

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

**BIODIGESTÃO ANAERÓBIA E COMPOSTAGEM COM
DEJETOS DE BOVINOS CONFINADOS E APLICAÇÃO DO
BIOFERTILIZANTE E DO COMPOSTO EM ÁREA CULTIVADA
COM *Panicum maximum* JACQ., CV TANZÂNIA**

Juliana Bega Junqueira

**Orientadores: Prof. Dr. Jorge de Lucas Junior
Prof^a. Dr^a. Ana Cláudia Ruggieri**

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

JABOTICABAL – SÃO PAULO – BRASIL

Fevereiro de 2011

J95b Junqueira, Juliana Bega
Biodigestão anaeróbia e compostagem com dejetos de bovinos confinados e aplicação do biofertilizante e do composto em área cultivada com *Panicum maximum* Jacq., cv Tanzânia / Juliana Bega Junqueira. -- Jaboticabal, 2011
xi, 92 f. : il. ; 28 cm

Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, 2011

Orientador: Jorge de Lucas Junior

Banca examinadora: João Antonio Galbiatti, Valdo Rodrigues Herling

Bibliografia

1. Bovinocultura. 2. Manejo de resíduos. 3. Produção de forragem. I. Título. II. Jaboticabal-Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias.

CDU 636.2:631.862

Ficha catalográfica elaborada pela Seção Técnica de Aquisição e Tratamento da Informação – Serviço Técnico de Biblioteca e Documentação - UNESP, Câmpus de Jaboticabal.

DADOS CURRICULARES DO AUTOR

JULIANA BEGA JUNQUEIRA – filha de Rose Mari Bega Junqueira e Wilson Carlos Chipel Junqueira, nascida em 25 de abril de 1979, é natural de São Paulo. Em 2002 graduou-se em Administração pelo Centro Universitário Moura Lacerda – Ribeirão Preto/SP. Em 2004 ingressou no curso de Zootecnia pela Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias da Universidade Estadual Paulista – Unesp - Campus de Jaboticabal. Em 2008 foi aprovada para ingresso no curso de Mestrado em Zootecnia desta Instituição, com início previsto para março de 2009. Completou seu programa de Mestrado em fevereiro de 2011.

“...Ao transferir bens materiais, o doador perde a sua posse. Há, porém, alguns atributos intrínsecos que não podem ser transferidos de um indivíduo para o outro, como a beleza e a coragem. O conhecimento, por outro lado, é algo tão importante que Deus decidiu que o doador pode retê-lo mesmo que o tenha transmitido...”

*Atribuído a Pitágoras de Samos
Cerca de 2.500 anos atrás.*

*Dedico aos meu sobrinhos,
Giovanna, Natalia e Davi Henrique
Amo muito vocês!*

Agradecimentos

À Deus pela vida, fé, esperança e amor.

À minha mãe Rose Mari e meus irmãos Carolina e Julio Cesar. As alegrias de hoje também são suas, pois seu amor, estímulo e carinho foram as armas desta conquista. Amo muito vocês.

À Rosana, pelo apoio, carinho e atenção. Obrigada por todos os conselhos, pelas palavras de estímulo, coragem, esperança e pela amizade incondicional. Jamais sairá do meu coração. Que Deus lhe abençoe!

Ao CNPq pela bolsa de mestrado, sem a qual não seria possível a conclusão do curso.

Ao Professor Dr. Jorge de Lucas Junior, pela grande amizade, valiosa orientação, apoio e confiança na realização deste trabalho. Além da minha sincera gratidão, saiba que te tenho como exemplo de profissional e ser humano.

À Professora Dra. Ana Cláudia Ruggieri, pela orientação, amizade e atenção. Manifesto meu profundo apreço.

Aos membros da Banca Examinadora, pela atenção e valiosas sugestões.

Aos meus amigos, em especial, Silvana, Paulo (Portuga), Laura, Alex, Caroline Costa, Carol (Santernestina), Natasha, Marcelo, Bernardo, Max, Samanta e Estevão. Pessoas maravilhosas que tive o prazer de conhecer e conviver.

À todos os amigos funcionários do Departamento de Engenharia Rural, em especial, Luizinho, Marquinho, Primo, Luiz Cláudio, Luiz Fiapo, Davi, Ailton e Cido pela atenção, carinho e ajuda prestada durante o período experimental.

À minha família agradeço o apoio, o afeto, o reconhecimento e a compreensão por tantos momentos de ausência. Em especial a minha prima-irmã Cintya, por ser sempre presente na minha vida.

Enfim, a todos que contribuíram direta ou indiretamente para a realização deste trabalho e que de alguma forma passaram pela minha vida deixando um pouco de si.

SUMÁRIO

	Páginas
RESUMO.....	x
SUMMARY.....	xi
CAPÍTULO 1 – CONSIDERAÇÕES GERAIS.....	1
1.1. Revisão da Literatura.....	2
1.1.1. Bovinocultura.....	2
1.1.2. Caracterização dos dejetos gerados por bovinos.....	4
1.1.3. Potenciais de aproveitamento dos dejetos e redução do impacto ambiental.....	6
1.1.4. Biodigestão anaeróbia.....	7
1.1.5. Compostagem.....	10
1.1.6. Produção de plantas forrageiras utilizando resíduos na adubação.....	15
1.1.7. Capim Tanzânia (<i>Panicum maximum</i> , Jacq.).....	19
1.2. Objetivos.....	21
CAPÍTULO 2 - BIODIGESTÃO ANAERÓBIA DOS DEJETOS DE BOVINOS, COM E SEM SEPARAÇÃO DA FRAÇÃO SÓLIDA.....	22
2.1. Introdução.....	24
2.2. Material e Métodos.....	26
2.2.1. Descrição do local.....	26
2.2.2. Definição do experimento.....	26
2.2.3. Ensaio de caracterização do dejetos e teste de diluições.....	27
2.2.4. Ensaio de biodigestão anaeróbia.....	28
2.2.4.1. Determinação do volume de biogás.....	29
2.2.4.2. Potenciais de produção de biogás e de metano.....	30
2.2.4.3. Determinação da composição do biogás.....	30
2.2.4.4. Caracterização dos biodigestores utilizados.....	31
2.2.5. Análise estatística dos dados.....	32

2.3. Resultados e Discussão.....	32
2.3.1. Teste de diluições.....	32
2.3.2. Caracterização do dejetos.....	35
2.3.3. Biodigestão anaeróbia.....	36
2.3.3.1. Redução de sólidos voláteis.....	36
2.3.3.2. Produção de biogás e metano.....	39
2.3.3.3. Potenciais de produção de biogás e metano.....	41
2.3.3.4. Nutrientes no afluente e no efluente.....	43
2.4. Conclusões.....	44
CAPÍTULO 3 – COMPOSTAGEM DOS DEJETOS BOVINOS.....	45
3.1. Introdução.....	47
3.2. Material e Métodos.....	48
3.3. Resultados e Discussão.....	50
3.3.1. Temperatura.....	50
3.3.2. Reduções de volume e massa.....	51
3.3.3. Teores de nutrientes.....	53
3.4. Conclusões.....	54
CAPÍTULO 4 - AVALIAÇÃO DO CAPIM TANZÂNIA (<i>Panicum maximum</i> , JACQ.) SOB ADUBAÇÃO ORGÂNICA E MINERAL.....	55
4.1. Introdução.....	57
4.2. Material e Métodos.....	59
4.2.1. Área experimental, informações climáticas e espécie forrageira....	59
4.2.2. Tratamentos e delineamento experimental.....	60
4.2.3. Interceptação luminosa e Índice de área foliar.....	61
4.2.4. Altura do dossel.....	63
4.2.5. Determinação de massa e análises bromatológicas da forragem.....	63
4.2.6. Processamento e análise estatística dos dados.....	64

4.3. Resultados e Discussão.....	64
4.3.1. Interceptação luminosa, altura do dossel e Índice de área foliar.....	64
4.3.2 Massa de forragem e composição morfológica.....	66
4.3.3. Composição bromatológica.....	69
4.3.4. Considerações.....	71
4.4. Conclusões.....	71
REFERÊNCIAS.....	72
APÊNDICES.....	86

**BIODIGESTÃO ANAERÓBIA E COMPOSTAGEM COM DEJETOS DE BOVINOS
CONFINADOS E APLICAÇÃO DO BIOFERTILIZANTE E DO COMPOSTO EM ÁREA
CULTIVADA COM *Panicum maximum* JACQ., CV TANZÂNIA**

RESUMO - Tendo em vista o aumento no número de confinamentos e todos os problemas ambientais gerados pela grande quantidade de dejetos depositados em uma área reduzida, o trabalho visa contribuir com informações que viabilizem a sustentabilidade na criação de bovinos de corte em sistemas intensivos, fomentando a integração de sistemas de criação animal e culturas vegetais, por meio do manejo adequado dos resíduos gerados e posterior aproveitamento na adubação de culturas. Para tanto, objetivou-se com o presente desenvolver os processos de biodigestão anaeróbia e compostagem, avaliando a produção e qualidade do biogás, biofertilizante e composto gerados. Avaliar a aplicação de adubo orgânico (biofertilizante e composto) e adubo mineral em pasto cultivado com a planta forrageira *Panicum maximum* Jacq. cv. Tanzânia. Foram utilizados os dejetos gerados por bovinos de corte confinados. O material foi destinado à formação de leiras de compostagem e ao abastecimento de biodigestores anaeróbios. O biofertilizante e o composto gerados foram utilizados na adubação da planta forrageira. O uso de adubo mineral promoveu as maiores quantidades de massa de forragem em relação aos demais. As plantas adubadas com biofertilizante obteve a melhor relação lâmina foliar:colmo (1,88). Os teores de proteína na lâmina foliar variaram de 15,62% a 9,2%. A composição bromatológica da forragem da área adubada com adubo orgânico (biofertilizante e composto) foi superior aos da forragem da área adubada com adubo mineral. A adoção da adubação orgânica foi viável, não somente como proposta de modelo de produção sustentável, mas também como forma de incrementar o lucro gerado na atividade.

PALAVRAS-CHAVE: Potenciais de produção de biogás; produção de forragem; qualidade de forragem; separação de sólidos;

**BIODIGESTION ANAEROBIC AND COMPOSTING OF CONFINED CATTLE AND
APPLICATION OF COMPOST AND BIOFERTILIZER IN AREA CULTIVATED WITH
Panicum maximum JACQ., CV TANZANIA**

ABSTRACT - Given the increase in number of confinements and all the environmental problems caused by the large amount of waste deposited in a small area, the work aims to contribute information that will enable sustainability in the farming of beef cattle in intensive systems, fostering systems integration, animal husbandry and crops, through the proper management of waste generated and further use in the fertilization of cultures. To do so, with the objective to develop the processes of this anaerobic digestion and composting, evaluating the yield and quality of gas, fertilizer and compost generated. To evaluate the application of organic manure (compost tea and compost) and mineral fertilizer in the pasture cultivated with forage grass *Panicum maximum* Jacq. cv. Tanzania. We used the manure generated by beef cattle. The material was used for the formation of windrows for composting and anaerobic digesters to supply. The biofertilizer and compost generated were used in the fertilization of forage. The use of mineral fertilizer produced the greatest amounts of dry matter in relation to others. Plants fertilized with biofertilizer had the best leaf blade: stem ratio (1.88). The protein contents in leaf blade ranged from 15.62% to 9.2%. The chemical composition of the forage area fertilized with organic fertilizer (compost tea and compost) was greater than the area of forage fertilized with mineral fertilizer. The adoption of organic manure was feasible, not only as a proposed model of sustainable production, but also as a way of increasing the profit generated in the activity.

KEYWORDS: Forage production; forage quality; potential of biogas production; solid separation;

CAPÍTULO 1 - CONSIDERAÇÕES GERAIS

A preocupação com os problemas ambientais aliada a uma série de fatores provocados pelas mudanças na economia mundial, vem causando alterações nos padrões de consumo. Somente preços competitivos não são mais suficientes para conquistar mercados consumidores. A ação de ambientalistas, a crise energética e os apelos da mídia estão impondo mudanças nos sistemas de produção de alimentos. Os consumidores estão cada vez mais exigentes, exercendo crescente pressão por produtos de qualidade e oriundos de sistemas de produção que visem a sustentabilidade e as boas práticas ambientais, sanitárias e morais.

Os diversos setores da produção animal estão se adaptando às novas demandas ambientais com a adoção de regras de boas práticas para atender as exigências dos mercados consumidores e também as questões legais. Tais procedimentos tem sido objeto de certificação e normatização, que além de garantirem ao consumidor a qualidade dos produtos adquiridos, ainda certificam se os processos de produção são ecológica e moralmente corretos. Com a aquisição do “selo de qualidade”, os produtores passam a oferecer um produto diferenciado, sendo muito bem aceito pelos consumidores, mesmo por preços mais altos.

Mudanças no processo produtivo, visando a implantação de manejo sustentável são verificadas pela utilização mais consciente dos recursos naturais e por meio da adoção de medidas que aumentem os índices zootécnicos e a eficiência produtiva da atividade. Como exemplo de medidas a serem implementadas, quer seja pelo aspecto ambiental e social, como pelo econômico, temos a melhora do manejo nutricional e sanitário, o emprego do melhoramento genético animal e o aproveitamento racional dos resíduos.

De toda a biomassa gerada nos sistemas produtivos, uma parcela significativa é composta por dejetos de animais. Estes dejetos são ricos em nutrientes, visto que muitas vezes, as dietas são pouco degradadas no organismo do animal, o que beneficia

e justifica a adoção de técnicas para o aproveitamento destes resíduos. Os nutrientes contidos nos dejetos garantem a sobrevivência e multiplicação dos microrganismos presentes durante a utilização do substrato em processos biológicos de reciclagem ou tratamento. De acordo com AL-MASRI (2001), a extensão do impacto causado pode ser minimizada com a utilização de sistemas de reciclagem de nutrientes dos dejetos, como por exemplo, a biodigestão anaeróbia e a compostagem.

Os estudos voltados para o uso de técnicas, como biodigestão anaeróbia e compostagem, além da disposição final do biofertilizante e composto orgânico nos solos, assumem importância por permitirem resultados que se relacionam à conservação de nutrientes e energia no meio rural e também à atual importância que os biodigestores assumem ao se enquadrarem nos Mecanismos de Desenvolvimento Limpo, permitindo que os dejetos sejam acondicionados em meio fechado com captação do metano gerado e impedindo sua difusão para a atmosfera. Esta é uma ação entendida como fundamental para redução das contribuições do metano originado nos dejetos para o aquecimento global do planeta.

Este trabalho foi realizado com o objetivo de melhorar as taxas de degradação dos resíduos de bovinos confinados nos processos de biodigestão anaeróbia e compostagem, buscando maiores rendimentos na geração de biogás e redução do período de acondicionamento dos substratos nos biodigestores e nos pátios de compostagem. Além de contribuir com informações que viabilizem a sustentabilidade na criação de bovinos de corte em sistemas intensivos, fomentando a integração entre sistemas de criação animal e culturas vegetais, por meio do manejo adequado dos resíduos gerados e posterior aproveitamento na adubação de culturas.

1.1. REVISÃO DA LITERATURA

1.1.1. Bovinocultura

O rebanho bovino do Brasil foi estimado em cerca de 207 milhões de cabeças de

gado, segundo o Instituto Brasileiro de Pesquisa e Estatística (IBGE, 2009), ocupando pouco mais de 172 milhões de hectares. Ao longo dos anos, foram obtidos significativos progressos na exploração intensiva de bovinos. O melhoramento genético associado à inseminação artificial e ao desenvolvimento de programas nutricionais mais adequados, tornaram a atividade mais eficiente. A adoção de técnicas de manejo e alimentação que viabilizem a produção de carnes de melhor qualidade foram importantes para colocar o setor pecuário em situação de igualdade com os grandes países produtores de carne.

Existe interesse crescente em desenvolver estratégias que proporcionem melhores resultados no que se refere à eficiência produtiva e qualidade dos produtos. Segundo EUCLIDES FILHO (2004), a atividade pecuária tende a ser cada vez mais uma atividade empresarial, afastando-se do modelo extrativista, representado pela pecuária extensiva, e aproximando-se, em maior ou menor grau, dependendo de cada caso, da intensificação total.

Para promover maior rentabilidade em sistemas de produção de alimentos, foi necessário aumentar as densidades populacionais nas unidades produtoras, como é o caso dos confinamentos de bovinos destinados à produção de carne. No Brasil, a adoção dessa técnica na terminação de bovinos de corte vem crescendo ao longo dos anos. Segundo dados da Scot Consultoria (2009), o abate de animais confinados passou de 1,82 milhões de cabeças, em 2005, para 2,73 milhões em 2008, o que correspondeu a 6,2% do total de abates realizados neste ano.

A produção de bovinos em confinamento tinha como principal justificativa o recebimento de um valor da arroba pelo menos 30% mais alto do que o praticado na safra. Este diferencial de preços era consequência da elevada concentração de abates no primeiro semestre, decorrente do crescimento estacional das forrageiras, proporcionando alta disponibilidade de forragem, em termos quantitativos e qualitativos, entre novembro e abril (BURGÜI, 2001). A possibilidade de aproveitamento do diferencial de preços do boi gordo na entressafra foi a maior vantagem dos confinamentos, até o início da década de 1990.

No entanto, a lucratividade dos confinadores diminuiu, principalmente em função

do alto custo da alimentação, que é responsável por aproximadamente 70% do custo total (ARBOITTE *et al.*, 2004). Segundo BURGÜI (2001), o confinamento passou a ser visto como uma ferramenta estratégica para o pecuarista que deseja ganhar em escala no seu sistema de produção e agregar qualidade em seus produtos. Esse mesmo autor apontou alguns benefícios do confinamento como, por exemplo: adiantar receitas e acelerar o giro de capital, reduzir a lotação das pastagens durante a seca, aumentar a escala de produção, aumentar expressivamente a produtividade da propriedade e permitir o abate de animais mais jovens, de melhor qualidade e preço de venda.

Invariavelmente, a grande densidade populacional de animais nas unidades produtoras favorece a concentração dos resíduos gerados em pequenas áreas, agravando os problemas ambientais. Essa limitação de espaço físico para a deposição dos resíduos, aumenta as emissões de dióxido de carbono (CO₂) e metano (CH₄), eutrofização das fontes de água e poluição do solo (GÜNGÖR – DEMIRCI & DEMIRER, 2004), afetando a qualidade de vida de modo geral.

Na maioria das vezes, a grande quantidade de resíduos gerados não recebe nenhum tipo de tratamento ou manejo sendo inadequadamente utilizados ou dispostos, causando graves problemas com prejuízos ambientais incalculáveis. Entretanto, quando manejados e reciclados adequadamente, deixam de ser poluentes e passam a constituir valiosos insumos para um modelo de produção sustentável. Nesse sentido, a utilização de técnicas já existentes e a pesquisa de novas tecnologias de produção e aproveitamento dos resíduos são de vital importância para o incremento dos índices nacionais, levando à maior produção com menor custo e o mínimo impacto ambiental (AMORIM, 2005).

1.1.2. Caracterização dos dejetos gerados por bovinos

Os dejetos de origem animal são popularmente conhecidos por esterco, podendo ser definidos como uma mistura de fezes, urina e camas, que podem ser constituídas de palhas, folhas secas, serragem, turfa, casca de arroz ou até mesmo terra. Sua

composição dependerá da espécie animal, se ruminante ou não, da idade e das condições do animal, da natureza e quantidade de alimento que os mesmos recebem, do tipo de manipulação e conservação do esterco e da composição das camas (AMORIM, 2002).

As concentrações de nutrientes nos dejetos produzidos pelos bovinos variam significativamente, de acordo com a ingestão de alimento e os níveis de suplementação (VAN HORN *et al.*, 1994). Já a quantidade de fezes excretada sofre influência de diversos fatores, como peso, idade, nível de produção, estado fisiológico, quantidade e qualidade do alimento fornecido aos animais, sistema de produção (pasto, confinamento ou semi-confinamento) e até mesmo estação do ano. Animais estabulados recebendo altos níveis de alimentação terão produção mais elevada de dejetos do que animais mantidos em regime de pastejo.

Um bovino de corte excreta em média 24 kg/dia de dejetos frescos (ENSMINGER *et al.*, 1990), já uma vaca da raça Holandesa chega a defecar até 40 kg de fezes por dia (FRASER, 1980). HIRATA (1990) verificaram que as quantidades excretadas podem variar de 0,67 a 3,30 kg de massa seca/bovino/dia. Já MARSH & CAMPLING (1970), obtiveram médias de 19 a 40 kg fezes/dia como quantidades médias evacuadas pelos animais estimando entre 1,0 a 3,5 kg/defecação em diferentes categorias avaliadas.

A concentração de nutrientes nos dejetos é uma preocupação constante, pois segundo KELLEHER *et al.* (2002), de 60 a 80% do nitrogênio (N) total contido no esterco fresco, está na forma de uréia e proteínas. A ação combinada de vários fatores, como pH, temperatura, umidade e teor de N, podem favorecer a formação de NH_3 ou na forma ionizada, NH_4^+ , sendo esta última prontamente solúvel em água. O NH_3 será facilmente perdido para a atmosfera, por volatilização e o NH_4^+ poderá ser transformado em nitrato (NO_3) por ação dos microrganismos. As quantidades de nutrientes, assim como a carga orgânica dos dejetos, quando dispostos de forma inadequada podem causar grande impacto por sobrecarga de nutrientes no solo.

A composição dos dejetos de bovinos destinados ao abate foi avaliada por

GÜNGÖR – DEMIRCI e DEMIRER (2004), que observaram teores de 16,9 e 83,2% para os sólidos totais (ST) e sólidos voláteis (SV), respectivamente, demanda química de oxigênio (DQO) igual a 1237,5 mg O₂/g de massa seca, sendo que a DQO dissolvida representou 10% deste valor, e concentrações de 4,5, 2,4 e 3,4 mg de N, NH₃ e P, respectivamente, por grama de massa seca dos dejetos.

Em estudos realizados com bovinos leiteiros, VAN HORN *et al.* (1994) avaliaram os dejetos excretados quanto à composição de nutrientes, em % nas fezes, urina e combinado de ambos, assim como a excreção diária (em gramas) por elemento, conforme Tabela 1.

Tabela 1. Composição em nutrientes das fezes, urina e combinado de ambos, gerados por vacas leiteiras produzindo, em média, 22,7 kg de leite/dia e consumo médio de MS de 17,8 kg.

Elemento	Composição (%)			Excreção diária (g)		
	Fezes	Urina	Combinados	Fezes	Urina	Combinados
N	2,7	14	4,3	160	136	296
P	0,85	0,37	0,78	50	32	54
K	0,53	13,98	2,48	31	4	168
Ca	2	0,02	1,72	118	137	119
Na	0,16	4,65	0,8	9	0,3	55
Mg	0,7	0,46	0,67	41	46	0,46
Fe	0,11	-	-	7,4	5	7,6

Fonte: Adaptado de VAN HORN *et al.* (1994)

1.1.3. Potencial de aproveitamento dos dejetos e redução do impacto ambiental

Devido às significativas quantidades de matéria orgânica e nutrientes presentes nos dejetos dos bovinos, este material apresenta grande potencial de utilização como substrato para os processos biológicos de reciclagem. Segundo LUCAS JR. (1994), cada kg ou L de dejetos desperdiçado representa grande prejuízo para o ambiente e

perda significativa para o produtor.

A perda do potencial energético dos dejetos na forma de metano implica na redução dos lucros obtidos com a atividade, já que o gás poderia estar colaborando para a redução do uso de outras fontes de energia no processo produtivo. Segundo MINAMI & TANAKA (1997), a produção de metano fica em torno de 0,02 a 0,03 toneladas por animal. Assim sendo, a produção estimada de metano com a fermentação dos dejetos gerados pela pecuária bovina no Brasil é cerca de 5.100.000 toneladas de CH₄, considerando um plantel de 170 milhões de cabeças.

Segundo LUCAS JR. (1994), o potencial de produção de biogás a partir do dejetos de ruminantes pode sofrer variações em função da qualidade nutricional dos alimentos fornecidos aos animais, esperando-se diferenças entre dejetos coletados de animais mantidos em pastagens em relação aos de animais que recebem alguma suplementação alimentar, principalmente de alimentos concentrados.

A produção de biogás resultante da fermentação de 1 kg de esterco bovino fica entre 0,036 a 0,042 m³, sendo suficiente para atender a demanda de biogás diária por habitante da zona rural, que está entre 0,023 e 0,043 m³ (RAMACHANDRA *et al.*, 2004). O biogás produzido pode ter o seu conteúdo energético aproveitado na própria atividade, em aquecimento, iluminação, misturadores de ração, geradores de energia elétrica, etc.

1.1.4. Biodigestão anaeróbia

A biodigestão anaeróbia é um dos vários processos existentes para tratamento de resíduos e representa um método bastante atrativo, pois promove a geração do biogás, como fonte de energia alternativa, e do biofertilizante, que pode ser utilizado na adubação de culturas vegetais. Tal processo representa importante papel para tratamento inicial dos resíduos provenientes da agropecuária. Segundo LUCAS JR. (1994), além de permitir redução do potencial poluente e recuperação da energia, a transformação do efluente é altamente viável, tendo em vista as unidades de produção

se localizarem no meio rural.

A biodigestão anaeróbia é um processo biológico natural que ocorre na ausência de oxigênio molecular, no qual um consórcio de diferentes tipos de microrganismos interagem estreitamente para promover a transformação de compostos orgânicos complexos em produtos mais simples, resultando, principalmente, nos gases metano e dióxido de carbono (TOERIEN *et al.*, 1969; MOSEY, 1983; NOVAES, 1985; FORESTI *et al.*, 1999).

O estrume bovino é um bom substrato para o desenvolvimento da biodigestão anaeróbia, por conterem carboidratos, proteínas, gorduras (AHRING *et al.*, 2001) e os microrganismos necessários para dar a partida no processo. Estes constituintes serão hidrolisados e fermentados até que ocorra a produção de ácidos graxos de cadeias curtas (como acetato, propionato, butirato, isobutirato entre outros), álcoois, hidrogênio e dióxido de carbono, que na sequência serão convertidos em metano e dióxido de carbono. Por se tratar de dejetos de ruminante, o processo geralmente ocorre de forma mais rápida devido à maior presença de microrganismos que atuam na biodigestão anaeróbia, uma vez que são comuns no ambiente ruminal (LUCAS JR., 1994).

O biogás é composto principalmente de metano e dióxido de carbono com pequenas quantidades de sulfeto de hidrogênio, e pode ser utilizado em diversas aplicações na propriedade rural, tais como em chocadeiras, incubadoras, refrigeradores a querosene, geradores de energia elétrica, além do consumo doméstico. Além do biogás, o processo de biodigestão anaeróbia produz o biofertilizante, que segundo CAEEB (1981), apresenta diversas vantagens quando aplicado ao solo, tais como, o conteúdo de matéria orgânica do resíduo resulta em uma capacidade de retenção de umidade maior, melhorando a estrutura do solo, especialmente em argilas; permite maior penetração de ar com conseqüente estímulo à oxidação da matéria orgânica pelos organismos do solo. Também é responsável pela introdução de grande número de bactérias e protozoários, resultando em aumento da velocidade de decomposição, o que torna os nutrientes mais rapidamente assimiláveis pelas plantas. E, por fim, ainda introduz certos minerais necessários ao crescimento das plantas.

O processo de digestão anaeróbia pode ser influenciado por uma série de fatores, favorecendo ou não a partida do processo, a degradação do substrato, o crescimento e declínio dos microrganismos envolvidos, a produção de biogás, assim como, podem determinar o sucesso ou a falência do tratamento de determinado resíduo. Entre esses fatores pode-se citar a temperatura, o pH, a presença de nutrientes, a composição do substrato, o teor de sólidos voláteis, e como consequência destes, a interação entre os microrganismos envolvidos no processo (STEIL, 2001).

LUCAS JR. (1994) afirmou que a definição de uma temperatura operacional é extremamente importante do ponto de vista biológico e econômico, uma vez que a taxa de produção de biogás depende da temperatura. Corroborando com tal informação AHN & FORSTER (2002) e BOUALLAGUI *et al.*, (2004) citaram que o sucesso da biodigestão anaeróbia depende da manutenção da temperatura de operação do biodigestor, pois as arqueas metanogênicas são muito sensíveis a choques de temperatura. CHAE *et al.*, (2008) encontraram redução de 7,2% na produção de biogás e afirmaram que as arqueas metanogênicas podem se adaptar às mudanças na temperatura, desde que não haja maiores mudanças na operação. Quando os autores promoveram choque de temperatura de 35 para 30°C, a recuperação da produção de biogás ocorreu apenas 40 horas após o choque. No entanto, qualquer dispositivo utilizado para aquecer o substrato do biodigestor implica em maiores gastos com a construção e a operação do mesmo.

A biodigestão anaeróbia pode ocorrer em três faixas de temperatura, a psicrófila (até 25°C), mesófila (de 25 a 40°C) e termófila (acima de 40°C) (EL-MASHAD *et al.*, 2004; BOUALLAGUI *et al.*, 2004). Durante o processo, alguns fatores referentes à composição dos dejetos que originarão o substrato, podem ter efeito prejudicial sobre a atividade das bactérias no interior dos biodigestores, ocasionando diminuição na geração do biogás. Dentre estes fatores, a EMBRAPA (1993) destacou a presença de amônia em concentração superior a 150 mg/L e de metais pesados (Zn, Ni, Cr, Cu, Mn, Hg, Pb, Cd e Fe) e Na, K, Ca e Mg em alta concentração.

No que se refere a resíduos originados na produção animal, a administração de

antibióticos aos animais, o uso de desinfetantes e pesticidas pode influir negativamente sobre a população microbiana, uma vez que esses compostos são encontrados em larga escala na propriedade rural e podem misturar-se aos dejetos após a lavagem das instalações (STEIL, 2001).

Outro aspecto importante a ser observado na digestão anaeróbia é o teor de sólidos totais (ST) do substrato. LUCAS JR. *et al.* (1993) encontraram melhor produção de biogás em biodigestores modelo batelada quando o teor de ST do substrato foi menor que 8%, em relação a um teor de ST de 16%.

1.1.5. Compostagem

O processo de compostagem consiste na disposição de materiais orgânicos de origem vegetal ou animal em camadas, de modo a acelerar a decomposição, por meio da ação de microrganismos e enzimas. Como produto final, gera-se um material de cor escura, denominado composto. CARVALHO *et al.* (2001) define o processo de compostagem como sendo a bio-oxidação exotérmica, aeróbia, de um substrato orgânico sólido e heterogêneo, gerando como produto final água, gás carbônico e matéria orgânica que se estabiliza após a maturação.

Os produtos formados são genericamente conhecidos como húmus (STEVENSON, 1982). Segundo o autor o húmus contém a maioria, senão todos os compostos bioquímicos sintetizados pelos organismos vivos. A humificação é um processo que envolve a degradação do material orgânico e a neossíntese de polímeros de elevado peso molecular. Após a degradação microbiana, são condensadas, formando colóides amorfos de coloração marrom escura, alto peso molecular e grande estabilidade a ataques microbianos. Na Figura 1 pode-se visualizar a participação de microrganismos como bactérias, fungos, actinomicetos, protozoários, algas, além de vermes, insetos e suas larvas; como resultado da intensa digestão da matéria orgânica por esses organismos, haverá liberação de elementos químicos, como nitrogênio, fósforo, potássio, cálcio e magnésio, os da forma orgânica, dita imobilizada, que

passam para a forma de nutrientes minerais, dita mineralizada, disponível às plantas (KIEHL, 1985).

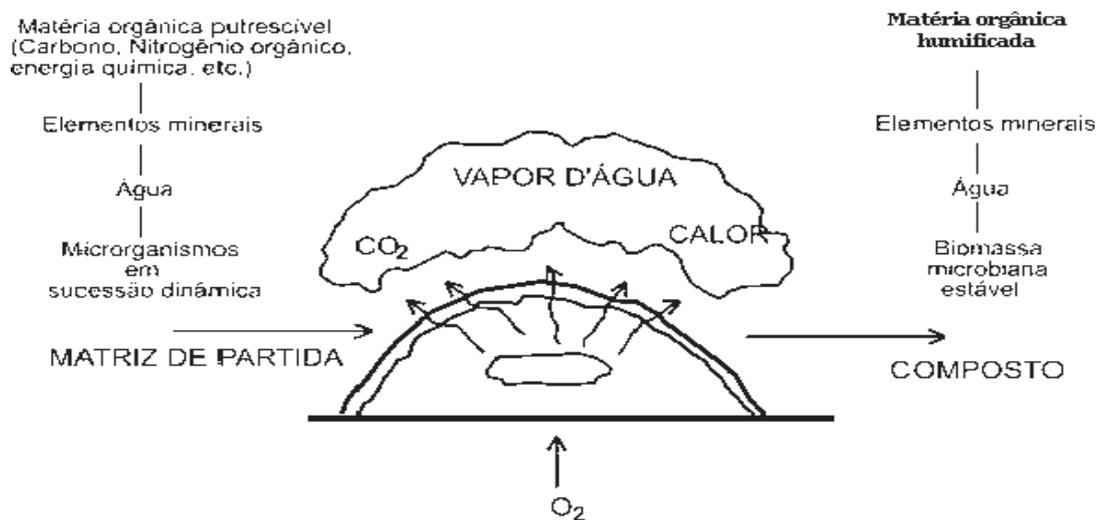


Figura 1. Processo de Compostagem. (Fonte: MORALES, 2006)

O produto da compostagem, conhecido como composto orgânico, é um material homogêneo, bioestabilizado, de coloração escura, relação C/N próxima a 10/1, teor de nutrientes variável de acordo com o material processado e isento de microrganismos patogênicos, destruídos pela manutenção de elevadas temperaturas no processo. Sua utilização em agricultura mostra-se interessante para melhoria das propriedades físicas, químicas e biológicas do solo (KIEHL, 1985; NAKAGAWA, 1992).

Durante a compostagem há uma sucessão de predominância de microrganismos, conforme a influência de fatores como substância química da matéria-prima que está sendo digerida com maior intensidade, teor de umidade, disponibilidade de oxigênio, temperatura, relação carbono:nitrogênio (relação C/N) e pH. Certos organismos multiplicam-se mais rapidamente, quando predomina no meio a substância química responsável pelo aumento de sua população, alterando-se alguns dos fatores citados, tais organismos vão morrendo e cedendo lugar para uma nova e diferente população, a qual passará a dominar a massa (KIEHL, 1985). Portanto, o desempenho da compostagem será determinado pela consorciação de alguns parâmetros

considerados essenciais como: disponibilidade de oxigênio, tamanho da leira, temperatura e características das matérias-primas (AMORIM, 2005).

Segundo PEIXOTO (1988), a redução do volume das leiras durante a compostagem pode variar em torno de 50 a 70% do volume inicial, sendo que os valores variam conforme o tipo e quantidade dos resíduos utilizados.

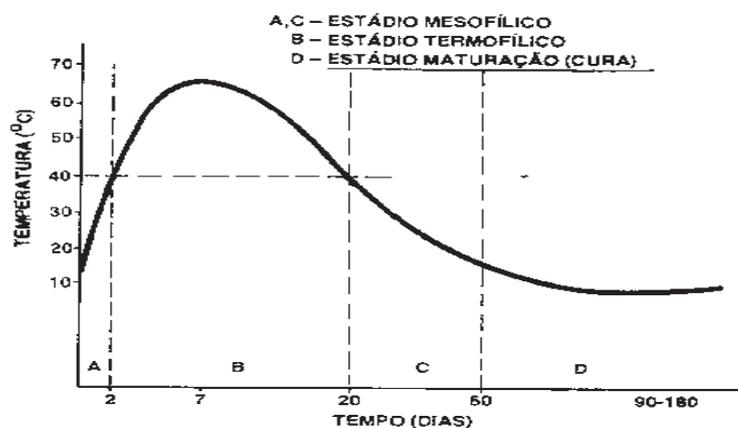
A compostagem traz a vantagem de ser um processo de tratamento de resíduos de grande flexibilidade operacional, combinando alta eficiência e baixo custo em um só sistema. O baixo custo é obtido, quando o sistema utiliza equipamentos simples para manter os parâmetros considerados ideais para o bom desenvolvimento do composto. Além disso, não exige mão-de-obra intensiva.

Os fatores que influenciam o desenvolvimento de um bom composto são umidade, aeração, temperatura, relação C/N, pH e tamanho de partículas.

A presença da água é imprescindível para as necessidades fisiológicas dos organismos. A umidade da matéria orgânica a ser compostada deve ficar em torno de 50% para que o processo ocorra de maneira satisfatória, sendo os limites máximo e mínimo iguais a 60 e 40%, respectivamente. Conforme ALVES (1996), valores abaixo de 40% fazem com que diminua a ação dos microrganismos e acima de 60% pode ocorrer pontos de falta de oxigênio, levando a decomposição anaeróbia, que é indesejável, por causar mau cheiro e depreciar a qualidade do composto. Nessas condições, ocorre a formação de chorume, que escorre das leiras favorecendo a perda de nutrientes.

A presença de oxigênio no meio é necessária para a atividade biológica e, em níveis adequados, possibilita a decomposição da matéria orgânica de forma mais rápida, sem odores. A aeração depende da granulometria e da umidade dos resíduos. Nos sistemas de compostagem acelerado, seu controle é feito pelo insuflamento de ar e no sistema aberto por meio de revolvimentos. Se o teor de oxigênio baixar demasiadamente, a decomposição da matéria orgânica será feita pelos microrganismos anaeróbios, os quais atuam com lentidão, produzindo maus odores e atraindo moscas, além de não conseguirem a plena estabilização da matéria orgânica (ALVES, 1996).

Quando a matéria orgânica é decomposta em pequeno volume, o calor gerado pelo metabolismo dos microrganismos se dissipa e o material não se aquece. Quando se processa a compostagem em montes, trabalhando-se com grandes massas, por serem tais materiais bons isolantes térmicos, o calor desenvolvido se acumula e a temperatura alcança valores elevados, podendo chegar a 80°C (KIEHL, 1985). Na Figura 2, apresentada abaixo, está ilustrada a curva ideal da temperatura no interior de uma leira de compostagem.



Fonte: KIEHL (1985), citado por AMORIM (2002)

Figura 2. Principais fases de temperatura durante o processo de compostagem.

A compostagem deve incluir uma fase termofílica em que ocorre a máxima atividade microbológica de degradação fazendo a temperatura permanecer elevada entre 45 e 65°C, tal condição causa o desaparecimento de patógenos e sementes de ervas daninhas (LEAL & MADRID de CAÑIZALES, 1998), ou seja, essa fase promove a degradação e higienização do material compostado (1º fase do processo). Os microrganismos predominantes nesta fase são bactérias, em geral do gênero *Bacillus*, fungos e actinomicetos (PAUL & CLARK, 1996). O material apresenta característica de fitotoxicidade, formando ácidos orgânicos, minerais e toxinas de curta duração. Se o material contiver mais nitrogênio (N) do que o necessário para que os microrganismos decomponham o resíduo, este excesso pode ser eliminado na forma de amônia (KIEHL,

2002). A segunda fase do processo é a de maturação ou cura, quando ocorrem a humificação e a produção do composto propriamente dito (PEREIRA NETO & STENTIFORD, 1992). Esta fase se caracteriza pelo abaixamento de temperatura, chegando bem próxima a do ambiente.

Os microrganismos requerem uma fonte de carbono, nitrogênio, macronutrientes e microelementos para o seu crescimento. Portanto, a composição do material base irá determinar a velocidade do processo de compostagem, e a relação entre carbono e nitrogênio disponíveis é a variável mais importante. A relação C/N de microrganismos é cerca de 10:1 e em teoria, seria o melhor valor para o seu metabolismo. O intervalo de valores para C/N entre 25:1 e 50:1 é definido como ótimo para o início do processo de compostagem. Valores mais elevados reduzirão a velocidade de decomposição; por outro lado, baixa relação C/N, induz perdas de nitrogênio na forma de amônia, em particular a altas temperaturas e condições de aeração forçada (GORGATI, 2001). Os microrganismos absorvem os elementos em uma proporção de 30 partes de carbono para 1 parte de nitrogênio; o carbono é utilizado como fonte de energia, sendo 10 partes incorporadas ao protoplasma celular e 20 partes eliminadas como gás carbônico. O nitrogênio é assimilado na proporção de 10 partes de carbono para uma de nitrogênio, daí a razão do húmus ter uma relação C/N próxima de 10/1. Seguindo uma hierarquia básica, os compostos de carbono mais simples e com menor peso molecular, como açúcares solúveis e ácidos orgânicos, serão atacados na fase inicial de decomposição, gerando energia e sendo transformados em polímeros maiores e mais complexos. A seguir, nessa sequência, estão as hemiceluloses, celulose e lignina. Lignina é extremamente resistente ao ataque de microrganismos e é assim, o último material a ser degradado na compostagem.

Na compostagem, normalmente não existe necessidade de adição de substâncias para controle de pH, havendo apenas o cuidado para que o pH inicial não seja na faixa alcalina, o que levaria a pesadas perdas do nitrogênio pela volatilização da amônia. Ao final do processo, o pH deve ficar compreendido entre 7,5 e 9,0 de acordo com BIDONE (1995).

Os materiais a serem compostados geralmente apresentam-se com tamanhos de partículas irregulares. Se as partículas apresentarem tamanho reduzido, o aumento da atividade bioquímica durante o processo de compostagem é favorecido. Quanto mais fragmentado for o material, maior será a área superficial sujeita à ataques microbiológicos. Entretanto, a redução excessiva desse tamanho pode acarretar em falta de espaço para a entrada de ar, ocupação dos espaços vazios pela água e consequente anaerobiose indesejada. Em geral, as partículas do material inicial devem estar entre 25 e 75 mm, como sugeriu KIEHL (1985).

1.1.6. Produção de plantas forrageiras utilizando resíduos na adubação

A produção comercial, tanto de grãos quanto de pastagens, pressupõe a oferta de nutrientes às plantas oriunda de uma fonte que não o solo, em quantidade e qualidade compatíveis com a obtenção da produtividade que se pretende. Essas fontes são os adubos minerais e/ou orgânicos, que podem ser usados de maneira exclusiva ou associados.

As peculiaridades dos sistemas produtivos no Brasil, onde predominam condições climáticas adversas e solos de baixa fertilidade, afetam negativamente a qualidade nutritiva das plantas forrageiras, proporcionando, em muitos casos, limitações no consumo de nutrientes e até no atendimento das exigências nutricionais dos animais. Sob estas condições, a reciclagem dos nutrientes das fezes tem sido pouco estudada, embora a perenidade ou sustentabilidade das pastagens possam ser consideradas estritamente dependentes da reciclagem interna dos nutrientes no sistema, uma vez que a reposição de nutrientes pela fertilização das pastagens não tem sido usual.

A continuidade da produção nos sistemas com base em pastejo parece ter condições de se manter em equilíbrio por um longo período de tempo, antes que indique a necessidade de reposição de nutrientes. Entretanto, os animais podem interferir significativamente nesse processo, alterando a distribuição e o aproveitamento

dos nutrientes reciclados (CORSI & MARTHA JR., 1996).

As produções animais recebem seus alimentos por meio dos concentrados e das plantas cultivadas ou nativas, mas somente uma parte desses elementos contidos nos alimentos ingeridos pelos animais resulta em ganho de peso e crescimento, sendo a maior parte eliminada pelo esterco e urina. Da forragem consumida pelos animais em pastejo, pequena proporção dos nutrientes minerais é retida nos produtos animais (WILKINSON & LOWREY, 1973). Cerca de 60 a 99% dos nutrientes ingeridos podem retornar à pastagem pelas excreções (BARROW, 1987). Entre os macronutrientes, o fósforo, o cálcio e o magnésio são excretados principalmente nas fezes; o nitrogênio e o enxofre podem ser excretados em significantes proporções tanto nas fezes como na urina; e o potássio é excretado em maior quantidade na urina (HAYNES & WILLIAMS, 1993).

A proporção dos nutrientes que retornam ao solo pelas fezes de bovinos durante o pastejo pode variar entre os diversos sistemas de produção. Estimativas destas proporções podem ser feitas pelo conhecimento da quantidade e composição do alimento consumido e de informações sobre a exigência do animal (BARROW, 1987).

De acordo com ADHIKARI *et al.* (2005), o conteúdo de nutrientes nos dejetos varia com a idade, o tipo e tamanho dos animais, composição da dieta que recebem e o consumo. Para evitar perdas de nutrientes nos dejetos, esforços têm sido realizados na nutrição de ruminantes, no sentido de aumentar a eficiência alimentar pelos animais com o fornecimento de dietas que atendam apenas o necessário, pois tão logo os dejetos são produzidos ocorrem perdas de nutrientes para o meio e, dependendo do destino dado aos resíduos, implicam em perdas econômicas e problemas ambientais.

De acordo com TAMMINGA (2003), essas perdas são inevitáveis, mas podem ser prevenidas ou controladas. Os aspectos que influenciam as perdas são o tipo do sistema de produção, densidade populacional dos animais, a espécie e o nível de manejo alimentar e dos dejetos, sendo que significativas perdas ocorrem durante a estocagem e aplicação no solo.

BRAZ *et al.* (2002) realizaram um estudo dos aspectos quantitativos do processo

de reciclagem de nutrientes pelas fezes de bovino sob pastejo. O experimento foi conduzido na estação experimental da EMBRAPA/Gado de Leite, em Coronel Pacheco, na Zona da Mata de Minas Gerais. Utilizaram uma área de 1,21 ha em uma pastagem de *Brachiaria decumbens*, já estabelecida, verificando que, durante as 10 semanas do período experimental, ocorreram variações significativas nos teores de nitrogênio e magnésio na planta forrageira, que provavelmente influenciaram as variações nos teores destes nutrientes nas fezes. Quanto aos outros nutrientes, não foram observadas variações na forragem disponível, tampouco nas fezes.

Outra informação interessante observada neste mesmo trabalho foi a frequência média de defecações por animal por dia, de 9,84 placas de fezes e o peso médio de cada defecação, de 200,5 g (em base de MS). Por meio de estimativas envolvendo estes dados, constataram a representatividade do retorno dos nutrientes pelas fezes do animal. Assim, estimaram que 93,28% do N, 76,68% do P, 17,99% do K, 72,93% do Ca e 62,54% do Mg ingeridos pelos animais retornaram à pastagem como fezes, o que corresponde a 18,09% do N, 35,46% do P, 5,47% do K, 30,26% do Ca e 15,43% do Mg presentes na forragem disponível.

A permanência de fezes na pastagem também tem aspecto negativo, uma vez que de imediato traz prejuízos ao crescimento da planta forrageira em função do bloqueio de nutrientes essenciais para o desenvolvimento das plantas (HIRATA *et al.*, 1990), também propicia a proliferação de moscas e aumento na multiplicação de endo e ectoparasitas (NOVAES, 1985), e ainda, resulta em rejeição de 10 a 30% da área total da pastagem devido à presença das fezes.

Quanto à deposição de urina, sabe-se que as áreas afetadas não prejudicam o pastejo, devido sua rápida absorção pelo solo, sendo um importante meio de retorno de nitrogênio para este. MACLUSKY (1960) sugeriu que a urina tem um efeito negativo sobre a aceitabilidade pelos animais das plantas forrageiras somente no primeiro dia após a excreção.

Para a utilização dos resíduos na adubação de plantas forrageiras é necessário o conhecimento da quantidade e qualidade, ou seja, o volume produzido em determinado

período e composição em nutrientes. Esses valores são a base para o cálculo da adubação que cada cultura exige, em função da produtividade pretendida.

DRUMOND *et al.* (2006), em experimento conduzido para determinar a produção de matéria seca pré-pastejo em Tifton 85, irrigado por aspersão em malha, com aplicação de 0, 50, 100 e 200 m³ de água residuária da suinocultura por hectare por ano, chegaram a produção de 5.928 kg de matéria seca por ciclo de 28 dias, com o fornecimento de 200 m³/ha/ano, aumento de cerca de duas vezes na produção, em relação ao tratamento que recebeu somente água.

Pesquisas realizadas por KONZEN & ALVARENGA (2006) na Embrapa Milho e Sorgo, mostraram produtividades de 5.200 a 7.600 kg de milho por hectare, 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 química, em solo de cerrado. As doses de 45, 90 e 135 m³.ha⁻¹, associadas a 30, 60 e 90 kg.ha⁻¹ de nitrogênio em cobertura, indicam efeito nulo em qualquer das doses aplicadas, o que evidencia a eficiência da adubação orgânica com dejetos de suínos, para produções de 7.000 a 8.000 kg.ha⁻¹ de milho, em solo argiloso de cerrado. Entretanto, o efeito residual, mesmo com altas doses, é baixo, recomendando doses anuais de manutenção. O preparo do solo adubado com dejetos de suínos pode, inclusive, ser feito com 4 a 5 meses antecipados ao plantio (abril a outubro), possibilitando ao produtor distribuir melhor as suas atividades.

A produção de milho em sistema de plantio direto, adubado com dejetos de suínos, de maneira exclusiva e combinada, alcançou produtividades que variaram de 6.400 até 8.400 kg.ha⁻¹. A produtividade atingida com 50 m³.ha⁻¹, em aplicação exclusiva, foi 21% superior à obtida com adubação química. As doses de 75 e 100 m³.ha⁻¹ não propiciaram vantagem sobre a de 50 m³.ha⁻¹. A utilização de dejetos de bovinos (chorume) proporcionou produtividade na ordem de 20% inferior ao de suínos, e a rentabilidade situou-se em torno de 45 a 50% (KONZEN, 2008).

KONZEN (2008) realizou estudo de um perfil de latossolo vermelho de cerrado, com três anos sucessivos de aplicação de dejetos de suínos, 45, 90 e 135 m³.ha⁻¹,

durante três anos sucessivos, abrangendo as camadas de 0-20, 20-40 e 40-60 cm, que mostrou algumas diferenças nas concentrações de fósforo e potássio, magnésio e cálcio, cobre e zinco. A matéria orgânica não teve variação com diversas doses aplicadas na mesma camada do solo. O comportamento do fósforo, do potássio, do magnésio e do cálcio foi similar em todos os tratamentos. A concentração do cobre e do zinco, entretanto, tendeu ao acúmulo nas camadas mais profundas, trazendo uma preocupação com relação à segurança ambiental.

Os trabalhos citados comprovam os efeitos positivos do aproveitamento dos resíduos na produção de plantas forrageiras. Deve-se ressaltar a importância de se respeitar as necessidades nutricionais das culturas adubadas e a capacidade do solo em receber tal carga de nutrientes. A disposição do resíduo não pode ser feita de maneira empírica, sem qualquer preocupação com o equilíbrio ecológico do sistema e suas consequências. Além disso, já está comprovado que um tratamento prévio do resíduo para a estabilização da matéria orgânica apresenta respostas mais satisfatórias na adubação de tais culturas.

1.1.7. Capim Tanzânia (*Panicum maximum*, Jacq.)

O capim Tanzânia (*Panicum maximum* Jacq. cv. Tanzânia) foi liberado para uso comercial em 1990, após longo trabalho de seleção coordenado pela Embrapa Gado de Corte, em razão do seu elevado potencial de produção anual (33 t/ha de matéria seca total e 26 t/ha de matéria seca de folhas) e do seu bom valor nutritivo (12,7% e 9% de proteína bruta em folhas e em hastes, respectivamente) (SAVIDAN et al., 1990).

O capim Tanzânia é uma planta cespitosa, com lâminas e bainhas glabras sem cerosidade. Os colmos são levemente arroxeados e as inflorescências são do tipo panícula, com ramificações primárias longas e secundárias longas apenas na base. As espiguetas são arroxeadas, glabras e uniformemente distribuídas. Segundo JANK (1994), o capim Tanzânia apresenta altura de 1,2 metro, tendo folhas de, aproximadamente, 2,7 centímetros de largura, de porte decumbente e ausente de

pilosidade, apresentando manchas roxas nas espiguetas e ausência de pilosidade e cerosidade nos colmos, podendo apresentar divergências na largura e altura das folhas, uma vez que as condições de desenvolvimento da planta são relativas.

A produção de forragem é consequência das condições do meio (temperatura e radiação), limitada pela disponibilidade de fatores manejáveis, basicamente nutriente e água. A remoção de parte dessa limitação pela adição de fertilizantes ou irrigação, vai depender da potencialidade permitida pelo clima e da relação custo-benefício (NABINGER, 1997). As gramíneas pertencentes à espécie *Panicum maximum* Jacq. são exigentes em fertilidade, não toleram solos encharcados, são medianamente tolerantes ao pastejo intenso e ao fogo. Essa espécie responde muito bem à correção e adubação do solo, produzindo grande quantidade de massa forrageira quando manejada de forma adequada. O capim Tanzânia apresenta alta resposta à adubação e, como a maioria das forrageiras tropicais, possui considerável estacionalidade de produção, com maior acúmulo de massa no período de disponibilidade hídrica, temperatura e luminosidade favoráveis (MAGALHÃES, 2007).

Quanto à adubação nitrogenada, diversos estudos tem comprovado sua importância no desenvolvimento de folhas e perfilhos de plantas forrageiras. GASTAL & LEMAIRE (1996), citados por NABINGER (1998), observaram que a taxa de alongamento foliar, em maior proporção, e o surgimento foliar foram aumentados pela adubação nitrogenada, enquanto a senescência foi reduzida. MARTUSCELLO (2005) encontraram resposta linear e positiva no aparecimento e no alongamento foliar em plantas de *Panicum maximum* Jacq. cv. Massai adubadas.

Em relação apenas à adubação potássica, não estando associada à adubação nitrogenada, em gramíneas forrageiras, os trabalhos indicam pouca resposta destas plantas a este nutriente. RAIJ (1991), afirma que existe uma defasagem entre as informações de pesquisa e a realidade atual, em solos mais esgotados e/ou com maiores produtividades, o que acarreta, geralmente, aplicações insuficientes de potássio às culturas.

O potássio (K) não tem função estrutural na planta, mas é um ativador de

funções enzimáticas e de manutenção da turgidez das células (RAIJ, 1991), sendo absorvido pelas plantas em grandes quantidades. Está fortemente associado à maior resistência das plantas a condições adversas, tais como baixa disponibilidade de água, extremos de temperatura e redução da incidência de doenças e ataques de insetos (FURTINI NETO *et al.*, 2001).

1.2 OBJETIVOS

O trabalho foi realizado com o objetivo de avaliar a reciclagem energética e orgânica de dejetos bovinos, por meio das técnicas de biodigestão anaeróbia e compostagem e posterior aproveitamento na adubação de *Panicum maximum* Jacq. (cv. Tanzânia).

Para tanto, constituem-se os objetivos específicos:

- Avaliar o processo de biodigestão anaeróbia (produção e qualidade do biogás e biofertilizante) utilizando-se dejetos de bovinos de corte confinados, com e sem separação da fração sólida, em biodigestores batelada e contínuos;
- Avaliar o processo de compostagem e a qualidade do composto, utilizando-se dejetos de bovinos de corte terminados em confinamento;
- Avaliar a aplicação de adubo orgânico (biofertilizante e composto) e adubo mineral em pasto cultivado com *Panicum maximum* Jacq. (cv. Tanzânia).

CAPÍTULO 2 - BIODIGESTÃO ANAERÓBIA DOS DEJETOS DE BOVINOS CONFINADOS, COM E SEM SEPARAÇÃO DA FRAÇÃO SÓLIDA

RESUMO – Objetivou-se avaliar o processo de biodigestão anaeróbia (produção e qualidade do biogás e biofertilizante), de dejetos de bovinos confinados, com e sem separação da fração sólida (CSFS e SSFS), para tanto, utilizou-se seis biodigestores batelada e oito biodigestores contínuos. Foram avaliadas as produções e potenciais de produção de biogás, qualidade do biogás e biofertilizante e reduções dos teores de sólidos totais (ST) e voláteis (SV). O experimento teve duração de doze meses, com início em julho de 2009. Para os biodigestores batelada, o volume total de biogás foi 0,6483 e 0,2866 m³, respectivamente para SSFS e CSFS. Os potenciais de produção foram 0,43 e 0,5 m³ de biogás/kg de ST reduzido e 0,48 e 0,56 m³ de biogás/kg de SV reduzido, respectivamente para SSFS e CSFS. Para os biodigestores contínuos, o volume total de biogás foi 0,6733 e 0,5600 m³, respectivamente para SSFS e CSFS. Os potenciais de produção foram 0,36 e 0,58 m³ de biogás/kg de ST reduzido e 0,4 e 0,65 m³ de biogás/kg de SV reduzido, respectivamente para SSFS e CSFS. A concentração de metano no biogás para o tratamento CSFS foi maior em relação ao SSFS, nos dois tipos de biodigestores testados. A separação da fração sólida na biodigestão anaeróbia permitiu menor volume útil de biodigestor por volume de biogás e metano gerados. O sólido retido na peneira pode ser compostado por possuir grande quantidade de nutrientes e matéria orgânica, permitindo maior eficiência na reciclagem dos dejetos.

Palavras-Chave: Biofertilizante; biogás; manejo de dejetos;

CHAPTER 2 - ANAEROBIC DIGESTION OF CATTLE MANURE CONFINED WITH AND WITHOUT SEPARATION OF SOLID FRACTION

ABSTRACT - The objective was to evaluate the process of anaerobic digestion (biogas production and quality and fertilizer) of feedlot cattle manure, with and without separation of solid fraction (CSFS and SSFS), for both, we used six batch digesters and eight continuous digesters. We evaluated the production and potential production of biogas, biogas and fertilizer quality and reductions in total solids and volatile. The experiment lasted twelve months beginning in July 2009. For the batch digesters, the total volume of biogas was 0.6483 and 0.2866 m³ respectively for SSFS and CSFS. Potential production were 0.43 and 0.5 m³ of biogas / kg and reduced ST 0.48 and 0.56 m³ of biogas / kg VS reduced, respectively, for SSFS and CSFS. For continuous digesters, the total volume of biogas was 0.6733 and 0.5600 m³ respectively for SSFS and CSFS. Potential production were 0.36 and 0.58 m³ of biogas / kg of ST reduced to 0.4 and 0.65 m³ of biogas / kg VS reduced, respectively, for SSFS and CSFS. The concentration of methane in the biogas CSFS for treatment was higher compared to the SSFS, we tested two types of digesters. The separation of solid fraction in anaerobic digestion has allowed smaller working volume per volume of biogas digester and methane generated. The solid retained on the sieve can be composted for possessing large quantities of nutrients and organic matter, allowing for more efficient recycling of waste.

Keywords: Biofertilizer; biogas; manure management;

2.1. INTRODUÇÃO

A intensificação dos processos de produção animal provoca aumento na quantidade de dejetos gerados, demandando opções mais eficientes de manejo de resíduos. No caso da biodigestão anaeróbia, o tempo de permanência do material dentro do biodigestor acaba sofrendo considerável diminuição (redução do tempo de retenção hidráulica), com isso o substrato deixa o biodigestor antes do tempo, ou seja, com um potencial poluidor ainda elevado. Uma maneira prática de evidenciar este problema é quando se observa grande quantidade de gás sendo produzida pelo material que deixa o biodigestor.

Entre as novas opções de manejo de resíduos encontra-se a separação das frações sólidas e líquidas com destinos diferenciados dentro da propriedade. A fração líquida possui maior quantidade de nutrientes solúveis, mais degradáveis e na fração sólida, maiores quantidades de frações insolúveis menos degradáveis como celulose, hemicelulose e lignina.

A separação de fases consiste em separar as partículas maiores contidas nos dejetos da fração líquida e conduzir a obtenção de dois produtos: uma fração líquida mais fluida, mas conservando a mesma concentração em elementos fertilizantes solúveis que os dejetos brutos e uma fração sólida, resíduo da peneira, mantendo-se agregada e podendo evoluir para um composto.

O conteúdo de sólidos totais do resíduo líquido do efluente pode ser separado, em termos gerais, entre aquele dissolvido e o presente como matéria suspensa. De acordo com este fato, um fracionamento útil do material suspenso pode ser realizado para refletir a “performance” dos principais grupos de equipamentos de separação disponíveis. Estas frações são constituídas por sólidos dissolvidos, partícula coloidal, sólidos finos, grossos e fibras (BURTON, 2007).

Existem várias formas de separar frações mais degradáveis de frações menos degradáveis. A mais comum delas é feita por peneiramento, utilizando-se peneira de

separação, mas existem também os tambores rotativos, centrifugação e decantação. MOLLER *et al.* (2004) estudaram as formas de separação das frações sólidas dos efluentes de suinocultura e encontraram valores de biodegradabilidade de 30, 48 e 93% para a fração sólida dos dejetos resultante da centrifugação, fração sólida dos dejetos resultante da precipitação química e fração líquida dos dejetos resultante da centrifugação, respectivamente.

A separação de fases é uma alternativa para aumentar a eficiência do processo de degradação dos efluentes. Alguns autores recomendam a separação desta fração do restante do resíduo a ser destinado ao tratamento anaeróbio, com isso o processo se torna mais eficiente (maior produção de biogás por kg de sólido), rápido (menor tempo de retenção hidráulica) e mais econômico, pois necessita de reatores com menor tamanho para um mesmo número de animais. No entanto, para otimização do processo de biodigestão anaeróbia, a fração líquida poderá precisar de ajustes em suas características de sólidos totais e diluições visando o melhor desempenho do biodigestor com a menor diluição possível.

O fato da fração sólida possuir menor potencial de produção de biogás não implica que essa fração deva ser descartada do processo, a decisão vai depender da eficiência e a rapidez que se necessita para tratar os dejetos. Caso a decisão seja favorável à separação de sólidos é necessário ter em mente que essa fração ainda tem poder poluente elevado e necessita de tratamento adequado antes de ser aplicado no ambiente.

O sistema de estabilização dos dejetos deverá ser o mais eficiente possível em permitir a reciclagem energética e de nutrientes, resultando em menores custos de produção. Este fato justifica a busca pela melhor diluição e o estudo da separação de sólidos e do potencial de produção de biogás remanescente no efluente dos biodigestores, pois este dado permitirá a avaliação do potencial de emissão de metano que deixa de ser aproveitado no manejo convencional.

Com base no exposto, o objetivo da execução deste trabalho foi avaliar o processo de biodigestão anaeróbia (produção e qualidade do biogás e biofertilizante),

em biodigestores batelada e contínuos, utilizando-se como substrato dejetos de bovinos confinados, com e sem separação da fração sólida.

2.2. MATERIAL E MÉTODOS

2.2.1. Descrição do local

O trabalho foi realizado no Laboratório de Digestão Anaeróbia do Departamento de Engenharia Rural, utilizando-se os dejetos gerados no confinamento do Setor de Forragicultura do Departamento de Zootecnia, ambos pertencentes à Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, da Universidade Estadual Paulista / Unesp – Campus de Jaboticabal, situado nas coordenadas geográficas: 21°14'05" S; 48°17'09" W e altitude média de 613,68 metros.

O clima da região, segundo a classificação de Köppen, é Aw com transição para Cwa. De acordo com as normais (1971-2000) observadas em Jaboticabal, o clima caracteriza-se por ser subtropical úmido, seco no inverno e com chuvas no verão, com precipitação anual de 1.424,6 mm, temperatura média anual de 22,2° C e umidade relativa média anual de 70,8%. Os dados meteorológicos do período em que o experimento foi realizado estão apresentados nos Apêndices 1A e 2A.

2.2.2. Definição do experimento

O experimento teve duração de doze meses, com início em julho de 2009. Realizou-se um ensaio preliminar à biodigestão anaeróbia para caracterizar qualitativamente o dejetos e estabelecer a diluição mais adequada para o abastecimento dos biodigestores.

Para o ensaio de biodigestão anaeróbia foram utilizados biodigestores do tipo batelada e contínuo com os seguintes tratamentos: sem separação da fração sólida

(SSFS) e com separação da fração sólida (CSFS). Foram avaliadas as produções de biogás, os potenciais de produção, qualidade do biogás e biofertilizante e reduções dos teores de sólidos totais (ST) e voláteis (SV).

Utilizou-se dejetos *in natura* de novilhas Nelore, confinadas na fase de terminação, alimentadas com dieta nas proporções de 50% de volumoso e 50% de concentrado. O dejetos foi colhido semanalmente no confinamento, em corredor de piso não revestido, após limpeza por raspagem das baias e transportado ao Departamento de Engenharia Rural.

2.2.3. Ensaio de caracterização do dejetos e teste de diluições

Para a caracterização do dejetos foram efetuadas análises de sólidos totais (ST), sólidos voláteis (SV), fibra em detergente neutro (FDN), fibra em detergente ácido (FDA), celulose, lignina e determinação dos conteúdos de Nitrogênio (N), Fósforo (P), Potássio (K), Cálcio (Ca), Magnésio (Mg), Sódio (Na), Zinco (Zn), Cobre (Cu), Ferro (Fe) e Manganês (Mn).

Os teores de ST e SV foram determinados segundo método descrito por APHA (2005). Para as determinações de FDN, FDA, celulose, lignina e N utilizaram-se métodos descritos por SILVA & QUEIROZ (2002). Os teores de fósforo foram determinados pelo método colorimétrico, utilizando-se espectrofotômetro HACH modelo DR-2000, conforme SARRUGE & HAAG (1974) e MALAVOLTA *et al.* (1989). O Potássio (K), Cálcio (Ca), Magnésio (Mg), Sódio (Na), Zinco (Zn), Cobre (Cu), Ferro (Fe) e Manganês (Mn) em espectrofotômetro de absorção atômica modelo GBC 932 AA, após digestão nitro-perclórica.

No teste de diluições foram avaliadas cinco proporções de dejetos:água (1:4, 1:5, 1:6, 1:7 e 1:8) e três peneiras (0,75; 1,0 e 1,5 mm), a fim de determinar a melhor extração de sólidos com menor utilização de água possível. Para tanto, foram efetuadas análises de ST e determinações de massa da fração retida na peneira e do líquido que passou por ela. O dejetos homogeneizado e a água foram pesados, seguindo as

proporções estabelecidas para cada diluição, ou seja, 100g de dejetos para 400g de água, 100g de dejetos para 500g de água, 100g de dejetos para 600g de água, 100g de dejetos para 700g de água, 100g de dejetos para 800g de água (1:4, 1:5, 1:6, 1:7 e 1:8). Em seguida o material foi levado ao liquidificador, para dispersão e homogeneização da mistura e submetido ao processo físico de peneiramento com a obtenção das frações sólida e líquida, conforme apresentação no Apêndice 3A.

2.2.4. Ensaio de biodigestão anaeróbia

Foram utilizados seis biodigestores batelada (SSFS e CSFS com três repetições), e oito biodigestores contínuos (SSFS e CSFS com quatro repetições), todos com capacidade útil de 60 litros de substrato em fermentação. O potencial de produção de biogás do dejetos bovino com e sem separação de sólidos foi avaliado por meio da produção de biogás e os teores de sólidos totais e voláteis nos afluentes e efluentes dos biodigestores. Para análise da qualidade do biogás avaliou-se os teores de metano e dióxido de carbono, principalmente. Para a caracterização do biofertilizante efetuou-se análises de ST, SV, FDN, FDA, celulose, lignina e determinação de N, P, K, Ca, Mg, Na, Zn, Cu, Fe e Mn.

O abastecimento dos biodigestores contínuos foi dia 29/07/2009, com tempo de retenção hidráulica (TRH) de 30 dias. As cargas foram realizadas diariamente por 35 semanas, entretanto, convencionou-se um período de 14 semanas para analisar o processo. Os biodigestores batelada foram abastecidos dia 05/08/2009 e a duração do ensaio também foi de 14 semanas.

O substrato utilizado no abastecimento dos biodigestores foi uma mistura de água, inóculo e dejetos, respectivamente nas quantidades, 31,5; 20,0 e 8,5 kg. Como inóculo foi utilizado o efluente de um biodigestor contínuo, modelo indiano, colhido em sua caixa de saída. Para a separação da fração sólida adotou-se o processo físico de peneiramento do substrato, utilizando-se peneira de ferro quadrada com separação de malha de 1,0 mm.

Os teores de sólidos totais (ST) e sólidos voláteis (SV) do substrato utilizado no abastecimento foram determinados segundo método proposto por APHA (2005) e estão descritos na Tabela 1.

Tabela 1. Teores médios de sólidos totais (ST) e voláteis (SV), em porcentagem e peso, do substrato utilizado no abastecimento dos biodigestores contínuo e batelada, com e sem separação da fração sólida

Tratamento	ST (%)	ST (kg)	SV (%)	SV (kg)
Biodigestores contínuos				
SSFS	4,73	2,57	4,21	2,28
CSFS	2,50	1,30	2,23	1,16
Biodigestores batelada				
SSFS	3,24	1,94	2,88	1,73
CSFS	1,42	0,85	1,26	0,76

SSFS: sem separação da fração sólida; CSFS: com separação da fração sólida

2.2.4.1. Determinação do volume de biogás

Para a determinação do volume de biogás produzido, o deslocamento vertical do gasômetro foi medido diariamente e multiplicado pela área da seção transversal interna do gasômetro, ou seja 0,2827 m² (batelada) e 0,04909 m² (contínuo). Com auxílio de termômetro digital de haste longa, media-se a temperatura do biogás dentro do gasômetro. Após as leituras, efetuava-se a descarga do biogás, zerando-se os gasômetros. A correção do volume de biogás para condições de 1 atm e 20°C foi efetuada com base no trabalho de CAETANO (1985). Conforme descrito por SANTOS (2001), para a correção do volume de biogás, utilizou-se a expressão resultante da combinação das leis de Boyle e Gay-Lussac, onde:

$$\frac{V_o P_o}{T_o} = \frac{V_1 P_1}{T_1}$$

Sendo que:

Vo = volume de biogás corrigido, m3;

Po = pressão corrigida do biogás, para 1 atm, 10332,27 mm de H2O;

To = temperatura corrigida do biogás, 293,15 °K;

V1 = volume do gás no gasômetro;

P1 = pressão do biogás no instante da leitura, 9621,9239 mm de H2O;

T1 = temperatura do biogás , em °K, no instante da leitura.

Obtém-se como resultado a seguinte expressão, para correção do volume de biogás:

$$V_o = \frac{V_1}{T_1} \times 273,26023$$

O teste de queima do biogás produzido foi efetuado durante a primeira semana do experimento, indicando a predominância de metano no biogás após três dias de abastecimento.

2.2.4.2. Potenciais de produção de biogás e de metano

Os potenciais de produção de biogás e de metano foram calculados utilizando-se os dados de produção diária e as quantidades ST e SV adicionados e reduzidos nos biodigestores. Os valores foram expressos em m³ de biogás por kg de ST e SV adicionados e reduzidos.

2.2.4.3. Determinação da composição do biogás

As análises de qualidade do biogás produzido foram feitas semanalmente para determinação dos teores de metano (CH₄) e dióxido de carbono (CO₂), amostras do biogás foram colhidas, com auxílio de seringas e posteriormente analisadas em cromatógrafo de fase gasosa Finigan GC-2001, equipado com as colunas Porapack Q e Peneira Molecular, e detector de condutividade térmica.

2.2.4.4. Caracterização dos biodigestores utilizados

Os biodigestores batelada fazem parte de uma bateria de mini-biodigestores, descrita por ORTOLANI *et al.* (1986). São constituídos por dois cilindros retos, um dos quais, encontra-se inserido no interior do outro, de tal forma que o espaço existente entre a parede externa do cilindro interior e a parede interna do cilindro exterior comporte um volume de água que se convencionou denominar “selo d’água”, atingindo profundidade de 480 mm. Os biodigestores são semi-subterrâneos, sendo que a superfície do solo a sua volta está revestida por uma calçada de concreto com 5 cm de espessura. O cilindro interior (câmara de fermentação) encontra-se em comunicação com uma vala de drenagem por meio de um tubo de escoamento ligado ao fundo da câmara e que serve para limpeza. Uma campânula flutuante de fibra de vidro, emborcada no selo de água, proporciona as condições anaeróbias sob as quais se desenvolve o processo de fermentação, além de proporcionar o armazenamento do gás produzido e pressão ao mesmo. No Apêndice 4A são mostrados detalhes de um biodigestor batelada.

Os biodigestores tubulares contínuos constituem-se por duas partes distintas, sendo que uma delas é utilizada para o armazenamento do material em fermentação e a outra o gás. O recipiente com o material em fermentação é composto por um cilindro reto de PVC com diâmetro de 300 mm e com 1 m de comprimento tendo as extremidades fixadas com duas placas de PVC com 1,5 cm de espessura de cada lado. Em uma placa encontra-se o cano de entrada por onde é feito o abastecimento e a outra extremidade possui dois canos, sendo um destinado à saída do biofertilizante e

outro a saída do gás.

O gasômetro é constituído por dois cilindros de 250 e 300 mm de diâmetro e encontram-se inseridos, um no interior do outro, de tal forma que o espaço existente entre a parede externa do cilindro interior e a parede interna do cilindro exterior comporta um volume de água (“selo de água”), atingindo profundidade de 500 mm. O cilindro de 300 mm de diâmetro é fixado sobre uma placa de PVC com 2,5 cm de espessura, recebendo o cilindro de 250 mm de diâmetro no seu interior. O cilindro de 250 mm diâmetro tem uma das extremidades vedadas com um cap para receber o gás produzido, a outra extremidade emborcada no selo de água para armazenar o gás. Os biodigestores foram dispostos sobre uma bancada, em condições de temperatura ambiente. Os detalhes dos biodigestores tubulares podem ser vistos no Apêndice 5A.

2.2.5. Análise estatística dos dados

Para o ensaio de biodigestão anaeróbia utilizou-se um modelo linear geral, onde foram instituídos 2 tratamentos com 3 repetições (biodigestores batelada) e 2 tratamentos com 4 repetições para os biodigestores contínuos. As pressuposições para análise de variância foram verificadas e as médias comparadas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade (SAS, 1990).

2.3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

2.3.1. Teste de diluições

As massas e valores médios de sólidos totais encontrados em cada diluição, nas frações sólida e líquida dos dejetos de bovinos de corte para as peneiras de malha 0,75; 1,0 e 1,5 mm, estão descritos na Tabela 2. A massa da fração líquida foi crescente, conforme houve aumento da diluição, enquanto a massa da fração sólida

retida na peneira sofreu decréscimo. Esse resultado pode ser explicado devido ao aumento da proporção de água na diluição, provocando maior arraste das partículas sólidas através da malha da peneira. Entretanto, na peneira de 1,0 mm, observou-se que mesmo com o aumento na proporção de água, o peso da fração retida foi constante a partir da diluição 1:6, ou seja, a tendência é que o arraste de sólidos através da peneira não sofra alteração se a diluição for aumentada. Tal resultado evidencia que, para as características do dejetto utilizado, a peneira de 1,0 mm apresentou resposta mais consistente. Para as demais peneiras, os resultados encontrados sugerem a continuação da pesquisa, com proporções de diluição mais altas, visando o máximo aproveitamento das frações sólida e líquida.

Tabela 2. Médias observadas de massa, porcentagem de sólidos totais (ST) e gramas de sólidos totais nas fração sólida (FS) e líquida (FL) do dejetto de bovinos de corte, nas diluições (1:4, 1:5, 1:6, 1:7 e 1:8) e peneiras (0,75; 1,0 e 1,5 mm)

Proporção Dejeto:Água	Massa (g)		ST (%)		ST (g)	
	FL	FS	FS	FS	FL	FL
Peneira 0,75 mm						
1:4	380	120	14,3	16,5	2,5	9,3
1:5	495	105	15,4	13,8	2,3	11,5
1:6	620	80	14,7	11,8	1,8	11,5
1:7	720	80	12,6	10,0	1,8	12,7
1:8	825	75	15,6	11,7	1,6	13,4
Peneira 1,0 mm						
1:4	400	100	9,9	9,9	2,7	11,0
1:5	530	70	15,5	12,4	2,6	13,9
1:6	625	75	14,9	11,2	2,3	14,7
1:7	740	60	14,9	11,2	2,0	15,2
1:8	840	60	15,6	9,4	1,8	15,0
Peneira 1,5 mm						
1:4	400	100	12,7	11,5	3,6	10,4
1:5	525	75	12,7	9,5	2,5	13,1
1:6	640	60	12,4	7,4	2,3	14,7
1:7	735	65	14,5	10,1	1,9	14,5
1:8	855	45	15,1	8,3	1,8	15,9

Quanto aos teores de ST na fração líquida, o melhor resultado observado foi o da

peneira de 1,0 mm, exceto para a diluição 1:8, sendo que o ponto de máxima extração ocorreu na diluição 1:7, conforme pode ser visto na Figura 1, onde foram apresentados os pesos dos ST na fração líquida de cada diluição nas 3 peneiras utilizadas. Embora a diluição 1:7 tenha apresentado o maior peso de ST, a melhor proporção ocorreu na diluição 1:6, que apresentou 2,3% de ST (Tabela 2). O teor de ST é um importante parâmetro para abastecimento de biodigestores, pois tem relação com a produção de biogás, podendo determinar o sucesso ou falência do processo. Além disso, pode determinar também, as dimensões das instalações dos biodigestores, influenciando no custo do projeto.

Com base nos resultados apresentados, a melhor opção de diluição para abastecimento de biodigestores com separação das frações sólida e líquida em dejetos de bovinos de corte foi a 1:6 (uma parte de dejetos para seis de água) em peneira com 1,0 mm de abertura de malha. Tendo em vista a sustentabilidade ambiental, a quantidade de água utilizada foi um fator preponderante na escolha da diluição.

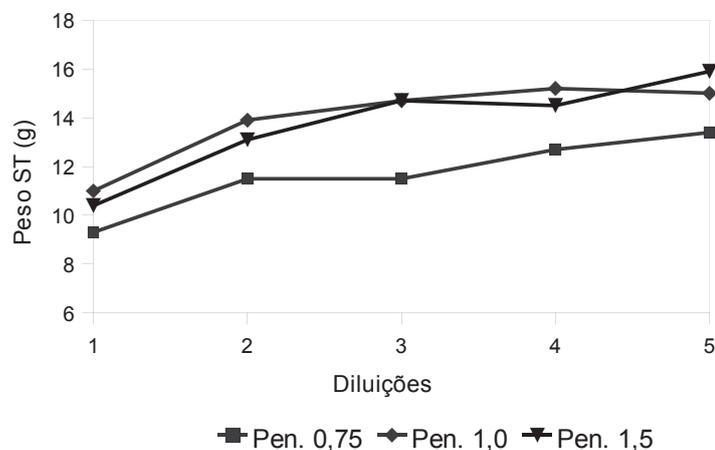


Figura 1. Massa de sólidos totais (ST) na fração líquida (FL) do dejetos de bovinos de corte em diferentes diluições e peneiras de malha 0,75; 1,0 e 1,5 mm.

2.3.2 Caracterização do dejetto

Nas Tabelas 3, 4 e 5 estão apresentados os teores de ST, umidade, SV, matéria mineral (MM), proteína bruta (PB), fibra em detergente neutro (FDN), fibra em detergente ácido (FDA), celulose (CEL), lignina (LIG) e nutrientes (N, P, K, Ca, Mg, Na, Cu, Fe, Mn, Zn) do dejetto, da fração sólida (FS) retida na peneira e da fração líquida (FL), resultantes da diluição 1:6 indicada pelo teste de diluições.

Tabela 3. Teores de ST, umidade, SV e matéria mineral (MM) do dejetto, da fração sólida (FS) retida na peneira e da fração líquida (FL), encontrados no ensaio de caracterização do dejetto e teste de diluições

Amostra	ST (%)	Umidade (%)	SV (%)	MM (%)
Dejeto	20,49	79,51	18,03	2,46
FS	14,16	85,84	12,46	1,70
FL	2,88	97,12	2,53	0,35

Pode-se observar na Tabela 4, que houve concentração dos teores de PB na fração líquida devido a maior quantidade de nutrientes solúveis e a fração sólida, retida na peneira, apresentou maiores teores de FDN, FDA, celulose e lignina.

Tabela 4. Caracterização do dejetto, da fração sólida (FS) retida na peneira e da fração líquida (FL), quanto aos teores de proteína bruta (PB), fibra em detergente neutro (FDN), fibra em detergente ácido (FDA), celulose (CEL), e lignina (LIG)

Amostra	PB (%)	FDN (%)	FDA (%)	CEL (%)	LIG (%)
Dejeto	13,75	50,30	25,40	23,40	1,50
FS	10,75	68,90	39,03	24,20	14,21
FL	14,69	57,20	27,89	26,50	0,94

A fração líquida, por conter partículas solúveis, favoreceu a concentração dos elementos fertilizantes e solubilizados contidos no dejetto. Já a fração sólida, apresentou

menores teores de nutrientes e maior quantidade de constituintes fibrosos, como celulose, hemicelulose e lignina (Tabela 5).

Tabela 5. Teores de nutrientes* encontrados no dejetos, fração sólida (FS) retida na peneira e fração líquida (FL)

Amostra	N	P	K	Ca	Mg	Na	Cu	Fe	Mn	Zn
Dejeto	2,20	1,45	2,15	3,42	0,83	0,92	0,10	0,19	0,02	0,06
FS	1,72	0,74	1,79	2,57	0,51	0,72	0,08	0,14	0,01	0,05
FL	2,35	1,52	3,82	3,61	0,97	1,90	0,11	0,19	0,02	0,06

*Valores em g/100g da MS

Os resultados demonstraram que a separação de sólidos é uma opção para aumentar a eficiência na reciclagem energética e orgânica dos dejetos de bovinos, pois a fração sólida, retida na peneira apresentou características adequadas para ser compostada e a fração líquida para a biodigestão anaeróbia.

2.3.3. Biodigestão anaeróbia

2.3.3.1. Redução de sólidos voláteis

As médias de sólidos totais e voláteis e a redução de sólidos voláteis na biodigestão anaeróbia de dejetos de bovinos com e sem separação da fração sólida, para cada tipo de biodigestor utilizado estão apresentados na Tabela 6.

Observa-se que houve diferença nos teores de ST e SV entre os substratos avaliados, isso se deve ao tratamento prévio que cada um recebeu. A redução na fração sólida com o peneiramento do afluente foi de 56% nos biodigestores batelada e 43% para os biodigestores contínuos.

A redução de sólidos voláteis ocorrida no processo de biodigestão foi diferente nos tratamentos testados. Para os dois tipos de biodigestores, o substrato não

peneirado (SSFS) apresentou maiores reduções. O peneiramento separou as fibras de melhor qualidade bromatológica e, portanto, mais degradáveis, conforme apresentado na Tabela 7. Além disso, quando se compara a proporção de lignina presente nos substratos, o CSFS apresenta 3,1% da porção fibrosa lignificada, enquanto o SSFS tem apenas 2,3%.

Tabela 6. Teores de sólidos totais (ST) e voláteis (SV), em porcentagem e em massa e a redução de sólidos voláteis em porcentagem, dos biodigestores batelada e contínuo

Biodigestor Batelada									
	ST				SV				Redução de SV (%)
	% Aflu	% Eflu	kg Aflu	kg Efl	% Aflu	% Eflu	kg Aflu	kg Efl	
SSFS	3,24a	0,73a	1,94a	0,44a	2,88a	0,65a	1,73a	0,39a	77,55a
CSFS	1,42b	0,43b	0,85b	0,26b	1,26b	0,39b	0,76b	0,23b	69,37b
CV%	4,8	3,5	4,8	3,5	4,1	3,3	4,1	3,3	2,1
Biodigestor Contínuo									
	ST				SV				Redução de SV (%)
	% Aflu	% Eflu	kg Aflu	kg Efl	% Aflu	% Eflu	kg Aflu	kg Efl	
SSFS	4,72a	1,26a	2,56a	0,69a	4,2a	1,12a	2,28a	0,61a	73,25a
CSFS	2,67b	0,82b	1,39b	0,43b	2,38b	0,73b	1,24b	0,38b	69,24b
CV%	5,2	4,5	5,2	4,5	4,3	4,8	4,3	4,8	3,9

SSFS: sem separação da fração sólida; CSFS: com separação da fração sólida; CV%: coeficiente de variação. Médias seguidas de letras distintas diferem entre si pelo teste de Tukey (P<0,05).

Segundo PRAKASAN (1981), citando MEYNELL (1976), entre os componentes do esterco bovino, as fibras se apresentam como principal elemento para a produção de biogás, dependendo da maneira como é utilizada na fermentação. Assim, utilizando-se esse material vegetal diretamente, a produção de biogás é facilitada, pois suas fibras são ricas em conteúdo de celulose e hemicelulose. Por outro lado, quando se utiliza esse material após a sua digestão no trato gastrintestinal dos animais, ou seja, na

forma de esterco, a produção de biogás tende a diminuir, pois as fibras remanescentes são mais lignificadas e, conseqüentemente, mais resistentes ao processo de fermentação.

As reduções de sólidos voláteis ocorridas no processo de biodigestão estão acima dos valores relatados na literatura para dejetos de ruminantes, isso pode ser atribuído ao tempo de retenção do material no biodigestor, que provavelmente favoreceu a degradação de compostos mais resistentes, como os componentes da parede celular, evidenciado pela redução dos teores de FDN, FDA e celulose apresentadas na Tabela 7.

Tabela 7. Pesos médios dos teores de fibra em detergente neutro (FDN), fibra em detergente ácido (FDA), celulose (CEL) e lignina (LIG) encontrados

Biodigestor Batelada					
		FDN (g)	FDA (g)	CEL (g)	LIG (g)
SSFS	Afluente	1073,4A	767,1A	722,5A	44,6A
	Efluente	150,5a	88,1a	77,5a	10,1a
Diferença		922,9	679	645	34,5
CSFS	Afluente	251,6B	185,9B	159,5B	26,4B
	Efluente	46b	34,2b	26,1b	8,06b
Diferença		205,6	150,8	133,4	18,34
Biodigestor Contínuo					
		FDN (g)	FDA (g)	CEL (g)	LIG (g)
SSFS	Afluente	1512,4A	828,4A	802,8A	25,6A
	Efluente	263,2a	158,7a	151,1a	7,6a
Diferença		1249,2	669,7	651,7	18
CSFS	Afluente	795,1B	387,7B	374,6B	13,1B
	Efluente	140,2b	82,3b	78,3b	4,04b
Diferença		654,9	305,4	296,3	9,06

SSFS: sem separação da fração sólida; CSFS: com separação da fração sólida. Médias seguidas de letras distintas diferem entre si pelo teste de Tukey ($P < 0,05$).

2.3.3.2. Produção de biogás e metano

Nas Figuras 2 e 3 estão apresentados os dados de produções semanais de biogás dos tratamentos SSFS e CSFS, nos biodigestores batelada e contínuo.

Nos biodigestores do tipo batelada, as médias obtidas para volume total de biogás produzido com dejetos de bovinos durante 14 semanas foi de 0,6483 e 0,2866 m³, respectivamente nos tratamentos SSFS e CSFS. O substrato peneirado demonstrou desempenho inferior em relação ao não peneirado. Este resultado pode estar associado a maior quantidade de sólidos solúveis no afluente, pois a hidrólise desse material acontece rápido, favorecendo a acidificação do meio e afetando a ação das bactérias metanogênicas, influenciando na produção de biogás.

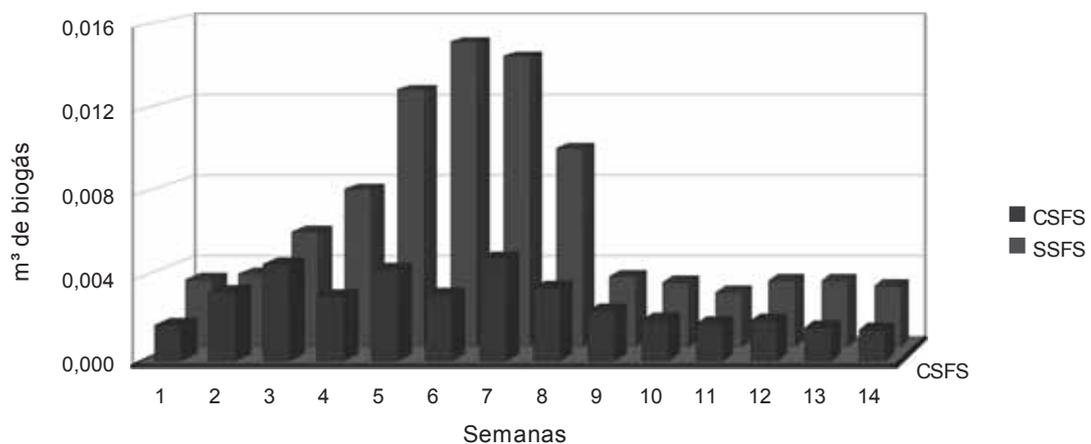


Figura 2. Produção semanal em m³ de biogás obtidos na biodigestão de dejetos bovinos SSFS e CSFS, em biodigestores batelada

Nos biodigestores contínuos, as médias obtidas para volume total de biogás produzido durante 14 semanas foi de 0,6733 e 0,5600 m³, para os tratamentos SSFS e CSFS, respectivamente, conforme pode ser visualizado na Figura 3.

Os biodigestores SSFS apresentaram maior variação na produção de biogás, com picos de produção no decorrer do tempo. Esse comportamento da curva de

produção evidencia que o tempo de retenção hidráulica utilizado poderia ser menor, de modo a ajustar o início da queda com nova retomada na produção. No tratamento CSFS observou-se aumento considerável na produção de biogás na décima terceira e décima quarta semanas; tal fato pode estar associado ao acúmulo, no decorrer do tempo, de sólidos no interior do biodigestor, proporcionando condição favorável para aumento na produção.

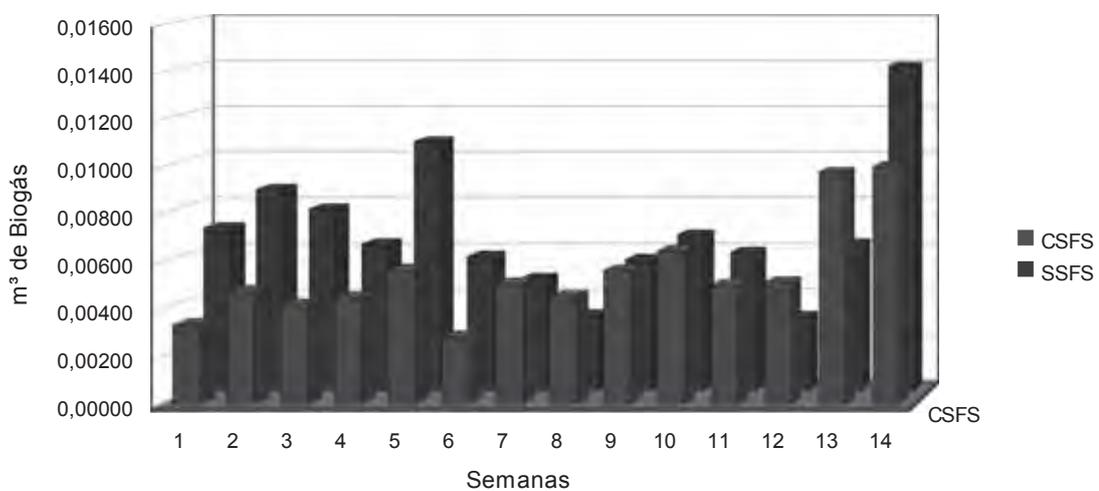


Figura 3. Produção semanal em m³ de biogás obtidos na biodigestão de dejetos bovinos SSFS e CSFS, em biodigestores contínuos

As produções semanais de metano, para os dois tipos de biodigestores utilizados estão apresentadas nas Figuras 4 e 5. A concentração de metano no biogás produzido a partir de dejetos de bovinos com separação da fração sólida (CSFS) foi maior em relação ao substrato SSFS, para os dois modelos de biodigestores avaliados. Uma possível explicação para a maior concentração de metano na fração peneirada é que a presença de nutrientes solúveis no afluente foi maior do que na fração não peneirada, onde a presença de matéria orgânica (fibras) ocupou maior parte do volume.

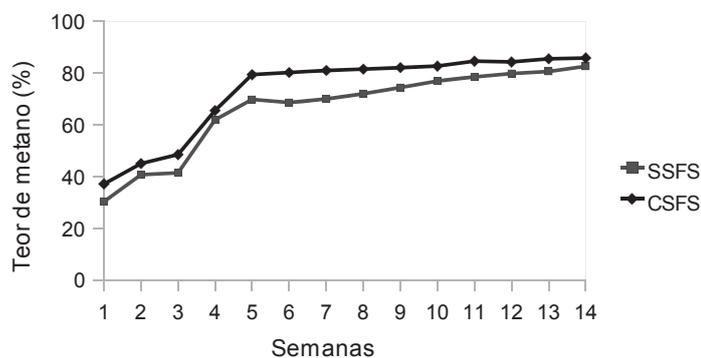


Figura 4. Concentração em % de metano obtidos na biodigestão anaeróbia de dejetos bovino SSFS e CSFS em biodigestores batelada

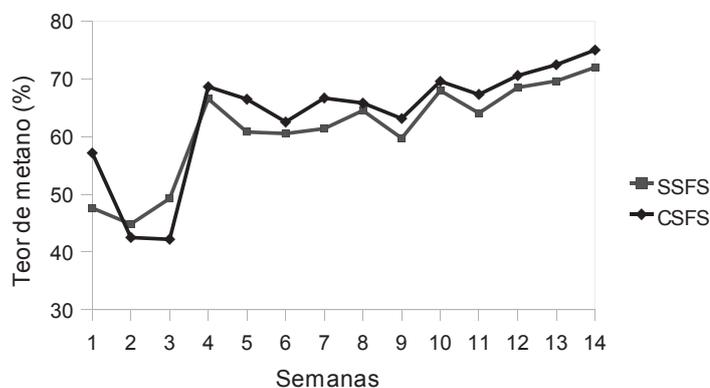


Figura 5. Concentração de metano obtidos na biodigestão anaeróbia de dejetos bovino SSFS e CSFS em biodigestores contínuos

2.3.3.3. Potenciais de produção de biogás e metano

Foram observadas diferenças significativas nos potenciais de produção de biogás e metano de dejetos de bovinos com e sem separação da fração sólida, conforme pode ser visualizado na Tabela 8, onde são apresentados os potenciais de produção de biogás e metano, por kg de ST e SV adicionados, assim como por kg de ST e SV reduzidos, corrigidos para 20°C e 1 atm de pressão. O potencial de produção de biogás e metano por kg de ST e SV reduzidos foi maior no substrato peneirado, indicando

melhor eficiência do processo de biodigestão anaeróbia quando a fração sólida foi separada.

O potencial de produção de biogás é de grande importância, pois além de permitir estimar a quantidade de energia (biogás) disponível em determinado resíduo, possibilita saber o volume útil do biodigestor e as cargas necessárias para o suprimento da demanda energética diária (ORTOLANI *et al.*, 1986). O tratamento com separação da fração sólida (CSFS) requer menor volume útil de biodigestor por volume de biogás gerado, pois o tempo de retenção hidráulica pode ser reduzido.

Tabela 8. Médias dos potenciais de produção de biogás e metano, por kg de sólidos totais e sólidos voláteis adicionados (ST ad. e SV ad.), sólidos totais e sólidos voláteis reduzidos (ST red. e SV red.), para substratos preparados SSFS e CSFS

Biodigestor Batelada								
	m ³ de biogás/kg				m ³ de metano/kg			
	ST ad.	ST red.	SV ad.	SV red.	ST ad.	ST red.	SV ad.	SV red.
SSFS	0,33a	0,43b	0,37a	0,48b	0,25a	0,32b	0,28a	0,36b
CSFS	0,35a	0,5a	0,4a	0,56a	0,27a	0,37a	0,3a	0,42a
CV%	23,1	23,9	23,1	23,9	23,4	24,1	23,4	24,1
Biodigestor Contínuos								
	m ³ de biogás/kg				m ³ de metano/kg			
	ST ad.	ST red.	SV ad.	SV red.	ST ad.	ST red.	SV ad.	SV red.
SSFS	0,26b	0,36b	0,29b	0,4b	0,15b	0,2b	0,17b	0,23b
CSFS	0,4a	0,58a	0,45a	0,65a	0,28a	0,4a	0,31a	0,45a
CV%	5	4,1	4,1	4,1	4,4	4,3	4,4	4,3

SSFS: sem separação da fração sólida; CSFS: com separação da fração sólida; CV%: coeficiente de variação. Médias seguidas de letras distintas diferem entre si pelo teste de Tukey (P<0,05).

2.3.3.4. Nutrientes no afluente e no efluente

Os teores de nutrientes presentes no afluente e no efluente dos biodigestores batelada e contínuo abastecidos com dejetos de bovinos, com e sem separação da fração sólida estão apresentados na Tabela 9. Pode-se observar que a proporção de nutrientes é maior no substrato CSFS, pois o ato de peneirar o afluente, além de reduzir a quantidade de fibras que tomariam grande volume do biodigestor, ainda promoveu extração de nutrientes solúveis para a fração líquida.

Tabela 9. Valores médios dos teores de N, P, K, Ca, Mg, Na, Cu, Fe, Mn e Zn no afluente e efluente dos biodigestores batelada e contínuo abastecidos com dejetos de bovinos com e sem separação da fração sólida

		Biodigestores Batelada									
		N	P	K	Ca	Mg	Na	Cu	Fe	Mn	Zn
		-----g/100g-----					-----mg/kg-----				
SSFS	Afluente	1,98A	1,4B	2,38B	3,2B	0,6A	0,77A	89A	215,8A	10B	48B
	Efluente	2,54a	2,3a	1,22b	4,2b	0,71b	1,58b	77,3a	200,3b	11,2b	37b
Concentração (%)		28,28	64,29	-48,74	31,25	18,33	105,19	-13,15	-7,18	12	-22,92
CSFS	Afluente	2,01A	1,9A	3,68A	3,66A	0,89A	0,84A	81B	208,3B	12,2A	52,8A
	Efluente	2,33b	2,56a	1,97a	4,9a	0,92a	1,87a	75,8b	205,6a	14a	49,1a
Concentração (%)		15,92	34,74	-46,47	33,88	3,37	122,62	-6,42	-1,3	14,75	-7,01
		Biodigestores Contínuos									
SSFS	Afluente	2,01A	0,79B	2,89B	3,33A	0,6B	0,67B	92B	202,7B	13,5B	50,5B
	Efluente	2,63a	1,45a	1,69b	4,11a	0,71b	1,66b	89,25b	198,7b	10,25b	44,5b
Concentração (%)		30,85	83,54	-41,52	23,42	18,33	147,76	-2,99	-1,97	-24,07	-11,88
CSFS	Afluente	2,31A	0,97A	4,01A	3,57A	0,8A	0,93A	102,5A	209A	14,25A	56A
	Efluente	2,81a	1,46a	2,68a	4,51a	0,87a	2,63a	103a	201a	11,25a	52,3a
Concentração (%)		21,65	50,52	-33,17	26,33	8,75	182,8	0,49	-3,83	-21,05	-6,7

SSFS: sem separação da fração sólida; CSFS: com separação da fração sólida. Médias seguidas de letras distintas diferem entre si pelo teste de Tukey ($P < 0,05$).

2.4. CONCLUSÕES

A melhor opção de diluição para separação das frações sólida e líquida é a 1:6 em peneira de 1,0 mm; por proporcionar menor consumo de água com melhor eficiência na extração de sólidos para a fração líquida. Para os demais resultados encontrados, sugere-se a continuação da pesquisa, pois requerem aumento na proporção da diluição para o máximo aproveitamento das frações sólida e líquida.

A separação da fração sólida na biodigestão anaeróbia de dejetos de bovinos favorece a redução do tempo de retenção hidráulica, permitindo menor volume útil de biodigestor por volume de biogás e metano gerados.

O volume de sólidos retido na peneira pode ser compostado por possuir grande quantidade de nutrientes e matéria orgânica.

CAPÍTULO 3 - COMPOSTAGEM DOS DEJETOS DE BOVINOS

RESUMO - Objetivou-se avaliar o processo de compostagem e a qualidade do composto, utilizando-se dejetos de bovinos de corte terminados em confinamento. O trabalho foi realizado na FCAV Unesp Jaboticabal. Utilizou-se um pátio com piso de concreto, declividade de 2% para escoamento do chorume. O dejetos colhido foi destinado à confecção de quatro leiras de compostagem de aproximadamente 1000 kg cada. Foram monitorados temperatura, peso, teores de ST e volume ocupado pelas leiras semanalmente. Também foram determinados os teores de nutrientes do composto. A compostagem dos dejetos de bovinos permaneceu com temperaturas superiores a 40°C nas quatro primeiras semanas, sendo que o pico foi de 60,5°C na segunda semana. A maior redução em massa, observada no processo, ocorreu na terceira quinzena, com 34,2%, sendo que a eficiência na degradação de ST do material foi de 32,4%. As reduções de volume das leiras foram descritas pelo modelo exponencial, com a equação: $y = 1114,38 * 0,87^x$, sendo x o número de quinzenas a partir da formação da leira e y a redução do volume, em litros. Quanto aos teores de nutrientes, exceto o nitrogênio, os demais nutrientes avaliados apresentaram concentração ao final do processo. A produção e qualidade do composto gerado no processo de compostagem de dejetos de bovinos de corte confinados se apresentaram viáveis para utilização como adubo orgânico.

Palavras-Chave: Adubo orgânico; composto; eficiência de degradação; redução de volume.

CHAPTER 3 - MANURE COMPOSTING OF BEEF CATTLE

ABSTRACT - The objective was to evaluate the composting process and quality of the compost, using manure of beef cattle feedlot. The study was conducted at UNESP Jaboticabal FCAV. We used a patio with concrete floor, declivity of 2% for the disposal of manure. The excrement was collected for the construction of four composting piles of approximately 1000 kg each. Were monitored temperature, weight, content of ST and volume occupied by piles weekly. We also determined the levels of nutrients in the compost. Composting of cattle manure remained with temperatures exceeding 40 ° C in the first four weeks, and the peak was 60.5 ° C in the second week. The greatest reduction in mass observed in the case occurred in the third fortnight, with 34.2% and efficiency in the degradation of ST material was 32.4%. The reductions in volume of the beds were described by the exponential model, with the equation: $y = 1114.38 * 0.87^X$, where x the number of fortnights from the formation of the windrow eye reducing the volume in liters. For the levels of nutrients, except nitrogen, other nutrients were assessed concentration at the end of the process. The production and quality of compost generated in the composting process of cattle manure from feedlot presented themselves viable for use as organic fertilizer.

Keywords: compost; degradation efficiency; organic fertilizer; reduction of volume.

3.1. INTRODUÇÃO

O processo de compostagem tem sido utilizado como alternativa para a disposição ambientalmente correta de resíduos oriundos de diferentes atividades agropecuárias. Em virtude da preocupação ambiental quanto ao descarte dos dejetos oriundos das atividades de produção animal, a procura por técnicas de processamento do resíduo tem aumentado nos últimos anos.

A compostagem é um processo biológico, aeróbio, em que os microrganismos são utilizados para converter matéria orgânica biodegradável em material humificado. Neste processo, ocorre a conversão de nitrogênio da forma instável para formas orgânicas estáveis, além de redução do volume e melhora das características físicas e físico-químicas dos resíduos (IMBEAH, 1998). A matéria orgânica, adicionada ao solo na forma de adubos orgânicos melhora as características físicas, químicas e biológicas do solo (KIEHL, 2002).

A decomposição do material orgânico é diferenciada segundo as características físicas, químicas e biológicas dos seus diversos componentes. Os açúcares, amidos e proteínas simples, são decompostos primeiro; a seguir, há a decomposição da proteína bruta e da hemicelulose. Outros componentes, como a celulose, a lignina e as gorduras, são mais resistentes podendo, com o tempo, dar origem às substâncias orgânicas de estrutura química mais complexa, genericamente denominadas húmus (MIYASAKA *et al.*, 1983 e IGUE, 1984).

Segundo KIEHL (1985), o tempo necessário para promover a compostagem de resíduos orgânicos depende da relação C/N, do teor de nitrogênio da matéria-prima, das dimensões das partículas, da aeração e do número e frequência dos revolvimentos.

Existem poucas informações sobre a taxa de decomposição do material orgânico sob diversas formas de compostagem, principalmente para as condições tropicais. Essas informações tornam-se necessárias para que se permita a otimização do processo de compostagem, com vistas à obtenção de rápida e eficiente estabilização

dos resíduos poluentes.

A maioria dos pesquisadores tem mostrado que a decomposição do material orgânico é caracterizada por uma fase de decomposição rápida, seguida de uma fase de decomposição lenta, podendo ser descrita por modelos exponenciais (IGUE, 1984 e PAUL & CLARK, 1996). Desta forma, a relação entre a quantidade de material orgânico remanescente, X , após um período de tempo, t , e o material orgânico inicial, X_0 , pode ser apresentada, como: $X = X_0 \cdot e^{-K \cdot t}$. Os valores da constante de decomposição, K , que dão idéia da rapidez de decomposição do resíduo orgânico variam, segundo IGUE (1984), de $0,025 \text{ ano}^{-1}$ (vegetação de *Pinus* em Serra Nevada, EUA) a $4,0 \text{ ano}^{-1}$ (florestas tropicais).

A facilidade de condução e os baixos custos para desenvolvimento do processo de compostagem tem justificado sua adoção. Dessa forma, objetivou-se avaliar o processo de compostagem e a qualidade do composto, utilizando-se dejetos de bovinos de corte terminados em confinamento.

3.2. MATERIAL E MÉTODOS

O trabalho foi realizado no Laboratório de Digestão Anaeróbia do Departamento de Engenharia Rural, utilizando-se os dejetos gerados no confinamento do Setor de Forragicultura do Departamento de Zootecnia, ambos pertencentes à Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, da Universidade Estadual Paulista / Unesp – Campus de Jaboticabal, situado nas coordenadas geográficas: $21^{\circ}14'05'' \text{ S}$; $48^{\circ}17'09'' \text{ W}$ e altitude média de 613,68 metros.

O clima da região, segundo a classificação de Köppen, é Aw com transição para Cwa. De acordo com as normais (1971-2000) observadas em Jaboticabal, o clima caracteriza-se por ser subtropical úmido, seco no inverno e com chuvas no verão, com precipitação anual de 1.424,6 mm, temperatura média anual de $22,2^{\circ}\text{C}$ e umidade relativa média anual de 70,8%.

Foram colhidos 4 toneladas de dejetos de novilhas Nelore, confinadas na fase de terminação, alimentadas com dieta nas proporções de 50% de volumoso e concentrado. O confinamento é localizado no setor experimental de Forragicultura da FCAVJ, possui 82 baias de 8 m² (4x2 m) com cocho de concreto e bebedouro, sendo a área toda coberta. Efetuou-se a limpeza das baias por raspagem e os dejetos foram acumulados em corredor de escoamento de piso não revestido, até o peso pretendido.

O material colhido foi transportado ao Departamento de Engenharia Rural e destinado à confecção de quatro leiras de compostagem de aproximadamente 1000 kg cada. O processo foi conduzido em um pátio com piso de concreto, declividade de 2% para escoamento de chorume. Os dejetos foram inicialmente pesados em balança digital para obtenção do volume inicial. Este procedimento se deu a cada quinze dias para proporcionar a obtenção de equações representativas das reduções de peso e volume da leira durante o processo.

Na Tabela 1 estão apresentados os dados de volume e massa de matéria natural (MN) e ST do material que foi utilizado como substrato para o processo de compostagem.

Tabela 1. Volume e massa em matéria natural (MN) e sólidos totais (ST) utilizado na confecção das leiras de compostagem

Leira	Volume (L)	MN (kg)	ST (kg)
1	980,05	1340	470,34
2	886,44	1212	366,63
3	773,80	1058	288,41
4	933,98	1277	318,97
Média	893,57	1221,75	361,09

Após o enleiramento dos dejetos, efetuaram-se revolvimentos semanais seguidos de amostragem de material, monitorando-se diariamente a temperatura da leira em seis pontos, com auxílio de termômetro de haste longa, em diferentes profundidades. Monitorou-se também, a temperatura ambiente no pátio de compostagem.

Os teores de ST das amostras colhidas durante o processo de compostagem foram determinados de acordo com método descrito por APHA (2005). Para a quantificação dos minerais, as amostras colhidas durante o desenvolvimento do experimento foram pré-secadas à 60° C, em estufa de circulação forçada de ar, por 48 horas. A seguir foram finamente moídas, em moinho de facas, e então utilizadas para a digestão da matéria orgânica. Com o extrato obtido da digestão sulfúrica foi possível efetuar a determinação dos teores de Nitrogênio, Fósforo, Potássio, Cálcio, Magnésio, Sódio, Ferro, Cobre, Zinco e Manganês, segundo BATAGLIA *et al.* (1983). O nitrogênio foi determinado conforme método descrito por SILVA e QUEIROZ (2002). 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 amarelo do sistema vanadomolibdofosfórico em acidez de 0,2 a 1,6 N, em que 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, com padrões de concentrações entre 0 e 52 mg de P/mL. Estes padrões foram preparados conforme método descrito por MALAVOLTA (1989). As concentrações de K, Ca, Mg Na, Fe, Cu, Zn e Mn foram determinadas em espectrofotômetro de absorção atômica modelo GBC 932 AA.

3.3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.3.1. Temperatura

Os resultados referentes a temperatura ao longo do processo de compostagem estão representados na Figura 1. Este parâmetro é considerado fator determinante na eficiência do processo no que tange a redução das características poluentes do resíduo e por isso tradicionalmente utilizada como indicador da performance do processo de compostagem.

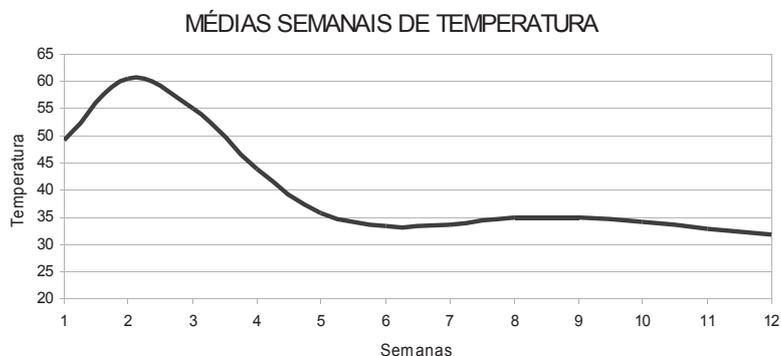


Figura 1. Temperatura média semanal observada durante a compostagem de dejetos de bovinos confinados

Independente do material utilizado como substrato para o processo de compostagem, a US EPA (citado por LAU, *et al.*, 1992) recomenda que a temperatura no interior da leira atinja, no mínimo, 55°C e mantenha-se nesta faixa por pelo menos 3 dias consecutivos para que o número de patógenos atinja níveis aceitáveis, permitindo a aplicação no solo. Por essa razão, a temperatura deve ser acompanhada durante todo o processo de compostagem. A compostagem dos dejetos de bovinos permaneceu com temperaturas superiores a 40°C nas quatro primeiras semanas, sendo que o pico foi de 60,5°C na segunda semana.

3.3.2. Reduções de volume e massa

As mensurações de volume e massa ao longo do processo de compostagem, bem como as porcentagens de redução estão apresentadas na Tabela 2. A redução no volume total das leiras chegou a 65,5%. Valor que representa significativa redução da área utilizada ao longo do processo de compostagem, dado importante para fins de dimensionamento de pátio de compostagem. A maior redução em massa, observada no processo, ocorreu na terceira quinzena, com 34,2%, sendo que a eficiência na degradação de ST do material foi de 32,4%.

Tabela 2. Médias das reduções de volume e massa observadas durante a compostagem de dejetos bovinos

Quinzenas	Volume (L)	ST (kg)	% Redução	
			Volume	ST
0	1017,03	361,09	0	0
1	864,79	314,45	14,32	13,33
2	752,65	269,06	25,27	26,75
3	602,11	243,58	40,03	34,16
4	569,28	259,46	43,39	28,96
5	481,28	254,62	52,1	31,31
6	443,96	249,54	55,73	32,56
7	382,18	254,01	62,03	30,48
8	347,27	247,44	65,56	32,38

A linha de tendência e equação de redução de volume (L) das leiras de compostagem foram estimadas através de medições quinzenais e estão representadas na Figura 2.

As reduções de volume das leiras foram descritas pelo modelo exponencial, com a equação: $y = 1114,38 * 0,87^x$, sendo x o número de quinzenas a partir da formação da leira e y a redução do volume, em litros.

Como a liberação de área durante o processo de compostagem ocorre em função da redução do volume das leiras, a equação gerada pode auxiliar no dimensionamento do pátio, visando maximização de espaço e economia de área construída.

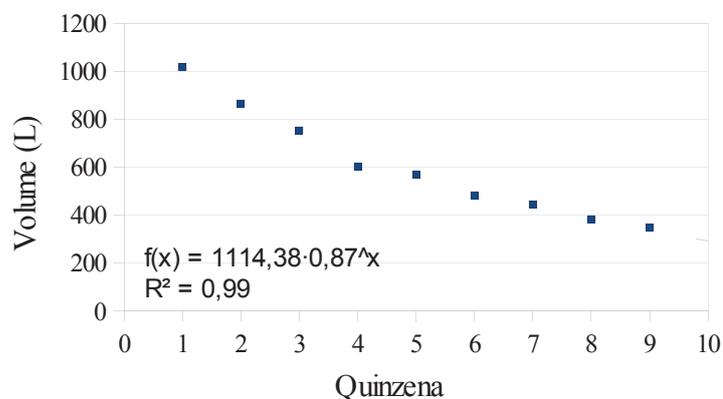


Figura 2. Variação de volume em função da quinzena em leiras de compostagem confeccionadas com dejetos bovinos. Os coeficientes de regressão foram significativamente ($P < 0,001$) diferentes de zero pelo teste t

3.3.3. Teores de nutrientes

Estão apresentados na Tabela 3 as variações nas concentrações de nutrientes após o processo de compostagem de dejetos bovinos. Observa-se que, exceto o nitrogênio, os demais nutrientes avaliados apresentaram aumento nos teores ao final do processo. Esse incremento é devido à redução da matéria orgânica (perda de C) pela ação dos microrganismos, favorecendo a concentração dos outros nutrientes. Além disso, certos cuidados foram adotados durante a compostagem para evitar a perda de nutrientes. As leiras foram cobertas em dias de chuva e a umidade foi rigorosamente controlada, evitando a formação de chorume.

Tabela 3. Médias dos teores de nutrientes encontrados no início e final do período de compostagem de dejetos bovinos

Amostra	N	P	K	Ca	Mg	Na	Cu	Fe	Mn	Zn
	-----g/100g-----						-----mg/kg-----			
Início	2,5	1,45	1,66	2,41	0,35	94	29	53	122	102
Final	1,01	1,99	2,52	3,99	1,06	129	75	305	219	206
(%) Variação	-59,6	37,2	51,8	65,5	202,8	37,2	158,6	475,5	79,5	101,9

Quanto a perda de nitrogênio, KIEHL (1985) afirma ser normal acontecer, caso a temperatura ultrapasse 60°C ou ocorra anaerobiose no interior da leira e de carbono pelo processo de respiração dos microrganismos formando CO₂.

3.4. CONCLUSÕES

A compostagem de dejetos de bovinos confinados demonstrou eficiência no aproveitamento de nutrientes. O composto gerado apresentou qualidade apropriada para utilização na adubação de culturas vegetais, ou comercialização como fonte de composto orgânico.

A redução do volume enleirado evidenciou a necessidade de planejamento para otimizar o espaço utilizado nos processos de compostagem.

CAPÍTULO 4 – AVALIAÇÃO DO CAPIM TANZÂNIA (*Panicum maximum*, JACQ.) SOB ADUBAÇÃO ORGÂNICA E MINERAL

RESUMO – Objetivou-se com o desenvolvimento desta pesquisa comparar os efeitos da adubação orgânica e mineral em um pasto de capim-Tanzânia. Procurou-se observar se a adubação orgânica é capaz de promover produtividade satisfatória e qual influência na qualidade das plantas. Os tratamentos consistiram em submeter o capim Tanzânia a uma dose de 80 kg/ha/ano de N, utilizando fontes de adubo (composto orgânico; biofertilizante; adubo mineral 20-0-20 e; controle, que não recebeu qualquer tipo de adubação). Foram monitorados a interceptação luminosa (IL), altura do pasto e IAF. Também foram realizadas determinações de massa, composição morfológica e análises bromatológicas. Com 95% de IL pelo dossel, as alturas observadas variaram de 70 à 58 cm, respectivamente, para o pasto adubado com fonte mineral e tratamento controle. O IAF variou de 5,58 (adubo mineral) a 3,76 (controle). A produção em kg.MS.ha⁻¹ para o pasto adubado com fonte mineral, biofertilizante e composto foi, respectivamente, 13870,68; 10296,38 e 9926,52. Os teores de proteína na lâmina foliar variaram, respectivamente para biofertilizante e controle, de 15,62% a 9,2%, sendo a mesma tendência observada para colmo (6,82% à 3,15%). Os resultados obtidos neste trabalho permitem concluir que a adoção da adubação orgânica é viável, não somente como proposta de modelo de produção sustentável, mas também como forma de incrementar o lucro gerado na atividade.

Palavras-Chave: Índice de área foliar; interceptação luminosa; produção de forragem; sustentabilidade;

CHAPTER 4 - EVALUATION OF TANZANIA GRASS (*Panicum maximum*, Jacq.) IN THE ORGANIC AND MINERAL FERTILIZATION

ABSTRACT - The objective of the development of this research to compare the effects of organic and mineral fertilizer in a grass Tanzania. We tried to see if the organic fertilizer can promote productivity satisfactory which influence the quality of the plants. The treatments consisted in submitting the Tanzania grass at a dose of 80 kg / ha / yr N, using sources of fertilizer (organic compost; biofertilizer; and mineral fertilizer 20-0-20; control, did not receive any type of fertilizer) . Were monitored , sward height and IAF. Also were analyzed for mass, composition and morphological analyzing process. With 95% of the sward height heights observed varied from 70 to 58 cm, respectively, for pasture fertilized with mineral source and treatment control. IAF ranged from 5.58 (mineral fertilizer) to 3.76 (control). Production in kg.MS.ha⁻¹ for pasture fertilized with mineral source, fertilizer and compost, respectively, were 13870.68, 10296.38 and 9926.52. The protein contents in leaf blade ranged, respectively, for fertilizer and control of 15.62% to 9.2%, the same trend observed in stem (6.82% to 3.15%). The results obtained allow to conclude that the adoption of organic manure is feasible, not only as a proposal for a sustainable model of production, but also as a way of increasing the profit generated in the activity.

Keywords: Forage production; leaf area index; light interception; sustainability;

4.1. INTRODUÇÃO

A pecuária nacional é predominantemente extensiva. A criação de animais em pastagens tem credenciado o país na exportação de carne e seus derivados, pois os pastos constituem fonte de alimento de baixo custo, compondo a base da alimentação bovina. No entanto, a produtividade nesse sistema ainda é baixa.

Os pesquisadores são unânimes em afirmar que o correto programa de adubação está entre os principais fatores para a intensificação do uso das pastagens, pois é condição determinante de produção e qualidade. Muitos produtores dispensam a adubação pelo alto custo representado pelo uso de fontes minerais. Essa é uma das principais causas de degradação da fertilidade natural dos solos, pois mesmo que a produtividade seja satisfatória nos anos iniciais, com o passar do tempo ocorrerá um desgaste do solo utilizado. Com isso, muitas vezes a planta forrageira mais exigente em fertilidade do solo é substituída pelas menos exigentes à medida que se observa queda na produção. O procedimento correto seria a reposição dos nutrientes, seguida do manejo adequado da pastagem para evitar degradação da área cultivada.

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, contribuindo com a sustentabilidade do sistema de produção. A aplicação de adubo orgânico pode vir como alternativa na reposição de nutrientes nos solos.

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). LONGO (1987) afirma que 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.

Entre as alternativas viáveis para a adubação orgânica, encontra-se a reciclagem dos dejetos, seja como biofertilizante, compostos estabilizados ou esterco curtido e também a adubação verde - com o uso de culturas que melhoram a fertilidade do solo como a crotalária, guandu, mucuna-preta, Lab Lab etc. Essa prática contribui para a redução da demanda de insumos externos, como os fertilizantes minerais e ainda propicia balanço econômico e ambiental mais favorável.

Para WELLS (2002), devido à sua composição química, os dejetos animais apresentam grande importância agrônômica quando aplicados ao solo, pois fornecem nutrientes para uso das plantas e aumentam o teor de matéria orgânica do solo, em consequência, promovem a estruturação do solo, porosidade e a capacidade de retenção de água. Entretanto, um planejamento adequado de utilização do resíduo reciclado deve ser implementado, respeitando-se a capacidade suporte do ambiente.

A área de pasto é a que apresenta maior potencial para receber e responder ao uso de fertilizantes orgânicos como dejetos de animais. Isto porque a maior limitação para melhor explorar o potencial produtivo das gramíneas forrageiras perenes tropicais, tem sido a ausência de manejo e, principalmente, ausência de um programa de fertilização correto.

Os cultivares de *Panicum maximum*, Jacq. geralmente apresentam boa produtividade e elevado valor nutritivo (SOUZA *et al.*, 1996). O capim Tanzânia apresenta alta resposta à adubação e, como a maioria das forrageiras tropicais, possui considerável estacionalidade de produção, com maior acúmulo de massa no período de disponibilidade hídrica, temperatura e luminosidade favoráveis (CECATO *et al.*, 1996), além disso, a produção também é resultante do manejo adotado, como a frequência e da intensidade de cortes ou pastejo (ZIMMER, 1999).

Segundo VAN SOEST (1982), os fatores ligados ao manejo da planta forrageira, tal como a idade de corte, adubação, características morfológicas da planta, altura de corte a que a planta é submetida, podem influenciar decisivamente no valor nutritivo da

planta forrageira. De acordo com COLOZZA (1998), vários trabalhos têm demonstrado aumentos significativos na produção de massa seca e do valor nutricional de *Panicum maximum*, Jacq. com o suprimento de nitrogênio. Os inconvenientes da adubação nitrogenada em pastagens são as perdas por volatilização e lixiviação e, o alto custo financeiro para aquisição. Desta forma, as áreas de pastagens poderiam ser beneficiadas com o aproveitamento racional no uso de esterco de origem animal para adubação, quer garantindo maiores produções, economia e condições para a proteção ambiental.

Nesse contexto, o desenvolvimento desta pesquisa foi embasado no princípio básico da reciclagem e aproveitamento dos resíduos gerados em um sistema de produção de bovinos de corte, e ainda na importância ambiental e econômica da utilização de adubos orgânicos. Procurou-se observar se a adubação orgânica é capaz de promover produtividade satisfatória e qual influência na qualidade das plantas. Para tanto, comparou-se a utilização de biofertilizante, composto orgânico e adubo mineral em um pasto de capim Tanzânia.

4.2. MATERIAL E MÉTODOS

4.2.1. Área experimental, informações climáticas e espécie forrageira

O experimento foi realizado no Setor de Forragicultura em área pertencente à Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias (FCAV) da Universidade Estadual Paulista (UNESP), em Jaboticabal, São Paulo, localizada a 21°14'05" S; 48°17'09" W e altitude de 595 m.

Segundo a classificação de Köppen, o clima predominante em Jaboticabal é do tipo Awa, descrito como tropical de estiagem de inverno, com estação seca definida entre os meses de abril a setembro e concentração das chuvas nos meses de outubro a março. Os dados climáticos referentes ao período experimental, como temperaturas

máxima, médias e mínimas, precipitação e insolação, podem ser visualizados nos Apêndices 1A e 2A. Os dados foram obtidos na Estação Agroclimática do Departamento de Ciências Exatas da UNESP/Jaboticabal.

O solo da área experimental é classificado como Latossolo Vermelho distrófico, típico textura argilosa, horizonte A moderado, caulínítico hipoférrico com relevo suave ondulado (EMBRAPA, 2006). Amostras de solo foram coletadas antes do início do experimento, sendo as mesmas enviadas para análise no Departamento de Solos da FCAV Unesp Jaboticabal. As análises das características químicas do solo estão apresentadas na Tabela 1.

Tabela 1. Resultado das análises de fertilidade do solo na área experimental

Amostras	pH	M.O.	P resina	K	Ca	Mg	H+Al	SB	T	V
	CaCl ₂	g/dm ³	mg/dm ³	-----mmolc/dm ³ -----						%
0-20 cm	4,8	29	5,5	4,8	23	11	50	37,8	87,3	44
20-40 cm	5,1	24	7	5,4	32	12	40	48,4	88,4	55

pH = acidez (água), MO = matéria orgânica, P = fósforo, K = potássio, Ca = cálcio, Mg = magnésio, H+Al = hidrogênio mais alumínio, SB= soma de bases, T = capacidade de troca catiônica, V = saturação por bases.

A espécie avaliada foi *Panicum maximum* Jacq. cv Tanzânia, pertencente à família *Gramíneae*, subfamília *Panicoideae* e Tribo *Paniceae* (JANK, 1994). O pasto já estava implantado há 10 anos na ocasião da pesquisa. Antes da imposição dos tratamentos, realizou-se um corte de uniformização e a massa foi retirada. As parcelas foram delimitadas por estacas de madeira, conforme fotos no Apêndice 6A.

4.2.2. Tratamentos e delineamento experimental

Os tratamentos consistiram em submeter o capim Tanzânia a uma dose de 80 kg/ha/ano de N (nitrogênio) utilizando diferentes fontes de adubação, orgânica ou mineral. Os tipos de fertilizantes utilizados foram: composto orgânico de dejetos bovinos;

biofertilizante efluente de biodigestores abastecidos com dejetos bovinos; adubo mineral 20-0-20. Adotou-se também um tratamento denominado controle, que não recebeu nenhum tipo de adubação.

Estes tratamentos foram impostos às parcelas em um delineamento experimental em blocos casualizados, sendo quatro blocos com quatro repetições cada, totalizando 64 unidades experimentais. A área total foi de 1.182 m², com uma bordadura de 1,5 metros para implantação dos blocos e uma faixa de caminamento de 0,8 metros entre eles. As parcelas mediam 3,75 metros de largura e 4,5 metros de comprimento (16,9 m²), adotou-se uma bordadura em todo o perímetro da parcela, de tal forma que cada uma ficou com 12 m² de área útil. Para melhor compreensão, as fotos e croqui da área são apresentados no Apêndice 6A.

O período de realização do trabalho foi de dezembro de 2009 a março de 2010. As adubações foram realizadas no dia 14 de dezembro de 2009, manualmente. O composto e o adubo mineral foram distribuídos a lanço, o biofertilizante foi aplicado uniformemente com auxílio de baldes.

4.2.3. Interceptação luminosa (IL) e índice de área foliar (IAF)

O monitoramento da interceptação luminosa (IL) pelo dossel foi realizado com o objetivo de padronizar o corte da forragem quando 95% de IL fosse atingido em pelo menos metade do número de parcelas de um mesmo tratamento. As leituras da IL foram realizadas semanalmente, até estarem próximas do valor para o corte, a partir de então, foram determinadas diariamente até atingirem os 95% de IL.

Para as avaliações da IL e do IAF foi utilizado o equipamento analisador de dossel AccuPAR LP-80 da Decagon (USA), constituído de sensores de luz que captam a radiação incidente na vegetação. A barra é composta por 80 sensores independentes, espaçadas de um centímetro, que captam a radiação incidente (na frequência de 400 a 700 nm) tanto acima do dossel quanto ao nível do solo, e um terminal coletor de dados, localizado junto à barra, que relaciona estas duas leituras de radiação.

Para o cálculo do IAF, as variáveis utilizadas pelo aparelho foram as radiações fotossinteticamente ativas (RFA) acima e abaixo do dossel e variáveis relacionadas com a arquitetura do dossel e com a orientação do sol. Estas variáveis são o ângulo zenital (Θ); a fração da radiação fotossinteticamente ativa (f_b), que é a comparação da medida da RFA acima do dossel com o valor da radiação solar em determinado local e ângulo zenital, e um parâmetro de distribuição do ângulo foliar (X). O parâmetro de distribuição do ângulo foliar (X) refere-se à distribuição dos ângulos foliares dentro do dossel, podendo ser mensurado pela razão da projeção de uma folha em um plano horizontal, com a projeção em um plano vertical. Plantas com arranjo de folhagem mais ereto possuem valores de X menores em comparação a plantas com arranjo mais planófilo. No manual do aparelho são encontrados valores de X para algumas espécies de plantas cultivadas, como por exemplo, azevém, em que X varia de 0,67 a 2,47, sorgo com X de 1,43, etc. O modelo utilizado pelo aparelho para o cálculo do IAF tem como base uma simplificação do modelo original proposto por NORMAN & JARVIS (1974), sendo:

$$L = \frac{\left[\left(1 - \frac{1}{2K} \right) f_b - 1 \right] \ln \tau}{A(1 - 0,47f_b)}$$

Em que:

L = índice de área foliar;

K = coeficiente de extinção de luz do dossel;

f_b = fração incidente da RFA;

τ = razão entre a RFA abaixo e acima do dossel;

A = constante que correlaciona a absorvidade da RFA pelas folhas;

Sendo K e A , calculados pelas equações:

$$K = \frac{\sqrt{X^2 + \tan^2 \theta}}{X + 1,744(X + 1,182)^{-0,733}}$$

$$A = 0,283 + 0,785a - 0,159a^2$$

Em que:

X= parâmetro de distribuição do ângulo foliar da cultura;

Θ = ângulo zenital;

a= absorvidade das folhas na faixa da RFA (400 -700 nm), sendo um valor fixo de 0,9 assumido pelo aparelho em suas rotinas.

Para cada unidade experimental foi gerado uma média, da leitura em 5 pontos de amostragem, tomando a leitura acima e abaixo do dossel. Estas leituras foram feitas entre as 9h00 e 12h00 em dias claros.

4.2.4. Alturas do dossel

As medições de altura do dossel foram feitas utilizando-se régua do tipo bengala, graduada em centímetros. Foram tomadas leituras em 5 pontos aleatórios por parcela, e cada ponto correspondeu à altura média mais alta do plano de folhas em torno da régua. Gerou-se uma média, por parcela das alturas observadas.

4.2.5. Determinações de massa e análises bromatológicas da forragem

Como critério para determinação da massa utilizou-se um aro de 0,25m² para colheita das amostras. A forragem foi cortada ao nível do solo e colhida, observando os limites da periferia do aro. Em cada parcela colheu-se duas amostras, sendo uma para determinação da massa e a outra para determinações bromatológicas. Após a colheita das amostras efetuava-se o corte da forragem à 30 cm do solo.

As amostras colhidas para determinação da massa foram pesadas e separadas manualmente em colmo+bainha, lâmina foliar e material morto, sendo também pesados separadamente cada componente. Na sequência, as diferentes frações foram colocadas em sacos de papel e levadas para estufa de circulação forçada de ar (55°C) durante 72 horas e pesadas novamente, permitindo então o cálculo da massa seca de

colmos, massa seca de material morto, massa seca de lâmina foliar e a relação lâmina foliar:colmo. Os valores de massa de forragem e componentes morfológicos foram convertidos em kg/ha de massa seca (MS).

Para as determinações bromatológicas, a matéria morta foi retirada e as amostras cortadas em estratos de tamanho 0 à 30 cm, 30 à 45 cm e maior que 45 cm. Em cada estrato procedeu-se a separação dos componentes morfológicos (lâmina foliar e colmo+bainha), sendo pesados separadamente cada componente e levados para estufa de circulação forçada de ar (55°C) durante 72 horas. As amostras secas foram moídas em moinho tipo Wiley, com peneira de malha 1,0 mm, e acondicionadas para posteriores análises laboratoriais.

4.2.6. Processamento e análise estatística dos dados

Os dados foram submetidos à análise da variância por meio do procedimento GLM do programa estatístico SAS (Statistical Analysis System) e as médias dos tratamentos foram comparadas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

4.3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.3.1. Interceptação luminosa, altura do dossel e índice de área foliar

O tempo para atingir 95% de interceptação luminosa (IL) e as médias do índice de área foliar (IAF) e altura do dossel do capim Tanzânia estão apresentados na Tabela 2.

Tabela 2. Tempo para atingir 95% de IL e médias observadas de índice de área foliar (IAF) e altura do dossel de capim-Tanzânia, por tratamento

Tratamento	Tempo (dias)	IAF	Altura (cm)
Adubo Mineral	28	5,58a	70a
Biofertilizante	30	4,86b	68a
Composto	50	4,36c	60b
Controle	75	3,76d	58b

CV: IAF = 17,7%; Altura = 25,5%; Médias seguidas de letras distintas diferem entre si pelo teste de Tukey ($P < 0,05$).

Os valores de altura do capim Tanzânia encontrados para os tipos de adubo utilizados variaram de 70 a 58 cm (Tabela 2). BARBOSA (2004) e ZANINE (2007) obtiveram o valor de 70 cm de altura de entrada, aos 95% IL para o Tanzânia. SANTOS (2009) e MELLO & PEDREIRA (2004) reportaram que o dossel de capim Tanzânia atingiu 95% de IL com aproximadamente 55 cm de altura.

O IAF elevou-se com o aumento da altura do dossel, sendo que, o pasto que recebeu o adubo mineral e biofertilizante apresentaram a maior média de altura e os maiores IAF, corroborando com FAGUNDES *et al.* (1999b), que observaram maiores valores de IAF em pastos mantidos mais altos. As médias encontradas para o IAF foram superiores às encontradas por CECATO *et al.*, (2008), em estudo das características estruturais do capim-Mombaça adubado com fontes de fósforo. As condições de ambiente e o efeito da adubação nitrogenada favoreceram o crescimento de folhas. A ação direta dos fatores do ambiente como temperatura, intensidade luminosa, fotoperíodo, solo e água, sobre as características morfogênicas das gramíneas determina as características estruturais das pastagens, como o número e tamanho de lâminas foliares e densidade de perfilhos, responsáveis pelo índice de área foliar (LANGER, 1979).

Para *Panicum maximum*, Jacq. HUMPHERYS (1978) considerou a faixa de IAF ótima ou crítica entre 3 e 5. Abaixo desse valor, a taxa de acúmulo era reduzida, mas alcançava valor ótimo, se estabilizava ou caía, em decorrência do sombreamento da base das plantas. Contudo, segundo HODGSON (1990), se o IAF do dossel forrageiro

estiver próximo do nível ótimo, haverá adequada capacidade para interceptação de luz, pois a produção de massa seca depende da proporção de luz incidente interceptada e de sua eficiente utilização.

O maior IAF do dossel favoreceu a interceptação eficiente de luz, contribuindo para produção de forragem, no entanto, mesmo o biofertilizante apresentando melhor IAF que o composto, a produção em massa de forragem para esses dois tratamentos não diferiram estatisticamente. Tal condição foi possível pois a massa de lâmina foliar da planta forrageira adubada com o composto foi menor do que a adubada com biofertilizante.

4.3.2. Massa de forragem e composição morfológica

As produções de massa de forragem foram estimadas em kg de massa seca por hectare e estão apresentadas na Tabela 3. Foram observadas diferenças significativas quanto a produção de massa seca do capim Tanzânia entre as fontes de adubação testadas. A adubação com a fonte mineral promoveu as maiores quantidades de massa de forragem e de colmo em relação aos demais, entretanto, sua porcentagem de lâmina foliar foi 55,4% do total produzido, sendo inferior à apresentada pela forrageira adubada com biofertilizante, que obteve 58,6%. Com isso, a melhor relação lâmina foliar:colmo foi alcançada pelo tratamento biofertilizante (1,88).

De maneira geral, a relação lâmina foliar:colmo diminuiu com o avanço do tempo de corte, como pode ser constatado nos tratamentos composto e controle, pois os colmos de maior idade são mais lignificados, com entrenós alongados, e, portanto, são mais pesados que as folhas. Conforme FAGUNDES *et al.* (1999a), avaliando intensidades de pastejo e a composição morfológica de pastos de *Cynodon* spp., constataram aumento dos valores de haste no pasto, à medida que o período de coleta avançou, comportamento inverso daquele verificado para folhas.

SOUZA *et al.* (2007), em trabalho realizado com capim Tanzânia, avaliando a influência de intervalos de corte e adubação com doses de potássio, encontraram

valores para relação folha:colmo de 1,69; 1,78; 1,85 e 1,95, nos intervalos de 4, 6, 8 e 10 semanas, respectivamente. Para as doses de K₂O de 0, 100 e 200 kg/ha, estes valores foram iguais a 1,79; 1,86 e 1,86, respectivamente.

A massa de lâmina foliar aumentou com a altura do pasto, sendo que a porcentagem em relação a massa de forragem ficou acima de 40% para todos tratamentos, independentemente da altura do dossel. Tal comportamento não foi observado para massa de colmos, pois o pasto adubado com o biofertilizante apresentou maior altura em relação ao composto e ao controle.

Tabela 3. Médias de produção em kg de massa seca (MS) de forragem, de lâmina foliar (LF), de colmo (C), de matéria morta (MM) por hectare e a relação lâmina foliar:colmo (LF:C) do capim-Tanzânia submetido a diferentes tipos de adubação

Tratamentos	kg MS/ha	kg Ms/ha			LF:C
		LF	C	MM	
Biofertilizante	10296,38b	6034,33ab	3243,23b	1018,81c	1,88a
Adubo Mineral	13870,68a	7681,79a	4618,35a	1570,54bc	1,64b
Composto	9926,52b	3998,58c	2725,48b	3202,46a	1,48c
Controle	9257,12c	4378,43bc	3095,05b	1783,64b	1,47c
CV%	30,3	34,7	37,4	32,7	31,9

Médias seguidas de letras distintas diferem entre si pelo teste de Tukey (P<0,05).

O composto foi o tratamento que mais apresentou material morto (Tabela 3), em função da morte de perfilhos (folhas senescentes, mortas e colmos mortos) durante as avaliações. Esse fato pode ter sido ocasionado devido a demora na incorporação do composto ao solo, já que a adubação foi feita a lanço, com isso a disponibilidade e absorção dos nutrientes pelas plantas ocorreu mais lentamente, refletindo na velocidade de produção e aumento da senescência.

Muito embora as características morfogênicas melhor expliquem o crescimento das plantas, o seu crescimento estrutural depende do nível de cada nutriente essencial e do equilíbrio entre eles (FONSECA *et al.*, 2000). Baixo suprimento de nitrogênio, fósforo e potássio afetam negativamente o perfilhamento (LANGER, 1972). WERNER &

HAGG (1972), avaliando o efeito de diversos nutrientes no desenvolvimento do capim-Colonião (*Panicum maximum* cv. Colonião), em um solo de baixa fertilidade, verificaram que sem a aplicação de fósforo, independente de qualquer outro nutriente, a planta não perfilhou, resultando em produção de forragem muito baixa.

A composição morfológica, por estrato, do capim Tanzânia submetido à fontes de adubação está apresentada na Tabela 4. A adubação realizada com o biofertilizante promoveu maior concentração dos colmos nos primeiros 30 cm da planta, sendo que as folhas ficaram distribuídas de forma equilibrada nos três estratos. Essa conformação do dossel forrageiro é desejável, pois geralmente a altura do resíduo no pastejo de capim Tanzânia é de 25 a 30cm.

Tabela 4. Composição morfológica do capim Tanzânia em % de lâmina foliar (%LF) e colmos (%C) nos estratos 0-30, 30-45 e maior que 45cm

Tratamentos	% LF			% C	
	0-30 cm	30-45 cm	>45 cm	0-30 cm	30-45 cm
Biofertilizante	17,6 b	19,6 a	28,17 b	34,18 bc	0,46 b
Adubo Mineral	11,60 c	15,4 c	35,09 a	33,0 c	4,9 a
Adubo Orgânico	20,71 ab	18,6 ab	19,77 c	40,7 a	0,11 c
Controle	26,13 a	17,5 b	16,0 c	40,22 ab	0,11 c
CV%	33,7	28,2	22	18,3	88,6

Médias seguidas de letras distintas diferem entre si pelo teste de Tukey (P<0,05).

O acúmulo da senescência juntamente com o alongamento excessivo de colmos são fatores indesejáveis quando se almeja produção de forragem com melhor valor nutritivo para o consumo animal. Desta forma, se o foco for produzir forragem de qualidade, a adubação com biofertilizante apresentou respostas mais satisfatórias que os demais. Além disso, a forragem adubada com biofertilizante apresentou uma diferença de produção de 1039,26 kg.MS.ha⁻¹ em relação às parcelas que não receberam nenhuma adubação. Esta diferença traz vantagem ao produtor, visto que, se um animal consome de 3,0 a 4,0% de seu peso vivo em matéria seca, ou seja, 18 kg.MS.ha⁻¹.UA, incluindo consumo e pisoteio, afirma-se que a adubação com

biofertilizante gera a possibilidade de aumentar o fornecimento de forragem para, aproximadamente 57 UA por corte.

4.3.3. Composição bromatológica

A composição bromatológica da lâmina foliar e colmo do capim-Tanzânia nos estratos de 30 à 45 cm e acima de 45 cm estão apresentadas na Tabela 5. Os valores para lâmina foliar não apresentaram diferença estatística entre os estratos avaliados (30-45cm e >45cm). No entanto, pequeno acréscimo nos teores de FDN, FDA e lignina no estrato acima de 45cm pode ser observado.

Os teores de proteína na lâmina foliar variaram, respectivamente para biofertilizante e controle, de 15,62% a 9,2%, sendo a mesma tendência observada para colmo (6,82% à 3,15%). Além da variação nos teores proteicos, merecem destaque os valores obtidos com o pasto adubado com o composto, pois apresentaram-se superiores aos do pasto adubado com adubo mineral, contrariando o preceito de que o valor alimentar da forragem decresce com o tempo (conforme pode ser visto na Tabela 2, o tempo para o pasto adubado com o composto alcançar 95% da IL e receber o corte foi de 50 dias, enquanto a com adubo mineral levou apenas 28 dias).

Segundo EUCLIDES (2001), a composição química da planta forrageira é um dos parâmetros utilizados para medir seu valor nutritivo e, dentre outros fatores, é afetada pela idade da planta. A variação na concentração de proteína bruta entre as folhas e colmos é notória nas plantas forrageiras, principalmente na sua maturação. ANDRADE (1987) comprovou isso, para três cultivares de *Panicum maximum*, observando no avanço da idade da forragem decréscimo na qualidade. Com base no exposto, pode-se inferir que a qualidade da forragem adubada com o composto seria ainda melhor caso o corte fosse realizado mais cedo, influenciando também na redução do acúmulo de material morto, que foi alto neste tratamento, como pode ser observado na Tabela 3.

De forma geral, houve aumento nos teores dos componentes da parede celular,

conforme diminuiu a proteína. EUCLIDES (1995) estudando diversas cultivares de *Panicum maximum*, concluiu que valores de FDN inferiores a 55% são raros. Valores superiores a 65% são comuns em tecidos novos e teores entre 75 e 80% são encontrados em materiais de maturidade avançada. A FDN apresenta uma relação inversa com o consumo voluntário do pasto, ou seja, menores valores de FDN implicam em maior consumo da planta forrageira.

Tabela 5. Composição bromatológica, em porcentagem, da lâmina foliar (estratos 30 à 45cm e acima de 45cm) e colmo (estrato 30 à 45cm) do capim-Tanzânia. (Médias dos quatro blocos)

	Proteína	MS	MM	FDN	FDA	CEL	LIG
Lâmina Foliar – Estrato 30 à 45cm							
Biofertilizante	15,62a	22,01c	10,22b	61,25b	30,86c	27,02b	4,42b
Mineral	11,19c	23,15b	10,67b	63,19a	33,49a	28,55a	6,27a
Composto	12,47b	23,49b	9,98c	62,15b	32,01b	27,37b	4,69b
Controle	9,20d	25,30a	11,63a	63,69a	32,07b	27,19b	4,99b
Lâmina Foliar – Estrato maior que 45cm							
Biofertilizante	15,46a	22,65c	10,36b	61,39b	33,05b	28,90b	4,20b
Mineral	11,22c	23,27b	10,64b	63,83a	34,96a	27,40c	6,61a
Composto	12,48b	23,62b	12,13a	62,97b	33,86b	29,42a	4,58b
Controle	9,64d	25,19a	12,36a	63,91a	32,53b	28,34bc	4,33b
Colmo – Estrato 30 à 45cm							
Biofertilizante	6,82a	32,15c	10,13b	69,32	38,99b	30,99a	8,32b
Mineral	4,87b	33,60b	10,98a	69,88	39,45a	30,49a	9,19a
Composto	4,10b	32,85bc	10,96a	69,24	38,45b	29,78ab	8,86b
Controle	3,15c	33,74a	11,78a	69,72	36,41c	27,69b	8,98b

Médias seguidas de letras distintas diferem entre si pelo teste de Tukey (P<0,05).

As plantas que receberam adubação orgânica (composto e biofertilizante) apresentaram maior teor de proteína e menor concentração de FDN, FDA e lignina em relação a adubação mineral. Isso pode estar associado ao fato do biofertilizante e do

composto introduzirem no solo grande número de bactérias e protozoários, resultando em aumento na velocidade de decomposição, o que torna os nutrientes mais rapidamente assimiláveis pelas plantas. E por fim, ainda apresentam outros minerais em sua composição, que certamente influenciaram no melhor desempenho observado.

4.3.4. Considerações

Pode-se inferir que os tratamentos adubo mineral e biofertilizante, além de apresentarem as vantagens mencionadas, ainda obtiveram maior produção de massa de forragem no tempo. Pois, após o primeiro corte efetuou-se nova adubação e com trinta dias, 95% da IL foi obtida, viabilizando a segunda amostragem (2º corte). No entanto, o referido corte foi perdido, devido a um acidente, onde vacas utilizadas em outro experimento invadiram a área consumindo mais da metade das parcelas cultivadas com o biofertilizante. Observou-se que a ingestão da forragem adubada com mineral foi bem menor, impossibilitando a continuação das análises, porém indicando uma preferência dos animais pela forragem que recebeu biofertilizante.

4.4. CONCLUSÕES

Os resultados obtidos neste trabalho permitem concluir que a adoção da adubação orgânica é viável, não somente como proposta de modelo de produção sustentável, mas também como forma de minimizar os custos com adubação química, até então inerente e indispensável ao processo.

Nas condições em que foi realizado o presente trabalho, os resultados obtidos indicam um efeito positivo da adubação orgânica na produção e qualidade do capim Tanzânia.

REFERÊNCIAS

ADHIKARI, M. PAUDEL, K. P.; MARTIN JR., N. R.; GAUTHIER, W. M. Economics of dairy waste use as fertilizer in central Texas. *Waste Management, Oxford*, v. 25, p. 1067-1074, 2005.

AHN, J. H.; FORSTER, C. F. The effect of temperature variations on the performance of mesophilic and thermophilic anaerobic filters treating a simulated paper mill wastewater. *Process Biochemistry, London*, v. 37, n. 6, p. 589-594, 2002.

AHRING, B. K.; IBRAHIM, A. A.; MLADENOVSKA. Effect of temperature increase from 55 to 65° C on performance and microbial population dynamics of an anaerobic reactor treating cattle manure. *Water Research*, v 35, n. 10, p. 2246-2452, 2001.

AL-MARSI, M. R. Changes in biogas production due to different ratios of some animal and agricultural wastes. *Bioresource Technol.* v. 77, p. 97-100. 2001.

ALVES, W. L. Compostagem e vermicompostagem no tratamento de lixo urbano Jaboticabal: FUNEP, 1996. 53p.

AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION - APHA. Standard methods for the examination of water and wastewater. 19th ed. Washington, 2005.

AMORIM, A. C. Caracterização dos dejetos de caprinos: reciclagem energética e de nutrientes. 2002. 108f. Dissertação (Mestrado em Produção Animal) – Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, 2002.

AMORIM, A.C. Avaliação do potencial de impacto ambiental e do uso da compostagem

e biodigestão anaeróbia na produção de caprinos. 2005. 108p. Tese (Doutorado em Zootecnia), Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias – Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, 2005.

ANDRADE, J.B. Estudo comparativo de três capins da espécie *Panicum maximum* Jacq. 1987. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 1987.

ARBOITTE, M.Z.; RESTLE, J. ALVES FILHO, D.C. Qualidade da carne e conteúdo de colesterol no músculo *Longissimus dorsi* de novilhos 5/8 Nelore-3/8 Charolês abatidos em diferentes estádios de desenvolvimento. *Revista Brasileira de Zootecnia*. V. 33, n.4, p. 959-968, 2004.

BARBOSA, R.A. Características morfofisiológicas e acúmulo de forragem em Capim-tanzânia (*Panicum maximum* Jacq. Cv. Tanzânia) submetido a frequências e intensidade de pastejo. Viçosa .Tese (Doutorado), Universidade Federal de Viçosa. 2004. 100p.

BARROW, N.J. Return of nutrients by animals. In: SNAYDON, R.W. (Ed.) *Ecosystems of the world 17B – Managed Grasslands/Analytical Studies*. Amsterdam: Elsevier, 1987. p.181-186.

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

BIDONE, F.R.A. A vermicompostagem dos resíduos sólidos de curtume, brutos e previamente lixiviados, utilizando composto de lixo urbano como substrato. 1995. 184f. Tese (Doutorado em Hidráulica e Saneamento) - Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 1995.

BOUALLAGUI, H.; HAOUARI, O.; TOUHAMI, Y.; BEN CHEIKH, R.; MAROUANI, L.; HANDI, M. Effect of temperature on the performance of an anaerobic tubular reactor treating fruit and vegetable waste. *Process Biochemistry*, London, v. 39, n. 12, p. 2143-2148, 2004.

BRAZ, S. P.; NASCIMENTO JUNIOR, D. CANTARUTTI, R. B.; REGAZZI, A.J.; MARTINS, C E.; FONSECA, D. M.; BARBOSA, R.A. Aspectos Quantitativos do Processo de Reciclagem de Nutrientes pelas Fezes de Bovinos sob Pastejo em Pastagem de *Brachiaria decumbens* na Zona da Mata de Minas Gerais. *R. Bras. Zootec.*, v.31, n.2, p.858-865, 2002 (suplemento)

BURGÜI, R. Confinamento estratégico. In: MATTOS, W.R.S. *A produção animal na visão dos brasileiros*. Piracicaba:Fealq, 2001. 927p.

BURTON, C.H. *Manure management: treatment and strategies for sustainable agriculture*. West Park: Silsoe research Institute, 2007, p.181.

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

CARVALHO, D. D. de; MATHEW, C.; HODGSON, J. Comportamento de florescimento em cultivares de *P. Paximum*, *Mombaça* e *Tanzânia*, sob duas alturas de desfolhação. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 41., Campo Grande. *Anais...* Campo Grande: SBZ, 2001. CD-ROM.

CECATO, U. *et al.* Avaliação de cultivares de *Panicum maximum* Jacq. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 33, 1996, Fortaleza. *Anais...* Fortaleza: SBZ, 1996. p. 109-111.

CECATO, U. et al. Perfilamento e características estruturais do capim-Mombaça, adubado com fontes de fósforo, em pastejo. *Acta Sci. Anim. Sci. Maringá*, v. 30, n. 1, p. 1-7, 2008.

CHAE, K.J.; JANG, A.; YIM, S.K.; KIM, I.S. The effects of digestion temperature and temperature shock on the biogas yields from the mesophilic anaerobic digestion of swine manure. *Bioresource Technology*, Essex, v. 99, p. 1-6, 2008.

COLOZZA, M.T. Rendimento e diagnose foliar dos capins Aruana e Mombaça cultivados em Latassolo Vermelho-Amarelo. Tese (Doutorado) – Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba. 1998. 127 f.

COMISSÃO DE FERTILIDADE DO SOLO DO ESTADO DE MINAS GERAIS. Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais: 5ª aproximação. Viçosa, 1999. 359 p.

COMPANHIA AUXILIAR DE EMPRESAS ELÉTRICAS BRASILEIRAS - CAEEB. O biogás e sua tecnologia, Rio de Janeiro, 1981, (Série Estudos e Pesquisas, 2).

CORSI, M.; MARTHA Jr., G.B. Manutenção da fertilidade do solo em sistemas intensivos de pastejo rotacionado. In: SIMPÓSIO SOBRE MANEJO DA PASTAGEM, 14., Piracicaba. Anais... Piracicaba: Fundação de Estudos Agrários Luiz de Queiroz, 1996. p.161-192.

DRUMOND, L.C.D.; ZANINI, J.R.; AGUIAR, A.P.A.; FERNANDES, A.L.T.; SOUZA, G.F.; APONTE, J.E.E. Avaliação da produção de Tifton 8 com aplicação de água residuária de suinocultura. *FAZU Revista / Faculdades Associadas de Uberaba*. ISSN 1806-1699 - n.1. 2006.

EL-MASHAD, H. M.; van LOON, W. K. P.; ZEEMAN, G.; BOT, G. P. A.; LETTINGA, G. Effect of inoculum addition modes and leachate recirculation on anaerobic digestion of solid cattle manure in an accumulation system. *Biosystems Engineering*, London, v. 95, n. 2, p. 245–254, 2004.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA. Manual de manejo e utilização dos dejetos de suínos. Concórdia – Santa Catarina, 1993. 188p.

EMBRAPA: Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Sistema Brasileiro de Classificação de Solos. Seminário Nacional de Levantamento e Conservação de Solos. Brasília: EMBRAPA, 2006. 306p.

ENSMINGER M. E., OLDFIELD, J.E. , W.W. HEINEMANN. *Feeds & Nutrition*. 2 ed. Clovis, California, The Ensminger Publishing Company, 1990. 1544 p.

EUCLIDES FILHO, K. O enfoque de cadeia produtiva como estratégia para a produção sustentável de carne bovina. In: Medeiros, S.R. *A produção animal e a segurança alimentar*. Campo Grande:SBZ. 2004, 568p.

EUCLIDES, V.P.B. Produção animal em sistema intensivo combinado de pastagens Tanzânia e Braquiárias na região dos Cerrados. Campo Grande: EMBRAPA-CNPGC, 2001. 13 p.

EUCLIDES, V.P.B. Valor alimentício de espécies forrageiras do gênero *Panicum*. In: SIMPÓSIO SOBRE MANEJO DA PASTAGEM, 12., 1995, Piracicaba. Anais... Piracicaba: Fundação de Estudos Agrários Luiz de Queiroz, 1995. p.245-273.

FAGUNDES, J.L.; SILVA, S.C.; PEDREIRA, C.G.S. et al. Índice de área foliar, interceptação luminosa e acúmulo de forragem em pastagens de *Cynodon spp*. Sob

diferentes intensidades de pastejo. *Scientia Agricola*, v.56, n.4, p.1141-1150, 1999b.

FAGUNDES, J.L.; SILVA, S.C.; PEDREIRA, C.G.S. et al. Intensidades de pastejo e a composição morfológica de pastos de *Cynodon* spp. *Scientia Agricola*, v.56, n.4, 1999a.

FRASER, A. F. Comportamiento de los animales de granja. Zaragoza (España), Editorial Acribia, p. 291, 1980.

FONSECA, D.M. et al. Absorção, utilização e níveis críticos internos de fósforo e perfilhamento em *Andropogon gayanus* e *Panicum maximum*. *Rev. Soc. Bras. Zootec.*, Viçosa, v. 29, n. 6, p. 1918-1929, 2000.

FORESTI, E.; FLORÊNCIO, L.; VAN HAANDEL, A.; ZAIAT, M.; CAVALCANTI, P. F. F. Fundamentos do tratamento anaeróbio. In: CAMPOS, J. R. (Coord.). Tratamento de esgotos sanitários por processo anaeróbio e disposição controlada no solo. Rio de Janeiro: ABES, 1999. Cap. 2, p. 29-52.

FURTINI NETO, A. E.; VALE, F. R. do; RESENDE, A. V. De; GUILHERME, L. R. G.; GUEDES, G. A. Fertilidade do solo. Lavras: FAEPE, 2001. 252 p.

GORGATI, C. Q. Resíduos Sólidos Urbanos em Área de Proteção aos Mananciais – Município de São Lourenço da Serra – SP: Compostagem e Impacto Ambiental. 2001. 74f. Tese. (Doutorado em Energia na Agricultura) Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2001.

GÜNGÖR-DEMIRCI, G., DEMIRER, G., N. Effect of initial COD concentration, nutrient addition, temperature and microbial acclimation on anaerobic treat ability of broiler and cattle manure. *Bioresource Technology*, v. 93, p. 109-117, 2004.

HAYNES, R.J.; WILLIAMS, P.H. Nutrient cycling and fertility in the grazed pasture ecosystem. *Advances in Agronomy*, v.49, p.119-199, 1993.

HIRATA, M. et al. Return of dung to be hiagrass (*Paspalum notatum* Fliigge) pasture by dairy cattle. *Journal Japanese Grassland Society Science*, Nishinasuno, v. 35, n. 4, p.350-357, 1990.

HODGSON, J. *Grazing management. Science into practice*. Palmerston North: Longman, 1990. 203p.

HUMPHREYS, L.R. *Tropical pastures and fodder crops*. Londres: Longman. 1978. 135p.

IGUE, K. Dinâmica da matéria orgânica e seus efeitos nas propriedades do solo. In: ENCONTRO NACIONAL SOBRE A ADUBAÇÃO VERDE, 1983, Rio de Janeiro. Anais... Campinas: Fundação Cargill, 1984. p.232-67.

IMBEAH, M. Composting piggery waste:a review. *Bioresource Technology*, Essex, v. 63, n. 3, p. 197-203, 1998.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE Disponível em: <http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/calendario2009.shtm#pecuaria>. Acesso em: jun de 2009.

JANK, M. B. Potencial do gênero *Panicum*. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE FORRAGEIRAS E PASTAGENS. Campinas, 1994. Anais. Campinas: Comissão Brasileira de Nutrição Animal, 1994. p. 25-31.

KELLEHER, B P., LEAHY, J. J., HENIHAN, A. M, O'DWYER, T. F., SUTTON, D.,

LEAHY, M. J. Advances in poultry litter disposal technology – a review. *Bioresource Technology*, v. 83, p.27-36, 2002.

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.; Sistemas de produção. Embrapa milho e sorgo. Versão Eletrônica. ISSN 1679-012 – 2ª Edição. 2006

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

LAU, A. K. et al. Aeration experiments for swine waste composting. *Bioresource Technology*, Oxford, v. 41, n. 2, p. 145-152. 1992.

LANGER, R.H.M. Tillering. In: LANGER, R.H.M. (Ed.). How grasses grow. London: Edward Arnold, 1972. p. 19-25.

LANGER, R.H.M. How grasses grow. 2. ed. London: Edward Arnold, 1979.

LEAL, N.; MADRID de CAÑIZALES, C. M. Compostaje de residuos organicos

mezclados com roca fosforica. *Agronomia Tropical*, v.48, n.3, p. 335-357, 1998.

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

LUCAS JR., J. Algumas considerações sobre o uso do dejetos de suínos como substrato para três sistemas de biodigestores anaeróbios. 1994. 137f. Tese (Livre-Docência em Construções Rurais) - Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, 1994.

LUCAS JR, J.; ORTOLANI, A. F.; BENINCASA, M.; IMADA, R. Y. Avaliação do uso de inóculo no desempenho de biodigestores abastecidos com dejetos de frangos de corte com cama de maravalha. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, 22. 1993, Ilhéus. Anais... Ilhéus: SBEA/CEPLAC, 1993. v. 2, p. 915-30.

MACLUSCKY, D. S. Some estimates of the areas of pasture fouled by the excreta of dairy cows. *Journal British Grassland Society*, Oxford, v. 15, p. 181-188, 1960.

MAGALHÃES, M. A. Fluxo de Tecido e Produção de Capim Tanzânia irrigado sob diferentes densidades de plantas e doses de nitrogênio. 2007. 76f. Dissertação (Mestrado) -Universidade Federal de Viçosa, Minas Gerais, 2007.

MALAVOLTA, E. et al. Micronutrientes, uma visão geral. In: FERREIRA, M.E.; CRUZ, M. C. *Micronutrientes na Agricultura*. Piracicaba: POTAFOS / CNPq, 1989. p. 1-33.

MARTUSCELLO, J. A. et al. Características morfogênicas e estruturais do capim-xaraés submetido à adubação nitrogenada e desfolhação. *Revista Brasileira de Zootecnia*, Viçosa, v. 34, n. 5, p. 1475-1482, 2005

MARSH, R.; CAMPLING, R. C. Fouling of pasture by dung. *Herbage Abstracts*. Bucks, v. 40, n. 2, p.123-30, 1970.

MELLO, A.C.L.; PEDREIRA, C.G.S. Respostas morfológicas do capim-Tanzânia (*Panicum maximum* Jacq. cv. Tanzânia-1) irrigado à intensidade de desfolha sob lotação rotacionada. *R. Bras. Zootec.*, v.33, n.2, p.282-289, 2004.

MINAMI, K.; TANAKA, K. Atmospheric methane: sources, sinks and strategies for reducing agricultural emission. *Water Science Technology*, v. 36, n. 6-7, p. 509-516, 1997.

MIYASAKA, S.; CAMARGO, O.A.; CAVALERI, P.A. Adubação orgânica, adubação verde e rotação de culturas no Estado de São Paulo. Campinas, 1983. 138p.

MOLLER, H.B., SOMMER, S.G., AHRING, B.K. Methane productivity of manure, straw and solid fractions of manure. *Biomass Bioenergy*, v, 26, p. 485-495, 2004.

MORALES, M. M. Avaliação dos resíduos sólidos e líquidos num sistema de abate de bovinos. 2006. 73 f. Dissertação (Mestrado). Universidade Estadual Paulista – Faculdade de Ciências Agrônômicas, Botucatu. 2006.

MOSEY, F. E. Mathematical modeling of the anaerobic process: regulatory mechanisms for the formation of short-chain volatile acids from glucose. *Water Science Technology*, v. 15, p. 209-32, 1983.

NABINGER, C. Princípios da exploração intensiva de pastagens. In: SIMPÓSIO SOBRE MANEJO DA PASTAGEM, 13, 1996, Piracicaba. Anais... Piracicaba: FEALQ, 1997. p.15-95.

NAKAGAWA, J. Compostagem: obtenção e uso. In: ENCONTRO SOBRE MATÉRIA ORGÂNICA DO SOLO, PROBLEMAS E SOLUÇÕES, 1992, Botucatu. Anais... Botucatu: Editora, 1992. p.159-187.

NORMAN, J.M; JARVIS, P.G. Photosynthesis in Sitka Spruce (*Picea sitchensis* (Bong.) Carr.) III. Measurements of canopy structure and interception of radiation. *J. Applied Ecology*, v 12, p.839-878, 1974.

NOVAES, L. P. Confinamento de bovinos leiteiros. Piracicaba: FEALQ, 1985. 178p.

ORTOLANI, A. F et al. Bateria de mini-biodigestores: estudo, projeto, construção e desempenho. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, 15. 1986, São Paulo. Anais... Botucatu: FCA/UNESP, 1986. p. 229-239.

PAUL, E. A.; CLARK, F. E. Soil microbiology and biochemistry. San Diego: Academic Press, 1996. 340p.

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

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

PRAKAZAN, K. et al. Produção de biogás a partir de esterco bovino utilizando palha de milho e aguapé como aditivos. *Revista Agropecuária Técnica*. Vol. 2, nº 1. 1981.

RAIJ, B. V. Fertilidade do solo e adubação. Piracicaba: Ceres/ Potafos, 1991. 343 p.

RAMACHANDRA, T. V.; KAMAKSHI, G.; SHRUTHI, B. V. Bioresource status in

Karnataka. Renewable and Sustainable Energy Review's, v 8, p. 1-47, 2004.

SANTOS, N. L. Avaliação do Capim-Tanzânia manejado com diferentes IAF residuais sob lotação rotacionada por cabras Boer x Saanen 2009. 74f. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal SP, 2009.

SANTOS, T.M.B. dos. Balanço energético e adequação do uso de biodigestores em galpões de frangos de corte. Jaboticabal. Tese (Doutorado em Zootecnia/ Produção Animal). Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias - Universidade Estadual Paulista. 2001. 171p.

SARRUGE, J.R.; HAAG, H.P. Análises Químicas em plantas. Piracicaba: Escola Superior de Agricultura 'Luiz de Queiroz', 1974, 56p.

SAS. User's guide: statistics. 5th ed. Cary: SAS Institute, 1990. 956p.

SAVIDAN, Y. H.; JANK, L.; COSTA, J. C. G. Registro de 25 acessos selecionados de Panicum maximum. Campo Grande: Embrapa, CNPGC, 1990. 68p. (Embrapa. CNPGC. Documentos, 44).

SCOT CONSULTORIA. Disponível em: <<http://www.scotconsultoria.com.br>> Acesso em 10 mai. 2009.

SILVA, D.J; QUEIROZ, A. C. Análise de alimentos: métodos químicos e biológicos. Viçosa: Editora Universitária, 2002. 235p.

SOUZA, A.G.; SOARES FILHO, C.V.; MELLA, S.C. 1996. Espécies forrageiras recomendadas para o Paraná. In: MONTEIRO, A.L.G., MORAES, A., CORRÊA, E.A.S. et al. (Eds.). Forragicultura no Paraná. Londrina: CPAF, 1996, p.196-205.

SOUZA, M. R. F. et al. Produção de forragem do Capim-Tanzânia sob intervalos de corte e doses de potássio. Ciênc. agrotec., Lavras, v. 31, n. 5, p. 1532-1536, set./out., 2007

STEIL L. Avaliação do uso de inóculos na biodigestão anaeróbia de resíduos de aves de postura, frangos de corte e suínos. 2001. 108f. Dissertação (Mestrado em Biotecnologia), - Instituto de Química, Universidade Estadual Paulista, Araraquara, 2001.

STEVENSON, F. J. Humus chemistry. New York: John Wiley, 1982. 443 p.

TAKITANE, I. C. Produção de dejetos e caracterização de possibilidades de aproveitamento em sistemas de produção de suínos com alta tecnologia no Estado de São Paulo. 2001. 128 f. Tese (Doutorado em Energia na Agricultura) - Faculdade de Ciências Agronômicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2001.

TAMMINGA, S. Pollution due to nutrient losses and its control in European animal production. Livestock Production Science, v.84, p.101-111, 2003.

TOERIEN, D. F.; HATTINGH, W. H. J. Anaerobic digestion I. the microbiology of anaerobic digestion. Water Research, v. 3, p. 385-416, 1969.

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, n.7, p. 2008-2030, 1994.

VAN SOEST, P.J. Nutritional ecology of the ruminant. Corvallis: O & B Books Incorporated, 1982. 170 p.

WELLS, K.L. The agronomics of manure use for crop production. Cooperative Extension Service - University of Kentucky-College of Agriculture. Disponível em: < <http://www.ca.uky.edu/agc/pubs/agr/agr165/agr165.pdf> > Acesso em: 27 mai. 2002.

WERNER, J.C.; HAGG, H.P. Estudos sobre a nutrição animal de alguns capins tropicais. Bol. Ind. Anim., Nova Odessa, v. 1, n. 29, p. 191-245, 1972.

WILKINSON, S.R.; LOWREY, R.W. Cycling of mineral nutrients in pasture ecosystems. In: BUTLER, G.W.; BALLEY, R.W. (Eds.) Chemistry and biochemistry of herbage. New York: Academic Press, 1973. p.247-315.

ZANINE, A.M. Características morfogênicas e estruturais, acúmulo de forragem e valor nutricional do Capim-tanzânia submetido a intensidades e freqüências de pastejo. 2007. 134f. Tese (Doutorado em Zootecnia) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, 2007.

ZIMMER, A.H. Efeitos do nitrogênio e resíduos de pastejo, sobre a produção, estrutura e qualidade das cultivares Aruana e Vencedor (*Panicum maximum* Jacq.). 1999. Tese (Doutorado em Zootecnia)–Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, 1999.

APÊNDICES

APÊNDICE 1A.

Dados meteorológicos mensais do ano de 2009 em Jaboticabal

Mês	Pressão (hPa)	Tmax (°C)	Tmin (°C)	Tmed (°C)	UR (%)	Precipitação (mm)	ND	Insolação (h)
janeiro	942,0	29,7	19,8	23,8	80,4	238,0	18	180,2
fevereiro	941,9	31,2	20,6	24,7	80,9	190,6	16	204,3
março	941,7	31,0	20,2	24,4	80,4	217,9	16	191,3
abril	944,2	29,5	17,2	22,2	74,9	70,8	05	248,7
maio	945,2	28,4	15,5	20,7	75,9	26,6	04	259,1
junho	946,9	25,0	12,2	17,4	76,5	51,9	07	195,9
julho	946,3	27,6	14,4	19,8	74,6	25,5	05	222,8
agosto	946,1	28,0	14,6	20,3	66,3	133,1	06	223,9
setembro	944,5	29,7	17,8	22,9	74,0	132,4	11	201,3
outubro	942,0	30,8	18,1	23,6	72,8	101,9	9	223,8
novembro	940,8	32,1	21,0	25,5	74,8	163,3	15	202,4
dezembro	941,0	29,8	20,5	24,1	81,8	383,7	20	152,9
ano	943,5	29,4	17,6	22,4	76,1	1735,7	132	2506,6

Pressão: pressão atmosférica; Tmax: temperatura máxima; Tmin: temperatura mínima; Tmed: temperatura média; UR: umidade relativa do ar; ND: número de dias com chuva.

Dados disponíveis em:

http://www.exatas.fcav.unesp.br/estacao/est_tab_meteor_01_02.htm

APÊNDICE 2A.

Dados meteorológicos mensais do ano de 2010 em Jaboticabal

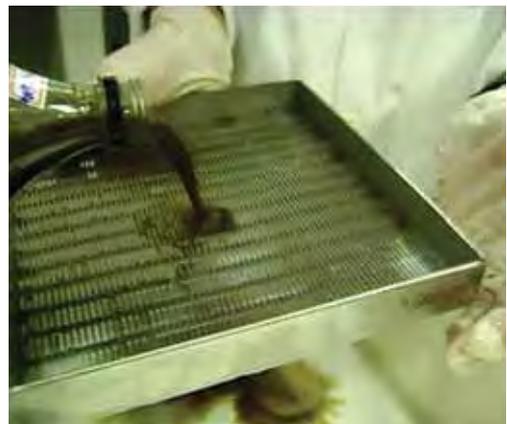
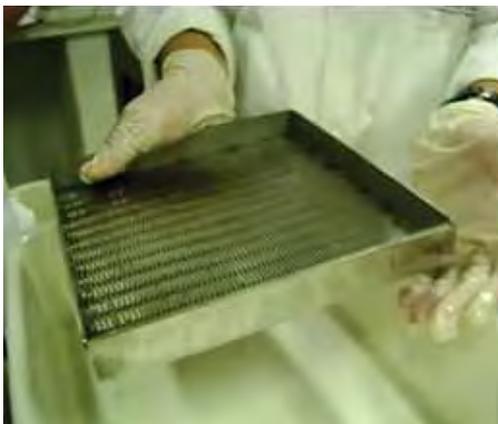
Mês	Pressão (hPa)	Tmax (°C)	Tmin (°C)	Tmed (°C)	UR (%)	Precipitação (mm)	ND	Insolação (h)
janeiro	942,7	30,4	20,8	24,4	82,2	240,7	20	154,8
fevereiro	942,6	32,2	20,4	25,3	76,6	150,7	14	215,7
março	941,8	31,4	20,0	24,6	77,6	183,0	13	225,4
abril	944,7	29,2	17,1	22,2	74,6	95,5	07	245,7
maio	944,9	27,1	14,1	19,5	72,5	10,6	04	239,9
junho	948,0	27,4	12,0	18,5	68,3	7,8	02	256,1
julho	947,8	29,2	13,9	20,4	63,8	0,0	0	278,9
agosto	947,4	30,7	12,9	20,8	52,2	0,0	0	301,0
setembro	944,6	31,3	17,1	23,2	59,5	141,9	8	216,3
outubro	942,4	30,6	16,9	23,0	67,5	69,4	12	205,2
novembro	940,2	31,0	18,7	24,1	70,3	100,1	13	238,4
dezembro	939,1	31,4	20,6	25,1	77,8	225,3	20	219,6
ano	943,8	30,1	17	22,6	70,2	1225	113	2797

Pressão: pressão atmosférica; Tmax: temperatura máxima; Tmin: temperatura mínima; Tmed: temperatura média; UR: umidade relativa do ar; ND: número de dias com chuva.

Dados disponíveis em:

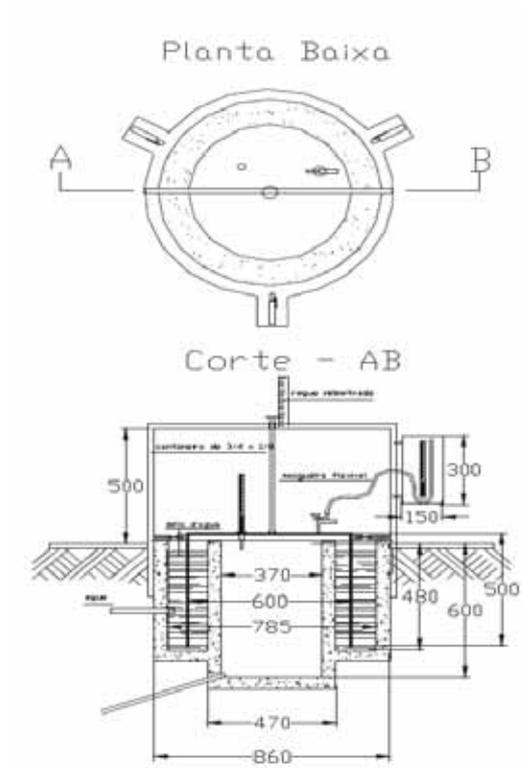
http://www.exatas.fcav.unesp.br/estacao/est_tab_meteor_01_02.htm

APÊNDICE 3A.



Processo físico de peneiramento para separação das frações sólida e líquida.

APÊNDICE 4A.

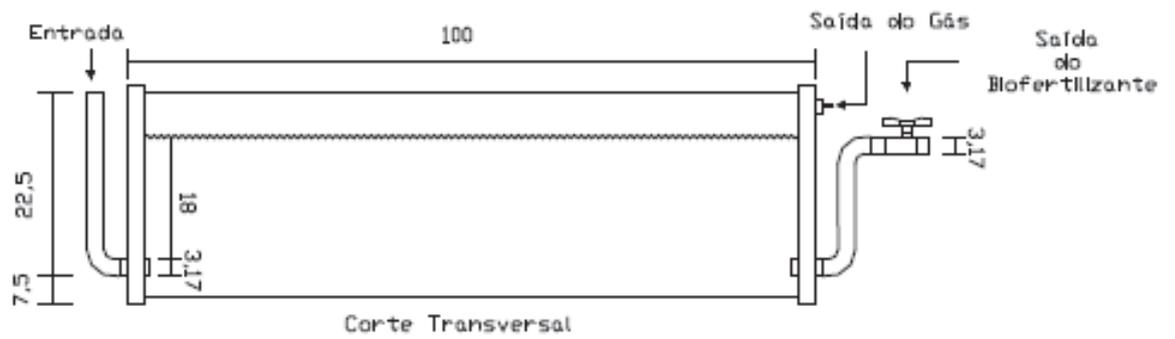


Esquema dos biodigestores batelada de campo, medidas em mm. (Fonte: ORTOLANI et al., 1986)

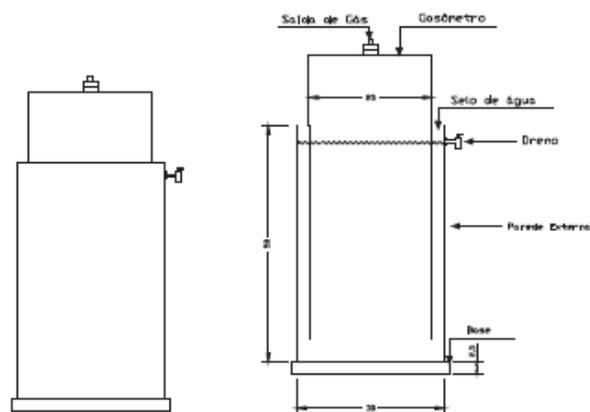


Biodigestores batelada utilizados no experimento

APÊNDICE 5A.



Corte transversal dos biodigestores tubulares utilizados no experimento (medidas em cm e desenho sem escala).

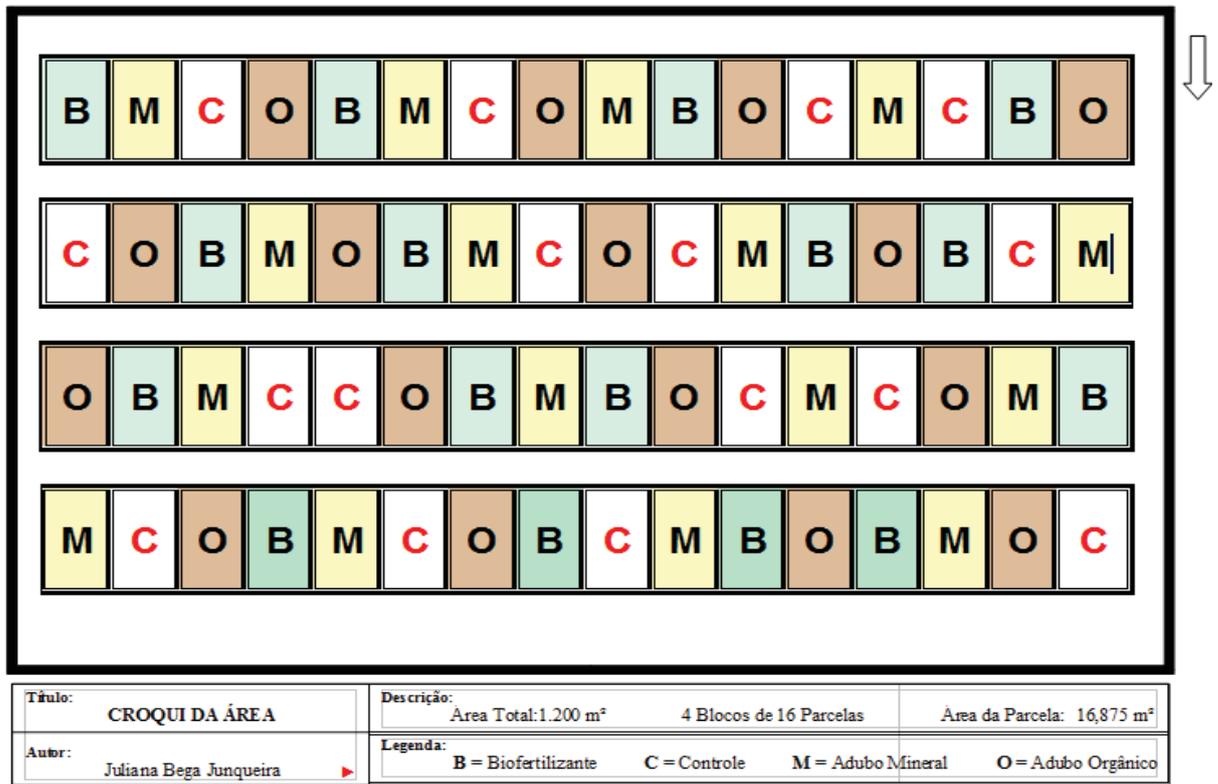


Esquema dos gasômetros utilizados no experimento (medidas em cm e desenho sem escala).



Biodigestores contínuos utilizados no experimento

APÊNDICE 6A.



Croqui da área: divisão dos blocos e distribuição dos tratamentos.



Detalhe da uniformização da área para início do experimento e disposição dos blocos e parcelas.