empresa pode ser multada pela disposição errônea dos dejetos, ou ter seu produto menos valorizado pela não preocupação ambiental, entre outras influências na gestão da propriedade.

O conhecimento dos itens relaciona-se com o grau de associação necessário para a geração do custo, com apropriação correta dos gastos. Na atividade rural ainda tem-se que trabalhar com o valor histórico do produto, estoque regulador, sabe-se que a valorização do produto por questões geográficas, ambientais, precocidade, raça, sistema de criação, não estão totalmente consolidadas no mercado.

O conceito de alguns parâmetros relacionados a viabilidade econômica são muito importantes. Segundo BORCHARDT, 2004, o custo direto é o custo claramente identificável e mensurável, empregado exclusivamente na produção de uma determinada exploração. Já o custo indireto é o custo arbitrariamente imputado à exploração, por ser empregado em mais de uma exploração.

O valor da produção agropecuária (VP) do Estado de São Paulo em 2007 totalizou R\$31,8 bilhões, o que corresponde a uma queda de 3,5% em relação ao ano anterior, em moeda corrente e deflacionando-se pelo Índice de Preços ao Consumidor Amplo (IPCA), do IBGE (cuja variação média de janeiro a dezembro de 2007 foi de 3,6%, em relação ao mesmo período de 2006), o valor da produção de 2007 corresponde a uma queda real de 6,8% (TSUNECHIRO et al. 2008).

A formulação de uma planilha de custos é uma dessas ferramentas que junto com uma correta avaliação do comportamento dos preços de mercado e do potencial de comercialização, permite gerenciar de forma otimizada o empreendimento.

1.8 – OBJETIVOS

1.8.1 – GERAL

Contribuir com estudo da implantação de biodigestores anaeróbios e o aproveitamento dos subprodutos gerados no processo (biofertilizante e biogás) na viabilidade técnica, econômica, ambiental e produtiva do cultivo de forrageiras.

1.8.2 – ESPECÍFICOS

- Implantar um sistema de tratamento de resíduos agropecuários (biodigestor anaeróbio tubular confeccionado em PVC flexível) em escala real;
- Avaliar e monitorar o sistema de tratamento de resíduos agropecuários, composto por um biodigestor anaeróbio contínuo de manta de PVC flexível e uma lagoa de armazenamento;
- Caracterizar os substratos utilizados e os subprodutos gerados do processo de biodigestão anaeróbia (Biogás e Biofertilizante);
 - Avaliar os atributos de solo com aplicação de biofertilizantes e comprovar sua importância na fertilidade de solo, nutrição de plantas e sustentabilidade ambiental.
- Avaliar a potencialidade de utilização de diferentes biofertilizantes e compostos da reciclagem de dejetos agropecuários no sistema solo-planta;
- Avaliar a produtividade e alterações no solo e na planta com a aplicação de biofertilizantes no milho e sorgo.
- Apresentar uma análise da viabilidade econômica da implantação de um biodigestor anaeróbio e seus impactos na redução de fertilizantes minerais e energia.

1.9 – REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DA INDÚSTRIA PRODUTORA E EXPORTADORA DE CARNE SUÍNA (ABIEPCS) Estatística de 2007 e 2008 Disponível em: <<http://www.abiepcs.org.br>>. Acesso em: 31 Ago. 2008.

AMORIM, A. C., LUCAS JUNIOR, J., RESENDE, K. T. Efeito da estação do ano sobre a biodigestão anaeróbia de dejetos de caprinos. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 24, n. 1, p. 16-24. 2004.

BANCO CENTRAL DO BRASIL (BCB) **Revisão da projeção para o PIB de 2008** Disponível em: <<http://www.bcb.gov.br/htms/relinf/port/2008/03/ri200803b3p.pdf>>. Acesso em: 31 Ago. 2008.

BENINCASA, M.; ORTOLANI, A.F.; LUCAS JUNIOR, J. Biodigestores convencionais ? **Boletim 8, Faculdade de ciências agrárias e veterinárias/UNESP**, 2ª edição, p. 25 1986.

BLAKE, J. P. Dejetos da indústria avícola o que deve ser feito para preservar o meio ambiente? In: CONFERÊNCIA APINCO DE CIÊNCIA E TECNOLOGIAS AVÍCOLAS, 1996, Curitiba-PR, **Anais...** p.92-98.

BURTON, C.H. **Manure management**: treatment and strategies for sustainable agriculture. West Park: Silsoe research Institute, 1997, p.181.

CAMPOS, A. T. **Tratamento e manejo de dejetos de bovinos**. EMBRAPA Coronel Pacheco, MG, 2001, p.2 (Instrução técnica para o produtor de leite Nº 52).

CASACA, J. de M.; TOMAZELLI JÚNIOR, O. **Planilhas para cálculos de custo de produção de peixes**. Florianópolis : Epagri, 2001. 38p. (EPAGRI. Documentos,

206).acesso em 11/11/2008. Disponível em:
<<http://www.emater.pr.gov.br/Piscicul/evolução.html>>.e-[revista.unioeste.br/
index.php/gepec/article/download/287/207](http://revista.unioeste.br/index.php/gepec/article/download/287/207);www.emater.pr.gov.br/Piscicul/evolução.html

CETESB. Biogás geração e uso energético – Efluentes e Meio Rural (2006) São Paulo disponível em: <<http://www.cetesb.sp.gov.br/biogas/default.asp>> Acesso em Junho de 2007.

CHERNICHARO C. A. L. **Reatores anaeróbios**. Belo Horizonte: Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental – UFMG,1997, 246 p. (Princípios do tratamento biológico de águas residuárias, 5).

COMISSÃO DE FERTILIDADE DO SOLO DO ESTADO DE MINAS GERAIS (CFSEMG) **Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas gerais – 5ª aproximação**. Belo Horizonte: EPAMIG , 1999, 180p.

CORÁ, J.E. **The potential for site-specific management of soil and yield variability induced the tillage east lansing**. 1997. p.104, Tese (Doutorado) Michigan State University, Michigan, 1997.

DAGNALL, S. Resource mapping and analisys of farm Livestock Manures – assessing the opportunities for biomass to energy schemes. **Bioresource. Technology.**, Oxford, v. 71 , no. 3, p. 225-234, 2000.

DAZZO, F.; SMITH, P.; HUBBELL, D. The Influence of Manure Slurry Irrigation on the Survival of Fecal Organisms in Scranton Fine Sand. **Journal of Environmental Quality**, Madison, 2:470-473, 1973.

EDWARDS, D. R.; DANIEL, T.C.; MOORE, JR, P.A. Quality or runoff from pasture field's treats with organic and inorganic fertilizers. In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON AGRICULTURAL ENGINEERING, 2, 1996, Madrid, **Annais...**, p. 533-4.

FEDERAL ENVIRONMENTAL AGENCY (Berlin-Germany) – **Sustainable development in Germany**: Progress and prospects, 1998. Berlin: Erich Schmidt, p.344, 1998.

FISCHER,G.; SCHRATTENHOLZER, L. Global Bioenergy Potentials through 2050. **Biomass and Bioenergy**, Oxford, v.20, no.3, p.151-159, 2001.

FUENTES YAGUE, J. L. **Construcciones para la Agricultura y la Ganaderia**. 6.th ed., Madrid:Ediciones Mundi-Prensa, 1992, p.414.

GREENLAND, D.J., WILD, A.; ADAMS, D. Organic matter dynamics in soil of the tropics – from myth to complex reality. In: LAL, R. & SANCHEZ, P>A> eds. Myths and science of soil of the tropics. Madison, SSSA/ASA, 1992. p. 17-33.

GOMEZ, A. The evaluation of compost quality. **Trends in Analytical Chemistry**, Aldershot, v.17, n.16, p.310-14, 1998

HAHNE, J.; BECK,J.; OESCHSNER,H. – Management of livestock manure in Germany a brief overview , **Ingenieiries**, Cachan, p.11-22, 1996, Special Issue.

HENRY, S. T.; WHITE, R.K. – Compositing broiler litter from two management systems, **Transactions of the ASAE**, St. Joseph, v.36, n.3, p.873-7, 1993.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE) Composição do PIB Disponível em:
<http://www.ibge.com.br/home/estatistica/economia/contasnacionais/referencia2000/2005/tabsinotica04.pdf> >Acesso em: 31 ago 2008.

KIEHL, E. J. **Fertilizantes orgânicos**. São Paulo: Agronômica Ceres, 1985. 492p.

KIEHL, E. J. **Manual de compostagem maturação e qualidade do composto**. São Paulo: Agronômica Ceres, 2002. 171p.

KONZEN, E. A. **Avaliação quantitativa e qualitativa dos dejetos de suínos em crescimento e terminação, manejados em forma líquida**. 1980, 56f. Dissertação (Mestrado) -Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 1980.

KONZEN, E. A.; ALVARENGA, R. C. Cultura do milho, fertilidade do solo e adubação orgânica. In: SEMINÁRIO TÉCNICO DA CULTURA DE MILHO. Videira, 5., 2007. Disponível em: <<http://www.cnpms.embrapa.br/publicacoes/milho/ferorganica.htm>>. Acesso em 31 Ago. 2008.

KUNZ, A. et al. Eficiência de um biodigestor na estabilização de dejetos de suínos durante os meses de inverno no oeste de Santa Catarina. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AMBIENTAL, 23, 2005, Campo Grande –MS. **Anais...**, 2005.

LETTINGA, G.; HULSHOF POL, L. W. ZEEMAN, G. Biological wastewater treatment Part 1: Anaerobic wastewater treatment. Lecture notes. **Wageningen Agricultural University**, ed. January, 1996.

LONGSDON, G. – Manure/litter recycling – **Turnaround in poultry industry** – Biocyde, p. 60-70, 1993.

LUCAS JUNIOR, J. **Algumas considerações sobre o uso do estrume de suínos como substrato para três sistemas de biodigestores anaeróbios**. 1994. 113 f. Tese (Livre docência) – Faculdade de Ciências agrárias e veterinárias, Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, 1994.

MALONE, G.W. Nutrient enrichment in integrated broiler production systems, **Poultry Science**, Savoy, v. 17, p.1117-22, 1992.

MAGALHÃES, E.A.; SOUZA, S.N.M.; AFONSO, A.D.L.; RICIERI, R.P. Confecção e avaliação de um sistema de remoção do CO₂ contido no biogás, **Acta Scientiarum. Technology**, Maringá, v. 26, no. 1, p. 11-19, 2004

MATOS, A.T.; VIDIGAL, S.M.; ET AL – Compostagem de alguns resíduos orgânicos utilizando-se águas residuárias da suinocultura como fonte de nitrogênio **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.2 n.2 p.199-203, 19

MME – MINISTERIO DAS MINAS E ENERGIA. PROINFA: **Programa de Incentivo às Fontes Alternativas de Energia**. [S.1:s.n], 2005. Disponível em:<http://www.mme.gov.br/programs_display.do?prg=5>. Acesso em: 17 fev.2005. 98.

MORSE, D.; HEAD, H.H.; WILCOX, C.J.; VAN HORN, H.H., HISSEM, C.D.; HARRIS, B. Effects of concentration of dietary phosphorus on amount and route of excretion. **Journal Dairy Science**, Savoy, v.75, p.3039, 1992.

OLIVEIRA, P. A. V. de (Coord)- **Manual de manejo e utilização de dejetos de suínos**. Concórdia, SC: EMBRAPA Suínos e Aves, 1993, 188p. (Documento, 27).

PECORA, V., **Implantação de uma unidade demonstrativa de geração de energia elétrica a partir do biogás de tratamento do esgoto residencial da USP – Estudo de Caso**. 2006 (Dissertação de Mestrado). Programa Interunidades de Pós-Graduação em Energia (PIPGE) do Instituto de Eletrotécnica e Energia (IEE) da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2006.

PEIXOTO, E. T. G. **Compostagem**: opção para o manejo orgânico do solo. Londrina: IAPAR, 1988. 48p. (Circular, 57).

PERDOMO, C. C. et al. Sistema de tratamento de dejetos de suínos: inventário tecnológico. Concórdia: EMBRAPA Suínos e Aves, 2003. 83p. (EMBRAPA Suínos e Aves. Documentos, 85)

PEREIRA NETO, J.T.; STENTIFORD, E.I. Aspectos epidemiológicos da compostagem. **Revista de Biologia**, Uberlândia, v.1, n.1, p.1-6, 1992.

PORTUGAL NETO, R. *Commodities ambientais, um novo paradigma do pensamento ecológico*. Disponível em: <http://www.carpedien.tur.br/commoditesambientais2.pdf>
Acesso em: Ago. 2008.

SANCHEZ, P.A. Proprieties and management of soil in the tropics. New York, Wiley, 1976, 618p.

SCHOCKEN-ITURRINO R. P, BENINCASA, M., LUCAS JR, J., FELIS, S. D. Biodigestores contínuos: Isolamento de bactérias patogênicas no efluente. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v.15, p. 105-108, 1995.

SMITH, S. C. Mineral levels of broiler house litter and forages and soils fertilized with litter. **Animal Science Research Report**: p.933, 152-9 (CD –CAB Abstracts), 1993.

SOBSEY, M. D.; KHATIB, L.; HILL, V.; ALOCIJA, E. AND PILLAI, S. (2001). Pathogens in animal wastes and the impacts of waste management practices on their survival, transport and fate. **A National Center for Manure and Animal Waste Management White Paper Sumary**. Ames, IA: MidWest Plan Service, 2001.

SOUZA, S.N.M.; PEREIRA, W.C.; NOGUEIRA, C.E.C.; PAVAN, A.A.; SORDI, A. Custo da eletricidade gerada em conjunto motor gerador utilizando biogás da suinocultura, **Acta Scientiarum**. Technology Maringá, v. 26, no. 2, p. 127-133, 2004.

TSUNECHIRO, A.; COELHO, P. J.; CASER, D. V.; AMARAL, A. M. P.; BUENO FERREIRA, C. R.; GHOBRI, C. N.; PINATTI, E. Valor da produção agropecuária do Estado de São Paulo em 2007, *Informações Econômicas*, SP, v.38, n.4, abr. 2008.

VAN HORN, H.H.; WILKIE, A.C.; POWERS, W.J.; NORDSTEDT, R.A. Components of dairy Manure Management Systems. **Journal Dairy Science**, Savoy, v.77, p.2008-2030, 1994.

VLASSAK, K. **Animal manure: environmental problems, current recommendations and regulations in Flanders (Belgium)** In: HAL, J.E. ed. Animal waste management. Rome FAO p.13-23, (REUR: Technical series, 34), 1994.

VON SPERLING, M. "**Princípios do tratamento biológico de águas residuárias**". **Princípios do Tratamento Biológico de águas Residuárias**, Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental/UFMG, Belo Horizonte/MG, 2a ed., vol. 2, 1996. 243 p.

VON SPERLING, M. **Tratamento e destinação de efluentes líquidos da agroindústria**. Brasília: ABEAS; Viçosa: UFV, Departamento de Engenharia Agrícola, 1998. 88 p.

WARREN, S.L.; FONTENO, W.C. – Changes in physical and properties of a loamy sand soil when amended with composted poultry litter – **Journal of Environment Horticulture**, Washington, v. 1, n. 4, p. 186-90, 1993.

CAPÍTULO 2 – PRODUTIVIDADE DO SORGO FORRAGEIRO E ATRIBUTOS DO SOLO COM APLICAÇÃO DE DIFERENTES DOSES DE BIOFERTILIZANTE BOVINO E NITROGÊNIO

RESUMO: O sorgo é uma das forrageiras indicadas para a produção de silagem e pastoreio por bovinos. Objetivou-se avaliar o efeito da aplicação em cobertura de doses de biofertilizante bovino e aplicação de N-mineral na produtividade do sorgo e em alguns atributos do solo. O experimento foi instalado na Fazenda de Ensino e Pesquisa da UNESP/JABOTICABAL. O delineamento experimental foi o de blocos casualizados com 5 tratamentos e quatro repetições. Os tratamentos aplicados foram o equivalente a 100 kg ha⁻¹ de N; 10, 20, 30 e 40 m³ ha⁻¹ de biofertilizante bovino; Observou-se que a matéria seca dos 5 cortes da parte aérea do sorgo não diferiu entre si (P<0,05). Quando avaliou-se a melhor data para coleta estimou-se que a produção da massa verde foi equivalente aos 65 e aos 120 DAE. Porém, quando comparou-se a produção de matéria seca, aos 120 DAE foi superior e diferiu da produção aos 65 DAE. O uso de biofertilizante promoveu incrementos (P<0,05) no pH, MO, P, K,Ca e Mg no solo. O uso do biofertilizante foi mais econômico do que o uso de 100 kg de N-mineral até a dose de 50 m³ ha⁻¹ ano.

PALAVRAS CHAVE: Viabilidade econômica, reciclagem de nutrientes, sustentabilidade.

CHAPTER 2 - PRODUCTIVITY OF SORGHUM AND ATTRIBUTES APPLICATION OF SOIL WITH DIFFERENT DOSES OF BOVINE BIOFERTILIZER AND MINERAL NITROGEN

ABSTRACT: The sorghum is one of fodder given to the production of silage and for grazing cattle. The objective was to evaluate the effect of doses of bovine biofertilizer and application of mineral-N in the productivity of sorghum and some soil attributes. The experiment was installed on the farm for teaching and research of UNESP / Jaboticabal. The experimental design was a randomized block design with 5 treatments and four replications, the treatments were equivalent to 100 kg per hectare N-mineral, 10, 20, 30 and 40 m³ per hectare of biofertilizer cattle, observed that the dry matter of the 5 sections of the shoot of sorghum did not differ between them (P <0.05). When it was evaluated the best time to collect it was estimated that the production of green mass was equivalent to 65 and 120 DAE. However, when compared to average production of dry matter at 120 DAE was higher and differed from the production 65DAE. The use of biofertilizer increased (P <0.05) in pH, OM, P, K, Ca and Mg in the soil. The use of biofertilizer was more economical than the use of 100 kg mineral-N to the dose of 50 m³ ha⁻¹ year.

KEYWORDS: economic viability, nutrient cycling, sustainability

2.1 – INTRODUÇÃO

A preocupação ambiental atualmente está relacionada com todas as atividades econômicas, inclusive no meio rural. O volume de resíduos gerados pelos sistemas produtivos é cada vez maior o que gera aumento da busca por soluções ambientais no mundo, para atender a necessidade de criação de sistemas de produção onde a sustentabilidade seja garantida. A bovinocultura, tanto a voltada para a produção de leite como para carne, tem sofrido grande intensificação nas últimas décadas, o que começou a gerar grande quantidade de dejetos.

A principal estratégia de tratamento de dejetos de bovinos, desde tempos remotos, é o amontoamento para geração de estrume curtido. Porém, atualmente, esta forma de manejo não é considerada ambientalmente segura, pois esta técnica de reciclagem mantém na propriedade uma grande incidência de moscas, odores, e mantém possíveis patógenos presentes no esterco, que continuarão seu ciclo dentro da propriedade. O aproveitamento dos dejetos produzidos pela bovinocultura leiteira em processos como a biodigestão anaeróbia é eficiente para o manejo sanitário e atender as exigências do licenciamento ambiental necessário para que as propriedades rurais permaneçam nas suas atividades. Além de representar uma importante ferramenta para o manejo da fertilidade do solo, via aplicação do biofertilizante, considerado um excelente adubo orgânico.

Atualmente, os biodigestores anaeróbios têm sido utilizados, pois aliam o tratamento adequado (com eliminação dos problemas acima citados) com outros fatores de grande importância no mundo do agronegócio, que são a redução de emissão de gases poluentes e a geração de energia (na forma de biogás), além de conservar no biofertilizante o seu potencial para adubação orgânica.

A aplicação, em propriedades rurais, de um manejo sustentável com maior aproveitamento do potencial de utilização de sua área e de seus resíduos pode ser fundamental para a melhoria econômica e ambiental da propriedade. Os biofertilizantes

são considerados como importantes para manutenção do equilíbrio nutricional de plantas (FERNANDES et al., (2000) e por torná-las menos suscetíveis ao ataque de pragas e de patógenos (SANTOS, 2001).

Entre as culturas potenciais para serem utilizadas está o sorgo forrageiro (*Sorghum Bicolor L. M.*), uma cultura com boa resistência à seca, sendo ideal para ser utilizada na estratégia de safrinha em muitas regiões do Brasil, além de ser uma gramínea que possui potencial para produção de silagem para a bovinocultura.

No Brasil, a expansão da área cultivada de sorgo como planta forrageira tem sido lenta, principalmente pelas práticas incorretas de cultivo, o que compromete sua produtividade. Fatores tais como solos de baixa fertilidade, adubações inadequadas, escolha imprópria da semente, que impedem à cultura de expressar o seu potencial de produção de massa verde esperado, em torno de 70 t ha⁻¹. De acordo com VALENTE (1992), produções de massa verde de sorgo forrageiro inferiores a 40 t ha⁻¹ são economicamente inviáveis.

Segundo NEUMANN et al (2002) o sorgo é uma planta adaptada ao processo de ensilagem, devido às suas características fenotípicas que determinam facilidade de plantio, manejo, colheita e armazenamento.

Muitos produtores dispensam a adubação pelo alto custo representado atualmente, pelo uso de fontes minerais. Esta prática é incorreta porque nos anos iniciais mesmo que se alcance produtividades satisfatórias, evitar a degradação da fertilidade natural dos solos é fundamental para a sustentabilidade futura da propriedade. A aplicação de biofertilizante pode vir como alternativa na reposição de nutrientes nos solos.

OLIVEIRA et al. (2007) trabalharam com biofertilizante em hortaliças, e relataram que atualmente com o aumento dos sistemas de criação intensivos, não só sistemas de produção em pequenas áreas, mas culturas que se utilizam de maiores extensões de terra, como milho, sorgo e pastagens, poderão ser beneficiadas com o aproveitamento destes biofertilizantes.

SILVA et al. (2004) trabalhando com aplicação de esterco bovino em milho, observou que a aplicação deste resíduo promoveu incremento nos teores de fósforo e potássio no solo, além do aumento na produtividade, e da melhor retenção de água.

A falta de informações pertinentes ao comportamento do sorgo com aplicação de biofertilizante em relação a características agronomicas e de produtividade de matéria seca torna-se um obstáculo para sua utilização pelos produtores, uma vez que a substituição por adubação orgânica podera reduzir a produtividade de MS interferindo na quantidade de silagem à ser gerada e assim limitando a produção dos bovinos.

Objetivou-se avaliar o efeito da aplicação de doses de um biofertilizante bovino e a aplicação de uma fonte de nitrogênio mineral na adubação de cobertura na produtividade das plantas, absorção de nutrientes e alguns atributos do solo cultivado com sorgo forrageiro.

2.2 – MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi instalado na Fazenda de Ensino e Pesquisa da Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias da Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” (FEPP/UNESP/FCAV), localizada no município de Jaboticabal, São Paulo. A área experimental localizada no Campus da Universidade, que se situa sob as coordenadas geográficas 21°15'22” S e 48°18'58” W e a uma altitude média de 575 metros.

O clima da região, segundo a classificação de KÖPPEN é Aw, caracterizado como tropical chuvoso, megatérmico, com inverno seco. A precipitação média de 1300 mm e temperatura média anual de 21,5°C.

O solo da área experimental foi caracterizado, segundo EMBRAPA (1999), como Latossolo Vermelho eutrófico típico, textura argilosa caulínítico hipoférrico com relevo suave (ANDRIOLI & CENTURION, 1999).

O plantio foi realizado no dia 26 de março de 2007, em um período considerado como plantio de safrinha. Utilizou-se um stand inicial de 60.000 plantas por hectare, e sem adubação de sementeira. A cultura do sorgo foi implantada após a colheita de soja cultivada em sistema convencional, e somente utilizou-se adubação de cobertura, segundo o delineamento proposto. As parcelas experimentais tinham 8 m de largura X 10 m de comprimento perfazendo um total de 80 m², em que a área útil era composta por 6 linhas de sorgo forrageiro, o plantio foi realizado com espaçamento entre linhas de 1 m e foi semeado entre 14 e 18 sementes por metro linear.

O delineamento experimental foi em blocos casualizados, composto por 5 tratamentos e quatro repetições. Os tratamentos foram definidos como as doses aplicadas como adubação de cobertura do sorgo, quando este apresentava 5 folhas totalmente expandidas e aproximadamente 25 dias após emergência (DAE).

Os tratamentos foram:

- T1 Aplicação de 500 kg ha⁻¹ sulfato de amônio equivalente a 100 kg ha⁻¹ de N
- T2 Aplicação de 10 m³ ha⁻¹ Biofertilizante bovino equivalente a 49 kg ha⁻¹ de N

- T3 Aplicação de 20 m³ ha⁻¹ Biofertilizante bovino equivalente a 98 kg ha⁻¹ de N
T4 Aplicação de 30 m³ ha⁻¹ Biofertilizante bovino equivalente a 147 kg ha⁻¹ de N
T5 Aplicação de 40 m³ ha⁻¹ Biofertilizante bovino equivalente a 196 kg ha⁻¹ de N

O biofertilizante aplicado foi o efluente de um biodigestor modelo chinês abastecido com dejetos de vacas holandesas criadas em sistema de semi-confinamento para a produção de leite. Após o processo de biodigestão anaeróbia obteve-se o biofertilizante que apresentava em média 7,29% de sólidos totais, pH 7,53, teor de nitrogênio de 6,71 g kg⁻¹ ou seja, 4,90 kg m³, 632 mg L⁻¹ de fósforo, 357 mg L⁻¹ de potássio, 270 mg L⁻¹ de cálcio, 132 mg L⁻¹ de magnésio, 7 mg L⁻¹ de zinco, 67 mg L⁻¹ de sódio.

A aplicação do biofertilizante foi realizada no dia 24 de abril de 2007, manualmente, com auxílio de baldes, aplicados na linha de cultivo das plantas de sorgo (Figura 1). Conduziu-se a cultura até a colheita da parte aérea e grãos aos 120 DAE (25 de Julho de 2007).



FIGURA 1 – Aplicação do biofertilizante bovino em cobertura na linha de cultivo.

Fez-se a comparação de diferentes doses de biofertilizante bovino com o tratamento controle com o uso da fonte mineral de nitrogênio, com uma dose de cobertura recomendada para uma produtividade de 50 a 60 t ha⁻¹ de massa verde de sorgo, e não com um tratamento controle sem aplicação de adubação. Essa opção teve como princípio não favorecer a resposta com a aplicação das fontes orgânicas e sim a comparação com a produção obtida com a aplicação de fontes utilizadas no manejo comercial, que é empregado na cultura do sorgo.

2.2.1 – Coletas da parte aérea das plantas: Produtividade de MV e MS

Foram realizadas cinco coletas foliares de sorgo forrageiro, sendo retirada a parte aérea de uma planta, de cada linha útil. Com a finalidade de se evitar interferência do corte da planta, realizou-se, na primeira coleta, a retirada da quarta planta da linha dentro da parcela; na segunda coleta, a oitava planta, na terceira, a 12^a planta, na quarta coleta a 16^a planta e no quinto corte foi retirada a 20^a planta para amostragem da parte aérea e a 22^a planta para separação entre as partes panícula, colmo, folha verde e material senescente. No quinto corte a lavoura foi colhida quando os grãos se encontravam entre o final do estágio pastoso e farináceo.

Todas as plantas foram coletadas na base do colmo, rente ao solo. Para determinação da massa verde (MV), após o corte as plantas foram identificadas e acondicionadas em sacos de papel perfurados que foram encaminhadas ao laboratório onde realizou-se a pesagem em uma balança digital. Após a pesagem da MV, para obtenção do peso da matéria seca (MS), realizou-se a secagem das amostras em estufa de ventilação forçada a 65°C por 72 horas ou até alcançar peso constante.

A produtividade final da cultura foi obtida utilizando-se a fórmula: produtividade final na parcela = peso médio das plantas colhidas por parcela X stand final (número de plantas por parcela). Com base neste cálculo obteve-se a produtividade por m² da parcela que transformando-se em produtividade por hectare.

Realizou-se a análise de variância e a comparação entre as médias foi realizada através do teste de tukey (P<0,05).

2.2.2 – Massa de 1000 grãos

Foram utilizadas, para cada amostra, 10 subamostras de 100 grãos por repetição, pesadas em balança analítica. Os valores das amostras foram obtidos com o uso da fórmula: $\text{Amostra} = (\sum a)/t$, onde $\sum a$ = somatório dos pesos de 100 grãos das subamostras, t = número de amostras de 100 grãos, o resultado final da amostra foi obtido multiplicando-se por 10 o peso médio obtido das sub amostras de 100 sementes, segundo o protocolo disponível nas regras para análise de sementes (RAS), do Ministério da Agricultura e Reforma Agrária, (BRASIL, 1992).

2.2.3 – Coleta de Solos

Após o ciclo completo da cultura, retirou-se, nas parcelas ao lado da linha de cultivo, 10 amostras na profundidade de 0-20 cm, que deram origem a uma amostra composta por parcela.

As amostras foram encaminhadas ao laboratório da Universidade Federal de Uberlândia, onde foram realizadas as análises de solo. Para determinação dos teores de P e K utilizou-se a solução extratora Melich 1 ($\text{HCl } 0,05 \text{ mol L}^{-1} + \text{H}_2\text{SO}_4 0,0125 \text{ mol L}^{-1}$); Ca; Mg em solução extratora de KCl de 1 mol L^{-1} ; S-SO₄ ($\text{Ca}(\text{H}_2\text{PO}_4)_2 0,01 \text{ mol L}^{-1}$). O pH foi medido em água (1:2,5); a Matéria Orgânica (M.O) pelo método colorimétrico; conforme a metodologia descrita pela EMBRAPA, (1997).

Os resultados foram submetidos ao teste de médias Tukey com nível de significância de 5%.

2.3 – RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na Tabela 1, observa-se que os diferentes tratamentos de adubação aplicados não diferiram entre si em todas as épocas de coleta.

Todos os tratamentos que receberam adubação orgânica obtiveram um desempenho equivalente ao tratamento em que aplicou-se a fonte de N mineral, ($P < 0,05$) nos cinco cortes realizados. A máxima diferença observada no corte aos 120 dias foi de 63 g planta^{-1} , entre o tratamento que apresentou a maior e menor massa.

Esperava-se maior peso da massa verde no último corte, aos 120 DAE. Atribuiu-se esta estabilização entre o corte aos 65 DAE e o 120 DAE em virtude dos grãos de sorgo terem sofrido um grande ataque de pássaros na área experimental reduzindo assim o acúmulo no último corte, mesmo realizando-se a proteção de algumas panículas com sacos de papel, e monitoramento da área em algumas horas do dia.

Tabela 1 - Peso da massa verde da parte aérea de sorgo forrageiro, submetida a diferentes níveis de adubação com biofertilizante bovino e fonte mineral em cinco épocas distintas de coleta

Tratamentos	40 DAE*	47 DAE*	55 DAE*	65 DAE*	120 DAE*
	-----g planta inteira ⁻¹ -----				
Adubação Mineral	139,2	234,4	319,6	327,1	328,8
10 m ³ ha ⁻¹ de biofertilizante	132,0	278,1	293,2	292,6	302,6
20 m ³ ha ⁻¹ de biofertilizante	95,8	273,6	289,4	357,7	327,6
30 m ³ ha ⁻¹ de biofertilizante	110,2	307,6	280,2	356,8	365,8
40 m ³ ha ⁻¹ de biofertilizante	134,3	263,1	295,1	311,4	330,5
CV%	30,74	17,11	16,21	11,84	15,27

* tratamentos não diferem entre si pelo teste de tukey ($P < 0,05$); DAE = Dias após emergência; CV=coeficiente de variação.

Na tabela 2, registra-se para a matéria seca o mesmo comportamento observado para a MV. Não ocorreu diferença ($P < 0,05$) entre os tratamentos aplicados em todas as idades de corte.

Tabela 2 - Matéria seca da parte aérea de sorgo forrageiro, submetida a diferentes níveis de adubação com biofertilizante bovino e fonte mineral em cinco épocas distintas de coleta

Tratamento	40 DAE	47 DAE	55 DAE	65 DAE	120 DAE*
	-----g planta ⁻¹ -----				
Adubação Mineral	36,9	73,4	87,2	95,4	151,7
10 m ³ ha ⁻¹ de biofertilizante	36,2	79,6	84,1	80,2	119,3
20 m ³ ha ⁻¹ de biofertilizante	28,8	87,0	81,1	98,5	144,9
30 m ³ ha ⁻¹ de biofertilizante	37,9	86,2	76,6	97,1	144,3
40 m ³ ha ⁻¹ de biofertilizante	35,9	72,4	74,3	88,2	131,4
CV%	28,43	21,63	16,24	10,55	27,67

* tratamentos não diferem entre si pelo teste de tukey (P<0,05); DAE = Dias após emergência; CV=coeficiente de variação.

NOLLER et al. (1996) apontaram que o consumo de matéria seca produz mais impacto na produção animal do que variações na composição química ou disponibilidade dos nutrientes.

LIMA et al. (2005), não observaram diferença estatística na produtividade da matéria verde e matéria seca de 12 híbridos de sorgo forrageiro. Porém, o acúmulo de MS do sorgo é muito próximo do milho e ambas processam-se de forma contínua até o estágio de maturação dos grãos, existindo um período de acumulação mais intensa próxima ao florescimento. Depois do florescimento, ocorre a translocação dos compostos acumulados da parte vegetativa para os grãos em formação (FURLANI et al., 1977). Sendo assim novos experimentos devem ser realizados no intuito de saber se no sorgo dose maior de adubação mineral e ou orgânica podem influenciar em aumento da produção de MS, uma vez que o milho normalmente responde a adubação de cobertura.

FRIES & AITA (1990) utilizando três doses de esterco bovino in natura e biofertilizante bovino, no cultivo de sorgo, em casa de vegetação, observaram que o biofertilizante não promoveu diferença na produção de MS. Porém observaram que seu uso foi benéfico uma vez que todos os tratamentos com esterco bovino apresentaram

uma produtividade menor do que o biofertilizante, inclusive com menor absorção de N. A maior produção obtida pelos autores foi no tratamento com aplicação de N-mineral (180 kg ha^{-1}), porém a dose aplicada foi de 80 kg superior ao utilizado neste experimento, que não observou diferença entre as fontes orgânicas e minerais.

Os dados demonstrados (Tabelas 1 e 2) comprovam que o valor fertilizante do biofertilizante bovino é equivalente ao uso de sulfato de amônio na adubação de cobertura da cultura. GALBIATTI et al., (1991), atribuíram este fato à composição de biofertilizantes que por possuírem nutrientes mais disponíveis, quando comparados a outros adubos orgânicos, podem promover melhoria das propriedades químicas do solo.

PINHEIRO & BARRETO (2000) relataram que a fertilização com biofertilizante associada ao esterco bovino proporcionou maiores produções comerciais nas hortaliças pepino, berinjela, tomate, alface e pimentão. Porém, os dados obtidos neste experimento e por FRIES & AITA (1990) não são suficientes para confirmar o efeito do biofertilizante na cultura do sorgo.

Diversos trabalhos têm mostrado aumentos na produção de matéria seca e de grãos por espécies de interesse agrônomo com cultivo em solos tratados com lodo de esgoto (DEFELIPO et al, 1991; BROWN et al., 1997; SILVA et al., 2002;). Um melhor comportamento com a aplicação do biofertilizante aplicado, poderia ocorrer com o uso de doses maiores ocasionando até uma superação dos ganhos obtidos com a adubação mineral, contudo doses maiores que 100 kg de N devem ser evitadas pois podem causar danos ambientais, com a lixiviação de nitrato para corpos d'água.

Na Tabela 3 está descrita a produção de massa verde e massa seca transformada para produtividade por hectare nos dois estágios finais de coleta. A produtividade da MV em kg ha^{-1} (Tabela 3), explica que aos 120 DAE, a dose de $30 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$ do biofertilizante proporcionou uma produção de 3.476 kg ha^{-1} a mais que a menor produtividade alcançada, porém este aumento não representou diferença ($P < 0,05$) em relação aos demais tratamentos com biofertilizante e foi equivalente ao uso de $100 \text{ kg de N-mineral}$, sendo em média a produção de 18 t ha^{-1} .

Tabela 3 – Produção de massa verde (colmo + folhas + panicula + grãos) e massa seca (colmo + folhas + panicula + grãos) estimada do sorgo forrageiro submetida a diferentes níveis de adubação com biofertilizante bovino e fonte mineral em duas épocas distintas de coleta

Tratamento	Massa verde (kg ha ⁻¹)		Massa Seca (kg ha ⁻¹)		
	65 DAE	120 DAE	65 DAE	120 DAE	
Adubação Mineral	17.582,50a	18.084,50a	4.796,75a	8.343,50a	
10 m ³ ha ⁻¹ de biofertilizante	16.126,50a	16.643,75a	4.627,75a	6.561,00a	
20 m ³ ha ⁻¹ de biofertilizante	15.916,25a	18.015,75a	4.462,50a	7.968,50a	
30 m ³ ha ⁻¹ de biofertilizante	15.412,00a	20.119,00a	4.214,50b	7.937,25a	
40 m ³ ha ⁻¹ de biofertilizante	16.228,50a	18.178,75a	4.087,25a	7.225,00a	
	CV%	16,21	15,27	16,24	27,67
	DMS	5.939,22	6.270,38	1.625,01	4.745,53
	Média geral*	16.252,75 a	18.208,25 a	4.437,75 b	7.607,05 a
	CV%	15,72		20,12	
	DMS	6.227,31		3.666,25	

Letras minúsculas diferentes na linha diferem entre si pelo teste de tukey (P<0,05); DAE = Dias após emergência; CV=coeficiente de variação.

Observa-se que entre as duas épocas de coleta avaliadas (Tabela 3), somente o tratamento com 30 m³ ha⁻¹ de biofertilizante diferiu entre a quantidade de MS no corte aos 65 e 120 DAE. Comparando-se as médias gerais dos tratamentos a produção de MS aos 120 DAE foi superior a observada aos 65 DAE. Esta constatação é importante como estratégia de manejo, uma vez que aos 65 DAE seria possível a liberação dos animais para um pastejo da área e aos 120 DAE a melhor estratégia seria a coleta para ensilagem da massa.

Como não observou-se diferença significativa entre a maioria dos tratamentos para a produtividade de MV e MS, para condições de pastejo observou-se que a liberação da área para os animais poderia ser realizada aos 65 DAE, uma vez que quanto mais nova o manejo de forrageiras mais tenras se tornam as frações das plantas e ainda promoveria a rebrota da área pastejada e a área já apresentava porte para entrada dos animais variando entre 0,8 e 1,20m de altura.

Para a produção de silagem, mesmo a massa a ser ensilada não ter diferido entre as duas épocas na maioria dos tratamentos, seria mais recomendado o corte aos

120 DAE, pela maior produção de MS e pela fermentação que aos 65 dias poderia ser alcoólica reduzindo a qualidade final do material ensilado e alta umidade do material.

Um dos fatores que deve ter influenciado o aumento de MS é a presença dos grãos, ou seja as panículas neste estágio de desenvolvimento tem grande importância na MS total. Segundo NEUMANN et al (2002) a panícula é o principal componente responsável pela definição do momento mais adequado para a colheita das plantas para ensilagem.

O sorgo produziu em média aos 120 DAE neste experimento 18 t ha⁻¹ de MV e 7,67 t ha⁻¹ de MS, e se tratando de uma variedade selecionada como forrageira, a produção de silagem pode ser uma boa estratégia técnica e econômica. SILVA, (2002) considera que para o bom desempenho de bovinos leiteiros, com peso aproximado de 500 kg, o consumo diário de MS deve girar em torno de 3% de seu peso vivo, ou seja, 15 kg de MS. Pode-se estimar que neste experimento, por hectare de sorgo colhido, é possível a produção de silagem para a manutenção de 17 animais por 30 dias.

A produção de MS do sorgo variou de 6,5 a 8,3 t ha⁻¹, valor médio superior ao observado por MOLINA et al. (2000), que obtiveram a produção de 4,5 a 7,9 t ha⁻¹, e menor do que o observado por SILVA et al. (1997), de 9,15 a 11,22 t ha⁻¹.

A produção média de 18 t ha⁻¹ de MV obtida neste experimento é considerada como inviável economicamente por VALENTE (1992), que considera ideal a produção de 40 t ha⁻¹ de MV.

Na Tabela 4 estão descritos os teores de massa de 1000 grãos e os diferentes componentes da parte aérea do sorgo forrageiro em kg ha⁻¹.

Realizou-se a separação das frações do sorgo pela importância nutricional representada pelas frações, pois, como a variedade avaliada é de sorgo forrageiro, a sua utilização prioritária é para pastejo, apesar de também produzir MV para silagem para utilização dos ruminantes e as diferentes frações representam diferenças na massa a ser ensilada e no consumo em pastejo.

Observou-se que em todos os tratamentos o comportamento foi similar, sendo que aproximadamente 55 a 60% da parte aérea acumularam-se na forma de colmo, e as demais partes funcionais (panícula + grãos, folhas, e material senescente) variam

entre de 12 a 15 % cada parte. Essa composição demonstra que ocorre um equilíbrio entre a participação de folhas e de panícula + grãos, comprovando a baixa variação genética do material estudado, em que não foram encontradas diferenças consideráveis entre as proporções.

Tabela 4 – Massa de 1000 grãos de sorgo forrageiro aos 120 DAE e partição da parte aérea da planta de sorgo após aplicação de diferentes doses de biofertilizante e nitrogênio mineral

Tratamento	Massa de 1000 grãos*	Panícula*	Material senescente*	Colmo*	Folha*
Adubação Nitrogenada	24,75	1.307,00	985,75	5.065,75	985,75
10 m ³ ha ⁻¹ biofertilizante	20,75	1.091,50	926,00	3.633,75	909,75
20 m ³ ha ⁻¹ de biofertilizante	24,50	1.614,25	1.017,25	4.319,25	1.017,25
30 m ³ ha ⁻¹ de biofertilizante	26,25	1.523,50	1.087,00	4.239,75	1.087,00
40 m ³ ha ⁻¹ de biofertilizante	23,50	1.084,25	955,00	4.174,75	839,00
CV%	11,31	49,27	31,44	28,94	31,26
DMS	6,10	1.470,00	704,78	2.796,63	728,42

* variáveis não diferiram entre si pelo teste de tukey (P<0,05); DMS = Denominador mínimo significativo; CV=coeficiente de variação.

O percentual dos componentes da parte aérea do sorgo obtidos neste experimento deve representar uma silagem com valor nutricional equilibrado, pois o colmo, segundo FLARESSO et al. (2000), é o principal componente responsável pela produção de silagens de menor valor nutritivo devido à sua baixa qualidade nutricional. Já as folhas verdes representam um volumoso de excelente qualidade e os grãos são considerados por FLARESSO et al. (2000) como o componente mais importante para a produção de silagem com alto teor de energia.

GOURLEY & LUNSK (1997) encontraram percentual de participação da fração do colmo na planta de sorgo variando de 17,1 a 72,8% na MS, de folhas, de 17,4 a 26,3%, e de panícula, de 5,2 a 64,6%. BORGES (1995) encontrou proporções de

colmo, folhas e panícula na MS variando de 59,9 a 64,4%, de 12,7 a 14,5% e de 22,2 a 27,1%, respectivamente.

As porcentagens médias de MS neste experimento foram de 17,52%, 12,81% e 56,68%, 13,18% respectivamente a panícula, folha, colmo e material senescente no corte aos 120 DAE. Valores superiores aos descritos por NEUMANN et al (2002) observaram em alguns híbridos de sorgo de acordo com a estrutura física de alguns componentes da planta os teores observados são variáveis. O teor de MS apresenta valor médio de 49,99% na panícula, 30,01% nas folhas e de 28,46% no colmo, a PB apresenta teor de 1,96%, 5,45% e 7,62% respectivamente para colmo, folha e panícula. Porém pouca variação é atribuída a digestibilidade “*in vitro*” da MS que foi de 57,22% no colmo, 54,88 % nas folhas e 68,20% na panícula.

Observou-se que os parâmetros avaliados não diferiram ($p < 0,05$) entre os tratamentos aplicados. Esperava-se que a massa de 1000 grãos apresentasse diferença em função das doses aplicadas, pois em sorgo SUBBA REDDY et al., (1991) relataram respostas em cultivo de sorgo ao N em cobertura para as variáveis massa da panícula, comprimento da panícula e massa de mil grãos, porém não se observou resposta para esta variável.

LOBO et al. (2006), estudando doses crescentes de N em girassol, verificaram que, para o peso de 1000 sementes, não houve variação com as doses de N de 50, 70, 90, 110 e 130 kg ha⁻¹, o mesmo comportamento foi observado neste experimento.

Os valores de pH apresentaram diferenças ($P < 0,05$) entre os tratamentos (Tabela 5). Observa-se que o menor valor de pH foi determinado no tratamento em que aplicou-se o sulfato de amônio, fonte mineral que pode ter promovido a acidificação do solo, pois é a fonte de nitrogênio com caráter mais ácido. De acordo com (LARA-CABEZAS et al., 1997), a presença do sulfato de amônio contribui para a geração de prótons (H⁺), que aumenta a acidez do solo, pois ocorre a reação de hidrólise.

Na faixa de pH apresentada no tratamento com adubação mineral (4,90), a assimilação do nitrogênio seria reduzida em 50% em função do pH. Já os demais tratamentos (controle e com aplicação do biofertilizante) o pH apresentado garantiriam pela planta uma assimilação média dos macronutrientes de 93,8% (EMBRAPA, 1980).

Com o aumento da dose aplicada do biofertilizante observou-se uma pequena acidificação no solo, no tratamento com $40 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$, promovendo uma redução de 16% em relação ao tratamento controle.

O teor de matéria orgânica (Tabela 5) foi incrementado nos tratamentos com aplicação de 10, 20 e $30 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$, comparativamente ao tratamento com adubação mineral. Não se esperava alterações com a aplicação de biofertilizante sobre esta variável em função desta fonte ser líquida e apresentar baixo teor de sólidos totais (7,30%). Porém, aumentos de MO são favoráveis a melhoria de atributos químicos e físicos do solo, e pode também ter sido acarretado com o fato do biofertilizante promover um maior crescimento radicular e os exudados e as partes mortas das raízes terem contribuído com o pequeno aumento de MO.

Tabela 5 - Valores de pH, matéria orgânica, fósforo, potássio, cálcio e magnésio da área experimental ao final do ciclo da cultura do sorgo após aplicação de diferentes doses de biofertilizante e nitrogênio mineral

Tratamento	pH H ₂ O	MO	P	K	Ca	Mg
	1:2,5	dag kg ⁻¹	-----mg dm ⁻³ -----	-----dm ⁻³ -----	-----cmolc dm ⁻³ -----	-----
Ad. Mineral	4,90 d	1,30 c	11,63 e	90,75 e	1,00 c	0,48 c
$10 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$ biofertilizante	6,60 a	1,50 a	27,10 b	134,75 c	1,78 a	0,95 a
$20 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$ biofertilizante	6,53 ab	1,40 b	15,83 d	213,25 a	1,30 b	0,98 a
$30 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$ biofertilizante	6,30 b	1,40 b	39,25 a	200,00 b	1,28 b	0,88 a
$40 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$ biofertilizante	5,60 c	1,30 c	16,80 dc	114,25 d	1,00 c	0,60 b
CV(%)	1,62	2,44	2,00	2,88	5,21	5,68
DMS	0,23	0,07	0,98	9,38	0,16	0,10

Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey ($p < 0,05$);

DMS = Diferença mínima significativo; CV=coeficiente de variação.

Observou-se um incremento no fósforo com o aumento da dose de biofertilizante bovino. Porém, o comportamento não foi linear, ou seja, conforme se aumentava a dose aplicada maior seria o acúmulo. Observou-se que o maior incremento no tratamento onde foi aplicado $30 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$, e valores similares com a aplicação de 20 e $40 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$. Esperava-se que com o aumento da dose ocorresse maior acúmulo de fósforo. Porém,

pode-se inferir que em todos os tratamentos onde foi aplicado biofertilizante ocorreu uma reposição de fósforo ao sistema, diferente do que se observou no tratamento com aplicação de sulfato de amônio, uma vez que não foi aplicada uma fonte de fósforo neste tratamento. Os aumentos promovidos pelo biofertilizante foram 36 a 237% superiores ao teor determinado no tratamento controle com adubação mineral.

O potássio foi, entre os elementos avaliados, o que apresentou incremento com aplicação de biofertilizante bovino. Nos tratamentos com aplicação de biofertilizante bovino observou-se um incremento variando de 16 a 117%, dependendo da dose avaliada.

Para os teores de cálcio (Tabela 5), observa-se que somente o tratamento com aplicação de 40 m³ ha⁻¹ foi equivalente ao tratamento controle com adubação mineral, os quais apresentaram os menores teores de cálcio no solo entre os tratamentos. Nos demais tratamentos, observaram-se valores maiores, sendo que se observou aumento na ordem de 28 a 78% a mais do que o com aplicação da fonte mineral.

Em relação ao magnésio (Tabela 5), entre os tratamentos que receberam biofertilizante bovino, todos os tratamentos com aplicação de biofertilizante diferiram do tratamento controle com aplicação de sulfato de amônio, e apresentaram incrementos entre 27 e 104%.

VARGAS, (1990), verificou que o fornecimento de biofertilizante no solo eleva os teores de P, K, Ca e Mg e pode ser considerado um fitoestimulante.

Estes resultados permitem observar que a obtenção e aplicação de biofertilizante bovino não representa somente uma forma de disposição de um resíduo com potencial poluidor aos corpos d'água no solo, mas pode ser considerado um condicionador e fertilizante orgânico de qualidade para o solo.

Com base nos dados das tabelas 3 e 5, foram realizadas algumas simulações de redução de custos na produção de MS e aumentos em teores de nutrientes no solo após aplicação das fontes orgânicas e minerais. Essas simulações podem auxiliar na decisão de estratégia para a otimização de sistemas intensivos de produção pecuária que são bastante dependentes de volumosos, entre eles a produção de silagem.

Foi considerado como unidade de produção modelo uma propriedade com 50 vacas leiteiras (50 unidades animais (UA)) com uma necessidade de alimentação suplementar para a manutenção deste rebanho por um período mínimo de 6 meses, período seco do ano.

Para isso tem-se a fórmula:

Requerimento mensal de MS = exigência de MS (15 kg por UA) X Quantidade de UA (50) X número de dias (30) = 22.500 kg MS.

De posse desse resultado tem-se o requerimento mensal de MS que multiplicando-se por seis meses, obtém-se a necessidade semestral de 135.000 kg de MS.

Foi considerado no cálculo o valor de uma tonelada de sulfato de amônio de R\$ 1.700,00 e atribui-se como sendo o custo de 10 m³ de biofertilizante o valor do cálculo de custo de aplicação.

O cálculo da aplicação foi realizado como sendo o custo de uma diária de tratorista (R\$ 50,00) + custo de diesel (40 L X R\$ 2,479), estimado para percorrer uma distancia de 240 km ou aproximadamente 8 viagens de 15 km para transportar o biofertilizante em um tanque tratorizado de 4m³ + diária pelo uso do trator R\$ 200,00 + custo amortizado (10 anos) pela compra de um tanque tratorizado de 4m³ para transportar o biofertilizante R\$ 200,00. De acordo com a capacidade do tanque e do número médio de viagens que um tratorista é capaz de realizar o transporte e aplicação em um dia de 32 m³ se a distancia a ser percorrida for de 15 km, ou seja estimou-se o custo de R\$ 549,16 ou R\$ 171,61 a cada 10 m³ aplicado.

Na tabela 6 estão descritos por tratamento aplicado a capacidade de suporte, em unidades animais, de animais alimentados mensalmente em um hectare de sorgo plantado (CS ha⁻¹), a área à ser cultivada para produzir MS para alimentar 50 UA pelo período seco (6 meses) e o custo da adubação.

O biofertilizante mesmo com as vantagens ambientais da reciclagem de nutrientes, redução do uso de fontes minerais que apresentam disponibilidade finita, das melhorias biológicas e físicas descritas por diversos autores (KONZEN, 2003; CFSEMG, 1999; HENRY & WHITE, 1993; LONGSDON, 1993), tem uma forte barreira

no convencimento de produtores, ainda mais quando as diferenças atribuídas a produtividade, como neste experimento, não é significativo ($P < 0,05$). Dados de custo de adubação são mais facilmente aceitos, pois demonstram de forma aplicada a economia que a utilização da tecnologia pode representar nas planilhas de gestão financeira, sendo assim realizou-se essa estimativa.

Com base nos dados da tabela 6 pode-se estimar que caso a necessidade fosse de alimentar os animais por somente um mês a produção mais econômica seria o uso de 10 m^3 de biofertilizante, uma vez que não houve variação entre os tratamentos, e considerando que a área necessária à mais seriam de 4 hectares e desconsiderando os custos com essa diferença pela colheita.

Tabela 6 – Valores de capacidade de suporte (CS) por hectare/mês, a área cultivada (AC) necessária para manter 50 unidades animais por 6 meses e o custo estimado do adubo e biofertilizante aplicado

Tratamento	Capacidade de suporte	Área cultivada	Custo adubação (R\$)	
			UA mês ⁻¹	ha ⁻¹ por 6 meses ⁻¹
Adubação Mineral	18,5	16,18	850,00	13.753,00
$10 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$ biofertilizante	14,6	20,60	171,60	3.432,00
$20 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$ biofertilizante	17,7	16,94	343,20	5.813,80
$30 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$ biofertilizante	17,6	17,00	514,80	8.751,60
$40 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$ biofertilizante	16,0	18,68	686,40	12.821,95

Mesmo considerando-se como custo do biofertilizante somente o custo de sua aplicação com uso de tanque tratorizado, que não é a forma de aplicação mais econômica, pode-se observar que em escala de aumento da dose ela pode se aproximar do custo da aplicação da fonte mineral com N caso seja utilizado uma dose superior a $50 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$.

O biofertilizante ainda fornece na dose de $10 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$, o equivalente a 14,47 kg de P_2O_5 , que equivalente a 80 kg de superfosfato simples, 4,2 kg de K_2O , que equivale a 7,24 kg de KCl.

Outro benefício difícil de ser calculado é a melhoria física e biológica nos atributos de solo.

2.4 - CONCLUSÕES

A adubação com doses de biofertilizante e N-mineral não promoveu diferenças ($P < 0,05$) na produtividade de matéria seca e matéria verde, comparativamente a fonte mineral.

O uso de biofertilizante aumentou o acúmulo de P, K, Ca e Mg em relação ao tratamento com sulfato de amônio.

A aplicação de biofertilizante nas doses aplicadas são mais econômicas do que a aplicação do N-mineral.

2.5 – REFERÊNCIAS

ANDRIOLI, I.; CENTURION, J. F. Levantamento detalhado dos solos da Faculdade de Ciências Agrárias de Jaboticabal. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIAS DO SOLO, 27, Brasília, **Anais...**, Sociedade Brasileira de Ciência do solo, 1999, 32p.

BORGES, A. L. C. C. **Qualidade de silagens de híbridos de sorgo de porte alto, com diferentes teores de tanino e de umidade no colmo, e seus padrões de fermentação**. 1995. 104 f. dissertação (Mestrado) UFMG:Escola de Veterinária, Belo Horizonte, 1995.

BRASIL - Ministério da agricultura e Reforma Agrária. **Regras para análises de sementes**. Brasília:SNDA/DNDV/CLAV, 1992, p. 365.

BROWN, S.; ANGLE, J. S.; CHANEY, R. L. Correction of limed biosolid induced manganese deficiency on a long term field experiment. **Journal Environmental Quality**, 26:1375-1384, 1997.

COMISSÃO DE FERTILIDADE DO SOLO DO ESTADO DE MINAS GERAIS (CFSEMG) **Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas gerais – 5ª aproximação**. Belo Horizonte: EPAMIG, 1999, 180 p.

DEFELIPO, B. V.; NOGUEIRA, A. V.; LOUDES, E. G.; ALVARES, Z. V. H. Eficiência agrônômica do lodo de esgoto proveniente de urna siderurgia. **Revista Brasileira de Ciências do Solo** , Viçosa, v. 15, p. 389-393, 1991.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA **Sistema brasileiro de classificação de solos**. EMBRAPA:Centro Nacional de Pesquisa de Solos, Rio de Janeiro, 1999. 412p.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA **Manual de métodos de análise de solo**. 2.ed. Rio de Janeiro, EMBRAPA: Centro Nacional de Pesquisa de Solos, 1997. 212p.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Projeto “Racionalização do uso de insumos”. **Sub-Projeto “Pesquisa em racionalização de fertilizantes e corretivos na agricultura”**. EMBRAPA:CNPDT, Brasília, 1980. 78p.

FERNANDES, M. C. A.; LEAL, M. A. A.; RIBEIRO, R. L. D.; ARAÚJO, M. L.; ALMEIDA, D. L. Cultivo protegido do tomateiro sob manejo orgânico. **A Lavoura**, Rio de Janeiro, n. 634, p. 44-45, 2000.

FERREIRA, D. F. Análise estatística por meio do SISVAR para Windows versão 4.0. In: REUNIÃO BRASILEIRA DA SOCIEDADE INTERNACIONAL DE BIOMETRIA, 45., 2000, São Carlos. **Programas e Resumos...** São Carlos: UFSCar, 2000. p. 235.

FLARESSO, J. A. et al. Cultivares de milho (*Zea mays* L.) e sorgo (*Sorghum bicolor* (L.) Moench.) para ensilagem no Alto Vale do Itajaí, Santa Catarina. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 29, n. 6, p. 1608-1615, 2000.

FRIES, M. R.; AITA, C. Aplicação de esterco bovino e efluente de biodigestor em um solo Podzólico vermelho-amarelo: Efeito sobre a produção de matéria seca e absorção de nitrogênio pela cultura do sorgo. **Revista Centro de Ciências Rurais**, Santa Maria, v.20(1-2), p.137-145,1990.

FURLANI, P. R.; HIROCE, R.; BATAGLIA, O. C.; SILVA, W. J. Acúmulo de macronutrientes, de silício e de matéria seca por dois híbridos simples de milho. **Bragantia**, Campinas, v. 36, n. 22, p. 223 - 229, 1977.

GALBIATTI, J. A.; BENECA, M.; LUCAS JÚNIOR, J.; JOSÉ-LUI, J. Efeitos da incorporação de efluentes de biodigestor sobre alguns parâmetros do sistema solo-planta, em milho. **Revista Científica**, Piracicaba, v. 19, n. 2, p. 105-118, 1991.

GOURLEY, L.M., LUNSK, J.W. Sorghum silage quality as affected by soluble carbohydrate, tannins, and other factors. In: ANNUAL CORN AND SORGHUM RESEARCH CONFERENCE, 32, 1997, Mississippi. **Proceedings...** Mississippi: Mississippi State University, 1997. p.157-170.

HENRY, S. T.; WHITE, R.K. Compositing broiler litter from two management systems **Transactions of the ASAE**, St. Joseph, v.36, n.3, p.873-7, 1993.

KONZEN, E. A. Fertilização com Dejetos de Suínos e Cama de Aves. 2003. In: SEMINÁRIO TÉCNICO DA CULTURA DE MILHO, 5., Videira, SC, 2003. Disponível em:<<http://www.cnpms.embrapa.br/destaques/dejetos/dejetos.pdf>> Acesso em: 10 out. 2008.

LARA-CABEZAS, W. A. R.; KORNDORFER, G. H.; MOTTA, S. A. Volatilização de N-NH₃ na cultura do milho: II. Avaliação de fontes sólidas e fluídas em sistema de plantio direto e convencional. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.21, p.489-496, 1997.

LIMA, C. B.; CARNEIRO, J. C.; NOVAES, L. P.; LOPEZ, F. C. F.; RODRIGUES, J. A. S. Potencial forrageiro e avaliação bromatológica de híbridos de sorgo com capim Sudão. In: **Boletim de pesquisa e desenvolvimento**, 18, Juiz de Fora, EMBRAPA:CNPGL, 2005.

LOBO, T. F.; GRASSI FILHO, H.; SA, R. O.; BARBOSA L. 2006. Manejo da adubação nitrogenada na cultura do girassol avaliando os parâmetros de produtividade e qualidade de óleo. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PLANTAS OLEAGINOSAS, ÓLEOS, GORDURAS E BIODISEL, 3, 2006, Lavras, **ANAIS...**Lavras: UFLA, 2006.

LONGSDON, G. **Manure/litter recycling :Turnatound in poultry industry** – Biocyde, p. 60-70, 1993.

MOLINA, L. R.; GONÇALVES, L. C.; RODRIGUEZ, N. M.; FERREIRA, J. J.; FERREIRA, V. C. P. Avaliação agrônômica de seis híbridos de sorgo (*Sorghum bicolor* (L.) Moench), **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, Belo Horizonte, v.52, n.4, 2000.

NEUMANN, M.; RESTLE, J.; ALVES FILHO, D. C.; BERNARDES, R. A. C.; ARBOITE, M. Z.; CERDÓTES, L.; PEIXOTO, L. A. O. Avaliação de Diferentes Híbridos de Sorgo (*Sorghum bicolor*, L. Moench) quanto aos Componentes da Planta e Silagens Produzidas, **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v.31, n.1, p.302-312, 2002.

OLIVEIRA, A. P.; BARBOSA, A. H. D.; CAVALCANTE, L. F.; PEREIRA, W. E.; OLIVEIRA, A. N. P; Produção da batata-doce adubada com esterco bovino e biofertilizante. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v.31, n.6, 1722-1728, 2007.

OLIVEIRA, E.; MEDEIROS, G. E. B.; MARUN, F. et al. **Recuperação de pastagens no noroeste do Paraná – Bases para o plantio direto e integração lavoura e pecuária**. Londrina:IAPAR, 2000, 96p. (IAPAR. Informe agropecuário, 132).

PINHEIRO, S.; BARRETO, S. B. **MB-4 agricultura sustentável, trofobiose e biofertilizante**. Alagoas: MIBASA, 2000. 273 p.

SANTOS, A. C. V. A ação múltipla do biofertilizante líquido como fertitoprotetor em lavouras comerciais. In: ENCONTRO DE PROCESSOS DE PROTEÇÃO DE PLANTAS, 1., 2001, Botucatu. **Anais...** Botucatu: UNESP, 2001. p. 91-96.

SILVA, J. et al. Efeito de esterco bovino sobre os rendimentos de espigas verdes e de grãos de milho. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v.22, n.2, p.326-331, abril-junho 2004.

SILVA, J.E.; RESCK, D.V.S.; SHARMA, R.D. Alternativa agrônômica para o bio-sólido produzido no distrito federal. I - Efeito na produção de milho e na adição de metais pesados em latossolos no cerrado. **Revista Brasileira de Ciências do solo**, 26:487-495, 2002.

SILVA, J. L. B. Planejamento de forragem para vacas leiteiras In: I ENCONTRO DE INTEGRAÇÃO LAVOURA-PECUARIA NO SUL DO PAÍS, Pato Branco, **Anais...364p.**,2002.

SILVA, J. M., KICHEL, A. N., FEIJÓ, G. L. D. et al. Avaliação de seis cultivares de milho e sorgo para produção de silagem. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOOTECNIA, 34, 1997, Juiz de Fora. **Anais...** Juiz de Fora: SBZ, 1997. v.1, p.187-189.

SUBBA REDDY, G.; VENKATESWARLU, B.; VITTAL, K. P. R.; SANKAR, G. R. M. Effect of different organic material as source of nitrogen on growth and yield of sorghum (*Sorghum bicolor*). **Indian Journal of Agricultural Sciences**, New Delhi, v. 61, n. 8, p. 551-555, 1991.

VALENTE, J. O. **Manejo cultural do sorgo para forragens**. Sete Lagoas: EMBRAPA – CNPMS, 1992. p. 5-7 (Circular Técnica, 17).

VARGAS, A. M. **El biol**: fuente de fitoestimulantes en el desarrollo agrícola: programa especial de energías. Cochabamba: UMSS-GTZ, 1990. 79 p.

CAPÍTULO 3 – PRODUTIVIDADE E ATRIBUTOS DO SOLO COM APLICAÇÃO DE DOSES DE BIOFERTILIZANTE E FONTE DE NITROGÊNIO MINERAL NO CULTIVO DE MILHO

RESUMO: O milho é uma das culturas comerciais com maior importância mundial. Entre as plantas com aptidão forrageiras é considerada a melhor para a ensilagem e tem perspectivas de alteração significativa no mercado mundial em função de sua entrada em programa de geração de energia (etanol). Com base nestes interesses mercadológicos objetivou-se comparar a aplicação em cobertura de doses de biofertilizante bovino e N-mineral em duas safras consecutivas e avaliar o efeito na produtividade e atributos de solo. Instalou-se o experimento em um Latossolo vermelho eutroférrico típico na FCAV/UNESP, Jaboticabal. Utilizou-se de um delineamento em blocos casualizados com 8 tratamentos e 3 repetições. Os tratamentos foram: controle (sem adubação mineral e orgânica), adubação mineral com 60 e 120 kg de N ha⁻¹; 30, 60, 90, 120 e 240 m³ de biofertilizante por ha⁻¹ ano⁻¹. Utilizou-se nas duas safras avaliadas 2007/2008 e 2008/2009 os mesmos tratamentos e o mesmo híbrido de milho AGN20A55. Observou-se que a produtividade em matéria seca da parte aérea inteira não foi influenciada (P<0,05) pelos tratamentos nos dois anos consecutivos, mas registrou-se diferença entre as frações da parte aérea. A adubação não alterou significativamente (P<0,05) os teores foliares da safra 2007/2008, mas em todos os tratamentos os teores estavam adequados, com exceção do Zn. Nos atributos químicos do solo somente observou-se incrementos nos teores de S-SO₄⁻. Mesmo com a ausência de resposta significativa na produtividade pode-se observar que até 60 m³ de biofertilizante a aplicação é mais econômica do que o uso de N-mineral, sem considerar os benefícios que esta substituição promove com o efeito de condicionante do solo (melhorias biológicas e atributos físicos do solo) e aos ganhos ambientais não contabilizados. Conclui-se que mesmo sem atender ao objetivo de ganhos em produtividade o incentivo para utilização do biofertilizante

deve ser realizada, pois observou-se que a aplicação desta fonte não promoveu prejuízo pela sua utilização que necessita de áreas para sua disposição, pois o solo é fundamental para realizar o processo final de polimento após a biodigestão.

PALAVRAS CHAVE: biofertilizante bovino, reciclagem de nutrientes, sustentabilidade técnica e econômica.

CHAPTER 3 - SOIL ATTRIBUTES AND PRODUCTIVITY WITH APPLICATION OF BIOFERTILIZER DOSES AND MINERAL NITROGEN SOURCE FOR THE CULTIVATION OF MAIZE (*Zea mays* sp.) DURING TWO CONSECUTIVE CULTIVATION

ABSTRACT: The corn crop is major importance cultivation with global business. Among the plants with fitness is considered the best fodder for silage and has prospects for significant change in the world market due to its entry into program to generate energy (ethanol). Based on these interest marketing aimed to compare the rates of application of biofertilizer bovine and mineral-N in two consecutive seasons and to evaluate the effect on productivity and soil attributes. Set up the experiment on an Oxisol in typical FCAV / UNESP, Jaboticabal. Using a randomized block design with 8 treatments and 3 replications. The treatments were: control (no mineral fertilizer and organic), mineral fertilizer with 60 and 120 kg N ha⁻¹, 30, 60, 90, 120 and 240 m³ of biofertilizer per ha⁻¹ yr⁻¹. It was used in the two seasons 2007/2008 and 2008/2009 assessed the same treatments and the same hybrid maize AGN20A55. It was observed that the yield in dry matter of entire shoot was not affected ($P < 0.05$) by treatments in two consecutive years, but is recorded difference between the fractions of the shoots. The fertilization did not change significantly ($P < 0.05$) the levels of leaf season 2007/2008, but in all treatments the critical level of culture was missed in all nutrients, except for Zn. Attributes only in the soil was observed increases in levels of S. Even with the absence of significant response in yield can be observed that just over 60 m³ of biofertilizer its application is less economical than the use of N-mineral, without considering the benefits that this substitution promotes the effect of soil condition (improved biological and physical attributes of soil) and environmental gains not counted. It is concluded that even without considering the objective of productivity gains in the incentive for use of biofertilizer should be performed, since it was observed that the application of this source did not promote its use by the injury

that needs to its disposal areas because the soil is essential to achieve the final process of polishing after biodigest.

KEYWORDS: biofertilizer the dairy cows, nutrient cycling, sustainability.

3.1- INTRODUÇÃO

O milho é uma das culturas comerciais com maior importância mundial. Sua importância comercial relaciona-se principalmente com a grande diversificação de usos deste cereal. Segundo o OFFICE NATIONAL INTERPROFESSIONEL DES GRANDES CULTURES (ONIGC, 2007) no mundo, no ano de 2007, utilizaram-se 740 milhões de toneladas (MT) de milho, distribuídas em 178 MT nas indústrias, 478 MT para a alimentação animal e 84 MT para a alimentação humana. Estima-se que, em média, esta distribuição seja mantida para a maioria dos países no mundo.

Porém, nos Estados Unidos, principalmente em função do uso do milho para produção de energia renovável através da geração de etanol, espera-se uma grande alteração de demanda. Segundo a UNITED STATES DEPARTMENT OF AGRICULTURE (USDA, 2008), o destino do milho produzido no país era de aproximadamente 28 MT em sementes, consumo doméstico e industrial, 50 MT para exportação, 150 MT para alimentação animal e 75 MT para produção de etanol combustível, sendo que somente este setor deve ter uma demanda de mais 60 MT até o ano base de 2017.

Como o Brasil é o terceiro maior produtor mundial de milho, ficando atrás somente dos EUA e da China, é fundamental o acompanhamento do mercado mundial, principalmente dos seus concorrentes diretos, para programação das áreas plantadas e melhoria da produtividade, uma vez que o Brasil, mesmo sendo um grande produtor, não se destaca entre os países com maior nível de produtividade. A produtividade média mundial é de 4.000 kg ha⁻¹, e no Brasil está próxima a 1.874 kg ha⁻¹ (DUARTE, 2000). Entre as medidas para melhoria da produtividade no país destaca-se o uso de cultivares com altas produtividades, aplicação de nutrientes e monitoramento dos níveis de fertilidade do solo e

absorção de nutrientes pelas plantas, o adensamento de plantio, entre outras medidas.

Segundo COELHO et al., (2000) a melhoria da produtividade relaciona-se com a melhoria na qualidade dos solos, que está geralmente relacionada ao adequado manejo, o qual inclui, entre outras práticas, a rotação de culturas, a semeadura direta e o manejo da fertilidade, através da calagem, gessagem e adubação equilibrada com macro e micronutrientes, utilizando fertilizantes minerais e/ou orgânicos (estercos, compostos, adubação verde, biofertilizante, etc.).

Entre as alternativas viáveis, encontra-se a reciclagem dos dejetos, seja como biofertilizante, compostos estabilizados, ou esterco curtido, contribuindo para a redução de demanda de insumos externos, como os fertilizantes minerais. Os benefícios da utilização das fontes orgânicas dentro do sistema onde este foi gerado, que normalmente propicia um balanço econômico e ambiental mais favorável.

Pesquisas realizadas na Embrapa Milho e Sorgo por KONZEN & ALVARENGA, (2000) mostraram produtividades de 5.200 a 7.600 kg ha⁻¹ de milho em plantio convencional com o uso de doses crescentes de dejetos de suínos (45, 90, 135 e 180 m³ ha⁻¹), em aplicação uniforme, exclusiva e combinada com adubação mineral, em solo de cerrado. Os dejetos de suínos foram os resíduos que primeiro tiveram seu impacto ambiental observado e também um dos primeiros a ter seu mérito como fertilizante reconhecido.

Porém, estes mesmos pesquisadores realizaram um estudo com chorume de bovinos leiteiros na produção de milho para produção de silagem, matéria seca e grãos, que resultou em produção similar em todas as modalidades de adubação, tanto com o uso das fontes minerais quanto orgânicas, sendo que determinou-se como dose ideal exclusiva o uso de 100 m³ ha⁻¹ de chorume bovino leiteiros (KONZEN & ALVARENGA, 2000).

CAETANO (2001) observou a importância de se avaliar as frações colmo, folhas, sabugo e palhas, em função do somatório dessas frações serem de

aproximadamente 70% do total da MS da planta e contribuírem com 39 % da digestibilidade “in vivo” ou 65% da digestibilidade potencial da planta inteira. Ou seja, para o processo de seleção de híbridos para silagem, durante muito tempo associou-se somente a qualidade dos grãos como sinônimos de qualidade do híbrido. Hoje se sabe que a porção vegetativa (folha +haste) representa papel importantíssimo na qualidade total do material a ser ensilado.

WOLF et al. (1993) observaram que a fração haste corresponde a aproximadamente 50% da composição da MS da planta inteira, representando um componente importante de influência da produção de MS e no valor nutritivo da planta de milho.

DIAS (2002), comparando diversos trabalhos, verificou que as porcentagens de grãos, espigas, colmo, folhas e sabugos variaram de 26 a 51%, 45 a 72%, 16 a 36%, 11 a 14%, 7 e 13%, respectivamente. Portanto, constata-se uma grande variação dos cultivares quanto às frações das plantas, como também se observa esta variação dentro do mesmo cultivar. Essas variações são em virtude de clima, fertilidade, adubação, tratos culturais que são aplicados a lavoura.

SILVA et al. (2004), trabalhando com aplicação de esterco bovino em milho, observaram que o uso deste resíduo promoveu incrementos nos teores de fósforo, potássio e melhor retenção de água no solo, além do aumento na produtividade de grãos. GIL et al. (2007) utilizando composto de esterco e cama de bovinos, concluíram que este foi um bom substituto ao fertilizante convencional utilizado em milho e promoveu produtividade similar e maior concentração de fósforo total no solo e potássio, matéria orgânica e não aumentou o nível de metais pesados no solo.

Com a hipótese de que a aplicação de biofertilizante contribui para a melhoria na produtividade e a substituição da adubação mineral na cultura do milho e manter uma fertilidade sustentável. Objetivou-se comparar a aplicação de doses de biofertilizante bovino e nitrogênio mineral no cultivo do milho em duas safras consecutivas e avaliar a produtividade e alguns atributos do solo.

3.2 - MATERIAL E MÉTODOS

3.2.1 – DESCRIÇÃO DO EXPERIMENTO

O experimento foi conduzido no setor de grandes culturas do Colégio Técnico Agrícola “José Bonifácio” da Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias – UNESP – Campus de Jaboticabal-SP. As coordenadas geográficas do local são latitude 21°17’05” S e longitude 48°17’09” W, com altitude de aproximadamente 590 m.

O clima da região, segundo classificação de Köppen, é do tipo Aw, caracterizado como tropical chuvoso, megatérmico, com inverno seco. A precipitação média de 1300 mm e temperatura média anual de 21,5°C.

O solo é caracterizado como Latossolo Vermelho eutroférico típico textura muito argilosa (EMBRAPA, 1999). Realizou-se a análise de solo, para instalação do experimento (Tabela 1).

Tabela 1 – Caracterização química do Latossolo Vermelho eutroférico, na profundidade de 0-20 cm

pH H ₂ O	MO	P	K	Ca ²⁺	Mg ²⁺	H + Al	SB	V
1:2,5	g kg ⁻¹	mg dm ⁻³	-----mmol _c dm ⁻³ -----					%
6,3	21	20,2	1,97	32,0	11,0	13,0	48,0	79,0

P em Mehlich 1 - Análises realizadas no laboratório de solos ICIAG/UFU.

No momento da semeadura Safra 2007/2008 foi utilizada uma adubação de plantio equivalente a 125 kg ha⁻¹ com o formulado 8-28-20 + B + Zn, e um stand de 60.000 plantas ha⁻¹. Já no segundo ano (safra 2008/2009) não se realizou a adubação de plantio, sendo a semeadura realizada sobre a palhada da safra 2007/2008.

Desenvolveu-se o experimento com a aplicação de diferentes doses de biofertilizante bovino e de fonte mineral de nitrogênio, sendo que na safra

2007/2008 utilizou-se a Uréia (45% de N) e na safra 2008/2009 utilizou-se o sulfato de amônio (22% N). O biofertilizante utilizado foi produzido pelo processo de biodigestão anaeróbia de dejetos de vacas leiteiras, em biodigestor modelo indiano instalado no Departamento de Engenharia Rural da Universidade Estadual paulista “Julio de Mesquita Filho”, campus de Jaboticabal (FCAV/UNESP) (Figura 1).

O efluente do biodigestor (biofertilizante), produzido após um tempo de retenção hidráulico (TRH) de 30 dias, foi armazenado em um reservatório. Antes da aplicação foi realizada uma agitação da caixa de armazenamento para homogeneização do material, com o auxílio do tanque tratorizado que promove o revolvimento do material dentro do reservatório, após é coletada uma amostra composta para análise do potencial fertilizante do material.



FIGURA 1 – Biodigestor modelo indiano instalado no departamento de Engenharia Rural FCAV-UNESP, campus Jaboticabal.

As parcelas experimentais apresentavam $10,8 \text{ m}^2$ ($2,7 \times 4,0 \text{ m}$), 5 linhas de milho sendo que considerou-se como área útil nas coletas três linhas de milho. O experimento foi montado em delineamento de blocos casualizados com 8 tratamentos e 3 repetições (Tabela 2).

Tabela 2 – Descrição dos tratamentos e das quantidades médias de macronutrientes e sódio aplicados SAFRA 2007/2008 e 2008/2009

Tratamentos	N	P	K	Ca	Mg	Na
	-----kg ha ⁻¹ -----					
Controle	0	0	0	0	0	0
60 kg ha ⁻¹ de N-mineral	60	0	0	0	0	0
120 kg ha ⁻¹ de N-mineral	120	0	0	0	0	0
30 m ³ de biofertilizante*	23,4	18,90	1,245	0,105	1,425	0,525
60 m ³ de biofertilizante*	46,8	37,80	2,490	0,210	2,850	1,050
90 m ³ de biofertilizante*	70,2	56,70	3,735	0,315	4,275	1,575
120 m ³ de biofertilizante *	93,6	75,60	4,980	0,420	5,700	2,100
240 m ³ de biofertilizante*	187,2	151,20	9,960	0,840	11,400	4,200

*biofertilizante oriundo da biodigestão anaeróbia de dejetos de vacas leiteiras holandesas mantidas em sistema de semi-confinamento no setor de bovinocultura da FCAV/UNESP.

As doses de biofertilizante foram aplicadas com base em equivalência em m³ por hectare, utilizou-se uma unidade de volume aplicado, e posteriormente foi feita a quantificação dos nutrientes presentes em cada tratamento com base na amostra coletada. A aplicação foi realizada na linha de cultivo com auxílio de baldes com as doses divididas pelas linhas da parcela.

Aplicou-se os tratamentos (Safrá 2007/2008) em cobertura em 30 de outubro de 2007, quando as plantas apresentavam 6 folhas totalmente expandidas (23 DAE) e as avaliações foliares foram realizadas quando as plantas apresentavam as espigas em ponto de silagem com aproximadamente 72 (DAE) (16 de dezembro 2007). Na safra 2008/2009 manteve-se o mesmo critério definido no primeiro ano experimental, com a aplicação dos tratamentos realizada aos (25 DAE) no dia 15 de outubro de 2008. As avaliações foliares foram realizadas quando as espigas apresentaram-se em ponto de silagem aos 85 DAE no dia 14 de dezembro de 2008.

Utilizou-se o cultivar AGN 20A55, híbrido triplo com aptidão para silagem, participante do programa de melhoramento genético da empresa cujo lançamento comercial só foi realizado na safra seguinte. O mesmo cultivar foi utilizado na safra 2008/2009, mas já incluso no cadastro do registro nacional de cultivares sob o

código de, segundo o MAPA (Ministério de Agricultura, Pecuária e Abastecimento).

Com o objetivo de redução do ataque de insetos, principalmente a lagarta do cartucho (*Spodoptera frugiperda*) e o Elasmopalpus (*Elasmopalpus lignosellus*), aplicou-se no tratamento da semente o carbofuram 350S e em aplicações foliares aos 15 dias e aos 45 dias (DAE) o inseticida karate Zeon 250CS (inseticida piretroide) + (clorpirifos) e dimilin (Diflubenzurom), para o controle segundo avaliação agrônômica. O controle de plantas daninhas na área foi realizada utilizando-se o herbicida em pré emergente primextra (atrazine + metalachor), na dose de 5L ha⁻¹.

Na área experimental foi utilizada irrigação por aspersão para a manutenção da condição hídrica, em ambas as safras, toda a vez que ocorria déficit hídrico na cultura.

3.2.2 – ATRIBUTOS AVALIADOS

Determinou-se a produtividade da matéria verde e da matéria seca das folhas, colmo e espigas. Cada amostra foi pesada em balança de precisão e levada para estufa com ventilação forçada, para secagem, à temperatura de 65°C, por aproximadamente 96 horas até a obtenção do peso constante. Após a secagem, todos os materiais foram novamente pesados, para a obtenção da massa seca (MS) e, em seguida, moídos. Com o material seco realizou-se a análise de macro e micronutrientes foliares, extraídos por solução nitroperclórica determinando-se o potássio, cálcio e magnésio em espectrofotômetro de absorção atômica; o fósforo em espectrofotômetro UV visível; o enxofre pelo método turbidimétrico reativo, Fe, Cu, Mn e Zn no espectrofotômetro de absorção atômica, no extrato da solução nitroperclórica (diluição 1:100), conforme metodologia de SARRUDE & HAAG (1974).

O solo foi coletado ao fim do ciclo do milho, após a coleta dos grãos, na profundidade de 0-20 cm retirando em cada parcela três sub-amostras que foram homogeneizadas e posteriormente deram origem a uma amostra composta.

Realizou-se a análise química do solo no laboratório de análises de solos da Universidade Federal de Uberlândia, conforme a metodologia descrita pela EMBRAPA (1997), os teores de P e K (em HCl 0,05 mol L⁻¹+ H₂SO₄ 0,025 mol L⁻¹); pH em água (1:2,5) e Matéria Orgânica (M.O) pelo método colorimétrico.

3.3 - RESULTADOS E DISCUSSÃO

Utilizando-se dos dados da tabela 3, verifica-se que a relação entre as partições realizadas na parte aérea do milho representaram poucas diferenças entre os tratamentos sendo na Safra 2007/2008 no tratamento controle 42% espiga e palha, 39% de colmo e 19% de folhas e na safra 2008/2009 54% espiga + palha, 31% de colmo e 13% de folhas; ou seja, ocorrem diferenças entre tratamentos e entre safras distintas, porém de maneira geral a fração espiga + palha representa a maior fração de MS da planta, seguida pela fração do colmo e folha.

Comparando-se a média da fração folha entre as safras observa-se que a colheita de 2007/2008 diferiu ($P < 0,05$) da 2008/2009. Na safra 2007/2008 houve diferenciação entre os tratamentos aplicados, o que não ocorreu na segunda safra. Na safra 2007/2008 visualiza-se que a maior produção de folhas ocorreu no tratamento com aplicação de $120 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$, comportamento que não se manteve no segundo ano do experimento, por não apresentar diferença entre os tratamentos. O tratamento controle apresentou a menor produtividade de folhas, não diferindo ($P < 0,05$) do tratamento com aplicação de 60 kg ha^{-1} N mineral, 60, 90 e 240 m^3 de biofertilizante. O que se pode aferir que mesmo na safra 2007/2008 onde houve diferença entre os tratamentos houve pouca amplitude de variação entre os tratamentos. A amplitude entre os tratamentos, entre o tratamento com a maior produção e o tratamento com a menor produção, do primeiro ano foi 998 kg ha^{-1} , e no segundo ano 596 kg ha^{-1} , ou seja, percebe-se que ocorreu pouca variação na produção da fração foliar das plantas de milho. No segundo ano o maior CV apresentado pode ter influenciado o resultado, uma vez que o DMS do segundo ano foi 100% maior do apresentado no primeiro ano.

A produção de matéria seca (MS) da planta inteira com a adubação orgânica ou mineral promoveu na Safra 2007/2008 sofreu incrementos de 1.174 a $4.261 \text{ kg por ha}^{-1}$, enquanto que na safra 2008/2009 não detectou-se diferença entre os tratamentos ($P < 0,05$) sendo a produtividade nos tratamentos com 120 kg

de N mineral, 30, 120, 240 m³ ha⁻¹ de biofertilizante inferior ao obtido no tratamento controle. Sendo na média não houve diferença entre as produtividades das duas safras avaliadas.

TABELA 3 – Matéria seca das frações folha, colmo, espiga com palha e planta inteira de milho fertilizado com biofertilizante bovino e nitrogênio mineral safra 2007/2008 e safra 2008/2009.

Tratamento	Fração folha		Fração colmo	
	-----kg ha ⁻¹ -----			
	2007/2008	2008/2009	2007/2008	2008/2009
Controle	1.928,66 c	1.834,66	4.415,66	4.162,33
Mineral 60 kg ha ⁻¹ N	2.477,33 abc	2.257,33	5.588,33	4.354,33
Mineral 120 kg ha ⁻¹ N	2.595,33 ab	1.808,33	5.619,33	4.354,33
30 m ³ Biofertilizante	2.625,33 ab	1.700,33	6.397,66	3.412,33
60 m ³ Biofertilizante	2.267,33 bc	2.296,00	5.421,00	4.529,00
90 m ³ Biofertilizante	2.531,00 abc	2.017,00	6.130,00	4.083,00
120 m ³ Biofertilizante	2.927,33 a	1.820,00	6.729,66	3.436,66
240 m ³ Biofertilizante	2.273,66 bc	1.960,33	5.804,66	4.083,00
CV(%)	8,95	23,31	15,65	28,37
DMS	633,27	1.317,97	2.599,33	3.285,87
Media geral	2.453,24 A	1.961,70 B	5.763,27 A	4.018,33 B
Tratamento	Fração espiga + palha		Parte área inteira	
	-----kg ha ⁻¹ -----			
	2007/2008	2008/2009	2007/2008	2008/2009
Controle	4.694,00	7.262,33	11.039,00 b	13.259,00
Mineral 60 kg ha ⁻¹ N	4.148,00	8.122,33	12.213,66 ab	14.734,33
Mineral 120 kg ha ⁻¹ N	4.919,00	6.938,66	13.134,00 ab	13.101,33
30 m ³ Biofertilizante	5.341,66	7.057,00	14.364,33 ab	12.169,66
60 m ³ Biofertilizante	5.421,00	9.115,66	13.109,33 ab	15.940,33
90 m ³ Biofertilizante	5.624,33	7.491,66	14.284,66 ab	13.323,33
120 m ³ Biofertilizante	5.643,33	6.277,33	15.300,33 a	11.534,00
240 m ³ Biofertilizante	4.440,00	6.999,33	12.518,66 ab	13.043,00
CV(%)	14,03	24,51	10,12	23,78
DMS	2.304,58	5.234,01	3.864,21	9.176,65
Media geral	5.028,99 B	7.408,06 A	13.245,50 A	13.388,10 A

Letras minúsculas na coluna diferem entre si pelo teste de Tukey (P<0,05)

Letra maiúsculas na linha diferem entre si pelo teste de Tukey (P<0,05)

A análise das duas safras consecutivas com aplicação de biofertilizante e fontes minerais contribuiu para esclarecer que quando a área apresenta boa condição para promover produtividade satisfatória os ganhos não são detectados na produtividade de MS e sim a manutenção da fertilidade da área, garantindo a sustentabilidade, ou seja, a aplicação das fontes orgânicas além de solucionar a questão de áreas para disposição final do resíduo pode favorecer os atributos do solo e a manutenção da produtividade.

Os valores médios de produção de MS foram semelhantes aos observados por HIROCE *et al.* (1989), que estimaram a produção média de MS do milho na parte aérea é igual a $14,2 \text{ t ha}^{-1}$, e a de grãos, $6,0 \text{ t ha}^{-1}$, sendo os valores médios de extração de nutrientes pela parte aérea do milho, no estágio de máximo acúmulo ou seja, no final do ciclo da cultura, iguais a 139; 23 e 120 kg ha^{-1} de N, P e K, respectivamente.

BORTOLINI *et al.* (2001), trabalhando com uma dose de 60 kg ha^{-1} de N mineral, obtiveram produtividade de 7.600 kg ha^{-1} de grãos. Este resultado demonstra que a produtividade não é somente dependente da adubação aplicada e sim de características de solo, clima, ano de cultivo, variedade plantada e principalmente manejo. Todos esses fatores podem interferir na resposta da cultura, pois neste experimento com a mesma dose aplicada e fonte obteve-se uma produção de 60% e 93% superior ao obtido por BORTOLINI *et al.* (2001) na safra 2007/2008 e 2008/2009, respectivamente.

O maior rendimento da fração espigas + palha na safra 2007/2008 foi obtido no tratamento com 120 m^3 de biofertilizante correspondendo a 20% a mais que no tratamento controle, porém este não diferiu dos demais tratamentos. O rendimento em espiga + palha com aplicação de 120 kg de N mineral foi somente 4% superior ao rendimento controle, e ambos os rendimentos foram equivalentes estatisticamente.

FERNANDES *et al.* (2004), em ensaios de fertirrigação com a fração líquida de chorume bovino na cultura do milho, observaram diminuição da produção da cultura, e consideraram que este fato deveu-se à aplicação de duas fertirrigações

espaçadas 15 dias, havendo o *input* de 50 kg N total ha⁻¹ em cada o que poderia ter promovido elevada imobilização de nitrogênio mineral devido à aplicação da fração líquida do chorume. O comportamento observado acima, não acarreta danos com o uso de biofertilizante, pois diferente da aplicação dos afluentes “in natura”, este se encontra estabilizado não promovendo a imobilização de N.

A resposta das culturas ao uso de esterco pode ser equivalente ao uso de adubação mineral visto que SUTTON et al. (1986), estudando o efeito do uso de doses de esterco líquido de gado de leite (112, 224 e 336 Mg ha⁻¹ com 955 g kg⁻¹ de umidade), não constatou diferença na produtividade de milho entre as doses utilizadas ou com adubação mineral, em cinco anos de uso, mas as produtividades de grãos foram maiores que a testemunha em todos os anos avaliados.

Os macronutrientes e micronutrientes foliares encontram-se na Tabela 4. O experimento baseou-se nas doses de nitrogênio aplicadas via biofertilizante e N mineral. Percebe-se (Tabela 4) que o tratamento controle foi equivalente ($P < 0,05$) ao tratamento com aplicação de 60 e 120 kg ha⁻¹ de N, 30, 60, 90 e 240 m³ ha⁻¹ de biofertilizante. Ou seja, só diferiu do tratamento com 120 m³ de biofertilizante. Esperava-se uma diferenciação do N foliar em função das doses aplicadas. Porém em todos os tratamentos, inclusive no tratamento controle, a concentração observada esta dentro da faixa de suficiência proposta por MARTINEZ et al. (1999) que é de 27,5 a 32,5 g kg⁻¹ de N.

Os demais macronutrientes não diferiram entre si em funções das diferentes doses aplicadas e os teores de micronutrientes também não responderam aos aumentos da dose, com exceção do Cu que teve seu teor reduzido e o Fe que teve seu teor aumentado no tratamento com 240 m³.

De acordo com a faixa de suficiência proposta por MARTINEZ et al. (1999), valores entre 2,5 e 3,5 g kg⁻¹ de P, 1,0 a 2,0 g kg⁻¹ de K, 2,5 e 4,0 g kg⁻¹ de Ca e Mg, de 4 a 20 mg kg⁻¹ de B, 6 a 20 mg kg⁻¹ de Cu, 20 a 250 mg kg⁻¹ de Fe, 20 a 150 mg kg⁻¹ de Mn e 20 a 70 mg kg⁻¹ de Zn. Ou seja, neste experimento a análise foliar permitiu visualizar que ocorreu o atendimento à faixa de suficiência de todos os macronutrientes em todos os tratamentos e de todos os micronutrientes com

exceção do Zn que os teores encontram-se abaixo da faixa e do Fe em que os teores apresentados encontram-se acima da faixa.

Tabela 4 - Macronutrientes e micronutrientes foliares do milho safra 2007/2008 fertilizado com doses de biofertilizante bovino e nitrogênio mineral

Tratamentos	N	P	K	Ca	Mg	S
	-----g kg ⁻¹ -----					
Controle	30,00 ab	3,00	27,00 ab	5,00 ab	3,00	2,00
Mineral (60 kg ha ⁻¹)	31,00 a	3,00	27,33 ab	4,66 b	2,00	2,00
Mineral (120 kg ha ⁻¹)	28,00 bc	3,00	26,00 b	5,00 ab	2,00	2,00
30 m ³ Biofertilizante	30,00 ab	3,00	27,00 ab	6,00 a	2,66	2,00
60 m ³ Biofertilizante	30,00 ab	3,00	27,00 ab	5,00 ab	2,00	2,00
90 m ³ Biofertilizante	28,00 bc	3,33	26,00 b	5,00 ab	3,00	1,66
120 m ³ Biofertilizante	27,00 c	3,00	28,00 ab	5,00 ab	3,00	2,00
240 m ³ Biofertilizante	29,00 abc	3,33	29,00 a	5,00 ab	3,00	1,66
CV%	3,15	8,67	2,80	7,59	14,9	15,6
DMS	2,64	0,77	2,19	1,11	1,11	0,86
Tratamentos	B	Cu	Mn	Fe	Zn	
	-----mg kg ⁻¹ -----					
Controle	9,66	10,66 ab	52,00 b	308,66 bc	14,00 bc	
Mineral (60 kg ha ⁻¹)	10,66	10,66 ab	52,66 b	326,00 bc	15,00abc	
Mineral (120 kg ha ⁻¹)	12,66	11,00 ab	56,00 ab	471,66 abc	16,66 a	
30 m ³ Biofertilizante	14,00	10,66 ab	61,66 a	491,66 ab	15,66 ab	
60 m ³ Biofertilizante	14,00	10,00 bc	50,00 bc	359,00 abc	17,00 a	
90 m ³ Biofertilizante	11,00	9,00 cd	50,00 bc	400,00 abc	13,00 dc	
120 m ³ Biofertilizante	10,00	12,00 a	42,00 c	284,00 c	11,00 d	
240 m ³ Biofertilizante	10,00	8,00 d	50,00 bc	520,00 a	15,00abc	
CV%	13,60	4,70	5,58	16,94	5,47	
DMS	4,50	1,38	8,33	192,92	2,31	

Letras diferentes na coluna diferem entre si pelo teste de tukey (P,0,05)

JOKELA (1992) constatou que aplicação do equivalente a 9 t ha⁻¹ de matéria seca de esterco líquido de gado de leite resultou na ausência de resposta na produtividade do milho ao uso de até 168 kg ha⁻¹ de N. Esse resultado assemelha-se ao deste experimento.

Percebe-se que os atributos do solo (Tabela 5), na Safra 2007/2008 foram pouco influenciados pelos tratamentos aplicados, ou seja, comportamento similar ao observado nos atributos foliares.

Tabela 5 – Atributos químicos do solo após cultivo do ano agrícola safra 2007/2008.

Tratamento	pH	MO	P	K	Ca	Mg
		dag kg ⁻¹	-----mg dm ⁻³ -----		-----Cmolc dm ⁻³ -----	
sem adubação	7,00	3,00	31,66	140,33ab	4,00	1,33
ad. mineral 60 kg N	7,00	3,00	35,33	103,00 b	5,00	1,00
ad mineral 120 kg N	7,00	3,00	36,00	140,66 ab	4,33	1,33
biofertilizante 30 m ³	7,00	2,66	42,33	145,00 ab	4,00	1,33
biofertilizante 60 m ³	7,00	3,00	33,66	135,00 ab	4,66	1,00
biofertilizante 90 m ³	7,00	3,00	32,33	178,66 a	4,66	1,33
biofertilizante 120 m ³	7,00	2,66	33,66	159,00 ab	4,33	1,33
biofertilizante 240 m ³	6,66	3,00	40,33	106,66 b	4,66	1,00
CV(%)	2,93	9,16	20,40	16,77	10,81	24,73
DMS	0,588	0,77	20,94	66,96	1,38	0,86
Tratamento	S-SO ₄ ⁻	V %	Zn	Cu	Fe	Mn
sem adubação	2,66 b	76,00	2,33 ab	3,66	19,00	34,00
ad. mineral 60 kg N	3,66 ab	77,33	3,00 a	4,66	20,00	35,33
ad mineral 120 kg N	3,66 ab	76,00	3,00 a	4,00	18,66	36,00
biofertilizante 30 m ³	4,00 ab	74,00	3,00 a	3,66	18,33	33,66
biofertilizante 60 m ³	3,33 ab	77,33	2,33 ab	4,33	18,00	34,66
biofertilizante 90 m ³	4,66 ab	77,33	2,66 ab	4,66	19,66	33,66
biofertilizante 120 m ³	3,66 ab	74,66	2,00 b	4,33	18,66	34,00
biofertilizante 240 m ³	7,66 a	74,33	2,66 ab	4,33	21,33	36,00
CV(%)	40,86	4,51	13,14	11,15	9,86	9,03
DMS	4,90	9,86	0,99	1,35	5,46	9,02

Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de tukey (P<0,05).

MO = matéria orgânica; V % = saturação por bases

Uma maior concentração dos nutrientes no solo era esperada, principalmente, nos tratamentos com a aplicação da adubação orgânica, em função destes tratamentos além do N, tiveram como ganhos acompanhantes outros macronutrientes e micronutrientes, o que não ocorreu. Pode-se atribuir o fato a um período de adaptação da macro e microfauna do solo que ocorre quando há a aplicação de adubos e/ou resíduos orgânicos, principalmente de acordo com CORREIA & PINHEIRO, (1999) e BARETTA et al., (2003) pelo fornecimento de alimento para os organismos e modificações na temperatura e

cobertura do solo. Inicialmente ocorre um aumento da biomassa microbiana no solo que consome com maior velocidade os nutrientes aplicados, após essa fase inicial ocorre um equilíbrio da microbiota do solo que passa a acumular elementos.

Vários trabalhos têm relatado a importância da adubação orgânica e sua capacidade em substituir completamente a adubação mineral na produção de grãos de milho (GALVÃO, 1988, 1995; BASTOS, 1999). Neste experimento observou-se que ambas as adubações não promoveram alterações nos atributos do solo, sendo equivalentes aos teores detectados no tratamento controle.

Observa-se que as diferentes fontes aplicadas não promoveram alterações no pH, no teor de MO e na saturação por bases (V%) do solo. O pH encontra-se um pouco acima do ideal, que deveria ser 6,5, porém essa pequena alcalinidade apresentada não comprometeu a produtividade da cultura, mas deve ter influenciado a absorção do Zn, podendo ser um dos fatores deste elemento, nos dados foliares (tabela 4), não ter atingido a faixa de suficiência considerada adequada. E a MO encontra-se segundo a classificação agrônômica (CFSEMG, 1999), dentro da faixa considerada bom. O V% apresentado em todos os tratamentos, também é considerado bom, entre 60,1 e 80%.

Não houve diferença nos teores de P após a safra 2007/2008 (Tabela 5), no solo estudado o teor de argila é acima de 60%, ou seja, de acordo com a classe de interpretação da disponibilidade para o fósforo (CFSEMG, 1999) teores acima de 12 mg dm^{-3} são considerados muito bom. No solo da área experimental o valor médio é de 36 mg dm^{-3} . De acordo com PAULETTI et al. (2008) o uso contínuo de esterco em uma mesma área tende a aumentar a fertilidade do solo, especialmente dos níveis de P e N.

Os teores de K observados na safra 2007/2008, somente os teores do tratamento com 60 kg de N mineral e $240 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$ de biofertilizante, encontram-se na faixa considerada bom os demais se encontram dentro da faixa considerada muito bom, apresenta teor acima de 120 mg dm^{-3} . Porém os tratamentos acima citados só diferiram estatisticamente do tratamento com $90 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$ de biofertilizante que apresentou o teor de 178 mg dm^{-3} de K.

MATOS et al. (2005) não observaram alterações nos atributos do solo após aplicação de água residuária de suinocultura, com exceção do K, sendo que as doses não foram suficientes para proporcionar acúmulo na camada de 0 a 0,20 m de profundidade.

Os teores de Ca encontram-se em todos os tratamentos classificados como bons, e de Mg como muito bons. Segundo as classes de interpretação de fertilidade do solo (CFSEMG, 1999). Em relação ao S apesar de somente o teor do tratamento com $240 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$ de biofertilizante ter diferido ($P < 0,05$) do tratamento controle, observa-se que em todos os tratamentos em que foram aplicados adubação orgânica e mineral houve incrementos de 25 a 187% superior ao observado no tratamento controle.

Os micronutrientes não foram alterados em função da aplicação do biofertilizante.

Sabe-se que a concentração de elementos químicos nas plantas depende da interação de um certo número de fatores, incluindo solo, espécie vegetal, estágio de maturação, rendimento, manejo da cultura e clima (McDOWELL et al., 1993). No entanto, o principal fator é o potencial de absorção, específico e geneticamente fixado para os diferentes nutrientes e diferentes espécies vegetais (MENGEL & KIRKBY, 1987).

Pode-se atribuir a pouca variação nos atributos de solo e foliares ao fato a área experimental naturalmente homogênea e de alta fertilidade. Sabe-se que também que o acompanhamento em longo prazo da área poderá possibilitar a observação da atuação do biofertilizante, que poderá promover melhorias em função do melhor condicionamento químico, físico e biológico do solo garantindo a sustentabilidade da área. Pode-se supor que a aplicação de forma controlada de biofertilizante durante os ciclos de cultivo possam fornecer nutrientes de forma a suprir as extrações realizadas.

Apesar do experimento não ter influenciado a maioria dos atributos avaliados, EGHBALL & POWER (1999) sugerem que a aplicação de doses de esterco de gado de corte deve ser fornecida baseada na quantidade de N, visto

que a produtividade de milho obtida com esterco bovino foi igual ou superior ao uso de fonte mineral. A equivalência observada por este e outros autores com o uso da adubação orgânica é satisfatória para que investigações continuem sendo realizadas com o intuito de promover o interesse na aplicação das fontes orgânicas disponíveis. É conveniente estimular o uso de recursos renováveis, presentes nas propriedades rurais atribuindo não uma visão exclusiva de superioridade do adubo orgânico frente ao adubo mineral, mas a idéia da equivalência que pode representar um resultado viável economicamente e ambientalmente.

Com base nos dados acima descritos (Tabela 3), a seguir serão realizadas algumas simulações de custos na produção de MS após aplicação das fontes orgânicas e minerais. Essas simulações são ferramentas que podem auxiliar na decisão de estratégia para a otimização de sistemas intensivos de produção pecuária que são bastante dependentes de volumosos, entre eles a produção de silagem.

Considerando-se uma propriedade de 50 vacas leiteiras (50 unidades animais (UA) a necessidade de alimentação suplementar para a manutenção deste rebanho por um período mínimo de 6 meses, período em que as pastagens se tornam menos vigorosas, normalmente o período seco do ano temos a fórmula: requerimento mensal de MS = exigência de MS 15 kg por UA X UA (50) X número de dias (30) = 22.500 kg MS, transformando para uma utilização por 6 meses temos uma necessidade de 135.000 kg de MS.

O custo com a adubação mineral e com os tratamentos com biofertilizante. Foi considerado no cálculo o custo de 1 tonelada de sulfato de amônio de R\$ 1.700,00 e o custo de 10 m³ de biofertilizante foi calculado com base no custo de uma diária de tratorista (R\$ 50,00) + custo de diesel (40 L X R\$ 2,479), estimado para percorrer uma distância de 240 km ou aproximadamente 8 viagens de 15 km para transportar o biofertilizante em um tanque tratorizado de 4m³ + diária pelo uso do trator R\$ 200,00 + custo amortizado (por um período de 10 anos) pela compra de um tanque tratorizado de 4m³ para transportar o biofertilizante R\$

200,00. De acordo com a capacidade do tanque e do número médio de viagens que 1 tratorista é capaz de realizar o transporte e aplicação em um dia de 32 m³ se a distancia a ser percorrida for de 15 km, ou seja estimou-se o custo de R\$ 549,16 ou R\$ 171,61 a cada 10 m³ aplicado.

Na tabela 6 estão descritos por tratamento aplicado a capacidade de suporte, em unidades animais, de animais alimentados mensalmente em 1 hectare de milho plantado (CS por hectare), a área à ser cultivada para produzir MS para alimentar 50 UA pelo período seco (6 meses) e o custo da adubação estimado por safra.

TABELA 6 – Demonstrativo de valores de capacidade de suporte por hectare/mês e a área cultivada necessária para manter 50 unidades animais por 6 meses durante a safra 2007/2008 e 2008/2009 e o custo estimado por safra

	Custo safra (R\$)	Capacidade de Suporte (UA/mês)		Área cultivada necessária (50UA/semestre)	
		2007/2008	2008/2009	2007/2008	2008/2009
Controle	0,00	24,33 b	29,33	12,66 b	10,00
Mineral 60 kg ha ⁻¹ N	510,00	27,00 ab	32,66	11,00 ab	9,00
Mineral 120 kg ha ⁻¹ N	1.020,00	29,00 ab	29,33	10,33 ab	10,33
30 m ³ Biofertilizante	514,80	31,66 ab	27,00	9,33 ab	12,66
60 m ³ Biofertilizante	1.029,60	29,33 ab	35,33	10,33 ab	9,00
90 m ³ Biofertilizante	1.544,40	31,66 ab	29,66	9,66 ab	10,33
120 m ³ Biofertilizante	2.059,20	34,00 a	26,00	8,66 a	12,33
240 m ³ Biofertilizante	4.118,40	28,00 ab	29,00	11,00 ab	10,66
CV%		10,80	23,87	12,01	26,19
DMS		9,14	20,49	3,59	7,95
Media geral		29,37 A	29,79 A	10,37 A	10,54 A

Medias seguida de letra minúscula na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey (P<0,05)

Medias seguida de letra maiúscula na linha não diferem entre si pelo teste de Tukey (P<0,05)

O biofertilizante mesmo com as vantagens ambientais da reciclagem de nutrientes, redução do uso de fontes minerais que apresentam disponibilidade finita, das melhorias biológicas e físicas descritas por diversos autores (KONZEN,

2003; CFSEMG, 1999; HENRY & WHITE, 1993; LONGSDON, 1993), tem uma forte barreira no convencimento de produtores, ainda mais quando as diferenças atribuídas à produtividade, como neste experimento, não é significativo ($P < 0,05$). Dados de custo de adubação são mais facilmente aceitos, sendo assim realizou-se essa estimativa.

Se considerarmos somente o uso da fonte de N, pode-se observar que o custo de aplicação, com o uso de tanque tratorizado, é de R\$ 22,00 por kg de N aplicado enquanto a fonte mineral é de R\$ 8,50. Porém, como demonstrado na Tabela 2 nos tratamentos com biofertilizante será acrescido também outros nutrientes como o fósforo, o que corresponderia a cada 30 m³ de biofertilizante aplicado será adicionado o equivalente ao uso de 100 kg de superfosfato simples, ou seja, mais R\$ 98,00. O custo do uso do biofertilizante pode se tornar mais elevado do que o uso de adubação mineral caso a dose seja superior a 30 m³ ha⁻¹ ano.

O menor custo de produção foi obtido com o tratamento controle, porém deve-se desconsiderar esse critério de avaliação uma vez que a perda de fertilidade com o uso contínuo da área deve ser considerada. Conforme foi demonstrado na tabela 1, reduções nos nutrientes de solo são observados quando se realiza o cultivo de safras com extração de nutrientes sem sua reposição, e as perdas mesmo em solos de elevada fertilidade, como o utilizado neste experimento, podem ocorrer em um curto espaço de tempo.

3.4- CONCLUSÕES

O biofertilizante bovino não promoveu incrementos no rendimento da MS do milho nos dois anos de cultivos.

Não houve alterações nos atributos do solo e nos teores de nutrientes foliares na safra 2007/2008.

É conveniente colocar que o estudo realizado da viabilidade econômica da aplicação do biofertilizante bovino demonstra que a aplicação acima da dose de $30 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$, em função da não diferenciação da produtividade não acarreta em ganhos econômicos.

Mantém-se a hipótese de que a aplicação do biofertilizante bovino pode beneficiar em longo prazo a sustentabilidade ambiental da área. Além de o fato de não causar prejuízo pela sua aplicação torna-se solução para a disposição deste resíduo produzido em grandes quantidades nas propriedades rurais.

3.5 - REFERÊNCIAS

BARETTA, D.; SANTOS, J. C. P.; MAFRA, A. L.; WILDNER, L. P.; MIQUELLUTI, D. J. Fauna edáfica avaliada por armadilhas de catação manual afetada pelo manejo do solo na região oeste catarinense. **Revista Ciência Agroveterinária, LOCAL**, 2:97- 106, 2003.

BASTOS, C. S. **Sistemas de adubação em cultivo de milho exclusivo e consorciado com feijão, afetando a produção, estado nutricional e incidência de insetos fitófagos e inimigos naturais**. 1999. 117 f. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 1999.

BORTOLINI, C. G.; SILVA, P. R. F.; ARGENTA, G.; FORSTHOFER, E. L. Rendimento de grãos de milho cultivado após aveiapreta em resposta a adubação nitrogenada e regime hídrico. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 36, n. 9, p. 1101- 1106, 2001

CAETANO, H. **Avaliação de onze cultivares de milho colhidos em duas alturas de corte para a produção de silagem**. 2001. 178f. Tese (doutorado) Faculdade Estadual Paulista “Julio de Mesquita Filho” FCAV:UNESP, Jaboticabal, 2001.

COELHO, A. M.; FRANÇA, G. E.; PITTA, G. V. E.; ALVES, V. M. C.; HERNANI, L. C. Nutrição e adubação do milho In: CRUZ, J. C.; VERSIANI, R. P.; FERREIRA, M. T. R.; (Ed.), EMBRAPA:CNPMS, 2000. (Sistema de cultivo, 1), Disponível em: <<http://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Milho/CultivodoMilho/index.htm>> Acesso em: 08 de Jul.2008.

COMISSÃO DE FERTILIDADE DO SOLO DO ESTADO DE MINAS GERAIS (CFSEMG) **Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas gerais – 5ª aproximação**. Belo Horizonte: EPAMIG, 1999, 180 p.

CORREIA, M. E. F.; PINHEIRO, L. B. A. **Monitoramento da fauna do solo sob diferentes coberturas vegetais em um sistema integrado de produção agroecológica**, Seropédica: EMBRAPA Agrobiologia, 1999. 15p. (Circular Técnica, 3).

DIAS, F. N. **Avaliação de parâmetros agronômicos e nutricionais em híbridos de milho (Zea mays L.) para silagem**. 2002. 114f. Dissertação (Mestrado em ciências animais e pastagem) Escola superior de agricultura “Luiz de Queiroz” USP: ESALQ, Piracicaba, 2002.

DUARTE, J. O. Importância econômica In: CRUZ, J. C.; VERSIANI, R. P.; FERREIRA, M. T. R.; (Ed.), EMBRAPA: CNPMS, 2000. (Sistema de cultivo, 1), Disponível em: < <http://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Milho/CultivodoMilho/index.htm>.> Acesso em: 08 de Jul. 2008.

EGHBALL, B.; POWER, J. Phosphorus and nitrogen-based manure and compost applications: corn production phosphorus. **Soil Science Society of America Journal**, Madison, v. 63, p. 895-901, 1999.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA **Sistema brasileiro de classificação de solos**. EMBRAPA: Centro Nacional de Pesquisa de Solos, Rio de Janeiro, 1999. 412p.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA **Manual de métodos de análise de solo**. 2.ed. Rio de Janeiro, EMBRAPA: Centro Nacional de Pesquisa de Solos, 1997. 212p.

FERNANDES, A.; TRINDADE, H.; COUTINHO, J.; MOREIRA, N. Effect of rate of cattle-slurry at sowing, number of fertigrations with slurry-liquid fraction and rate of mineral-N top-dressings on yield and N removal by forage maize. In: HATCH, D.J.; CHADWICK, D. J.; JARVIS, S. C.; ROCKER, J. A. (Ed.), **Controlling nitrogen flows and losses**. Wageningen:Wageningen Academic Publishers, 2004. p. 168-170.

GALVÃO, J. C. C. **Características físicas e químicas do solo e produção de milho exclusivo e consorciado com feijão, em função de adubações orgânica e mineral contínuas**. 1995. 194 f. Tese (Doutorado) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 1995.

GALVÃO, J. C. C. **Efeito das adubações orgânica e mineral sobre o consórcio milho-feijão**. 1988. 112 f. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 1988.

GIL, M. V.; CARBALLO, M. T.; CALVO, L. F. Fertilization of maize with compost from cattle manure supplemented with additional mineral nutrients. **Waste management**, Acesso In: <elsevir eds. doi 10.1016/j.wasman.2007.05.009> 2007.

HEIRICHS, R.; VITTI, G. C.; FIGUEIREDO, P. A. M.; Atributos químicos do solo e rendimento de grãos de milho sob do cultivo consorciado com adubos verdes, **Revista científica eletrônica de agronomia**, ano 3, n. 5, 2004.

HIROCE, R.; FURLANI, A. MC.; LIMA, M. **Extração de nutrientes na colheita por populações e híbridos de milho**. Campinas: Instituto Agrônômico, 1989. 24 p. (Boletim Científico, 17).

KONZEN, E. A.; ALVARENGA, R. C. Adubação orgânica In: CRUZ, J. C.; VERSIANI, R. P.; FERREIRA, M .T. R. (Ed.), EMBRAPA:CNPMS, Sistema de cultivo 1, 2000. Disponível em: <<http://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Milho/CultivodoMilho/index.htm>> acesso em 8 de Jul. 2008.

JOKELA, W.E. Nitrogen fertilizer and dairy manure effects on corn yield and soil nitrate. **Soil Science Society of America Journal**, v. 56, p.148-154, 1992.

MARTINEZ, H. E. P.; CARVALHO, J. G.; SOUZA, R. B. Diagnose foliar. In: RIBEIRO, A.C.; GUIMARÃES, P. T. G. ; ALVAREZ, V. H. (Ed.) **Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais: 5 aproximação**. Viçosa:Comissão de Fertilidade do Solo do Estado de Minas Gerais, p.143-168. 1999.

MATOS, A. T.; PINTO, A. B.;PEREIRA, O. G.; BARROS, F. M. Alteração de atributos químicos no solo de rampas utilizadas no tratamento de águas residuárias. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.9, n.3, p.406-412, 2005.

McDOWELL, L. R.; CONRAD, J. H.; HEMBRY, F. G. **Minerals for grazing ruminants in tropical regions**. 2.nd, Gainesville: University of Florida, 1993. 77p.

MENGEL, K.; KIRKBY, E. A. **Principles of plant nutrition**. 4.th. Bern: International Potash Institute, 1987. 687p.

OFFICE NATIONAL INTERPROFESSIONEL DES GRANDES CULTURES (ONIGC) **Statistique annuel des demandes d'aides aux céréales, oléagineux 2006**, IN: ANNÉ 2006, ONIGC, p.250 , Montreuil Sous Bois, Décembre , 2007.

PAULETTI, V.; BARCELLOS, M.; MOTTA, A. C. V.; MONTE SERRAT, B.; SANTOS, I. R. Produtividade de culturas sob diferentes doses de esterco líquido de gado de leite e de adubo mineral, **Scientia Agraria**, Curitiba, v.9, n.2, p.199-205, 2008.

SANTOS, P. G.; JULIATTI, F. C.; BUIATTI, A. L.; HAMAWAKI, O. T. Avaliação do desempenho agrônômico de híbridos de milho em Uberlândia, MG. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 37, n. 5, p.597 - 602, 2002.

SARRUDE, J. R.; HAAG, H. P. Análises químicas em plantas Piracicaba: **ESALQ**, 1974.

SILVA, J.; SILVA, P. S. L.; OLIVEIRA, M.; SILVA, K. M. B. Efeito de esterco bovino sobre os rendimentos de espigas verdes e de grãos de milho. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v.22, n.2, p.326-331, abril-junho 2004.

SUTTON, A. L.; NELSON, D. W.; KELLY, D. T.; HILL, D. L. Comparison of solid vs. Liquid manure applications on corn yield and soil composition. **Journal of Environmental Quality**, Madison, v. 15, n. 4, p. 370-375, 1986.

UNITED STATES DEPARTMENT OF AGRICULTURE (USDA) agricultural projections to 2017, corn's p.39, 2008. Disponível em: <http://www.ers.usda.gov/Publications/OCE081/OCE20081c.pdf>. Acesso em 09 jul. 2008.

WOLF, D. P.; COORS, J. G.; ALBRECHT, K. A.; UNDERSANDER, D. J.; CARTER, P.R. Agronomic evaluations of maize genotypes selected for extreme fiber concentrations, **Crop Science**, v.33, p. 1359-1365, 1993.

CAPITULO 4 – PRODUTIVIDADE E ATRIBUTOS DE SOLO APÓS APLICAÇÃO DE DEJETOS COMPOSTADOS DE BOVINOS LEITEIROS NO CULTIVO DE MILHO

RESUMO: Uma das formas mais tradicionais de uso de dejetos na agricultura é o uso de esterco curtido e composto bovino. Com o intuito de complementar o estudo de aproveitamento de dejetos em forrageira e a obtenção de parâmetros comparativos com o biofertilizante, realizou-se este ensaio com objetivo de avaliar a produtividade e alterações nos atributos químicos do solo após aplicação de doses de composto bovino e N-mineral na adubação de cobertura do milho. O experimento foi conduzido em um Latossolo vermelho eutroférico típico em delineamento em blocos casualizados com 7 tratamentos e 4 repetições em que os tratamentos foram controle (sem adubação orgânica e mineral); 60 e 120 kg de N-mineral por hectare e 5, 10, 15 e 20 t ha⁻¹ de composto orgânico bovino. . Verificou-se que os atributos de solo foram beneficiados com manutenção do pH ideal para o desenvolvimento da maioria das culturas, tendência de elevação nos teores de P, K, V% e não apresentou incremento nos micronutrientes avaliados. Conclui-se que a adubação orgânica e mineral não influenciou (P<0,05) a matéria seca da parte aérea inteira e das frações folha, espiga e colmo, e a massa de 1000 grãos, todas as variáveis não diferiram do tratamento controle. E o uso de composto bovino beneficiou os teores de nutrientes no solo.

PALAVRAS CHAVE: sustentabilidade, reciclagem de nutrientes, compostagem.

CHAPTER 4 - PRODUCTIVITY AND ATTRIBUTES OF SOIL AFTER APPLICATION OF DAIRY CATTLE WASTES COMPOUNDS IN THE CULTIVATION OF MAIZE (*Zea mays* sp.).

ABSTRACT: One of the most traditional use of manure in agriculture is the use of manure compost tanned cattle. In order to complement the study of the use of manure on forage, and to obtain the parameters for comparison with the biofertilizer was held this test to evaluate the productivity and changes in chemical soil after application of doses of compound cattle and N-mineral in fertilization maize coverage. The experiment was mounted in a typical Oxisol in randomized block design with 7 treatments and 4 replications in which the treatments were control (without organic manure and mineral), 60 and 120 kg of N-mineral per hectare and 5, 10, 15 and 20 t ha⁻¹ of compost organic cattle. We observed that the mineral and organic fertilization did not influence ($P < 0.05$) the shoot dry matter of fractions and whole leaf, stem and ear, and not the mass of 1000 grain, both not different from control treatment. It was found that the attributes of land has been enhanced with maintaining ideal pH for the development of most crops, a trend of increase in levels of P, K, V% and showed no increase in micronutrients assessed. It is concluded that the use of compound cattle received the levels of nutrients in the soil.

KEY WORDS: sustainability, recycling of nutrients, composting.

4.1 - INTRODUÇÃO

A bovinocultura representa uma das maiores cadeias produtivas do Brasil ocupando no ranking mundial o segundo maior produtor de carne bovina e o primeiro exportador com uma produção estimada de 9,2 milhões de toneladas, e com uma produção de leite de 26 bilhões de litros (IBGE, 2008). O manejo de resíduos deste setor pode ser realizado de diversas maneiras, sendo a compostagem uma alternativa tradicional, mas com grande potencialidade de utilização na fertilização.

A intensificação dos sistemas de produção de leite segundo MICHELETTI & CRUZ (1985) tem evoluído para um sistema de exploração na qual o uso de tecnologia e capital passa a exigir do produtor melhor gerenciamento sobre os recursos produtivos. Esta tendência afeta o sistema de produção como um todo, em que os investimentos realizados precisam ser analisados com efetividade. Assim, a adoção de uma exploração tecnificada poderá ser dirigida para o manejo animal em regime de pasto associado à estabulação parcial (semiconfinamento) ou estabulação completa (confinamento total).

Neste sentido, o elevado volume de resíduos orgânicos gerados pelos confinamentos de animais domésticos pode ser uma ótima opção de fertilizantes ou um enorme potencial poluente, dependendo de como é feita a disposição destes dejetos. Os prejuízos ambientais causados pela falta de tratamento e um manejo adequado dos resíduos da produção animal confinada são incalculáveis (SILVA, 2007).

Segundo BUENO (1986), o esterco de curral é o resultado da raspagem do esterco acrescido dos restos de alimentos volumosos e concentrados fornecido aos animais nas instalações. E ainda acrescenta-se a este resíduo o esterco da sala de espera e de ordenha. Os dejetos dependendo do manejo utilizado na propriedade representarão para a granja uma falta de higiene (mau cheiro,

proliferação de moscas) e poluição do meio ambiente (contaminação de cursos d'água e do solo).

Tradicionalmente os dejetos dependem no mínimo de três atividades no sistema, raspagem, coleta e transporte até a área de cultivo e disposição na área. A compostagem impõe ao sistema mais algumas etapas, que corresponde ao enleiramento, o revolvimento e monitoramento (acrescentando água para manter a umidade), mas também gera um resultado à mais que é a redução de patógenos que terão seu ciclo interrompido dentro do sistema. Porém o descaso dos produtores é constantemente observado, uma vez que o fim do esterco de curral ou a compostagem é a sua incorporação ao solo, os gastos de mão-de-obra são sempre considerados um empecilho para sua realização.

Então jogar o esterco aleatoriamente no campo, não é visto pelos produtores como um problema. Mas pode causar sérias complicações sanitárias, como a poluição de córregos e rios, que acabam por transportar o problema para outros locais (BUENO, 1986).

As diferenças observadas nos substratos tem levantado à questões sobre qual a melhor alternativa para ser implantada pelos produtores. Observa-se que no caso dos dejetos bovinos a compostagem é uma alternativa viável para os resíduos raspados dos sistemas de confinamento, ou da fração residual obtida após a separação de sólidos do peneiramento dos substratos para biodigestor.

Tanto a compostagem como o esterco curtido, ou o biofertilizante oriundo de dejetos animais, tem composição variada. A composição química do esterco de bovinos é variável e deve-se principalmente ao seu teor em água, ao sistema que foi empregado para sua conservação e, logicamente, na riqueza das fezes, em elementos minerais, dos animais que as produziram (CAMPOS, et al, 1994).

A aplicação de resíduos orgânicos é importante para vários atributos físico-químicos-microbiológicos. WARREN e FONTENO (1993), observaram transformações físico-químicas nos solos agricultáveis, demonstrando que a capacidade de troca de cátions (CTC) e a disponibilidade de N, P, K, Ca, Mg aumentaram linearmente com o aumento da dose de dejetos aplicados ao solo, além de ocorrerem melhorias relacionadas à agregação e sua resistência,

estrutura, as quais apresentam influencia direta na porosidade total e disponibilidade de água no solo.

Segundo LONGO (1987), a utilização de adubo orgânico como fonte principal na adubação permite que as plantas cresçam mais resistentes e fortes, restaurando o ciclo biológico natural do solo, o que reduz as infestações de pragas e, conseqüentemente, as perdas e as despesas com defensivos agrícolas.

SILVA et al. (2004), trabalhando com aplicação de esterco bovino em milho, observaram que a aplicação deste resíduo promoveu incremento nos teores de fósforo e potássio no solo além do aumento na produtividade, e da melhor retenção de água. Porém, não são só resultados positivos que são encontrados, como citou BURTON (1997) em vários países do mundo ocorreram danos ambientais pela estocagem e o uso inadequado de dejetos diversos que devem servir de alerta para que seja evitado este problema em outros países. Antes que sejam implantadas medidas restritivas muito rígidas quanto à aplicação de dejetos de animais, é importante retomar as pesquisas na tentativa de definir as doses para a preservação ambiental com eficiência agronômica.

Objetivou-se avaliar a produtividade e alterações nos atributos químicos do solo após aplicação de doses de composto bovino e nitrogênio mineral em cobertura na cultura do milho.

4.2 - MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido no setor de grandes culturas do Colégio Técnico Agrícola “José Bonifácio” da Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias – UNESP – Campus de Jaboticabal-SP. As coordenadas geográficas do local são latitude 21°17'05” S e longitude 48°17 '09” W, com altitude de 590 m.

O clima da região, segundo classificação de Köppen, é do tipo Aw, caracterizado como tropical chuvoso, megatérmico, com inverno seco. A precipitação média de 1300 mm e temperatura média anual de 21,5°C.

O solo é caracterizado como Latossolo vermelho eutroférico típico textura muito argilosa (EMBRAPA, 1999).

O experimento foi montado em delineamento de blocos casualizados com 7 tratamentos e 4 repetições e os tratamentos estão descritos na Tabela 1.

TABELA 1 - Teores de nitrogênio, fósforo e potássio aplicado em cobertura nas doses de composto bovino, N-mineral e controle

Tratamentos	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
	-----kg ha ⁻¹ -----		
Tratamento controle (ausência de adubação orgânica e mineral)	0	0	0
Adubação nitrogenada mineral 1 (com a fonte uréia)	60	0	0
Adubação nitrogenada mineral 2 (com a fonte uréia);	120	0	0
5 t ha ⁻¹ de composto orgânico bovino;	66	185	67,50
10 t ha ⁻¹ de composto orgânico bovino;	132	370	135,00
15t ha ⁻¹ de composto orgânico bovino;	198	555	202,50
20 t ha ⁻¹ de composto orgânico bovino;	264	740	270,00

As parcelas experimentais apresentavam 15,0 m² (3,0 x 5,0 m), consistindo uma área útil de quatro linhas de milho. Utilizou-se um cultivar de Milho (*Zea mays* sp.) AGN 20A55 híbrido triplo com aptidão para silagem, sem aplicação de

adubação mineral de plantio utilizando-se da aplicação dos tratamentos como aplicação de cobertura quando as plantas estavam com 23 DAE.

O composto bovino utilizado foi produzido pelo processo de compostagem de dejetos de vacas leiteiras mantidas em sistema de semi-confinamento. Os dejetos eram raspados diariamente para montagem da leira, juntamente com resíduos do material de cobertura do piso (bagaço de cana), diariamente eram adicionados dejetos até obter o volume desejado para o experimento, o que foi obtido após 30 dias, a fração de dejetos das vacas confinadas representava aproximadamente 80% da leira de compostagem e 20% aproximadamente era representado pela fração bagaço de cana, isso ocorreu em virtude do manejo da granja em que poucos animais estavam sendo mantidos sobre cama de bagaço de cana e a grande maioria estava sobre o piso cimentado da instalação.

Durante este período eram realizados revolvimentos e umedecimentos de acordo com a recomendação para obtenção de composto, o tempo total para estabilização do material foi de 93 dias. A compostagem foi conduzida no setor de bovinocultura leiteira da Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias (UNESP:FCAV). A concentração média dos nutrientes no composto 13,2 g kg⁻¹ de N total, 16,2 g kg⁻¹ de P total, 11,2 g kg⁻¹ de K, 4,64 g kg⁻¹ de Ca, 1,68 g kg⁻¹ de Mg.

Com o objetivo de redução do ataque de insetos, principalmente a Lagarta do Cartucho (*Spodoptera frugiperda*) e o Elasmopalpus (*Elasmopalpus lignosellus*), realizou-se o tratamento da semente com o carbofuram 350S e a aplicação do inseticida karate Zeon 250CS (inseticida piretroide) + (clorpirifos) e dimilin (Diflubenzurom) em aplicação foliar aos 15 dias e aos 45 dias (DAE), o controle foi realizado segundo avaliação agrônômica. O controle de plantas daninhas na área foi realizada utilizou-se o herbicida em pré emergente primextra (atrazine + metalachor), na dose de 5 L ha⁻¹. O experimento foi conduzido sem sistema de irrigação.

Realizou-se a coleta foliar quando as plantas apresentavam as espigas em ponto de silagem com aproximadamente 72 (DAE) (15 janeiro de 2008), foram retiradas quatro plantas por parcela. Os parâmetros avaliados foram determinação

da produtividade da matéria verde e da matéria seca das folhas, colmo e espigas. Cada amostra foi pesada em balança de precisão e levada para estufa com ventilação forçada, para secagem, à temperatura de 65°C, por aproximadamente 96 horas até a obtenção do peso constante. Após a secagem, todos os materiais foram novamente pesados, para a obtenção da massa seca (MS).

Utilizou-se o stand de plantas das parcelas para transformação para obtenção de rendimento por hectare.

Foram utilizadas para cada amostra de massa de 1000 grãos, 10 sub-amostras de 100 grãos puras por repetição, pesadas em balança analítica com precisão de 0,0001g. Os valores das amostras foram obtidos com o uso da fórmula:

$$\text{Amostra} = (\sum a) / t$$

onde $\sum a$ = somatório das massas de 100 grãos das sub-amostras,

t = número de sub-amostras de 100 grãos,

O resultado final da amostra é obtido multiplicando-se por 10 o peso médio obtido das sub-amostras de 100 grãos, segundo o protocolo disponível nas regras para análise de sementes (RAS), do Ministério da Agricultura e Reforma Agrária, (BRASIL, 1992).

O solo foi coletado ao fim do ciclo do milho, após a coleta dos grãos, na profundidade de 0-20 cm retirando em cada parcela sub-amostras que foram homogeneizadas e posteriormente deram origem a uma amostra composta. Realizou-se a análise química do solo no laboratório de análises de solos da Universidade Federal de Uberlândia, conforme a metodologia descrita pela EMBRAPA (1997), os teores de P e K (em HCl 0,05 mol L⁻¹+ H₂SO₄ 0,025 mol L⁻¹); pH em água (1:2,5) e Matéria Orgânica (M.O) pelo método colorimétrico.

4.3 - RESULTADOS E DISCUSSÃO

Pelos dados registrados na Tabela 2, observa-se que a massa de 1000 grãos não foi influenciada pelos tratamentos com composto orgânico. Entre os parâmetros vegetativos, somente a massa foliar apresentou diferença estatística, porém somente o tratamento com 120 kg ha⁻¹ de N diferiu dos tratamentos com 10 e 15 t ha⁻¹ de composto bovino. Esses dados permitem visualizar que houve uma uniformidade entre o material vegetal e rendimento da cultura não sendo influenciado pelos tratamentos aplicados. Essa diferenciação tem menor influencia sobre a massa ensilada uma vez que esta fração é a que representa a menor fração na matéria a ser ensilada, com média de 13% de participação.

Tabela 2 – Produtividade de matéria seca foliar, espiga e colmo, massa de 1000 grãos e rendimento de grãos de milho (kg ha⁻¹)

Tratamentos	Massa foliar	Massa da Espiga	Massa do Colmo	Massa da parte aérea inteira	Massa de 1000 grãos
Controle	1980,00ab	7751,25	4106,25	13.837,50	367,50
Ad. 60 kg ha ⁻¹ de N	2216,25ab	8226,00	6018,75	16.461,00	357,50
Ad. 120 kg ha ⁻¹ de N	2376,25a	8819,50	5921,75	17.117,84	348,00
5 t ha ⁻¹ composto	2009,50ab	8287,79	5774,75	16.072,10	365,75
10 t ha ⁻¹ composto	1706,50b	6348,75	4866,00	12.920,62	361,50
15 t ha ⁻¹ composto	1759,75b	6250,11	4188,00	12.197,40	373,75
20 t ha ⁻¹ composto	1993,50ab	7839,00	4431,00	14.262,89	369,75
CV(%)	12,42	14,80	34,13	17,03	3,26
DMS	582,28	2644,15	4023,47	5848,37	363,39

Mesmas letras minúsculas na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey (P<0,05)

A composição das frações da planta tem influência direta na qualidade da MS observa-se que a fração massa da espiga é a que mais influencia a produção para o processo de ensilagem, pois é a fração que tem a maior concentração de carboidratos. Segundo NUSSIO & MANZANO (1999) a previsão de qualidade da ensilagem pode ser estabelecida com base na % de MS da concentração de grãos. Neste experimento observa-se que a massa de espiga no tratamento controle representa 56% da MS produzida, 49 e 51 % respectivamente nos

tratamentos com adubação mineral, e de 49 a 54% no tratamento com aplicação de composto bovino. Ou seja, em média 50% de toda a MS ensilada é representada pela fração espiga, e neste experimento a fração foi significativa, pela presença média de 2 espigas por planta.

SILVA et al. 1997 observaram que quanto maior for a proporção da fração espiga na MS da planta menor será a concentração de carboidratos não estruturais (CNE) na fração haste + folhas, mas como ocorre alta variação na digestibilidade desta porção a % de espigas influencia mais a digestibilidade da MS da planta inteira do que a fração haste + folhas. Essa observação é importante na escolha do híbrido para ensilagem com concentração de % de espiga. Já WOLF et al (1993) observaram que quando a fração de grãos é superior a 50% da massa total a ser ensilada há uma redução na digestibilidade da fração haste.

ALLEN et al (1990) constataram pequena variação na digestibilidade da fração grãos e atribuem que esta fração não é a principal responsável pela digestibilidade da planta inteira e sim os outros componentes também estão envolvidos na qualidade da ensilagem. Neste sentido, a produtividade total da MS tem importância não só na produção de volume para a alimentação dos animais, mas no aproveitamento do alimento. Observa-se que mesmo não apresentado diferença significativa entre os tratamentos ($P < 0,05$) a maior produtividade apresentou um incremento de 3.280 kg de MS ha⁻¹.

NUSSIO et al (2001) observaram o resultado médio em dois anos agrícolas da fração haste de 24,15% da MS. Neste experimento esta fração teve uma participação entre 29 e 37% da produção total da MS, não representando diferença significativa entre os tratamentos.

Com base na produtividade da parte aérea do milho para ensilagem (Tabela 2). Realizou-se (Tabela 3) uma estimativa da necessidade de área cultivada para a produção de silagem considerando-se uma propriedade de 50 vacas leiteiras (50 unidades animais (UA)). Visando a realização de um planejamento da necessidade de alimentação suplementar para a manutenção deste rebanho por um período mínimo de 6 meses, período em que as pastagens se tornam menos vigorosas, normalmente o período seco do ano temos a fórmula:

Requerimento mensal de MS = exigência de MS 15 kg por UA X UA (50) X número de dias (30) = 22.500 kg MS,

Transformando para uma utilização por 6 meses temos uma necessidade de 135.000 kg de MS, com base em um consumo diário de 15 kg de MS por animal dia obtem-se a estimativa de qual a capacidade de suporte de um hectare para alimentar este mesmo rebanho por um mês.

TABELA 3 – Demonstrativo de valores de capacidade de suporte por hectare/mês e a área cultivada necessária para manter 50 unidades animais por 6 meses na safra 2007/2008

Tratamento	Capacidade de Suporte UA ha ⁻¹ mes ⁻¹	Área cultivada necessária 50 UA ha ⁻¹ semestre ⁻¹
Controle	30,75	9,96
Ad. 60 kg de N	36,58	8,22
Ad. 120 kg de N	38,04	8,03
5 t ha ⁻¹ composto	35,71	8,92
10 t ha ⁻¹ composto	28,71	10,55
15 t ha ⁻¹ composto	27,10	11,18
20 t ha ⁻¹ composto	31,69	9,60
CV(%)	17,02	14,56
DMS	12,99	3,23

A avaliação das estimativas da Tabela 2 possibilita a visualização de que mesmo a capacidade de suporte mensal de animais e área cultivada necessária para manter por um semestre não ter sido significativa ($P < 0,05$), de forma prática dentro da propriedade o uso da fonte de N mineral promoveu aumentos de 6 a 8 UA por mês e uma redução da área de cultivo de aproximadamente 2 hectares. Essa observação contradiz a hipótese inicial do experimento em que a aplicação das fontes orgânicas permitiriam uma melhoria na produtividade o que se verificou foi realmente uma produção não estável que hora apresentou-se superior e hora apresentou-se inferior ao tratamento controle, sem a relação de que com o aumento da dose esperava-se um incremento na produção.

Os resultados dos atributos de solo avaliados encontram-se na Tabela 4. Os valores de pH entre os tratamentos que receberam adubação mineral estão os menores valores (5,25 e 5,75) apesar de não ter apresentado diferença estatística

entre os tratamentos com controle e a menor dosagem de composto bovino (6,00). A adubação com N-mineral, que dão origem a amônio (NH_4^+) ou a amônia (NH_3) são constantemente associados a acidificação do solo em virtude da nitrificação dar origem a liberação de íons H^+ que promovem a redução do pH (VIEIRA & RAMOS, 1999), ou seja a aplicação constante de fontes acidificantes do solo leva a necessidade de realização de manejos que promovam a correção de acidez. Já o uso do composto bovino, observou-se que mesmo não diferindo dos demais tratamentos, o pH teve incrementos nos tratamentos aonde aplicou-se composto bovino de 4 a 11% em relação ao tratamento controle. Atribui-se esse fato ao material orgânico presente em grande quantidade no composto que atua como um condicionador de solo

Tabela 4 – Atributos de solo após aplicação de diferentes doses de composto de bovinos de leite e nitrogênio mineral em cobertura.

Tratamento	pH	MO	P	K	Ca ²⁺	Mg ²⁺
		dag kg ⁻¹	-----mg dm ⁻³ -----	-----cmolc dm ⁻³ ----		
Controle	6,00 abc	2,00	17,25	176,75 ab	2,50	1,00 a
Ad. 60 kg de N	5,75 bc	2,00	15,00	107,50 b	2,00	0,75 ab
Ad. 120 kg de N	5,25 c	2,00	14,75	113,50 b	2,00	0,25 b
5 t ha ⁻¹ composto	6,00 abc	2,00	13,25	215,50 ab	2,00	1,00 a
10 t ha ⁻¹ composto	6,50 ab	2,00	25,50	276,00 ab	2,00	1,00 a
15 t ha ⁻¹ composto	6,25 ab	2,00	35,75	277,00 ab	2,00	1,00 a
20 t ha ⁻¹ composto	6,75 a	2,25	23,00	306,25 a	2,00	1,00 a
CV(%)	6,05	9,28	58,17	36,41	17,20	30,30
DMS	0,85	0,44	28,06	179,01	0,83	0,60
	V	SB	S	Cu	Zn	Mn
	%		-----mg dm ⁻³ -----			
Controle	47,50 ab	3,50 ab	12,75	2,50	3,00	28,50
Ad. 60 kg de N	41,00 ab	2,75 ab	14,00	2,75	1,25	30,50
Ad. 120 kg de N	37,50 b	2,50 b	20,75	2,50	1,25	33,50
5 t ha ⁻¹ composto	48,25 ab	3,25 ab	12,25	2,75	2,25	26,25
10 t ha ⁻¹ composto	53,00 a	3,50 ab	17,00	2,75	1,75	28,00
15 t ha ⁻¹ composto	53,25 a	4,00 a	14,75	3,00	2,00	32,00
20 t ha ⁻¹ composto	53,00 a	3,75 ab	17,25	3,00	2,00	28,25
CV(%)	13,08	17,79	30,77	16,83	61,28	12,60
DMS	14,56	1,38	11,17	1,08	2,76	8,70

Letras minúsculas diferentes na coluna diferem entre si pelo teste de Tukey (P<0,05).

A saturação por bases (V%) foi em média 11% superior nos tratamentos com aplicação de 10 a 20 t ha⁻¹ de composto bovino, mesmo não diferindo entre o tratamento controle. A MO não diferiu (P<0,05) entre os tratamentos, é essencial o conhecimento que mesmo o composto orgânico ter acrescentado ao sistema volumes maiores de material orgânico, dependendo da dose, do que o acrescido no tratamento controle e com adubação mineral. Esse acréscimo de material orgânico se dá somente em cobertura, e que a análise sendo realizada de 0-20cm dilui o efeito no primeiro ano de cultivo. Caso a análise tivesse sido realizada em uma fração mais reduzida do perfil, 0- 5 cm, podia-se esperar alguma contribuição da fração orgânica, pois de acordo com o que demonstraram MUZILLI (1983) e De MARIA & CASTRO (1993) o maior acúmulo ocorre em frações menores de amostragem como de 0 - 2,5 cm e 0 - 5cm. ERNANI & GIANELO (1983) também não observaram aumento do teor de MO com o uso de 12 t ha⁻¹ de esterco de aves ou bovino, em base seca, num Latossolo vermelho eutroférico com 5,9% de matéria orgânica e clima subtropical.

A aplicação dos tratamentos não afetou (P<0,05) o teor de fósforo, cálcio, enxofre, zinco, cobre, manganês. O fósforo mesmo sem apresentar diferença significativa entre os tratamentos (P<0,05) apresentou uma redução de 13 a 23 % nos tratamentos com adubação mineral (60 e 120 N) e 5 t ha⁻¹ de composto bovino e um incremento de 33 a 107 % nos demais tratamentos aonde aplicou-se o composto bovino. O potássio apresentou diferença significativa (P<0,05). No tratamento com maior dosagem do composto bovino (20 t ha⁻¹) observou-se um teor 73% superior ao tratamento controle, mesmo os dois tratamentos não terem diferido entre si.

Os teores de cálcio e enxofre não foram diferentes significativamente com redução máxima de 20% nos teores de Ca e de 4% nos teores de S, que apresentou também incrementos de até 62% no tratamento com adubação mineral e de até 35% nos tratamentos com composto bovino. Os teores de magnésio dos tratamentos com adubação mineral apresentaram diferença (P<0,05) com os demais tratamentos, ou seja, mesmo que o composto bovino não tenha promovido um incremento nos teores de magnésio houve uma manutenção dos teores.

4.4 - CONCLUSÕES

Observou-se aumento nos teores de pH, K, Mg, saturação de bases e soma de bases.

Os incrementos possibilitam observar que a aplicação constante de composto bovino poderá beneficiar a fertilidade dos solos com manutenção dos níveis atuais e ou promovendo incrementos nos atributos de solo avaliados.

A aplicação dos tratamentos não influenciou a produtividade e os parâmetros vegetativos.

4.5 REFERENCIAS

ALLEN, M.S.; O'NEIL, K.A.; MAIN, D.G.; BECK, J. Variation in fiber fractions and "in vitro" true and cell wall digestibility and corn silage hybrids. **Journal of Dairy Science**, v.73, suppl. 1, p.129, 1990.

BRASIL. Ministério da agricultura e Reforma Garária. **Regras para análises de sementes**. Brasília:SNDA/DNDV/CLAV, 1992, p. 365.

BUENO, C.F.H. Produção e manejo de esterco. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v.12, n.135/136, p.81-5, 1986.

BURTON, C.H. **Manure management**: treatment and strategies for sustainable agriculture. West Park: Silsoe research Institute, p.181,1997.

CAMPOS, et al . **Tratamento e manejo de dejetos de bovinos em sistemas de produção de leite**. Botucatu:FCA:UNESP, EMBRAPA:CNPGL, 1994

DE MARIA, I.C.; CASTRO, O.M. Fósforo, potássio e matéria orgânica em um Latossolo Roxo, sob sistemas de manejo com milho e soja. **Revista Brasileira Ciências do Solo**, v.17, p.471-477, 1993.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA **Sistema brasileiro de classificação de solos**. EMBRAPA:Centro Nacional de Pesquisa de Solos, Rio de Janeiro, 1999. 412p.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA **Manual de métodos de análise de solo**. 2.ed. Rio de Janeiro, EMBRAPA: Centro Nacional de Pesquisa de Solos, 1997. 212p.

ERNANI,P.R.; GIANELLO, C. Diminuição do alumínio trocável do solo pela incorporação de esterco bovino e camas de aviários. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.7, p. 161-165, 1983.

IBGE (Instituto Brasileiro de Geografia e estatística) Estatísticas de plantel agropecuário nacional Ano base 2007 Disponível em: <<http://www.ibge.com.br/home/estatistica/agronegocios/bovinocultura/anobase20062007.pdf>>Acesso em: 10 ago. 2008.

LONGO, A.D. **Minhoca**: de fertilizadora do solo a fonte alimentar. São Paulo: Icone, 1987. 79p.

MICHELETTI, J. V.; CRUZ, J. T.; **Bovinocultura leiteira** – Instalações, Editora Literotécnica, 1985, p. 360.

MUZILLI, O. Influencia do sistema de plantio direto, comparado ao convencional, sobre a fertilidade da camada arável do solo. **Revista Brasileira de Ciências do Solo**, v.7, p.95-102, 1983.

NUSSIO, L.G.; MANZANO, R.P. Silagem de Milho, IN: SIMPÓSIO SOBRE NUTRIÇÃO DE BOVINOS, 7, Piracicaba, 1999. **Alimentação suplementar** Piracicaba:FEALQ, 1999, p. 27-46.

NUSSIO, L.G.; DE CAMPOS, F. P. ; DIAS, F.N. Importância da qualidade da porção vegetativa no valor alimentício da silagem de milho In:SIMPOSIO SOBRE PRODUÇÃO E UTILIZAÇÃO DE FORRAGENS CONSERVADAS, Maringá, 2001, **ANAIS...**, Maringá:Universidade de Maringá, 2001, p. 127-144.

SILVA, E. M. **Avaliação de um sistema piloto para tratamento de efluentes de sala de ordenha de bovinocultura**, 2007, Dissertação de (Mestrado) FEAGRI, Faculdade de engenharia agrícola campinas, Universidade Estadual de Campinas, 2007, p.151.

SILVA, L.F.P.; MACHADO, P.F.; FERNANDES JUNIOR, J.C.; MELCHIADES, T.D. Avaliação da qualidade da forragem de híbridos de milho: digestibilidade "in situ" e componentes da parede celular In: REUNIÃO DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 34, Juiz de Fora, 1997, **Anais...**, Juiz de Fora:SBZ, 1997, p.176-178.

SILVA, J. et al. Efeito de esterco bovino sobre os rendimentos de espigas verdes e de grãos de milho. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v.22, n.2, p.326-331, abril-junho 2004

VIEIRA, R. F.; RAMOS, M. M.; Fertirrigação In: RIBEIRO, A.C.; GUIMARÃES, P.T.G.; ALVAREZ, V. H. (Eds.) **Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas gerais – 5ª aproximação**. Belo Horizonte: EPAMIG, 1999, 180 p.

WARREN, S.L.; FONTENO, W.C. – Changes in physical and properties of a loamy sand soil when amended with composted poultry litter – **Journal of Environment Horticulture**, v. 1, n. 4, p. 186-90 –1993.

WOLF, D.P.; COORS, J.G.; ALBRECH, K.A.; UNDESANDER, D.J.; CARTER, P.R. Forage quality of maize genotypes selected for extreme fiber concentration *Crop, Science*, v.33, p.1353 -1359, 1993.

CAPÍTULO 5 - INSTALAÇÃO E OPERAÇÃO DE UM BIODIGESTOR TUBULAR DE MANTA DE PVC FLEXIVEL EM ESCALA PILOTO E AVALIAÇÃO DA OPERAÇÃO COM DEJETOS LIQUIDOS DE SUÍNOS E CO-DIGESTÃO COM DEJETOS DA BOVINOCULTURA LEITEIRA

RESUMO: A biodigestão anaeróbia tem representado, atualmente, não só um sistema para tratamento de dejetos, mas uma ferramenta que leva até o meio rural a possibilidade de reciclagem de nutrientes e energia além da entrada no mercado das commodities ambientais. Neste estudo realizou-se o dimensionamento de um sistema de biodigestão anaeróbia tubular de manta de PVC flexível e implantação deste sistema na suinocultura da FCAV/UNESP onde foi submetido a diferentes substratos e em concentrações variadas. Observou-se que o sistema em escala real pode ser utilizado com uma maior flexibilidade do que os sistemas de bancadas possibilitando o abastecimento com diferentes teores de sólidos totais e diferentes resíduos sem comprometer a estabilidade da geração de biogás ao longo do período de seu monitoramento. Durante os três ciclos de avaliação o biodigestor produziu metano com média de 72,33; 65,53 e 61,54 respectivamente ao primeiro, segundo e terceiro ciclo de abastecimento. Em ambos os ciclos a concentração de metano encontrou-se dentro do ideal. A média da concentração de nutrientes do afluente foi de 41,44 mg L⁻¹ de N, 27,88 mg L⁻¹ de P e 357,02 mg L⁻¹ de K. A concentração do efluente foi de 51,57 mg L⁻¹ de N, 18 mg L⁻¹ de P e 307,45 mg L⁻¹ de K. O pH sempre manteve-se próximo a neutralidade ou seja, acima de 6,0. O custo de implantação, do sistema foi considerado viável. Conclui-se que a biodigestão anaeróbia é eficaz na geração de biogás e pode através da economia com o gasto de energia elétrica custear a implantação deste sistema de tratamento com tempo de retorno estimado entre 8,59 a 7,33 anos.

PALAVRA CHAVE: sustentabilidade, biogás, metano, custo de implantação, saneamento ambiental

CHAPTER 5 - INSTALLATION AND OPERATION OF A BIODIGEST TUBULAR IN FLEXIBLE MANTA THE PVC IN PILOT SCALE AND EVALUATION OF THE OPERATION OF MANURE THE WITH WASTES LIQUIDS THE SWINE AND CO-DIGESTION WITH DAIRY CATTLE WASTES

ABSTRACT: The anaerobic digestion is now represented not only a system for treating waste, but a tool that leads to the rural areas the possibility of recycling nutrients and energy than the entry of environmental commodities. This study was carried out the design of a system of anaerobic digestion of tubular blanket of flexible PVC and deployment of this system in the swine FCAV / UNESP which was submitted to different substrates and varying concentrations. It was observed that the system scale can be used with greater flexibility than the systems for enabling the supply stands with different levels of ST and different waste without compromising the stability of the generation of biogas in the period of its monitoring. During the three rounds of the evaluation biodigest produce methane with an average of 72.33, 65.53 and 61.54 respectively the first, second and third cycle of supply. In both cycles the concentration of methane was found in the ideal. The average concentration of nutrients from tributary was 41.44 mg L⁻¹ of the N, 27.88 mg L⁻¹ of P and 357.02 mg L⁻¹ of K. The concentration of the effluent was 51.57 mg L⁻¹ N, 18 mg L⁻¹ of P and 307.45 mg L⁻¹ of K. The pH always remained above the 6.0 that is in the neutral. The cost of the deployment of a system of small size was considered feasible. It is concluded that the anaerobic digestion and efficient in the generation of biogas and can through the economy with the cost of electricity finance the deployment of this system of treatment to time of return estimated at less than 3 years.

KEY WORDS: sustainability, biogas, methane, cost of implementation, environmental sanitation

5.1 – INTRODUÇÃO

Todo lançamento de dejetos líquidos, em um corpo receptor, estão obrigado a seguir padrões de qualidade contemplados nas legislações municipais, estaduais, federais e internacionais que dizem respeito à proteção dos corpos de água. Estes padrões baseiam-se no princípio de restabelecimento do equilíbrio e da autodepuração do corpo receptor, sendo que esses são os responsáveis pela conservação de compostos orgânicos inertes e não prejudiciais do ponto de vista ecológico (VON SPERLING, 1996).

Entre as opções para tratamento, aliado à co-geração energética e reciclagem de nutrientes, encontra-se o tratamento biológico realizado com uso de biodigestores rurais. Mundialmente a digestão anaeróbia tem sido uma das mais utilizadas formas de tratamento desses resíduos, pois representa uma fonte alternativa de energia via produção de biogás (MASRI, 2001).

A função de um processo de tratamento biológico é remover a matéria orgânica do efluente, por meio do metabolismo de oxidação e de síntese das células. Este tipo de tratamento é normalmente usado em virtude da grande quantidade de matéria orgânica facilmente biodegradável, presente na composição dos dejetos agropecuários. Os processos biológicos são caracterizados de acordo com a maneira que se dá o contato da matéria orgânica com os microrganismos e a presença ou ausência de oxigênio molecular CENTURIÓN & GUNTHER, (1976).

Muitos fatores são necessários para garantir as condições ideais, para favorecer a oxidação biológica. Entre estes fatores estão o pH do substrato, quantidade de sólidos, temperatura ambiente e operacional do reator, relação carbono:nutrientes, presença de elementos limitantes (ex: gordura em excesso, AGV, antibióticos), tamanho das partículas, composição do substrato (ex: teores de lignina, carboidratos, proteínas e gorduras) (CHERNICHARRO, 1997).

É importante ressaltar que a definição do sistema de tratamento a ser utilizado é o ponto inicial para que a implantação do biodigestor seja viável técnica e economicamente. Sendo assim objetivou-se implantar um sistema de tratamento de

dejetos, avaliar a qualidade e produção de biogás, caracterizar o afluente e efluente com diferentes substratos, e com base nos parâmetros obtidos realizar um estudo da viabilidade técnica e econômica da implantação do modelo proposto.

5.2 - MATERIAL E MÉTODOS

5.2.1 – DIMENSIONAMENTO DO PLANTEL E DO SISTEMA DE TRATAMENTO ANAERÓBIO

Existem muitas etapas para o dimensionamento correto do sistema de tratamento a ser implantado. Entre elas a estimativa do plantel e o sistema de criação utilizado é uma das principais a ser realizada. Além da definição da estrutura física da propriedade e da área disponível ao programa de uso de solo. A partir destes referenciais, os demais fatores determinantes para uma segunda fase, que consiste no planejamento das instalações necessárias, benfeitorias, a quantidade de máquinas, motores e equipamentos necessários à condução do sistema de tratamento escolhido.

Na suinocultura da UNESP o sistema de criação é definido como de ciclo completo. Porém, como se trata de uma unidade experimental, o sistema tem acoplado dois galpões de pesquisa com baias individuais e um sistema de manejo ao ar livre em que se mantêm as fêmeas gestantes e vazias (não gestantes e não lactantes) até o final da gestação quando são encaminhadas para o galpão de maternidade.

A granja consta de seis galpões:

- 1) 1 galpão maternidade: 10 gaiolas individuais.
- 2) 1 galpão inicial: 8 baias coletivas com piso suspenso.
- 3) 1 galpão crescimento e terminação: 6 baias coletivas.
- 4) 1 galpão de digestibilidade: não é constantemente ligado ao sistema de tratamento de esgoto (somente em período de desenvolvimento de experimento).
- 5) 2 galpões experimentais: baias individuais para condução de ensaios de desempenho. Não é constantemente ligado ao sistema de tratamento de esgoto (somente em período de desenvolvimento de experimento).

Alguns fatores influenciam no volume constante de dejetos no sistema, entre eles destacam-se a utilização dos galpões experimentais e a existência de períodos do ano

(férias estudantil) que não são necessários a manutenção dos animais na granja para crescimento e engorda, uma vez que nestes períodos não realiza-se aulas práticas, sendo o plantel reduzido. Sendo assim, não considerou-se no dimensionamento estas alterações e trabalhou-se com um volume médio da geração de dejetos na granja.

Durante a condução do experimento a suinocultura mantinha um plantel médio correspondente a: 30 animais no sistema ao ar-livre; 6 matrizes na maternidade; 30 animais no galpão inicial; 30 animais no galpão em crescimento; 60 animais nos galpões experimentais.

5.2.2 – SISTEMA DE TRATAMENTO ANAERÓBIO

5.2.2.1 – ESCAVAÇÃO DO BIODIGESTOR

O biodigestor tubular de manta de PVC flexível começou a ser escavado em junho de 2007. Entre as etapas necessárias para o início dos trabalhos, a primeira foi a determinação do plantel a ser atendido pelo sistema (item 2.2.1). Optou-se por realizar os cálculos baseados em um plantel de ciclo completo de 6 matrizes, cada matriz gerando aproximadamente 140 L de dejetos por dia, multiplicando pelo número de matrizes da granja (6) têm-se uma produção estimada diária de 833 L de dejetos, com um tempo de retenção hidráulica proposto de 30 dias, com volume útil de biodigestor esperado de 25.000 L (25 m³).

A segunda etapa necessária foi a definição do local de instalação do sistema. Normalmente, escolhe-se um local com queda natural, localizado à baixo das instalações de produção dos dejetos, em área não muito distante para evitar gastos com canalização excessiva de condução do afluyente até a caixa de carga, e com área necessária para implantação do sistema.

Na suinocultura da UNESP, optou-se por uma área anteriormente utilizada como piquete para manejo das porcas gestantes em “sistema ao ar livre”, localizada à baixo dos galpões de maternidade, inicial, terminação e de pesquisa. Escolhendo-se

especificamente um piquete pela proximidade da linha principal de descarga de esgoto (águas servidas).

Definido o local de instalação realizou-se a etapa de sondagem do terreno, necessária para observar a ocorrência de afloramento de pedras, presença de minas de água, encanamento, rede elétrica ou qualquer outro parâmetro que possa impedir, atrasar, ou encarecer o projeto inicial.

A área não apresentando impedimento, realizou-se a etapa de terraplanagem. Esta etapa é necessária para a retirada da vegetação da área, no caso do sistema instalado do pasto cultivado de tifton, e para nivelamento do terreno. Foi necessária a realização de três platôs dentro da área para permitir a queda do afluente por gravidade dentro do biodigestor. No primeiro platô instalou-se a caixa de passagem, com uma queda de 0,8 m instalou-se um segundo platô onde está implantada a caixa de carga com capacidade de 4.000 L, e o terceiro platô com uma queda de 1,5 m aonde instalou-se o biodigestor e a lagoa de armazenamento.

A terceira etapa é a escavação para realização das obras necessárias para instalação do sistema. Realizou-se a primeira escavação com auxílio de uma retroescavadeira e posteriormente os pedreiros realizaram as adequações de acordo com as medidas fornecidas pela planta do biodigestor projetado pela Sansuy S.A. O biodigestor é totalmente confeccionado pela indústria e entregue no local de instalação conforme as especificações da planta de escavação cujos detalhes estão dispostos nas Figuras 1, 2, 3 e 4.

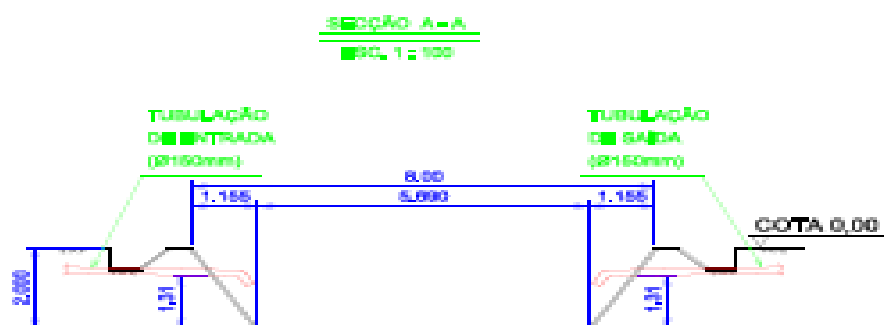


Figura 1- Planta lateral para escavação do biodigestor de propriedade intelectual de SANSUY S.A

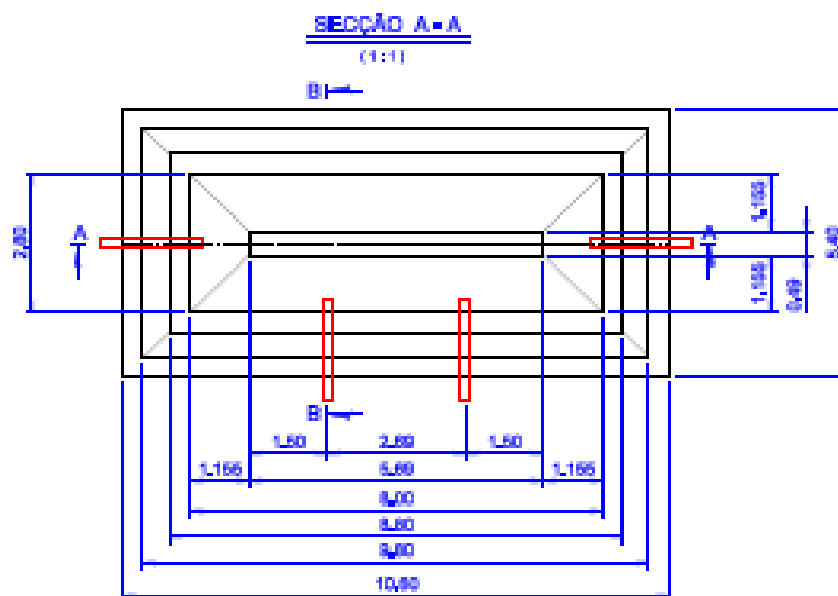


Figura 2 – Vista da secção A-A da planta para escavação do biodigestor tubular de propriedade intelectual de SANSUY S.A

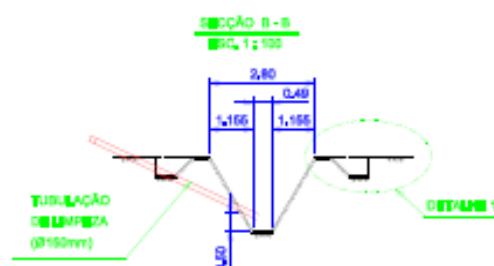


Figura 3 – Secção B-B da planta para escavação do biodigestor tubular de propriedade intelectual de SANSUY S.A



FIGURA 4 – Detalhe da ancoragem da planta para escavação do biodigestor tubular de propriedade intelectual de SANSUY S.A

5.2.2.2 - DEFINIÇÃO DO SISTEMA DE TRATAMENTO

O sistema de tratamento anaeróbio, implantado no setor de Suinocultura da Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias (FCAV/UNESP), é constituído de uma caixa de entrada de substrato (dejeito líquido de suínos), por um reator de biodigestão anaeróbia contínuo, com entrada e saída lateral confeccionado de manta de PVC flexível, apresentando coloração interna preta e externa branca e uma lagoa de armazenamento para efluente conforme descrito no layout da Figura 5.

Através da caixa 1 é possível realizar o desvio do dejeito para o biodigestor (caixa 2) ou deixar o fluxo cair no sistema de tratamento de esgoto convencional da UNESP

(caixa 6). Esses desvios foram instalados para o controle e operação experimental do sistema, uma vez que experimentalmente deve-se ter a garantia de controle de fluxo de vazão (entrada de resíduos no sistema), e também é necessário para outras finalidades como desvio de material de desinfecção dos galpões diretamente para o sistema de esgoto, ou sobrecargas no sistema que poderiam alterar o TRH reduzindo a eficiência da biodigestão.

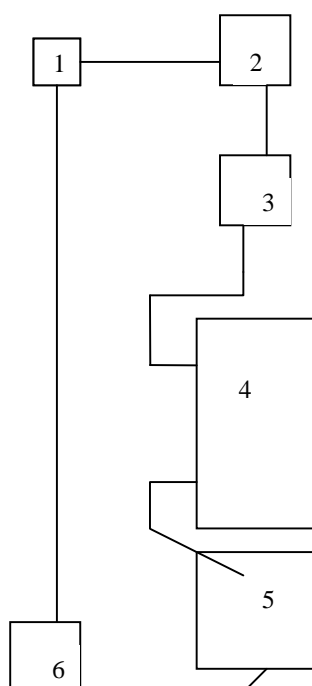


Figura 5 – Layout da disposição do sistema de tratamento de resíduos instalado na suinocultura da FCAV/UNESP: 1- caixa de passagem de efluentes da suinocultura que tem ligação direta com todos os galpões do setor e com a rede de esgoto original do campus; 2 – caixa de passagem de efluentes da suinocultura que tem ligação exclusiva com o biodigestor tubular; 3- caixa de abastecimento do biodigestor (local aonde realiza-se as cargas dos afluentes do biodigestor); 4 – Biodigestor tubular; 5 – lagoa de estabilização e/ou armazenamento de efluente de biodigestor ou biofertilizante; 6 – caixa original de distribuição para a rede de esgoto da suinocultura UNESP/Jaboticabal e parte do sistema de tratamento como caixa de segurança para descarte de excedente de biofertilizante.

O biodigestor é composto de duas partes, o tanque de substrato, parte do reator que fica enterrada aonde ocorre as reações de transformação anaeróbia (FIGURA 6) e o gasômetro (FIGURA 8) parte em que os gases gerados pelo processo fermentativo são armazenados. As duas partes da lona de PVC flexível são vulcanizadas na indústria transformando-se em uma peça única (FIGURA 7), que dispõe de duas válvulas para saída do biogás e um (1) cano para limpeza do lodo gerado e que costuma ficar decantado no fundo do biodigestor conforme vai aumentando o tempo de operação.



FIGURA 6 – Escavação concluída e dimensionamento do biodigestor segundo planta na etapa anterior a colocação da lona



FIGURA 7 – Instalação da lona de PVC flexível com as duas partes reator do biodigestor e gasômetro vulcanizadas transformando-se em uma peça única



FIGURA 8 – Biodigestor operando, a parte inflável corresponde ao gasômetro aonde acumula-se o biogás gerado no processo.



FIGURA 9 – Instalação da lagoa de armazenamento de biofertilizante.

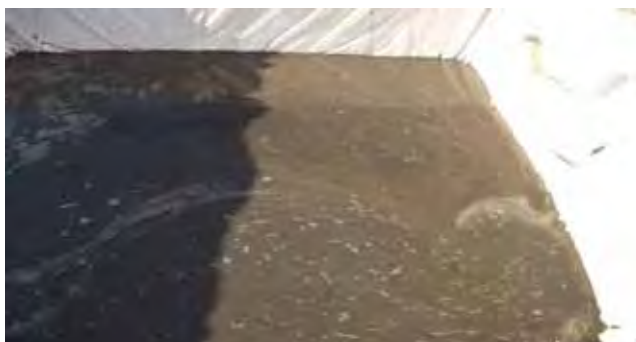


FIGURA 10 – Lagoa de armazenamento com biofertilizante

A lagoa de armazenamento foi dimensionada nas medidas de fundo de 4,00 X 4,00 m, talude de 1,5 m e borda superior de 6,00 X 6,00 m, perfazendo a capacidade útil de 22.000 L (22 m³). Nesta lagoa de armazenamento foi instalado o cano de refluxo para a caixa coletora de esgoto com a finalidade de não ocorrência de transbordamento do biofertilizante e causando possível contaminação das áreas próximas.

5.2.2.3 - OPERAÇÃO DO SISTEMA DE BIODIGESTÃO ANAEROBIA

A operação do sistema adotado foi variável de acordo com a época da condução do experimento, metodologicamente separou-se em três períodos gerais de operação denominados período de partida, período de adequação (necessário, pois ocorreram atrasos na implantação total do sistema) e período de monitoramento.

PERÍODO 1 – ETAPA DA PARTIDA DO BIODIGESTOR

O período de partida é denominado como o período em que se coloca o substrato até o início da produção de biogás.

No primeiro abastecimento do biodigestor, não se utilizou os dejetos líquidos de suínos da granja experimental da UNESP/Jaboticabal, pois esta não dispunha de dejetos armazenados na quantidade inicial necessária para realizar a primeira carga de uma só vez. Optou-se por coletar os dejetos em uma granja particular, de ciclo completo, situada na cidade de Jaboticabal - SP distante do campus aproximadamente 10 km.

O primeiro abastecimento foi de 16.000 L (16 m³) de dejetos líquidos de suínos realizado no dia 26/02/2008. Utilizou-se um tanque tratorizado de capacidade de 4.000 L, o substrato de abastecimento foi composto por 8.000 L da lagoa de estabilização da propriedade, 4.000 L diretamente das baias de crescimento, nas lâminas d'água, e 4.000 L no tanque de sedimentação. A caracterização destes substratos da granja particular será denominada por PAR-BIO (TABELA 1).

Realizou-se no dia 3/3/2008 um segundo abastecimento para completar a capacidade útil do biodigestor com 4.000 L da caixa de passagem com dejetos de suíno obtido da granja de ciclo completo da UNESP (PAR-SUI), após o sistema passou a operar com o substrato denominado dejetos líquidos de suínos, sendo que ainda neste mesmo dia realizou-se um abastecimento de 4.000 L, completando-se a carga útil do biodigestor de 24 m³ (24.000 L) com material vindo diretamente das baias. A caracterização destes substratos da granja da UNESP foram denominados por PAR-SUI (Tabela 1).

No dia 8/03/2008 já foi possível à primeira visualização da produção do biogás, com o início do acúmulo de gases no gasômetro inflável do biodigestor. No dia 20/3/2008 considerou-se o gasômetro totalmente cheio e realizou-se a primeira descarga de gases para a atmosfera. Após esta data teve início a segunda etapa de operação.

PERÍODO 2 – ETAPA DE ADEQUAÇÃO

Durante este segundo período foi necessário um período de operação sem a instalação da lagoa de armazenamento, este período será definido como período de adequação. O retardamento da instalação deveu-se exclusivamente a questões de planejamento de obras, liberação de verba e não a questões relacionadas à estratégia experimental.

A carga foi realizada semanalmente, com um volume pequeno de substrato (2.000 L) para evitar que ocorresse derramamento do efluente do biodigestor na escavação da lagoa de armazenamento, uma vez que a sua instalação só ocorreu no dia 20/08/2008, somente após a instalação da lagoa considerou-se o sistema instalado dando início a terceira fase do experimento.

Durante o período de adequação do biodigestor, semanalmente realizava-se a retirada através do cano de saída do biodigestor de volume correspondente as entrada, com o auxílio do tanque tratorizado, para evitar o derramamento do efluente sobre o

solo descoberto sem a aplicação de lona, uma vez que esta não seria uma prática correta.

Este período foi importante para a tomada de decisão sobre o substrato de abastecimento do biodigestor. Observou-se que a granja da UNESP apresenta três impedimentos que influenciam a quantidade e na qualidade dos dejetos animais. O primeiro relaciona-se com a quantidade flutuante de animais (não se mantém uma quantidade fixa de animais), o segundo relaciona-se com a necessidade de manutenção de sistema com grande volume de água (uso de lâmina d'água), para o desenvolvimento de atividades acadêmicas da unidade, e o terceiro a necessidade de disponibilização de dejetos para outros experimentos com outros sistemas pilotos de tratamento de resíduos. Esses fatores fazem com que ocorra um impedimento para se influenciar no manejo adotado pela unidade experimental de suínos da UNESP.

Atualmente, algumas pesquisa tem direcionado suas atividades para trabalhos com maiores teores de sólidos totais (ST), uma vez que esse parâmetro reduz a área útil do biodigestor, assim reduzindo seu custo de implantação, e também permitindo a geração de um efluente com maior carga mineral para ser reciclado via fertirrigação. O que observou-se foi que em média o teor de ST do dejetos líquido de suínos gerado no setor apresenta um teor inferior a 0,5%.

Buscando-se uma alternativa para aumentar o teor de ST, sem alterar os manejos do setor, optou-se pela realização de uma co-digestão anaeróbia com o substrato sólido de fezes de bovinos criados em sistema de "free-stall" para a produção de leite e como diluente a utilização de dejetos líquidos de suínos. Utilizou-se semanalmente o substrato de 300 kg de fezes de bovinos leiteiros + 3.000 L de dejetos líquidos de suínos, para essa etapa. A caracterização deste substrato foi denominada OP-MIX, descrito na tabela 1.

PERÍODO 3 – ETAPA DE MONITORAMENTO

Nesta terceira etapa, realizou-se o monitoramento mais constante dos efeitos da co-digestão dos dois resíduos submetidos ao processo de biodigestão anaeróbia. Foram coletadas amostras semanais das entradas e saídas do biodigestão.

Semanalmente, foi realizado o abastecimento com o substrato misto (OP-MIX) preparado para obtenção de um teor de sólidos totais variando de 2% a 7%. Durante este período optou-se pela variação das concentrações de ST para realização de testes ao sistema, assim como também variou-se a frequência de cargas entre uma a três vezes semanais. Registrou-se a qualidade do biogás gerado, o teor de ST, quantidade de macro e micronutrientes e temperatura do biogás.

Tabela 1 – Características dos substratos utilizados no período de partida e período de adequação do biodigestor tubular implantado no setor de suinocultura da UNESP/Jaboticabal-SP

Substratos	ST %	pH	Nmg/L.....	P	K
Etapa PAR-BIO: Substratos da Granja particular					
Lagoa de estabilização	0,17 - 0,23	6,70	54,34	18	223,65
Baias de crescimento	0,62	7,86	56,4	30	440,45
Tanque de sedimentação	9,03	6,22	87,4	22	82,70
Etapa PAR-SUI: substratos da Granja UNESP/Jaboticabal					
Caixa de passagem	3,24	5,36	78,4	66	68,77
Água residuária/dejeto líquido	0,17 -0,26	6,37	15,3	17	230,95
Etapa OP- MIX:Substratos de dejeto de vacas leiteiras e dejeto líquido de suínos					
Dejeto de vaca (fezes)	27,47	6,5	47,2	25	345,50
Dejeto líquido de suíno (diluyente)	0,09 - 0,37	7,57	13,2	16	547,90
Entrada MIX (vaca/porco)	1,70 -2,28	6,46	27,3	13-36	127,90

OBS: 1 mg/L = 0,001 kg/m³

5.2.3 – AVALIAÇÕES DO SISTEMA

Utilizou-se de um biodigestor operado de forma contínua, analisado através das medidas repetidas no tempo. A descrição do biodigestor foi realizada no item 5.2.2.

Em ambos os períodos, as avaliações foram realizadas de forma a observar o funcionamento com avaliação de parâmetros que influenciariam a biodigestão. Avaliou-

se o pH da entrada (afluente) e da saída (efluente), o teor de sólidos totais, macro e micronutrientes e a qualidade do biogás produzido.

5.2.4 – DETERMINAÇÃO DOS TEORES DE SÓLIDOS TOTAIS

O teor de sólidos totais foi determinado segundo metodologia descrita por APHA (2000). Para às determinações os substratos e efluentes do experimento de biodigestão anaeróbia foram acondicionados em recipientes de alumínio previamente tarados e pesados para se obter o peso úmido (Pu) do material que em seguida foram levados à estufa com circulação forçada de ar, à temperatura de 65°C até atingirem peso constante.

Em seguida as amostras foram resfriadas em dessecador e pesadas novamente em balança com precisão de 0,0001 g, obtendo-se o peso seco (Ps).

$$ST = 100 - U \text{ e } U = (Pu - Ps)/Pu \times 100$$

onde:

ST = Teor de ST em porcentagem;

U= Teor de Umidade, em porcentagem;

Pu = Peso úmido da amostra, em g;

Ps = Peso seco da amostra em g;

5.2.5 - DETERMINAÇÃO DOS TEORES DE METANO, DIÓXIDO DE CARBONO, OXIGÊNIO E NITROGÊNIO.

Para avaliação do teor de metano no biogás produzido foram retiradas amostras de biogás semanalmente, utilizando-se seringas de plástico de 100mL de volume, apropriadas para coletas de biogás, sendo as determinações feitas utilizando-se cromatógrafo de fase gasosa GC 2001 equipado com colunas Porapack Q e peneira molecular 5A, utilizando o hidrogênio como gás de arraste. A calibração do

equipamento foi feita com o gás padrão contendo metano, dióxido de carbono, oxigênio e nitrogênio. Os percentuais dos gases pertencentes ao biogás produzido foram determinados com o auxílio de um integrador processador acoplado ao cromatógrafo.

5.2.6 – DETERMINAÇÃO DE MACRONUTRIENTES E MICRONUTRIENTES

Realizou-se a análise das amostras de entrada (afluente) e saída (efluente) do biodigestor, que foram digeridas líquida, com o uso de 20 mL de amostra e 10 mL de ácido sulfúrico, exceto algumas amostras com teor de ST superiores a 3% que foram necessários a realização de análise através de amostras secas (até 0,5 g de amostra). Utilizou-se um digestor Digesdahl Hach, para promover a digestão total da matéria orgânica à base de ácido sulfúrico (H_2SO_4) e peróxido de Hidrogênio (H_2O_2) a 50%. Com o extrato obtido foi possível determinar os teores de Nitrogênio, Fósforo, Potássio, Cálcio, Magnésio, Cobre, Ferro, Manganês, Zinco e Sódio segundo BATAGLIA *et al.* (1983).

O nitrogênio foi determinado por meio da utilização do 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. O método baseia-se na formação de um composto com coloração amarelo promovido pela inclusão da solução de vanadomolibdofosfórico em acidez de 0,2 a 1,6 N, onde a cor desenvolvida é medida em espectrofotômetro, determinando-se assim a concentração de fósforo das amostras, por meio da utilização de uma reta padrão traçada previamente a partir de concentrações conhecidas, entre 0 e 32 μg de P/mL. Os padrões foram preparados conforme metodologia descrita por MALAVOLTA *et al.* (1991).

A concentração de potássio, cálcio, magnésio, cobre, ferro, manganês, zinco e sódio foram determinadas em espectrofotômetro de absorção atômica modelo GBC 932 AA.

5.2.7 – DETERMINAÇÃO DE POTENCIAL HIDROGÊNIONICO (pH)

Este parâmetro foi medido nos afluentes e efluentes dos biodigestores, utilizando-se peagâmetro digital. Para tanto, foram utilizadas as mesmas amostras destinadas à determinação dos teores de sólidos totais e de sólidos voláteis

5.3 - RESULTADOS E DISCUSSÃO

A qualidade do biogás produzido foi medida em três ciclos distintos, durante a fase de adequação do biodigestor, entre o dia 31/3 e 29/9/2008 (Tabela 2). O primeiro ciclo corresponde a fase de abastecimento exclusiva com dejetos líquidos de suínos (dia 31/3 a 09/06/2008), o segundo ciclo corresponde ao período em que não realizou-se abastecimento (17/06 a 14/07/2008), e o terceiro ciclo ao período de abastecimento com substrato misto de dejetos de vacas leiteiras e dejetos líquidos de suínos (21/07 a 29/09/2008).

Observou-se que no ciclo 1, foram registrados as maiores quantidades de metano quando comparou-se as três fases. Porém, dentro da fase 1 não verificou-se diferença de produção de metano e de N_2 , somente verificou-se diferença estatística entre os valores de CO_2 . O valor médio de metano observado foi de 72,33 %, aproxima-se ao observado por ORRICO JUNIOR (2007), que obteve valor de 75,3% de metano com dejetos líquidos de suíno com a separação da fração sólida e TRH de 36 dias. É superior ao observado por SERAFIM, (2004) que obteve valor de 54,98% de metano na biodigestão de dejetos de suínos com lavagem das baias. Variações são esperadas em função de temperatura, tipo de substrato e manejo da propriedade.

A maior produção, observada neste período, deve-se a característica do substrato de partida. Esse material era composto por 25% com teor de sólidos totais de 9,03%; 25% com ST de 0,62% e 50% com dejetos de 0,23% de ST (Tabela1), formando o mix de dejetos com sedimento de dejetos e resto de ração coletado na caixa de sedimentação da propriedade, o dejetos fresco coletado diretamente das baias de crescimento e da lagoa de estabilização, que serviu como inóculo.

A degradabilidade de dejetos de suínos pelas bactérias anaeróbias ocorrido na fase 1, era sabida que seria maior do que na fase 3 quando adicionou-se dejetos de vacas leiteiras, pois este apresentou mais fibras de menor degradabilidade e menor presença de resíduos de alimentação com concentrado do que os presentes nos dejetos dos monográsticos (fase1).

Tabela 2 – Teores Percentuais de CO₂, N₂ e CH₄ presentes no biogás do biodigestor tubular de manta de PVC flexível avaliado entre o dia 31/3/2008 e 29/09/2008

CICLO 1			
Semana	CO ₂	N ₂	CH ₄
1	24,33 c	1,00 a	74,66 a
2	22,33 d	1,33 a	76,33 a
3	24,00 c	6,66 a	68,33 a
4	28,00 b	0,00 a	72,00 a
5	27,33 b	1,33 a	71,66 a
6	27,00 b	0,66 a	73,00 a
7	23,00 d	2,66 a	74,33 a
8	25,00 c	1,00 a	74,00 a
9	26,66 b	1,00 a	72,66 a
10	27,33 b	2,33 a	70,66 a
11	31,33 a	1,00 a	67,66 a
Média	26,03 C	1,72 A	72,33 A
CV%	2,19	135,10	4,08
CICLO 2			
12	34,00 b	0,00 a	65,66 a
13	33,66 b	0,66 a	65,66 a
14	32,33 c	1,00 a	66,66 a
15	32,66 c	1,66 a	66,00 a
16	35,33 a	1,00 a	63,66 b
Média	33,60 B	0,86 B	65,53 B
CV%	1,96	63,20	1,15
CICLO 3			
17	34,89 d	0,45 b	64,26 b
18	35,03 d	0,84 b	64,06 b
19	37,35 c	0,44 b	62,17 c
20	34,37 d	1,83 a	63,66 b
21	36,77 c	1,39 a	61,72 c
22	37,36 c	0,59 b	61,99 c
23	35,76 d	0,47 b	63,73 b
24	36,96 c	0,53 b	62,42 c
25	38,95 b	0,61 b	60,40 d
26	49,79 a	1,08 a	49,07 e
27	37,06 c	0,52 b	62,41 c
28	39,31 b	0,92 b	59,71 d
29	31,92 e	1,31 a	66,66 a
30	39,97 b	0,65 b	59,31 d
Média	37,53 A	40,13 B	61,54 C
CV%	2,50	0,83	1,48

Médias seguidas por Letras minúsculas diferentes na coluna diferem pelo teste Scott-Knott (P<0,05); médias seguidas por Letras maiúsculas diferem entre si na coluna pelo teste de Tukey (P<0,05)

No ciclo 2, observou-se uma redução na média de produção de metano, com conseqüente aumento nos teores de CO₂ e redução nos teores de N₂, sendo a produção neste período, dos gases, um efeito residual do substrato de abastecimento do período anterior com dejetos líquidos de suínos (DLS).

No ciclo 3, observou-se o menor teor de metano entre as fases, sabe-se que o dejetos de bovinos, pelo maior teor de fibras do que o DLS, apresenta uma menor formação de biogás. Os teores de CH₄ obtidos no experimento apresentaram valores médios de 61,54 %, e estiveram próximos aos encontrados por LUCAS JÚNIOR (1987) em biogás produzido a partir do estrume exclusivo de bovinos, com 50 dias de TRH, que foi de aproximadamente 58,00 %. O mesmo comportamento foi observado por AMARAL et al. (2004) que obteve valores de produção de metano entre 53,52 e 60,04% e de CO₂ de 39,74 a 46,08%, com dejetos bovinos em dois modelos de biodigestores distintos e com diferentes TRH.

Observa-se que ocorre uma grande variação nos teores de metano oriundo de diferentes substratos e de sistemas de biodigestão anaeróbia. SILVA & CAMPOS (2008) obtiveram uma porcentagem de metano média de 47,68 % (DP +/- 2,45) em um estudo com biogás do aterro sanitário Bandeirante-SP. AMORIM et al. (2004) observou diferenças nas concentrações de metano entre as estações de ano com variações significativas entre 56,30 e 73,09% (outono/verão) e de aproximadamente 43,24 a 56,14% (inverno/primavera) com dejetos de caprinos. Dependendo da eficiência do processo e tipo de substrato, o biogás contém entre 40% e 80% de metano (PECORA, 2006). A concentração de metano é o parâmetro para calcular a eficiência energética do biogás, em função da utilização do seu poder calorífico segundo YURA (2006), varia de 5.000 a 7.000 kcal/m³, dependendo da quantidade de metano presente na mistura.

Observa-se que nos ciclos 1, 2 e 3 o teor médio de CO₂ foi de 26,03, 33,60 e 37,53 respectivamente. Conforme os valores apresentados por TEIXEIRA (1985), o teor de CO₂ encontra-se entre 20 e 45% no biogás, ou seja, os valores determinados neste experimento estão na faixa observada na literatura.

A concentração de CO₂ encontrada em ambos os ciclos não é favorável para o aproveitamento direto do biogás, sendo os valores aceitos da concentração ideal deste

gás entre 18 e 5%, segundo a agência nacional de petróleo (ANP, 2001) para a região norte e demais regiões do país, respectivamente. SILVA et al. (2006) realizou a purificação de um biogás oriundo da digestão de esterco bovino que originalmente apresentava a seguinte composição 65,8% de CH₄ e 34,2% de CO₂, com poder calorífico inferior de 20.706 kJ/kg, e purificado obteve-se 96% de CH₄, 2,65% de CO₂, 0,59% de H₂S e 0,76% outros, com poder calorífico inferior de 46.500 kJ/kg. Também observa-se que existe uma preocupação das indústrias em desenvolver implementos que utilize este biogás sem necessidade de realizar sua purificação como o fabricante de uma microturbina (Modelo: C30 L/DG), que opera com valores de 0 a 50% de CO₂ e 30 a 100 % de CH₄ conforme demonstrou CAPSTONE (2001).

Observou-se que o teor de CO₂ observado neste experimento, em ambos os ciclos foram inferiores ao observado por AMARAL et al., 2004, na biodigestão de dejetos de bovinos leiteiros em biodigestores indiano e chinês que variaram de 39,74 a 46,08 %. A geração deste gás (CO₂) é 21 vezes menos impactante do que a emissão de metano, mas ainda assim representa 55% das contribuições para o efeito estufa.

O N₂, em média, apresentou nas três fases valores entre 0,83 e 1,72 %. Estes valores encontram-se dentro dos valores descritos por SILVA (1998) de 0 a 3 %. As emissões provenientes de dejetos animais são estimadas em cerca de 25 Tg/ano (USEPA, 2000), correspondendo a 7 % das emissões totais. Mesmo representando menos de 10% das emissões de gases estufa para a atmosfera o aproveitamento energético dos dejetos de animais representa uma economia no balanço energético da atividade, e uma redução nas saídas de recursos financeiros, aliado ainda a questões de meio ambiente e atendimento a legislação vigente no país.

Na Tabela 3 encontram-se a caracterização de alguns macronutrientes dos afluentes e efluentes e os teores de sólidos totais do biodigestor tubular de manta de PVC flexível.

Não se realizou análises e coletas de todas as entradas e saídas do biodigestor, em virtude do objetivo do estudo ser o de avaliar a operação do sistema e observar as alterações. Foram coletadas amostras sempre que se realizava alteração no manejo padrão ou quinzenalmente

Tabela 3 – Teores de N, P, K, Ca, Mg e de sólidos totais (ST) dos afluentes e efluentes do biodigestor tubular de manta de PVC

Substratos	N	P	K	Ca	Mg	ST
ETAPA PART-BIO (ciclo1)mg L ⁻¹					%
Lagoa de estabilização	54,3	18	223,60	70,9	ND	0,23
Baia de crescimento	56,4	30	440,45	84,9	25,65	0,61
Caixa de sedimentação	87,4	22	ND	233,5	25,45	9,03
média	66,0	23,33	332,02	129,76	25,55	3,29
AFLUENTES (ciclo 2)						
DEJ. Suíno 05/4/2008	24,5	66	687,75	109,45	499,50	NR
DEJ Suíno 09/4/2008	23,4	13	547,90	30,8	ND	0,17
DEJ Suíno 05/5/2008	34,6	17	230,95	42,95	ND	NR
DEJ. Granja cidade 5/5/2008	18,4	13	161,95	42,75	ND	0,27
DEJ. MIX (V+S) 15/5/2008	52,5	20	551,15	56,4	12,2	0,37
DEJ. MIX (V+S) 03/6/2008	51,2	36	127,90	44,2	ND	1,70
DEJ. MIX (V+S) 18/7/2008	68,5	36	436,30	134,3	332,15	2,28
AFLUENTES (ciclo 3)						
DEJ. MIX (V+S) 03/9/2008	75,3	35	320,25	90,95	432,25	3,25
DEJ. MIX (V+S) 08/9/2008	24,6	15	191,55	35,10	ND	NR
média	41,44	27,88	357,02	65,21	319,02	1,14
EFLUENTES (ciclo 2)						
DEJ Suíno 05/5/2008	42,7	19	122,75	36,4	ND	0,11
DEJ Suíno 05/5/2008	53,8	25	116,60	55,9	ND	0,09
DEJ Suíno 07/5/2008	60,2	17	139,95	39,25	ND	NR
DEJ Suíno 03/06/2008	37,8	15	172,10	46,8	ND	0,17
DEJ MIX 27/8/2008	61,7	20	570,90	72,65	95,5	NR
DEJ MIX 03/9/2008	53,2	19	722,40	64,45	117,85	0,33
média	51,57	18	307,45	52,57	106,67	0,17

MIX= Dejeito de vaca + dejeito de suíno; Dej. suíno = Dejeito do setor de suínos da UNESP; Dej. Granja = dejeito coletado na granja de suínos da cidade. ND= leitura menor do que padrão de 2ppm; NR= não realizado

Observa-se que dependendo do ponto de coleta no sistema ocorrem variações significativas no substrato avaliado dentro de uma mesma granja instalada no município de Jaboticabal-SP (ciclo1). Por exemplo, quando se observa o comportamento do potássio sua maior concentração foi determinada nas águas residuárias das baias de crescimento, depois na lagoa de estabilização esse comportamento era esperado uma vez que nas baias o dejetos encontra-se fresco, sem iniciar o processo de degradabilidade o que já poderia estar ocorrendo na lagoa de estabilização, e em relação à caixa de sedimentação o material mais grosseiro ficava retido e a fração líquida passava por esse material, provavelmente carreando o potássio que é um elemento muito móvel.

Avaliando-se o afluente e efluente do biodigestor no ciclo 2 (Tabela 3), observa-se que de maneira geral encontra-se uma redução na concentração dos elementos no efluente. Tomando-se como referência o fósforo, a concentração na entrada (afluente) variou de 13 a 66 mg L⁻¹ e na saída (efluente) a variação foi de 15 a 20 mg L⁻¹. Nos teores de potássio a concentração de entrada teve a variação de 687 a 127 mg L⁻¹ e na saída até apresentou em alguma amostra teor superior ao de entrada, com variação de 722 a 116 mg L⁻¹.

No processo de biodigestão anaeróbia é comum uma redução da fração orgânica maior do que dos elementos inorgânicos (minerais), Já que as reduções nos minerais tornariam o biofertilizante menos concentrado o que não seria desejável quando pretende-se a reciclagem via solo. O que ocorre é a degradação da matéria orgânica, enquanto que a fração mineral retorna ao sistema com a morte (lise) dos microorganismos.

Na tabela 4, estão apresentados os teores de micronutrientes e pH. Observou-se que o sódio e o Zn, praticamente não foram detectados pelo método analítico utilizado, ou seja, apresentam concentração nula ou menor que 2 ppm.

Esse resultado é satisfatório, pois o Zn é um dos elementos que é muito utilizado na ração para alimentação dos suínos, como promotor de crescimento, mas como apresentava baixa biodisponibilidade para os animais, sua presença está associada a impactos negativos ao meio ambiente, como demonstrou MATTIAS et al. (2004), que

observou acúmulo de zinco em solo adubado com 280 m³ de dejetos/ha/ano de até 320 mg/L em relação a testemunha que manteve a concentração de 25 mg/L.

Tabela 4 – Quantificação de Cu, Zn, Mn, Fe, Na e pH dos afluentes e efluentes do biodigestor tubular de manta de PVC

Substratos	Cu	Zn	Mn	Fe	Na	pH
ETAPA PART-BIO (ciclo 1)mg/L.....					
Lagoa de estabilização	2,29	ND	ND	0,10	ND	6,74
Baia de crescimento	0,91	ND	ND	0,76	11	7,86
Caixa de sedimentação	1,81	ND	0,64	70	ND	6,22
AFLUENTES (ciclo 2)						
DEJ. Suíno 05/4/2008	1,57	ND	4,45	6,66	ND	NR
DEJ Suíno 09/4/2008	3,13	39	ND	3,47	ND	NR
DEJ Suíno 05/5/2008	2,23	ND	ND	3,62	ND	NR
DEJ. Granja cidade 5/5/2008	2,32	ND	ND	0,16	ND	6,70
DEJ. MIX (V+S) 15/5/2008	2,93	ND	ND	6,41	ND	NR
DEJ. MIX (V+S) 03/6/2008	2,58	ND	0,69	19,75	ND	6,43
DEJ. MIX (V+S) 18/7/2008	2,49	1	0,27	19,95	ND	6,46
AFLUENTES (ciclo 3)						
DEJ. MIX (V+S) 03/9/2008	2,50	ND	3,92	41,45	ND	6,77
DEJ. MIX (V+S) 08/9/2008	3,05	ND	ND	2,06	ND	NR
EFLUENTES (ciclo 2)						
DEJ Suíno 05/5/2008	3,14	ND	ND	3,91	ND	NR
DEJ Suíno 05/5/2008	3,22	ND	ND	0,31	ND	NR
DEJ Suíno 07/5/2008	3,22	ND	ND	2,95	ND	NR
DEJ Suíno 03/6/2008	3,10	ND	ND	2,94	ND	6,71
DEJ MIX 27/8/2008	2,94	ND	ND	ND	ND	6,69
DEJ MIX 03/9/2008	3,17	ND	ND	2,38	ND	6,83

MIX= Dejetos de vaca + dejetos de suíno; Dej. suíno = Dejetos do setor de suínos da UNESP; Dej. Granja = dejetos coletados na granja de suínos da cidade. ND= leitura menor do que padrão de 2 ppm; NR= não realizado

O sódio, mesmo sendo um elemento com presença no dejetos líquido de suínos, em decorrência do tipo de ração fornecida aos animais conter NaCl (BERTOL, 2005), não apresentou-se em elevadas concentrações no afluente e efluente. Este elemento em concentração elevada, causa grandes alterações nos atributos do solo, como atribuiu PELES (2007) efeito de selamento superficial do solo ocorrido pela dispersão das argilas, adensamento de solo, são comuns na presença de elementos dispersantes, como é o caso do sódio.

O manganês apresentou valores no afluente com variação entre 4,45 e 0,27 mg/L, mas não foi detectado nos efluentes do biodigestor. As concentrações em geral foram baixas para todos os micronutrientes avaliados, mesmo para o ferro e o cobre.

O pH apresentou valor médio superior a 6,5 demonstrando bom tamponamento do sistema, o que contribuiu positivamente para o desenvolvimento de bactérias (CHERNICHARO, 1997).

O teor de ST variou entre as cargas de 0,11 a 3,25%, sendo que a variação entre as cargas realizadas manteve o sistema funcionando sem a promoção de colapsos no sistema. Apesar da baixa concentração de sólidos totais adicionados observou-se que o sistema manteve-se, constante de acordo com o substrato adicionado. Ocorreram variações de produção de biogás entre as fases conforme demonstrado na Tabela 3. OLIVEIRA (1993) atribui a concentração de sólidos no afluente afetando a produção de gás. Quanto maior a sua presença, maior será a possibilidade de ocorrer incremento na produção de gás, sendo que a faixa ideal de concentração de sólidos varia de 10 a 12%.

Neste experimento, quando aumentou-se a concentração de ST com adição de dejetos de vacas criadas em sistema de produção de leite, observou-se que este incremento não promoveu aumento na produção de biogás. Atribui-se a essa ausência de incremento de produção de biogás as características dos dejetos de vacas que apresentam maiores teores de fibras de menor degradabilidade do que se fosse possível o aumento de adição com dejetos da própria suinocultura.

O aumento dos teores de ST, com dejetos de vacas, poderá ter sido o responsável pelo entupimento do sistema de tratamento com biodigestor. Esse

entupimento ocorreu no meio da quarta etapa de operação com dejetos mistos de bovinos de leite + suínos, conforme relatos de produtores, que operam biodigestores no meio rural e dão ciência da alta ocorrência de entupimentos no sistema. Há uma necessidade de estudos que possam garantir uma operação menos susceptível a ocorrência destes fatos. Uma das possíveis causas do entupimento pode ter sido a formação de crosta, pois segundo EPA, (2003) os biodigestores tubulares conceitualmente não admitem mistura, pelo menos no sentido longitudinal.

A estratégia para desobstrução da tubulação do biodigestor é a retirada de substrato, através da tubulação de limpeza implantada no sistema com auxílio de tanque para sucção do material promovendo o rebaixamento do substrato dentro do biodigestor e depois limpeza da tubulação de entrada com sonda desenvolvida para limpeza de tubulação de esgoto convencional. Após a desobstrução pode-se retornar ao sistema o substrato retirado no rebaixamento do substrato que servirá como inóculo para o biodigestor retomar a sua atividade com menor tempo de partida.

Na tabela 5 estão descritos os custos de implantação de um biodigestor de pequeno porte. Além das vantagens como sistema de tratamento, geração de energia elétrica e biofertilizante, ambas já discutidas, a relação custo:benefício e tempo de retorno de investimento é uma ferramenta fundamental na tomada de decisão.

O custo do projeto foi determinado através do somatório dos gastos nas diferentes etapas realizadas na construção. A tabela de quantidades de materiais de construção utilizados (Tabela 5) foi elaborada com base no projeto real desenvolvido na granja de ciclo completos de suínos da FCAV:UNESP.

O custo do projeto teve 34,36% referente ao custo do material de construção, 28,34% referente ao custo de mão de obra e 37,30% referente aos custos da lona. Apesar da maior parte dos custos estarem vinculados ao custo da lona deve-se considerar que a mesma tem uma durabilidade mínima de 10 anos e está embutido nesses custos um pacote tecnológico.

Para a viabilidade econômica será considerada como receita bruta a venda anual de animais em terminação oriundos de 10 matrizes considerando-se uma média de 18 animais terminados por matriz ano (BORCHARDT, 2004), temos anualmente 180

animais á serem abatidos com 120 kg de peso vivo (PV) considerando como média histórica o valor de R\$ 2,90 o kg de PV. Anualmente com a venda de suínos se obtêm a receita bruta de R\$ 62.640,00 considerando se como receita líquida 30% do valor bruto tem-se R\$ 18.792,00

Tabela 5 – Demonstrativos de materiais e mão-de-obra utilizados para a construção de biodigestor tubular

Materiais utilizados	Unidade	Valor unitário		
MATERIAIS DE CONSTRUÇÃO		(R\$) ¹	Quant.	R\$
Curva de 45° e 6"	Unid	51,50	6	309,00
Curva de 90° e 6"	Unid	57,00	4	228,00
Tubo de PVC 6"	6 m	79,50	22	1.749,00
Cimento	50 kg	17,00	30	510,00
Areia fina	m ³	59,40	5	297,00
Brita média	m ³	56,00	3	168,00
Tijolo 4X10X19 (compacto)	Unid	1,20	1200	1.440,00
Barra de aço 5/16	10 m	28,00	15	420,00
Barra de aço 3/8	10 m	39,00	7	273,00
Adesivo de PVC	800 gr	19,50	2	39,00
Mão de obra				
Limpeza da área (homen)	Diária	30,00	3	90,00
Limpeza da área (máquina)	Diária	120,00	1	120,00
Escavação da área	Diária	120,00	3	360,00
Mestre de obras	Diária	70,00	35	2.450,00
Pedreiro	Diária	35,00	35 X 2	2.450,00
LONA de PVC³				
LONA biodigestor	m ³	156,80	25	3.920,00
LONA lagoa	m ³	60,00	22	1.320,00
Custo Total:				16.143,00

*material utilizado na construção do biodigestor tubular de manta de PVC flexível de 25m³ instalado na unidade de produção da suinocultura da FCAV/UNESP

¹ - Valor referencia a pedido de orçamento obtido em 5 de abril de 2009, em diversas revendas de materiais de construção da praça de Jaboticabal, sendo adotado o menor preço praticado na data.

²- valor monetário de referência: US\$1,00 =R\$ 2,17, segundo cotação do dia 22 de maio de 2009 obtida no banco oficial do governo brasileiro.

³ - O custo do metro cúbico da lona de PVC flexível utilizada para revestimento do biodigestor produzido pela industria Sansuy s.a não é linear. Pois além do custo do material estão incluídos na formação de preço para venda o custo do projeto de biodigestor, consultoria na implantação do sistema e assistência

técnica de operação e confecção do biodigestor (ajuste do dimensionamento da lona ao projeto desenvolvido) sendo o custo médio em torno de R\$ 60,00 a 350,00 por m³.

O pay-back é o tempo necessário para que a empresa recupere seu investimento inicial do projeto. É uma técnica considerada pouco sofisticada porque não leva em conta explicitamente o valor do dinheiro no tempo (correção financeira). Como cálculo inicial de pay-back, será considerado um investimento de 10% do valor da receita líquida como amortização do custo de implantação do biodigestor. Ou seja, considerando-se que não serão aproveitados o biogás e o biofertilizante. O pay-back do investimento é de 103 meses (8,59 anos), em que o valor total do investimento (R\$16.143,00) dividido pelo valor líquido de investimento de 10% (1.879,20). Podem ser aplicados diferentes critérios para tomada de decisão, como a garantia da lona é de 10 anos (120 meses) esse seria o período máximo aceitável para a recuperação do custo do projeto. Ou seja, somente com a venda de animais o pay-back foi favorável por ter sido inferior em 16 meses do que o período máximo estipulado para o projeto.

Mas considerando-se que a implantação de sistemas de tratamento de dejetos é uma obrigação legal, ou seja, é necessário ser realizada para a manutenção do produtor na atividade e que gera ganhos adicionais com o biogás e o biofertilizante realizou-se uma estimativa destes ganhos para incluí-las no cálculo do pay-back.

A produção anual de metano esperada neste projeto com abastecimento de dejetos líquidos de suínos é de 24,63 m³ de metano (25 m³/mês X 12 meses X potencial de produção de biogás de 0,0821). Com abastecimento com dejetos de vacas é de 14,70 m³ (25 m³/mês X 12 meses X Potencial de Produção de biogás de 0,049) e o uso de um Mix de dejetos de suínos e Vacas é de 19,50 m³ (25 m³/mês X 12 meses X Potencial de Produção de biogás de 0,065). Na tabela 6 estão descritos em função dos potenciais de produção de biogás obtidos com os três estrumes avaliados as relações obtidas com a substituição de biogás pelo GLP.

Tabela 6 – Relação entre produção de biogás, kcal e conversão para botijão de GLP

Espécie do estrume utilizado	Potenciais de produção de biogás	Conversão para Kcal	Conversão para Botijão de GLP
Suíno	24,63	209,35	6,34
Vacas	14,70	124,95	3,79
MIX	19,50	165,75	5,02

* considerando cada botijão de GLP tem 33 kcal

*kcal = kilocaloria

Considerando o preço de venda de um botijão de GLP de R\$ 27,00 para o produtor rural (valor praticado em maio de 2009), temos que anualmente uma geração de R\$171,18; 102,33 e 135,54 respectivamente ao sistema de criação de suínos, vacas leiteiras ou mix de vacas e suínos.

Na tabela 7 estão descritos a concentração média dos biofertilizantes.

Tabela 7 – Concentração média dos biofertilizantes

Nutriente	Biofertilizante Suíno*	Biofertilizante bovino**	Biofertilizante MIX***
	-----mg L ⁻¹ -----		
N total	48,6	67,1	57,45
P total	17,00	22,36	19,50
K total	137,85	357,00	646,65
Equivalência com os fertilizantes			
N	48,6	67,1	57,45
P ₂ O ₅	38,93	51,20	44,65
K ₂ O	165,97	429,83	778,57

*valores referentes aos teores médios obtidos no capítulo 5; ** Valores referentes aos teores referentes ao biofertilizante utilizado no capítulo 4 (milho) *** Valores referentes a média dos teores referentes ao biofertilizante MIX (suínos + bovino de leite) obtido no capítulo 5

As equivalências com os fertilizantes, presentes no biofertilizante (tabela 7), foram calculadas de acordo com os fatores de conversão da forma elementar para a forma de óxido, conforme (CFSEMG, 1999) .

O fertilizante mineral escolhido como fonte de nitrogênio foi o sulfato de amônio (20% N), como fonte de fósforo foi escolhido o superfosfato simples (16% de P_2O_5) e como fonte de potássio utilizou-se o cloreto de potássio (58% K_2O).

Como ferramenta para obtenção do valor fertilizante do biofertilizante produzido pela biodigestão anaeróbia. Optou-se por considerar com base no volume de biofertilizante gerado, e sua concentração média dos teores dos três principais macronutrientes presentes em sua composição (N, P e K), sem considerar seu valor biológico e seu valor como condicionador da estrutura do solo.

A geração de biofertilizante é de 25 m³ por mês ou 300 m³ por ano sendo assim por ano tem-se com base nos dados da Tabela 7, com o biofertilizante suíno a geração anual de 14,58 kg de N; 11,68 kg de P_2O_5 e 49,79 kg de K_2O ; com o biofertilizante bovino a geração anual de 20,13 kg de N; 15,36 kg de P_2O_5 e 128,95 kg de K_2O ; com o mix de biofertilizante suíno + vaca a geração anual de 17,24 kg de N; 13,40 kg de P_2O_5 e 233,57 kg de K_2O .

Na Tabela 8, serão demonstrados os valores atribuídos aos biofertilizantes, produção de GLP e venda de créditos de carbono com a implantação do biodigestor.

Tabela 8 - Valores anuais atribuídos aos biofertilizantes, produção de GLP com a implantação do biodigestor

Espécie do estrume utilizado	biogás	N	P	K	Total anual
Suíno	171,18	24,79	11,45	30,87	238,29
Vacas	102,33	34,22	15,05	79,95	231,55
MIX	135,54	29,31	13,13	144,81	322,79

O valor de mercado médio do botijão de GLP no mercado para o produtor rural é de R\$ 27,00, e para as fontes de fertilizantes minerais é de R\$ 1.700,00 a tonelada de

sulfato de amônio, R\$ 980,00 a tonelada de superfosfato simples e de 620,00 a tonelada de cloreto de potássio de acordo com valores praticados na praça de Ribeirão Preto, em maio de 2009.

Observou-se que cada substrato forneceria quantidades diferenciadas de biogás e de biofertilizante com valores anuais de ganhos entre R\$ 231,55 e 322,79, ou seja, retornando ao cálculo de pay-back pode ser aplicado o incremento anual acima citado que reduz o tempo de recuperação para 7,62; 7,65 e 7,33 anos respectivamente ao abastecimento com dejetos de suínos, dejetos de vacas leiteiras e mix (dejetos de suínos + dejetos de vacas leiteiras). Considerando os ganhos obtidos com a utilização dos subprodutos o pay-back é aceitável dentro do critério proposto inicialmente. Ou seja considerando-se os subprodutos houve uma redução no tempo de pay-back de 11,29 % (com o substrato de dejetos de suínos), 10,94 % (com o substrato de dejetos de vacas leiteiras) e 14,67 % (com o substrato MIX de dejetos de suínos + dejetos de vacas leiteiras).

Considerando-se que um biodigestor de 25 m³ é um projeto de pequeno porte, deve-se buscar alternativas para aumentar a receita da propriedade favorecendo sua permanência na atividade. Pode-se observar que mesmo nas circunstâncias apresentadas a implantação tornou-se viável economicamente, sendo possível o pagamento pelo produtor em um período inferior a 10 anos e ambientalmente satisfatório visto que houve redução na emissão de metano para a atmosfera, redução de patógenos e estabilização dos nutrientes do biofertilizante.

5.4 – CONCLUSÃO

Com os parâmetros utilizados é possível realizar o dimensionamento e implantação de um biodigestor anaeróbio tubular de manta de PVC.

Existe viabilidade técnica e econômica na implantação do biodigestor anaeróbio de manta de PVC e variação no desempenho em função do substrato de abastecimento.

O substrato que forneceu o menor “pay-back” foi o operado com substrato misto de dejetos de suínos e dejetos de vacas leiteiras.

O substrato que produziu a maior porcentagem de metano foi o dejetos líquido de suínos com 72,33%.

5.5 - REFERÊNCIAS

AGENCIA NACIONAL DO PETROLEO (ANP) – portaria 128, de 28 de agosto de 2001, Regulamento Técnico ANP nº 3/2001 que estabelece a especificação do gás natural, de origem nacional ou importado, a ser comercializado no País. 2001. Acesso em: 31/10/2008; disponível em: http://www.anp.gov.br/doc/petroleo/P128_2001.pdf;

AMARAL, C. M.C.; AMARAL, L. A.; LUCAS JUNIOR, J.; NASCIMENTO, A. A.; FERREIRA, D. S.; MACHADO, M. R. F. Biodigestão anaeróbia de dejetos de bovinos leiteiros submetidos a diferentes tempos de retenção hidráulica, **Ciência Rural**, Santa Maria, V.34, n.6, p. 1897-1902, 2004.

AMORIM, A. C., LUCAS JUNIOR, J., RESENDE, K. T. Efeito da estação do ano sobre a biodigestão anaeróbia de dejetos de caprinos. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 24, n. 1, p. 16-24. 2004.

APHA. AWWA. WPCF. Standard methods for examination of water and wastewater. 20th ed. Washington, 2000.

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

BERTOL, O.J. **Contaminação da água de escoamento superficial e da água percolada pelo efeito de adubação mineral e adubação orgânica em sistema de semeadura direta**. Curitiba, 2005. Tese (Doutorado em Ciências Florestais) – Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná.

CAPSTONE. **“Authorized Service Provider Training Manual”** Capstone Turbine Corporation, Los Angeles, 2001.

CENTURIÓN, R. E. B., GUNTHER, M. A. *Tratamento de despejos de laticínios: obtenção de parâmetros de projeto, em escala de laboratório através do uso de reatores biológicos aeróbios*. São Paulo: CETESB, 1976. 35p. IN: XV Congresso Interamericano de Engenharia Sanitária, **Anais...**20-25 de junho de 1976, Buenos Aires).

COMISSÃO DE FERTILIDADE DO SOLO DO ESTADO DE MINAS GERAIS (CFSEMG) **Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas gerais – 5ª aproximação**. Belo Horizonte: EPAMIG , 1999, 180p.

CHERNICHARO C. A. L. **Reatores anaeróbios**. Belo Horizonte: Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental – UFMG,1997, 246 p. (Princípios do tratamento biológico de águas residuárias, 5).

LUCAS JR. J. **Estudo comparativo de biodigestores modelo Indiano e Chinês**. 1987. 114f. Tese (Doutorado em Energia na Agricultura) - Faculdade de Ciências Agrárias, Universidade Estadual Paulista, Botucatu.

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

MASRI, M. R. Changes in biogas production due to different ratios of some animal and agricultural wates. **Bioresource. Technology.**, Oxford, v.77, n. 1, p. 97-100, 2001.

MATTIAS, J. L.; MOREIRA, I. C. L.; CERETTA, C. A.; POCOJENSKI, E.; GIROTTO, E.; TRENTIN, E.E. Lixiviação de cobre, zinco e manganês no solo sob aplicação de dejetos líquidos de suínos IN: FERTIBIO 2004: LAGES-SC, **Anais...**,2004

OLIVEIRA, P. A. V. de(Coord)- Manual de manejo e utilização de dejetos de suínos. Concórdia, SC: **EMBRAPA Suínos e Aves**, 188p. 1993. (Documento, 27).

ORRICO JUNIOR, M. A. P. **Biodigestão anaeróbia e compostagem de dejetos de suínos, com e sem separação de sólidos.**2007.93f. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias de Jaboticabal, Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, 2007

PECORA, V., **Implantação de uma unidade demonstrativa de geração de energia elétrica a partir do biogás de tratamento do esgoto residencial da USP – Estudo de Caso.** 2006 (Dissertação de Mestrado). Programa Interunidades de Pós-Graduação em Energia (PIPGE) do Instituto de Eletrotécnica e Energia (IEE) da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2006.

PELES, D. **Perdas de solo, água e nutrientes sob aplicação de gesso e dejetos líquidos de suínos**, 2007. (Dissertação de Mestrado) Ciências do solo, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, f.97, 2007.

SILVA, D. J. **Análise de alimentos:** métodos químicos e biológicos. Viçosa: UFV, 1981. 166 p.

SILVA, F. M. Utilização do biogás como combustível. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, 27., 1998, Lavras. **Anais...** Lavras: UFLA/SBEA, 1998. p. 96-125.

SILVA, F. M.; LOPES, A.; CASTRO NETO, P.; DABDOUB, M. J.; SALVADOR, N.; FURLANI, C. E. A. Desempenho de Motor Alimentado com Biodiesel Associado ao Biogás IN: Congresso Nacional de estudos de Biocombustíveis, Brasília, p.361-367, 2006.Acesso:<http://www.biodiesel.gov.br/docs/congresso2006/Outros/DesempenhoMotor9.pdf>

TEIXEIRA , E. N. **Adaptação de estruturas existentes (esterqueiras) em biodigestores.** 1985. 285f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Alimentos e Agrícola) – Universidade Estadual de Campinas, Campinas.

US ENVIROMENTAL PROTECTION AGENCY (USEPA). Evaluating Ruminant Livestock Efficiency Projects and Programs. In: **Peer review draft.** Washington, D.C, 2000. 48 p.

VON SPERLING, M. "**Princípios do tratamento biológico de águas residuárias**". **Princípios do Tratamento Biológico de águas Residuárias**, Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental/UFMG, Belo Horizonte/MG, 2a ed., vol. 2, 1996. 243 p.

CAPITULO 6 - GESTÃO E VIABILIDADE ECONÔMICA DE SISTEMAS COM BIODIGESTOR TUBULAR DE MANTA DE PVC FLEXÍVEL E APROVEITAMENTO DOS DEJETOS DE BOVINOS E SUÍNOS

RESUMO: Objetivou-se neste capítulo realizar um estudo de viabilidade econômica e dimensionamento para dois sistemas de produção. O primeiro, uma granja de suínos de ciclo completo para 500 matrizes e o segundo uma granja leiteira com 100 vacas. Os estudos indicaram que através de parâmetros estabelecidos pelos ensaios de campo, o sistema de suínos deve requerer um volume útil de biodigestor variando entre 2.250 e 3.375 m³ dependendo do tempo de retenção hidráulica (TRH) estabelecido entre 30 e 45 dias, e lagoas de armazenamento entre 3.375 a 4.500 m³ com tempo de estocagem entre 30 a 60 dias. O sistema deve gerar 14.408,55 m³ de metano, 18.010,69 kw ou o equivalente a 3.729,70 de botijões de gás liquefeito de petróleo (GLP) mês. Para o sistema de bovinos deve requerer um volume útil de biodigestor variando entre 345 a 519 m³ dependendo do TRH estabelecido entre 30 e 60 dias, e lagoas de armazenamento entre 345 a 690 m³ com tempo de estocagem entre 30 a 60 dias. O sistema deve gerar 6.781 m³ de metano, 282,50 kw ou 58,21 equivalentes de botijões de gás GLP. Com esses dados realizou-se o cálculo do tempo de retorno do investimento (pay-back) e da taxa interna de retorno (TIR). Obteve-se o menor tempo de retorno de investimento (pay-back) para implantação de um biodigestor em um sistema de produção de suínos, ciclo completo, com 500 matrizes foi de 39 meses, e de 43 meses para o sistema de 100 vacas leiteiras em lactação referente a um sistema com TRH de 30 dias. Houve uma redução anual de 1.248 toneladas de carbono com a implantação do biodigestor na granja de suínos e de 60 toneladas de carbono com a implantação do biodigestor na granja leiteira. Com esses valores é possível a tomada de decisão com base em custo:benefício.

PALAVRA CHAVE: Custo:Benefício, dimensionamento de sistema, geração de produtos da biodigestão, TIR, pay-back.

CHAPTER 6 - MANAGEMENT OF ESTIMATED ECONOMIC VIABILITY OF THE DEPLOYMENT OF BIODIGEST TUBULAR IN FLEXIBLE MANTA THE PVC AND GETTING GENERATED BY-PRODUCTS

ABSTRACT: The union of the results in scientific studies to serve as parameters for real cases favor the conviction on the technologies tested. The objective of this chapter a study of economic feasibility and design for two production systems. The first system is a pig farm in full cycle for 500 matrices and a dairy farm with 100 cows. The studies indicated that using parameters established by field-testing. Obtained that the system of pigs should require a volume of biodigesto ranging from 2.250 to 3.350 m³ depending on the TRH between 30 to 45 days, and storage ponds between 2.250 to 5000 m³ of storage time with 30 to 60 days. The system must generate 14.408,55 m³ methane 18.010,69 kwatt or 3.729,70 equivalent recipient (13 kg) the gas LPG month. And for the cattle system should require a volume of biodigest ranging from 345 to 519 m³ depending on the TRH between 30 to 45 days, and storage ponds between 345 to 690 m³ with time of storage between 30 to 60 days. The system must generate 6.781 m³ of methane, 282,50 kwatt or 58,21 equivalents recipient (13 kg) gas LPG. With these data we can perform the calculation of the TIR and pay back and implement a decision based on cost: benefit.

KEY WORDS: Cost: Benefit, system design, generation of biogas.

6.1 - INTRODUÇÃO

A atividade agropecuária, atualmente, deve ter suas decisões embasadas em resultados zootécnicos, planejamento administrativo e financeiro, atendimento as legislações nacionais como qualquer outra empresa seja ela implantada no meio rural ou no meio urbano. Essa tendência do agronegócio relaciona-se com uma abertura de mercado em que os investidores perceberam que este mercado está mais competitivo.

O mercado tem retirado o antigo profissional chamado de “fazendeiro”, identificado como o proprietário da terra que administra sua propriedade em cima de conceitos herdados do passado, muitas vezes obtidas através de tradição familiares de gerenciamento da propriedade, sem buscar inovações administrativas ou técnicas para as necessidades do novo milênio. Atualmente, o profissional chamado de “produtor rural” ou “empresário rural”, é aquele proprietário de terra ou simplesmente um investidor que se associa a um proprietário de terra e através de ferramentas de gestão conduz a atividade agropecuária com enfoque empresarial.

Ganhos tecnológicos rápidos, no setor agropecuário, passaram a exigir controles gerenciais mais sofisticados, pois a atividade é cada vez mais dependente de alterações contratuais de mercado de exportação e importação de produtos e insumos, seguro agrícola, mercado futuro, commodities, certificações ambientais e sociais, planejamentos econômicos, adoções de tecnologias de instalação de maquinários robóticos entre outras inovações.

A agropecuária brasileira tem que desenvolver estratégias nacionais diferenciadas das praticadas por muitos países concorrentes diretos dos produtos nacionais, em função da prática não adotada no país de subsídios agropecuários. Cada vez mais os subsídios governamentais têm sido banidos da política nacional amparados por uma legislação menos protecionista. Alguns problemas no setor são em função da expectativa dos produtores de práticas antes comuns como o perdão de dívidas do crédito rural, compra de estoque

de regulador, mesmo quando este não se encontra baixo, entre outras práticas muitas vezes ainda aguardadas pelos profissionais menos tecnicizados.

A gestão financeira da agropecuária apesar de basear-se em linhas base sofre alterações significativas do sistema de produção implantado, espécie animal, integração com agricultura, consorciação de uma ou mais atividades, tamanho da empresa, uma ou várias propriedades a serem gerenciadas, que ainda podem ser implantadas em regiões distintas, são uma diversidade de fatores que faz a gestão serem diferenciada, pois toda atividade agropecuária além dos fatores administrativos, de mercado, e de produção ainda é dependente de fatores climáticos que podem isoladamente determinar o sucesso ou não da atividade naquele ano agrícola.

A competitividade necessária hoje nas atividades agropecuárias faz com que orientações sejam realizadas não somente visando aspectos técnicos, mas também aspectos econômicos. O levantamento dos diversos usos da implantação do biodigestor, como a otimização dos recursos energéticos (biogás), reciclagem de nutrientes (biofertilizante) e saneamento ambiental (tratamento de resíduos), foi estudado com a visão econômica pretendendo atingir através desta ferramenta o convencimento do produtor dos ganhos ambientais embutidos.

Como estratégia para aceitar/estimar um modelo de tomada de decisão em um estudo de viabilidade econômica. Baseando em dados dos experimentos apresentados no capítulo 2 (sorgo), 3 (milho) e 5 (operação do biodigestor). Objetivou-se calcular, utilizando-se indicadores econômicos, a viabilidade econômica da implantação de três projetos distintos de biodigestor tubular de manta de PVC flexível.

6.3 - MATERIAL E MÉTODOS

Os dados levantados foram compostos de parâmetros técnicos para o dimensionamento e de custos fixos e variáveis de materiais necessários à instalação e operação. Além de uma série de coeficientes técnicos (parâmetros indicadores de consumo de insumos e de fatores da produção) do sistema de biodigestão anaeróbia.

Foram considerados como base os dados, do biodigestor tubular instalado na unidade de produção do setor de suínos da FCAV/UNESP campus de Jaboticabal e dados obtidos por diversos autores que quantificaram a produção de dejetos de suínos e bovinos, bem como parâmetros de biodigestão (produção de biogás e redução de sólidos totais e voláteis).

6.3.1 – DIMENSIONAMENTO DO PLANTEL E DO SISTEMA DE TRATAMENTO ANAERÓBIO

Existem muitas etapas para o dimensionamento correto do sistema de tratamento a ser implantado. Entre elas, a estimativa do plantel e o sistema de criação utilizado, além da definição da estrutura física da propriedade e da área disponível ao programa de uso de solo. A partir destes referenciais, os demais fatores determinantes para uma segunda fase, que consiste no planejamento das instalações necessárias, benfeitorias, a quantidade de máquinas, motores e equipamentos necessários à condução do sistema de tratamento escolhido.

Realizou-se duas simulações para dimensionamento e viabilidade econômica.

6.3.1.1 – GRANJA A

Unidade de produção de suínos de ciclo completo, unidade onde há a produção de todas as fases do ciclo produtivo de suínos do nascimento a engorda, com um plantel de 500 matrizes alojadas.

6.3.1.2 – GRANJA B

Unidade de produção intensiva de bovinos destinados a produção de leite, com um plantel de 100 vacas alojadas.

6.3.2 – SISTEMA DE TRATAMENTO ANAERÓBIO

A opção pelo modelo de biodigestor tubular ou canadense, confeccionado em manta de PVC flexível, tem como princípio que este modelo é de projeto simplificado. Aliado as condições de temperatura média encontradas no Brasil, permite que este modelo seja operado sem a necessidade de implantação de agitadores e aquecedores do substrato. O menor custo de instalação para projetos do meio rural e menor geração de lodo faz com que este modelo apresente maior viabilidade do que o uso de modelos UASB.

O custo total da implantação da tecnologia da biodigestão anaeróbia foi separado por etapas, e dissociado do custo da atividade desenvolvida no setor produtivo.

6.3.2.1 - ESTIMATIVA DE GERAÇÃO DE DEJETOS

O volume de dejetos líquidos produzido por dia, de acordo com o ciclo de produção de suínos, pode ser estimado utilizando-se dados referenciais que uma unidade de ciclo completo segundo OLIVEIRA (1993) gera 85 L dia⁻¹ por matriz alojada, e segundo Souza et al. (2004) a geração é 72 L dia⁻¹ por matriz alojada. Apesar desses dados obtidos na literatura utilizou-se como índice teórico de produção de dejetos líquidos de suínos o valor normalmente encontrado em granjas comerciais de 150 L dia⁻¹ por matriz alojada. Sendo assim, foi considerado para a Granja A um volume diário de dejetos líquidos de 75.000 L.

O volume de dejetos na matéria natural de vacas criadas em sistema para produção de leite foi estimado utilizando-se de dados referenciais segundo MORSE et al. (1994) colheram dejetos de vacas leiteiras de alta produção, com peso corporal médio de 567 kg, verificaram produções médias

de dejetos de 60,3 kg de MN dia⁻¹, e XAVIER (2009) que coletou dejetos de vacas holandesas de média produção, alimentadas com diferentes dietas obteve produção máxima de 31,96 kg de dejetos dia⁻¹, isentos de “cama”, água de lavagem e de chuvas e continham quantidades desprezíveis de sobras de alimentos. Utilizou-se como índice teórico de produção de dejetos a média descrita entre os autores acima citados, de 46,13 kg dia⁻¹ por vaca alojada. Sendo assim, foi considerado para a Granja B um volume diário de dejetos de 4.613 kg dia⁻¹.

6.3.2.2 - CUSTO DE INSTALAÇÃO DO BIODIGESTOR

O custo de instalação foi realizado através de estudo do demonstrativo de materiais e mão de obra utilizados para a construção do biodigestor tubular. Os materiais listados compreendem as quantidades consumidas dos materiais requeridos pelos profissionais envolvidos na construção civil e as mensurações das horas homem e máquinas foram definidas através de anotações durante as etapas realizadas e ajustadas/chechadas com empreiteiros da construção civil.

Acoplado no custo da lona de PVC flexível (vinibiodigestor), praticado pela indústria (Sansuy), está incluso o custo da confecção da lona, ajuste da lona para as dimensões do biodigestor e o projeto de engenharia do biodigestor.

A metodologia seguida para este item baseia-se em um estudo teórico amparado nos princípios da economia, dos custos de produção e dos aspectos técnicos da implantação da biodigestão anaeróbia da unidade implantada na FCAV/UNESP de 25 m³ (Capítulo 5).

As etapas para o custo do dimensionamento seguido foi a geração de um sistema de biodigestão, para cada granja, com capacidade de armazenamento de biomassa padrão com TRH de 30 dias.

6.3.3 - CAPACIDADE DE PRODUÇÃO DE BIOGÁS

Utilizando-se de um índice teórico de produção média de dejetos líquidos de suínos de 72 litros/dia/matriz de suíno, resultando em 0,775 m³ de biogás/cabeça de matriz de suíno dia (Souza et al. 2004).

COSTA (2009) obteve o potencial de produção de biogás de 0,009852 m³ de biogás por litro de substrato de suínos adicionado ao biodigestor. Além do potencial do dejetos de 0,0821 m³ kg⁻¹ de dejetos adicionado e de 0,6841 m³ kg⁻¹ de SV adicionado.

XAVIER (2009) obteve potencial de produção de metano com dejetos de vacas leiteiras alimentadas com silagem de milho 280 L de CH₄ kg⁻¹ de dejetos adicionado e de 193 L de CH₄ kg⁻¹ de SV adicionado. AMON et al. (2007) indicaram que vacas leiteiras produziam 166,3 L de CH₄ kg⁻¹ de SV adicionados. Segundo Lucas Junior (1994) o potencial de produção de biogás dos dejetos de bovinos leiteiros é de 0,049 m³ de metano por kg de esterco.

6.3.4 – CAPACIDADE DE GERAÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA PELO BIOGÁS

Segundo KOSARIC & VELIKONJA (1995) 1 m³ de biogás (com 60% de CH₄) pode ser aplicado para gerar 1,25 kW de eletricidade.

O poder calorífico inferior (PCI) do biogás é de 5.500 kcal/m³ com aproximadamente 60% de metano em sua composição e o gás liquefeito de petróleo (GLP) tem PCI de 10.900 Kcal m⁻³.

6.3.5 - CALCULO DE VALOR FERTILIZANTE DOS SUBSTRATOS UTILIZADOS

Como ferramenta para obtenção do valor fertilizante do biofertilizante produzido pela biodigestão anaeróbia, optou-se por considerar com base no volume de biofertilizante gerado, e sua concentração média dos teores dos três principais macronutrientes presentes em sua composição (N, P e K), sem considerar seu valor biológico e seu valor como condicionador da estrutura do solo.

As equivalências com os fertilizantes, presentes no biofertilizante e no composto bovino, foram calculadas de acordo com os fatores de conversão da forma elementar para a forma de óxido, conforme (CFSEMG, 1999).

O fertilizante mineral escolhido como fonte de nitrogênio foi o sulfato de amônio (20% N), como fonte de fósforo foi escolhido o superfosfato simples

(16% de P_2O_5) e como fonte de potássio utilizou-se o cloreto de potássio (58% K_2O).

Tabela 1 – Concentração média de N, P e K nos biofertilizantes

Nutriente	Biofertilizante Suíno*	Biofertilizante bovino**	Biofertilizante MIX***
	-----mg L ⁻¹ -----		
N total	48,6	67,1	57,45
P total	17,00	22,36	19,50
K total	137,85	357,00	646,65
Equivalência com os fertilizantes			
	-----mg L ⁻¹ -----		
N	48,6	67,1	57,45
P_2O_5	38,93	51,20	44,65
K_2O	165,97	429,83	778,57

*valores referentes aos teores médios obtidos no capítulo 2

** Valores referentes aos teores referentes ao biofertilizante utilizado no capítulo 4 (milho)

*** Valores referentes a média dos teores referentes ao biofertilizante MIX (suínos + bovino de leite) obtido no capítulo 2

6.3.6 – INDICADORES ECONÔMICOS

A comparação da viabilidade econômica foi realizada através do tempo de retorno do investimento (pay-back) e taxa interna de retorno (TIR).

O pay-back foi calculado através da fórmula:

Pay-back = custo total do projeto/ entrada de fluxo de caixa

O custo total do projeto = valor do orçamento do projeto

Entrada de fluxo de caixa = valor de entrada que será destinado para custear o projeto.

Neste estudo utilizou-se o valor da entrada de fluxo de caixa como 10% do valor líquido da atividade, e/ou 10% do valor líquido da atividade + valor dos ganhos obtidos pelo biogás e biofertilizante.

Para a TIR, utilizou-se a planilha eletrônica excell para realizar o cálculo.

6.3.7 - ESTIMATIVA DE GANHO AMBIENTAL

Tomou-se como base a redução da emissão de metano para a atmosfera. O calculo foi realizado convertendo-se a redução da emissão de metano para atmosfera em carbono (C).

Utilizou-se no cálculo que 1 m³ de metano tem o peso equivalente a 0,72 kg (Silva, 2008) e a cada tonelada de metano que não é emitida para a atmosfera tem-se um adicional de 21 créditos de carbono (21 toneladas de carbono que tiveram sua emissão reduzida).

6.4 - RESULTADOS E DISCUSSÃO

A estimativa de geração de dejetos descrita, como descrita no item 6.3.2.1, a geração diária de dejetos da GRANJA A (com suínos) tem um volume de 39.250 L e da GRANJA B (com bovinos) tem um volume de 3.196 kg. Os dejetos produzidos na suinocultura não necessita de uma diluição para sua caracterização ser realizada na forma líquida por apresentar um teor de ST, normalmente, inferior a 6% não necessitando de diluição para entrada no biodigestor.

Já os dejetos de granjas leiteiras, como o caracterizado para a GRANJA B, necessita de uma diluição com a água. Esta água pode ser a proveniente de lavagem das instalações do próprio sistema de produção, lavagem da sala de ordenha, ou outras águas residuárias disponíveis na propriedade como, por exemplo, a da suinocultura utilizada no capítulo 5. A diluição escolhida para os dejetos da GRANJA B foi de 1:1,50 de acordo com a diluição utilizada por XAVIER (2009), ou seja para cada parte de dejetos com base na matéria Natural (MN) utiliza-se 1 parte e meia de água de diluição. Na tabela 2 encontram-se os volumes diários da produção de dejetos da granja A e B e a água necessária para a diluição do dejetos da Granja B e o volume mensal de dejetos gerado.

Tabela 2 – Quantificação dos dejetos gerados nas unidades teóricas de produção de suínos e bovinos

Tipo da granja	Produção de dejetos -----diária-----	Água de diluição	Volume de dejetos gerados 30 dias
Granja A*	75.000 L	-	2.250.000 L
Granja B**	4.613 kg	6.919 kg	345.975 L [#]

*Granja A – unidade de produção ciclo completo de suínos com 500 matrizes alojadas

**Granja B – unidade de produção de leite com 100 vacas alojadas em sistema intensivo.

considerou-se densidade do dejetos e da água como igual a 1, em que 1 kg = 1 L

Calculou-se como base em 30 dias, o volume de dejetos gerados, em função de ser o período médio recomendado para projetos de biodigestão de

mistura completa adotados em projetos de MDL. O dimensionamento da capacidade de carga diária (entrada diária de dejetos) e capacidade total (volume necessário) nos biodigestores podem ser estimados considerando-se o TRH. Ou seja, o volume de um biodigestor é calculado através da fórmula: Volume útil dos biodigestores = volume diário de dejetos x tempo de retenção hidráulica (TRH)

A adoção de TRH, em biodigestores tubulares de manta de PVC flexível, entre 20 e 30 dias contemplam a maioria dos projetos instalados no Brasil (OLIVEIRA, 1993), uma vez que com estes TRH espera-se um tratamento satisfatório, com diminuição superior a 70% de carga orgânica, quanto maior o TRH menor a margem de erro para redução da carga orgânica esperada e alterações nos volumes dos dejetos. Pode-se admitir aumentos no volume dos biodigestores entre 10 e 20% como uma margem de segurança nos projetos.

Na Tabela 3 descreveu-se o dimensionamento para dois TRH. O dimensionamento para TRH com 30 dias podem ser implantados quando o sistema apresenta pouca variação nas concentrações do teor de ST, DQO e DBO. Em sistemas onde se espera uma variação de volume gerado e de concentração deve-se optar por implantação de sistemas com 45 dias.

Tabela 3 – Estimativa de volume de dejetos produzidos e de dimensionamento de área útil de biodigestor anaeróbio em três tempos de retenção hidráulica (TRH) em dois sistemas de produção de ciclo completo

Parâmetro	Granja A	Granja B
Volume diário de dejetos líquidos	75.000 L*	11.532 L*
Dimensionamento de Biodigestor		
TRH 30 dias	2.250 m ³	345 m ³
TRH 45 dias	3.375 m ³	519 m ³
Dimensionamento Lagoa de armazenamento		
30 dias	2.250 m ³	345 m ³
45 dias	3.375 m ³	519 m ³
60 dias	4.500 m ³	690 m ³

* 1.000L = 1 m³

Diversas estratégias de manejo podem ser adotadas quando se realiza dimensionamentos de biodigestores. Uma delas é de acordo com o volume útil calculado realizar a implantação de mais unidades. Como por exemplo, na Granja A nos volumes calculados para TRH de 30 e 45 dias pode-se realizar a implantação de dois biodigestores de 1.125 e 1.687 m³, respectivamente. Já na Granja B os dois volumes úteis calculados, por serem menores, não justificam a implantação de unidades distintas. O mesmo pensamento pode ser aplicado ao dimensionamento das lagoas de estabilização/armazenamento sendo um volume ideal para aplicação a cada 30 dias de no máximo 60 m³ por hectare à ser fertilizado por ano.

A lagoa de armazenamento após a biodigestão é importante para permitir que a utilização do biofertilizante seja programada. Normalmente não se pode realizar a aplicação diariamente, pois a maioria das culturas não suporta/responde a este tipo de prática diária, devendo ser respeitados os períodos para realização de aplicações de plantio e coberturas. Também é necessário o armazenamento para que seja programada a utilização de acordo com o equipamento de aplicação e volume a ser destinado para cada área. Sendo assim o volume da lagoa de armazenamento foi calculada através da fórmula: Volume útil da lagoa = volume diário de dejetos x tempo de retenção hidráulica e/ou tempo de armazenamento estipulado.

O custo de instalação dos biodigestores e das lagoas de armazenamento com os TRH calculados encontram-se na Tabela 4, para o projeto Granja A e na Tabela 5, para o projeto Granja B.

Os valores estimados na tabela 4 e 5, permitem muitas combinações, mas optou-se para efeito de cálculo a trabalhar com uma opção por TRH combinado a um dimensionamento de lagoa. Conforme discussão da tabela 3 existe muitos parâmetros técnicos que justificam o aumento de volumes de biodigestores e lagoas de estabilização, mas quando a discussão baseia-se em valores econômicos de forma individualizada fica difícil convencer que o mais caro é o melhor. Tecnicamente, atribui-se ao sistema 2 como o que apresenta melhor potencial de tratar os dejetos sem riscos de elevadas sobrecargas no sistema.

Tabela 4 – Custo da instalação dos biodigestores e das lagoas de armazenamento para os projetos das granjas A

GRANJA A – Unidade de produção de suínos		
Biodigestor	Volume calculado (m ³)	Custo do biodigestor (R\$)
TRH 30 dias (1)	2.250	900.000,00
TRH 45 dias (2)	3.375	1.835.000,00
Lagoa de armazenamento		
TRH 30 dias (1)	2.250	450.000,00
TRH 60 dias (2)	4.500	900.000,00
Sistemas dimensionados	Sistema	Custo (R\$)
Bio c/ TRH 30 dias + lagoa TRH 30 dias	(1)	1.350.000,00
Bio c/ TRH 45 dias + lagoa TRH 60 dias	(2)	2.735.000,00

Utilizou-se um valor teórico de R\$ 400,00 por m³ de biodigestor instalado e para as lagoas de estabilização R\$ 200,00 por m³. Valores entre parênteses com o mesmo número correspondem aos sistemas dimensionados escolhidos

Para a viabilidade econômica da granja A será considerada como receita bruta a venda anual de animais em terminação oriundos de 500 matrizes considerando-se uma média de 18 animais terminados por matriz ano (BORCHARDT, 2004), temos anualmente 9.000 animais á serem abatidos com 120 kg de peso vivo (PV) considerando como média histórica o valor de R\$ 2,90 o kg de PV. Anualmente com a venda de suínos se obtêm a receita bruta de R\$ 3.132.000,00 considerando se como receita líquida 30% do valor bruto tem-se R\$ 939.600,00.

Entre os testes econômicos a serem realizados o pay-back é o tempo necessário para que a empresa recupere seu investimento inicial do projeto. É uma técnica considerada pouco sofisticada porque não leva em conta explicitamente o valor do dinheiro no tempo (correção financeira). Como cálculo inicial de pay-back, será considerado um investimento de 10% do valor da receita líquida como amortização do custo de implantação do biodigestor.

Ou seja, considerando-se que não serão aproveitados o biogás e o biofertilizante. O pay-back do investimento para o projeto 1 é de 52 meses, ou

seja inferior a 5 anos. Para o projeto 2 o pay-back é de 105 meses. Todos os projetos são viáveis economicamente, uma vez que a lona de PVC tem garantia de 10 anos e o projeto se paga em tempo menor do que a garantia do produto.

Para a Granja B os custos estão estimados na Tabela 5.

Tabela 5 - Custo da instalação dos biodigestores e das lagoas de armazenamento para os projetos das granjas B

GRANJA B – Unidade de exploração para produção de leite de vacas		
Biodigestor	Volume calculado (m ³)	Custo do biodigestor (R\$)
TRH 30 dias (1)	345	138.000,00
TRH 45 dias (2)	519	207.600,00
Lagoa de armazenamento		
TRH 30 dias (1)	345	69.000,00
TRH 60 dias (2)	690	138.000,00
Sistemas dimensionados		
Bio c/ TRH 30 dias + lagoa TRH 45dias	-	241.800,00
Bio c/ TRH 45 dias + lagoa TRH 60 dias	-	345.600,00

Utilizou-se um valor teórico de R\$ 400,00 por m³ de biodigestor instalado e para as lagoas de estabilização R\$ 200,00 por m³. Valores entre parênteses com o mesmo número correspondem aos sistemas dimensionados escolhidos

Para a viabilidade econômica da granja B será considerada como receita bruta a venda diária de leite de 100 vacas em lactação com produção média de 30 L, esse critério foi adotado considerando que as vacas que não encontram-se em lactação ficam em pastagens e não contribuem com dejetos para o sistema de tratamento. Diariamente são produzidos 3.000 litros de leite ou 90.000 litros mensais, com preço médio pago para o produtor de R\$ 0,60 (considerando a variação de safra e entressafra). Anualmente com a venda de leite se obtêm a receita bruta de R\$ 648.000,00 considerando se como receita líquida 30% do valor bruto tem-se R\$ 194.400,00.

Realizando o cálculo do pay-back de acordo com os mesmos critérios estabelecidos para a granja A temos que o sistema 1 tem pay-back de aproximadamente de 45 meses e o sistema 2 de 64 meses. Todos os projetos são viáveis economicamente, uma vez que a lona de PVC tem garantia de 10 anos e o projeto se paga em tempo menor do que a garantia do produto.

Pode-se perceber é que o efeito de escala de produção é benéfico para permitir a implantação de investimentos em sistemas de tratamento, como o proposto, com menor pay-back do que pequenos sistemas de produção. No capítulo 5 o pay-back médio para um sistema de 25 m³ foi de 103 meses, ou seja, muito superior ao maior tempo de pay-back obtido com sistemas de médio porte utilizados neste estudo de caso.

Mesmo com pay-back viável para os projetos da granja A e B, é importante considerar os ganhos adicionais de biofertilizante e biogás.

Utilizando-se do valor do potencial de produção diário de biogás citado por COSTA (2009) de 0,009852 m³ por litro de substrato de suíno adicionado. Pode-se estimar que na Granja A será gerado uma produção de biogás segundo a fórmula: Produção de biogás (m³)= volume de dejetos de suíno X 0,009852 e ainda considerando-se que 1m³ de dejetos de suínos tem aproximadamente 65% de CH₄ (Tabela 6).

Tabela 6 – Descrição da produção de biogás e metano estimada da granja A

	Produção estimada de Biogás
Produção diária	75.000 L X 0,009852 = 738,90 m ³ de biogás
Produção mensal	2.250.000 L X 0,009852 = 22.167 m ³ de biogás
	Produção estimada de metano (CH ₄)
Produção diária	738,90 X 65/100 = 480,28 m ³ de CH ₄
Produção mensal	11.600,73 X 65/100 = 14.408,55 m ³ de CH ₄

Utilizando-se do valor descrito por Lucas Junior (1994) o potencial de produção de biogás dos dejetos de bovinos leiteiros é de 0,049 m³ de metano por kg de esterco. Pode-se estimar que a Granja B será gerado segundo a fórmula: produção de metano = kg de dejetos adicionados X 0,049 (Tabela 7).

Tabela 7 – Descrição da produção de metano estimada da granja B

Produção estimada de metano (CH ₄)	
Produção diária	$4.613 \times 0,049 = 226 \text{ m}^3 \text{ de CH}_4$
Produção mensal	$138.390 \times 0,049 = 6.781 \text{ m}^3 \text{ de CH}_4$

Considerando a capacidade de geração de biogás gerado pelas Granjas A e B, segundo KOSARIC & VELIKONJA (1995) 1 m³ de biogás (com 60% de CH₄) pode ser aplicado para gerar 1,25 kW de eletricidade. E considerando-se que o metano o poder calorífico inferior de 8.500 kcal/m³ e o gás liquefeito de petróleo tem PCI de 10.900 kcal/m³. Realizaram-se algumas correlações descritas na tabela 8.

Tabela 8 – Transformações energéticas do biogás e metano gerado pelas granjas A e B

GRANJA A	
Conversão da produção mensal de biogás em Kw	$22.167 \text{ m}^3 \text{ de biogás} \times 1,25 \text{ kW} = 27.708,75 \text{ kW}$
Conversão da produção mensal de metano em Kw	$14.408,55 \text{ m}^3 \text{ de CH}_4 \times 1,25 \text{ kW} = 18.010,69 \text{ kW}$
Conversão da produção mensal de metano em kcal	$14.480,55 \text{ m}^3 \text{ de CH}_4 \text{ ----- } X$ $1 \text{ m}^3 \text{ de CH}_4 \text{ ----- } 8.500 \text{ Kcal}$ $X = 123.080.000 \text{ Kcal}$
Equivalência do metano em GLP	$1 \text{ m}^3 \text{ de GLP} \text{ ----- } 10.900 \text{ Kcal}$ $X \text{ ----- } 123.080.000$ $= 11.291,74 \text{ m}^3 \text{ GLP}$
Equivalência do metano em botijão de gás de cozinha de 13 kg	$123.080.000 \text{ kcal} / 33 = 3.729,70 \text{ botijões de gás}$

 GRANJA B

Conversão da produção mensal de metano em Kw $226 \text{ m}^3 \text{ de CH}_4 \times 1,25 \text{ kW} = 282,50 \text{ kW}$

Conversão da produção mensal de metano em kcal $226 \text{ m}^3 \text{ de CH}_4 \text{ ----- } X$
 $1 \text{ m}^3 \text{ de CH}_4 \text{ ----- } 8.500 \text{ Kcal}$
 $X = 1.921.000,00 \text{ Kcal}$

Equivalência do metano em GLP $1 \text{ m}^3 \text{ de GLP ----- } 10.900 \text{ Kcal}$
 $1.921.000,00 \text{ Kcal} / 10.900 = 176,24 \text{ m}^3 \text{ GLP}$

Equivalência do metano em botijão de gás de cozinha de 13 kg $1.921.000 \text{ kcal} / 33 = 58,21 \text{ botijões de gás}$

Considerando o preço de venda de um botijão de GLP de R\$ 27,00 para o produtor rural (valor praticado em maio de 2009), temos anualmente uma geração na granja A de R\$ 100.701,90 e na granja B R\$ 1.571,67. Ou seja, pode-se observar que o sistema de produção de bovinos terá proporcionalmente ao número de animais alojados uma maior lucratividade na geração de biogás em que a granja de suínos, cada vaca gera R\$15,72 e cada suíno gera R\$ 10,60 (considerando que cada matriz é responsável por mais 18 animais no sistema).

Com os dados descritos na Tabela 1, em relação aos teores de N, P e K gerados pelos diferentes biofertilizantes gerados. Realizam-se na Tabela 9 os cálculos de geração mensal dos macronutrientes acima citados.

Em geração de fertilizante utilizou-se as fontes minerais de nitrogênio foi o sulfato de amônio (20% N), como fonte de fósforo foi escolhido o superfosfato simples (16% de P_2O_5) e como fonte de potássio utilizou-se o cloreto de potássio (58% K_2O) com valores praticados na praça de Ribeirão Preto, em maio de 2009 de R\$ 1.700,00 a tonelada de sulfato de amônio, R\$ 980,00 a tonelada de superfosfato simples e de 620,00 a tonelada de cloreto de potássio.

Ou seja, temos o ganho adicional de na granja A de R\$ 1.168,00 de N, R\$ 540,00 de P_2O_5 e R\$ 1.453,00 de K_2O , ou seja um total de R\$ 3.161,00. E

para a Granja B de R\$ 471,00 de N, R\$ 208,00 de P_2O_5 e R\$ 1.107,00 de K_2O , ou seja um total de R\$ 1.786,00.

Tabela 9 – Quantidades diária e mensal de N total, P_2O_5 e K_2O gerado pelos biofertilizantes da Granja A e B

GRANJA A	Volume diário gerado
N total	48,6 X 39.250 L = 1.907.550 mg ou 1,91 kg
P_2O_5	38,93 X 39.250 L = 1.528.002,50 mg ou 1,53 kg
K_2O	165,97 X 39.250 L = 6.514.322,50 mg ou 6,51 kg
GRANJA B	
N total	67,1 X 11.532 L = 773.797,20 mg ou 0,77 kg
P_2O_5	51,20 X 11.532 L = 590.438,40 mg ou 0,59 kg
K_2O	429,83 X 11.532 L = 4.956.799,56 mg ou 4,96 kg
GRANJA A	Volume anual gerado
N total	1,91 kg X 30 dias X 12 meses = 687,60 kg
P_2O_5	1,53 kg X 30 dias X 12 meses = 550,80 kg
K_2O	6,51 kg X 30 dias X 12 meses = 2.343,60 kg
GRANJA B	
N total	0,77 kg X 30 dias X 12 meses = 277,20 kg
P_2O_5	0,59 kg X 30 dias X 12 meses = 212,40 kg
K_2O	4,96 kg X 30 dias X 12 meses = 1.785,60 kg

Mesmo considerando-se que a implantação de sistemas de tratamento de dejetos é uma obrigação legal, é fundamento das empresas rurais garantirem balanços favoráveis para a manutenção e ou melhor lucratividade do produtor na atividade. Sabendo-se que os sistemas geram ganhos adicionais com o biogás e o biofertilizante (descritos nas tabelas 6, 7, 8 e 9) realizou-se uma outra estimativa destes ganhos para incluí-las no cálculo do pay-back com os ganhos adicionais promovidos pelo sistema.

Somando-se os valores adicionais do biogás e do biofertilizante temos para a granja A um total anual de R\$ 103.862,90 e para a Granja B um total anual de R\$ 3.357,67. Ou seja, no sistema de suínos o valor adicional

representa 3,32% da receita bruta da propriedade, e na granja de vacas leiteiras 0,51 % da receita bruta.

Realizando dois novos cálculos de pay-back, o primeiro em que o valor dos adicionais é usado exclusivamente para custear o sistema a ser implantado e o segundo onde o valor adicional é somado ao investimento de 10% proposto inicialmente como desembolso anual de investimento. Temos para a granja A o pay-back 1, 13 e 26,33 anos pay-back 2, 38,84 e 79 meses respectivamente ao sistema 1 e 2. Para a Granja B o pay-back 1, 72 e 103 anos pay-back 2, 43 e 61 meses respectivamente ao sistema 1 e 2. Com os cálculos com o aproveitamento exclusivo do valor dos adicionais pode-se afirmar que nenhum dos projetos apresentou um pay-back inferior a 10 anos.

Também realizou-se o cálculo da TIR (taxa interna de retorno), com utilização do valor de fluxo de caixa para pagamento do projeto de 10% da receita bruta + adicional do biogás e biofertilizante obteve-se para a granja A uma TIR de 26 % e 5% referente ao projeto 1 e 2, respectivamente e para a granja B de 23% e 11%. A TIR é considerada como uma técnica sofisticada de orçamento de capital, ela tem o princípio de igualar o custo de oportunidade de investimento (custo de projeto) a R\$ 0,00 (igualando o valor das entradas de caixa ao investimento inicial). A TIR representa a taxa composta de retorno anual que a empresa obteria se concretizasse o projeto e recebesse as entradas de caixa previstas. Toda vez que a TIR for maior que o custo de capital deve-se aceitar o projeto, ou seja, quanto maior for a TIR é preferível para o projeto.

Outro adicional que poderia ser calculado é o benefício indireto a redução da emissão de metano para a atmosfera pode-se utilizar o cálculo que 1 m³ de metano tem o peso equivalente a 0,72 kg (Silva, 2008) e a cada tonelada de metano que não é emitida para a atmosfera tem-se um adicional de 21 créditos de carbono (21 toneladas de carbono que tiveram sua emissão reduzida). Esse seria um ganho ambiental, mais do que um ganho financeiro, uma vez que para o credenciamento para recebimento de créditos de carbono (U\$) os custos do projeto são elevados e não são realizados para produtores isoladamente e sim um movimento conjunto com integradoras ou cooperativas.

De acordo com a tabela 6 e 7, a granja A produz 14.408,55 m³ de metano mês e a granja B produz 6.781 m³ de metano mês. A granja A produz anualmente 10.374,16 kg de metano ou seja, 104 toneladas, o que corresponde a uma redução anual de 2.184 toneladas de carbono para a atmosfera deste gás que contribui para o efeito estufa. A granja B produz anualmente 4882,32 kg de metano ou seja, 5 toneladas, o que contribui com uma redução anual de 105 toneladas de carbono. Considerando o valor de R\$ 30,00 por tonelada de carbono segundo Lira et al (2008) teríamos caso fosse incluído em um projeto para venda de créditos de carbono, R\$ 3.120,00 para a granja A e R\$ 150,00 para a granja B.

As estimativas realizadas comprovam que é possível implantar sistemas de tratamento de dejetos em granjas, tanto de suínos como de bovinos leiteiros, contribuindo com a sustentabilidade ambiental, e com viabilidade econômica. O uso de indicadores econômicos representa uma opção para o convencimento da sociedade, que influenciada pelos pensamentos capitalistas, aceita melhor esses indicadores do que os indicadores técnicos. Os dados aqui apresentados devem ser utilizados com o cuidado da avaliação dos valores referências utilizados, qualquer alteração nos valores utilizados neste projeto refletirão no resultado final do custo.

6.5 – CONCLUSÕES

Todos os três projetos para implantação de biodigestor tubular de manta de PVC flexível na granja A e B apresentaram viabilidade econômica.

O menor tempo de retorno de investimento (pay-back) para implantação de um biodigestor em um sistema de produção de suínos, ciclo completo, com 500 matrizes foi de 39 meses, referente a um sistema com TRH de 30 dias e lagoa de armazenamento com TRH de 45 dias.

O menor tempo de retorno de investimento (pay-back) para implantação de um biodigestor em um sistema de produção de vacas leiteiras, com 100 animais em lactação foi de 43 meses, referente a um sistema com TRH de 30 dias e lagoa de armazenamento com TRH de 45 dias.

Houve uma redução anual de 1.248 toneladas de carbono com a implantação do biodigestor na granja de suínos e de 60 toneladas de carbono com a implantação do biodigestor na granja leiteira.

6.6 - REFERÊNCIAS

AMON, T.; AMON, B.; KRYVORUCHKO, V.; BODIROZA, V.; PÖTSCH, E.; ZOLLITSCH, W. Optimizing methane yield from anaerobic digestion of manure: effects of dairy systems and of glycerine supplementation. **International Congress Series**, Amsterdam, v. 1293, p. 217-220, 2006.

BORCHARDT, I. **Desenvolvimento de metodologia para elaboração de custos de produção das principais culturas exploradas em Santa Catarina**. Florianópolis : Instituto Cepa/SC, 2004. 67 p.

COMISSÃO DE FERTILIDADE DO SOLO DO ESTADO DE MINAS GERAIS (CFSEMG) **Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas gerais – 5ª aproximação**. Belo Horizonte: EPAMIG , 1999, 180p.

CCE - CENTRO PARA CONSERVAÇÃO DE ENERGIA. Guia Técnico do Biogás. Algés: JE92 Projectos de Marketing Ltda, 2000.

COSTA, L. V.C. **Biodigestão anaeróbia da cama de frangos associada ao biofertilizante obtido com estrume de suínos: produção de biogás e qualidade do biofertilizante**. 2008. 49f. dissertação (Mestrado) - Faculdade de Ciências agrárias e veterinárias, Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, 2008.

LIRA, J.C.U.; DOMINGUES, E.G.; MARRA, E.G. Análise econômica do potencial energético do biogás em granja de suínos – Estudo de Caso IN:VIII CONFERENCIA INTERNACIONAL DE APLICACIONES INDUSTRIALES, Poços de caldas, Anais..., 2008.

LUCAS JUNIOR, J. **Algumas considerações sobre o uso do estrume de suínos como substrato para três sistemas de biodigestores anaeróbios**. 1994. 113 f. Tese (Livre docência) – Faculdade de Ciências agrárias e veterinárias, Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, 1994.

OLIVEIRA, P. A. V. de (Coord)- **Manual de manejo e utilização de dejetos de suínos**. Concórdia, SC: EMBRAPA Suínos e Aves, 1993, 188p. (Documento, 27).

PERDOMO, C.C; OLIVEIRA, P.A.; KUNZ, A. **Sistemas de tratamento de dejetos de suínos: inventário tecnológico**. Concórdia: EMBRAPA-CNPSA, 2003. 83 p. (Documentos, 85).

MORSE, M. *et al.* **Production and characteristics of manure from lactating dairy cows in Florida**. Transactions of the ASAE, vol. 37 (1): 275-279 (1994).

MORSE, D.; HEAD, H.H.; WILCOX, C.J.; VAN HORN, H.H., HISSEM, C.D.; HARRIS, B. Effects of concentration of dietary phosphorus on amount and route of excretion. **Journal Dairy Science**, Savoy, v.75, p.3039, 1992.

SOUZA, S.N.M.; PEREIRA, W.C.; NOGUEIRA, C.E.C.; PAVAN, A.A.; SORDI, A. Custo da eletricidade gerada em conjunto motor gerador utilizando biogás da suinocultura, **Acta Scientiarum**. Technology Maringá, v. 26, no. 2, p. 127-133, 2004.

TSUNECHIRO, A.; COELHO, P. J.; CASER, D. V.; AMARAL, A. M. P.; BUENO FERREIRA, C. R.; GHOBIL, C. N.; PINATTI, E. Valor da produção agropecuária do Estado de São Paulo em 2007, **Informações Econômicas**, SP, v.38, n.4, abr. 2008.

XAVIER, C.A.N. **Caldo de cana-de açúcar na biodigestão anaeróbia de dejetos de vacas leiteiras**. 2009. 120 fl. Tese (Doutorado) – Faculdade de Ciências agrárias e veterinárias, Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, 2009.