

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA - UNESP
CÂMPUS DE JABOTICABAL

**PRODUÇÃO E QUALIDADE DO BIOGÁS GERADO COM OS
DEJETOS DE DIFERENTES ESPÉCIES ANIMAIS**

Joseli Alves Ferreira Zanato
Zootecnista

2014

**UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA - UNESP
CÂMPUS DE JABOTICABAL**

**PRODUÇÃO E QUALIDADE DO BIOGÁS GERADO COM OS
DEJETOS DE DIFERENTES ESPÉCIES ANIMAIS**

Joseli Alves Ferreira Zanato

Orientador: Prof. Dr. Jorge de Lucas Júnior

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

2014

Zanato, Joseli Alves Ferreira
Z27p Produção e qualidade do biogás gerado com os dejetos de
diferentes espécies animais / Joseli Alves Ferreira Zanato. – –
Jaboticabal, 2014
ix, 112 p. ; 28 cm

Tese (doutorado) - Universidade Estadual Paulista, Faculdade de
Ciências Agrárias e Veterinárias, 2014
Orientador: Jorge de Lucas Junior
Banca examinadora: Mônica Sarolli Silva de Mendonça Costa,
Ana Carolina Amorim Orrico, Luiz Augusto do Amaral, Gener Tadeu
Pereira
Bibliografia

1. Separação de sólidos. 2. Biodigestão anaeróbia. 3.
Monogástricos. 4. Ruminantes. I. Título. II. Jaboticabal-Faculdade de
Ciências Agrárias e Veterinárias.

CDU 631.862:636.2

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



UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA

CAMPUS DE JABOTICABAL

FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS E VETERINÁRIAS DE JABOTICABAL

CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

TÍTULO: PRODUÇÃO E QUALIDADE DO BIOGÁS GERADO COM OS DEJETOS DE DIFERENTES ESPÉCIES ANIMAIS

AUTORA: JOSELI ALVES FERREIRA ZANATO

ORIENTADOR: Prof. Dr. JORGE DE LUCAS JUNIOR

Aprovada como parte das exigências para obtenção do Título de DOUTOR EM ZOOTECNIA , pela Comissão Examinadora:


Prof. Dr. JORGE DE LUCAS JUNIOR

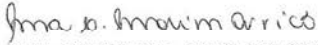
Departamento de Engenharia Rural / Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias de Jaboticabal


Prof. Dr. GENE TADEU PEREIRA

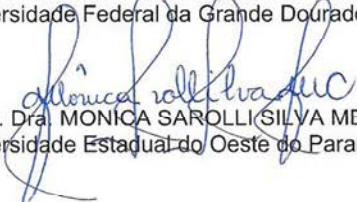
Departamento de Ciências Exatas / Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias de Jaboticabal


Prof. Dr. LUIZ AUGUSTO DO AMARAL

Departamento de Medicina Veterinária Preventiva e Reprodução Animal / Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias de Jaboticabal


Prof. Dr. ANA CAROLINA AMORIM ORRICO

Universidade Federal da Grande Dourados / Dourados/MS


Profa. Dra. MONICA SAROLLI SILVA MENDONÇA COSTA

Universidade Estadual do Oeste do Paraná / Cascavel/PR

Data da realização: 24 de janeiro de 2014.

DADOS CURRICULARES DA AUTORA

JOSELI ALVES FERREIRA ZANATO – nascida em 6 de maio de 1983, na cidade de Ribeirão Preto - SP, filha de Osvaldo Luiz Zanato e Antônia Alves Ferreira Zanato. É zootecnista formada na Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias – UNESP, Campus de Jaboticabal, em 31 de julho de 2006. Em agosto de 2006, ingressou no Programa de Pós-Graduação em Zootecnia, na mesma universidade, obtendo o título de mestre em 06 de outubro de 2008. Em março de 2010, iniciou o curso de Doutorado pelo Programa de Pós-Graduação em Zootecnia pela Universidade Estadual Paulista – Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Campus de Jaboticabal.

Dedico

Aos meus pais Antônia Alves Ferreira Zanato e Osvaldo Luiz Zanato por todo apoio, carinho e amor de sempre.

Ao meu querido namorado Fabricio Hirota Hada por todo amor, carinho e companheirismo desses anos juntos.

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus por seu amor incondicional e tornar possível todas as coisas.

Ao Prof. Dr. Jorge de Lucas Junior, pela orientação, ensinamentos, momentos de descontração e pelo exemplo de pessoa e profissional que é.

Aos membros da banca do exame de qualificação, Prof. Dr. Adhemar Pitelli Milani, Prof. Dr. Luiz Augusto do Amaral, Prof. Dr. Gener Tadeu Pereira e Prof. Dr. Danísio Prado Munari, pelas valiosas contribuições.

Aos membros da banca de defesa, Profa. Dra. Mônica Sarolli Silva de Mendonça Costa, Profa. Dra. Ana Carolina Amorim Orrico, Prof. Dr. Luiz Augusto do Amaral e Prof. Dr. Gener Tadeu Pereira, pelas valiosas sugestões.

À Coodenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior, CAPES, pela concessão da bolsa de estudo.

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

Ao Prof. Dr. Gener Tadeu Pereira e Fabricio Hirota Hada pela ajuda nas análises estatísticas.

Aos colegas e funcionários do Laboratório e do Departamento pela convivência e pelos momentos de alegria.

Ao Fabricio pela ajuda na condução do experimento, sem a qual não seria possível a realização do mesmo.

Aos colegas, funcionários e estagiários que colaboraram em várias etapas do experimento, em especial Alex, Fabricio, Fabrício, Juliana, Luizinho, Tiãozinho, Maranhão, Aline, Juliano e Guilherme.

Às equipes dos Setores de Avicultura, Bovinocultura de Leite, Bovinocultura de Corte, Caprinocultura, Ovinocultura e Suinocultura por facilitar o acesso a tudo que precisei durante o experimento.

À equipe do Setor de Vigilância por proporcionar um ambiente mais seguro especialmente aos fins de semana e horário noturno.

Aos meus pais por todo apoio durante estes anos e, Maria e Takeshi pela simpatia de sempre.

À Laura, minha colega de apartamento, por todos os momentos divertidos e pela convivência.

Aos gatinhos Mimi e Flan que vivem próximo ao laboratório, pela diversão e carinho.

SUMÁRIO

	Página
RESUMO	iv
ABSTRACT	v
LISTA DE TABELAS	vi
CAPÍTULO 1 – CONSIDERAÇÕES GERAIS	1
1.1. Introdução.....	1
1.2. Revisão de Literatura.....	2
1.2.1. Poluição por dejetos e sustentabilidade.....	2
1.2.2. Biodigestão anaeróbia.....	3
1.2.2.1. Uso, definição e processo da biodigestão anaeróbia.....	3
1.2.2.2. Fatores que afetam a biodigestão anaeróbia.....	5
1.2.2.3. Biodigestores.....	7
1.2.2.4. Biogás.....	8
1.2.2.5. Bioertilizante.....	9
1.2.3. Separação de frações e diluições.....	9
1.2.4. Dejetos de origem animal.....	10
1.2.4.1. Suínos.....	11
1.2.4.2. Aves de postura.....	13
1.2.4.3. Ovinos.....	14
1.2.4.4. Caprinos.....	14
1.2.4.5. Bovinos de corte.....	15
1.2.4.6. Bovinos de leite.....	16
1.3. Referências.....	16
CAPÍTULO 2 – DIFERENTES DILUIÇÕES E SEPARAÇÃO DE SÓLIDOS DE DEJETOS DA PRODUÇÃO ANIMAL PARA UTILIZAÇÃO EM SISTEMAS DE TRATAMENTO POR MEIO DA BIODIGESTÃO ANAERÓBIA	23
Resumo.....	23
Abstract.....	24
1. Introdução.....	25
2. Material e métodos.....	26

2.1. Descrição do local.....	26
2.2. Colheita do dejetos.....	26
2.3. Caracterização do dejetos.....	27
2.4. Dieta dos animais.....	27
2.5. Teste de diluições.....	28
2.6. Metodologias usadas.....	29
3. Resultados e discussão.....	29
4. Conclusão.....	45
5. Referências.....	45
CAPÍTULO 3 – PRODUÇÃO DE BIOGÁS EM BIODIGESTORES DO TIPO BATELADA COM E SEM SEPARAÇÃO DE SÓLIDOS.....	48
Resumo.....	48
Abstract.....	49
1. Introdução.....	50
2. Material e Métodos.....	51
2.1. Descrição do local.....	51
2.2. Colheita do dejetos.....	51
2.3. Caracterização do dejetos.....	51
2.4. Dieta dos animais.....	52
2.5. Biodigestão anaeróbia.....	53
2.6. Metodologias usadas.....	54
2.6.1. Quantificação dos teores de sólidos totais, voláteis e nutrientes.....	54
2.6.2. Produção de biogás.....	54
2.6.3. Análise da composição do biogás produzido.....	55
3. Resultados e discussão.....	56
4. Conclusão.....	80
5. Referências.....	80
CAPÍTULO 4 – PRODUÇÃO DE BIOGÁS EM BIODIGESTORES DO TIPO CONTÍNUO COM E SEM SEPARAÇÃO DE SÓLIDOS.....	84
Resumo.....	84
Abstract.....	84
1. Introdução.....	86

2. Material e Métodos.....	87
2.1. Descrição do local.....	87
2.2. Colheita do dejetos.....	87
2.3. Caracterização do dejetos.....	88
2.4. Dieta dos animais.....	88
2.5. Biodigestão anaeróbia.....	89
2.6. Metodologias usadas.....	90
2.6.1. Quantificação dos teores de sólidos totais, voláteis e nutrientes.....	90
2.6.2. Produção de biogás.....	91
2.6.3. Análise da composição do biogás produzido.....	92
3. Resultados e discussão.....	92
4. Conclusão.....	100
5. Referências.....	101
CAPÍTULO 5 – CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	104
APÊNDICE.....	106

PRODUÇÃO E QUALIDADE DO BIOGÁS GERADO COM OS DEJETOS DE DIFERENTES ESPÉCIES ANIMAIS

RESUMO – Objetivou-se avaliar a melhor diluição para dejetos de suínos, aves de postura, ovinos, caprinos, bovinos de corte e bovinos de leite para o abastecimento de biodigestores, bem como a influência da separação de sólidos desses mesmos dejetos na produção e qualidade do biogás, no potencial de produção de biogás e redução de sólidos. Para o teste de diluições os dejetos foram diluídos em água nas proporções: 1:4, 1:5, 1:6, 1:7 e 1:8 (kg de dejetos por kg de água) e adotado o processo físico de peneiramento (peneiras com malhas quadradas de 0,75, 1,00 e 1,50 mm) para separação dos sólidos. Para o ensaio de biodigestão anaeróbia (biodigestores tipo batelada e semi-contínuos) a separação dos sólidos foi feita com peneira de malha de 1mm e substratos com cerca de 4% de sólidos totais. Teste de diluição: embora os resultados tenham variado entre os tipos de dejetos, de modo geral a peneira de malha 1,50 mm permitiu a maior passagem de sólidos. Mas em relação a diluição cada tipo de dejetos apresentou uma resposta. Ensaio de biodigestão anaeróbia (biodigestores tipo batelada): embora para cada dejetos o processo de biodigestão anaeróbia tenha tido uma resposta diferente, de modo geral a separação de sólidos proporcionou melhor qualidade de biogás, porém não foi eficiente para aumentar o potencial de produção de biogás e reduzir sólidos do substrato. Ensaio de biodigestão anaeróbia (biodigestores do tipo semi-contínuo): para os dejetos utilizados (aves de postura e bovinos de leite) a separação de sólidos proporcionou melhor qualidade de biogás, menor produção de biogás, maior redução de sólidos e, para os potenciais de produção de biogás os resultados foram quase sempre positivos. Conclui-se que para o teste de diluição e peneiras os resultados não permitiram uma conclusão geral para todos os dejetos avaliados, pois cada um apresentou características individuais e, para a separação de sólidos é um método eficiente para aumentar a qualidade do biogás produzido, mas em relação ao potencial de produção de biogás e redução de sólidos do substrato produz resultados variáveis em função do tipo de dejetos e tipo de biodigestor, podendo ser favorável ou não.

Palavras-chave: biodigestão anaeróbia, monogástricos, ruminantes, separação de sólidos

BIOGAS PRODUCTION AND QUALITY OF LIVESTOCK MANURE GENERATED WITH DIFFERENT ANIMAL SPECIES

ABSTRACT – This trial aimed to evaluate the best dilution for pig, laying hens, sheep, goats, beef cattle and dairy cattle manure to supply digesters, as well as the influence of the solids separation in those same wastes on the production and quality of biogas, on the potential of biogas production and solids reduction. For the dilution test the wastes were diluted with water in the proportions 1:4, 1:5, 1:6, 1:7 and 1:8 (kg of manure per kg of water) and adopted the physical process of screening (sieve with square meshes of 0.75, 1.00 and 1.50 mm) for separation of solids. When tested for anaerobic digestion (batch and semi-continuous digesters) separation of solids was made with 1 mm mesh sieve and substrates of about 4% total solids. Dilution test: although the results varied among the types of manure, generally a 1.50 mm mesh sieve allowed greater flow of solids. But in relation to the dilution used each type of waste had a different response. Testing of anaerobic digestion (batch digesters): although for each manure the process of anaerobic digestion has had a different result, generally solids separation provided better biogas quality, but it was not efficient to increase the potential of biogas production and reduce solids of substrate. Testing of anaerobic digestion (semi-continuous digesters): for the wastes (laying hens and dairy cattle) used the solids separation provided better quality of biogas, lower biogas production, greater reduction of solids and in regards to the potential of biogas production the results were almost always positive. It was concluded that for dilution and sieves test results did not allow a general conclusion for all waste reviews, because each one had individual characteristics and, the separation of solids is an efficient method to enhance the quality of the biogas produced, but in relation to the potential of biogas production and solids reduction of the substrate it produces variable results depending on the type of waste and digester which could be favorable or not.

Keywords: anaerobic digestion, non-ruminants, ruminants, solids separation

LISTA DE TABELAS

	Páginas
CAPÍTULO 2	
Tabela 1. Características de cada tipo de dejetos no momento da colheita.....	26
Tabela 2. Composição dos dejetos.....	27
Tabela 3. Dieta dos animais.....	28
Tabela 4. Análise de variância para o dejetos de suínos.....	30
Tabela 5. Pesos médios dos sólidos totais e voláteis na fração líquida do dejetos de suínos nas diluições 1:4, 1:5, 1:6, 1:7 e 1:8 e peneiras de malha 0,75; 1,0 e 1,5 mm.....	32
Tabela 6. Análise de variância para o dejetos de aves de postura.....	32
Tabela 7. Pesos médios dos sólidos totais e voláteis na fração líquida do dejetos de aves de postura nas diluições 1:4, 1:5, 1:6, 1:7 e 1:8 e peneiras de malha 0,75; 1,0 e 1,5 mm.....	34
Tabela 8. Análise de variância para o dejetos de ovinos.....	35
Tabela 9. Pesos médios dos sólidos totais e voláteis na fração líquida do dejetos de ovinos nas diluições 1:4, 1:5, 1:6, 1:7 e 1:8 e peneiras de malha 0,75; 1,0 e 1,5 mm.....	37
Tabela 10. Análise de variância para o dejetos de caprinos.....	37
Tabela 11. Pesos médios dos sólidos totais e voláteis na fração líquida do dejetos de caprinos nas diluições 1:4, 1:5, 1:6, 1:7 e 1:8 e peneiras de malha 0,75; 1,0 e 1,5 mm.....	39
Tabela 12. Análise de variância para o dejetos de bovinos de corte.....	40
Tabela 13. Pesos médios dos sólidos totais e voláteis na fração líquida do dejetos de bovinos de corte nas diluições 1:4, 1:5, 1:6, 1:7 e 1:8 e peneiras de malha 0,75; 1,0 e 1,5 mm.....	42
Tabela 14. Análise de variância para o dejetos de bovinos de leite.....	42
Tabela 15. Pesos médios dos sólidos totais e voláteis na fração líquida do dejetos de bovinos de leite nas diluições 1:4, 1:5, 1:6, 1:7 e 1:8 e peneiras de malha 0,75; 1,0 e 1,5 mm.....	45
CAPÍTULO 3	

Tabela 1. Características de cada tipo de dejetos no momento da colheita.....	51
Tabela 2. Composição dos dejetos.....	52
Tabela 3. Dietas dos animais.....	52
Tabela 4. Valores médios de CH ₄ (%), CO ₂ (%) e volume biogás (m ³) para o dejetos de suínos com e sem separação de sólidos em biodigestores do tipo batelada.....	57
Tabela 5. Valores médios dos potenciais de produção de biogás por kg de sólidos totais (ST) adicionados, sólidos voláteis (SV) adicionados, sólidos voláteis reduzidos e dejetos, para o dejetos de suínos com e sem separação de sólidos em biodigestores do tipo batelada.....	58
Tabela 6. Valores médios de redução de sólidos totais e sólidos voláteis para o dejetos de suínos com e sem separação de sólidos em biodigestores do tipo batelada.....	59
Tabela 7. Valores médios de CH ₄ (%), CO ₂ (%) e volume biogás (m ³) para o dejetos de aves de postura com e sem separação de sólidos em biodigestores do tipo batelada.....	61
Tabela 8. Valores médios dos potenciais de produção de biogás por kg de sólidos totais (ST) adicionados, sólidos voláteis (SV) adicionados, sólidos voláteis reduzidos e dejetos, para o dejetos de aves de postura com e sem separação de sólidos em biodigestores do tipo batelada.....	62
Tabela 9. Valores médios de redução de sólidos totais e sólidos voláteis para o dejetos de aves de postura com e sem separação de sólidos em biodigestores do tipo batelada.....	63
Tabela 10. Valores médios de CH ₄ (%), CO ₂ (%) e volume biogás (m ³) para o dejetos de ovinos com e sem separação de sólidos em biodigestores do tipo batelada.....	65
Tabela 11. Valores médios dos potenciais de produção e biogás por kg de sólidos totais (ST) adicionados, sólidos voláteis (SV) adicionados, sólidos voláteis reduzidos e dejetos, para o dejetos de ovinos com e sem separação de sólidos em biodigestores do tipo batelada.....	66
Tabela 12. Valores médios de redução de sólidos totais e sólidos voláteis para	

o dejetto de ovinos com e sem separação de sólidos em biodigestores do tipo batelada.....	67
Tabela 13. Valores médios de CH ₄ (%), CO ₂ (%) e volume biogás (m ³) para o dejetto de caprinos com e sem separação de sólidos em biodigestores do tipo batelada.....	69
Tabela 14. Valores médios dos potenciais de produção e biogás por kg de sólidos totais (ST) adicionados, sólidos voláteis (SV) adicionados, sólidos voláteis reduzidos e dejetto, para o dejetto de caprinos com e sem separação de sólidos em biodigestores do tipo batelada.....	70
Tabela 15. Valores médios de redução de sólidos totais e sólidos voláteis para o dejetto de caprinos com e sem separação de sólidos em biodigestores do tipo batelada.....	71
Tabela 16. Valores médios de CH ₄ (%), CO ₂ (%) e volume biogás (m ³) para o dejetto de bovinos de corte com e sem separação de sólidos em biodigestores do tipo batelada.....	73
Tabela 17. Valores médios dos potenciais de produção e biogás por kg de sólidos totais (ST) adicionados, sólidos voláteis (SV) adicionados, sólidos voláteis reduzidos e dejetto, para o dejetto de bovinos de corte com e sem separação de sólidos em biodigestores do tipo batelada.....	74
Tabela 18. Valores médios de redução de sólidos totais e sólidos voláteis para o dejetto de bovinos de corte com e sem separação de sólidos em biodigestores do tipo batelada.....	75
Tabela 19. Valores médios de CH ₄ (%), CO ₂ (%) e volume biogás (m ³) para o dejetto de bovinos de leite com e sem separação de sólidos em biodigestores do tipo batelada.....	77
Tabela 20. Valores médios dos potenciais de produção e biogás por kg de sólidos totais (ST) adicionados, sólidos voláteis (SV) adicionados, sólidos voláteis reduzidos e dejetto, para o dejetto de bovinos de leite com e sem separação de sólidos em biodigestores do tipo batelada.....	78
Tabela 21. Valores médios de redução de sólidos totais e sólidos voláteis para o dejetto de bovinos de leite com e sem separação de sólidos em biodigestores do tipo batelada.....	79

CAPÍTULO 4

Tabela 1. Características de cada tipo de dejetos no momento da colheita.....	87
Tabela 2. Composição dos dejetos.....	88
Tabela 3. Dieta dos animais.....	89
Tabela 4. Valores médios de CH ₄ (%), CO ₂ (%) e volume biogás (m ³) para o dejetos de aves de postura com e sem separação de sólidos em biodigestores do tipo semi-contínuo.....	93
Tabela 5. Valores médios dos potenciais de produção de biogás por kg de sólidos totais (ST) adicionados, sólidos voláteis (SV) adicionados, sólidos voláteis reduzidos e dejetos, para o dejetos de aves de postura com e sem separação de sólidos em biodigestores do tipo semi-contínuo.....	94
Tabela 6. Valores médios de redução de sólidos totais e sólidos voláteis para o dejetos de aves de postura com e sem separação de sólidos em biodigestores do tipo semi-contínuo.....	95
Tabela 7. Valores médios de CH ₄ (%), CO ₂ (%) e volume biogás (m ³) para o dejetos de bovinos de leite com e sem separação de sólidos em biodigestores do tipo semi-contínuo.....	97
Tabela 8. Valores médios dos potenciais de produção de biogás por kg de sólidos totais (ST) adicionados, sólidos voláteis (SV) adicionados, sólidos voláteis reduzidos e dejetos, para o dejetos de bovinos de leite com e sem separação de sólidos em biodigestores do tipo semi-contínuo.....	98
Tabela 9. Valores médios de redução de sólidos totais e sólidos voláteis para o dejetos de bovinos de leite com e sem separação de sólidos em biodigestores do tipo semi-contínuo.....	98

APÊNDICE

Tabela 1. Teores de sólidos totais (%), de sólidos voláteis (%) e pH dos substratos antes e depois do processo de biodigestão anaeróbia.....	109
---	-----

CAPÍTULO 1 – Considerações gerais

1.1. Introdução

A produção animal a cada dia mais se desenvolve e novas tecnologias vão sendo adotadas pelos produtores. Por um lado existe o aumento da produção, da qualidade e rentabilidade da atividade, por outro também o aumento dos resíduos gerados por ela. No entanto qualquer atividade para ser sustentável precisa manejar adequadamente estes resíduos.

Inúmeras são as alternativas para dar um destino adequado aos resíduos e, dentre estas, aquelas que, além de proporcionar o tratamento do resíduo geram algum tipo de benefício ao produtor são especialmente bem vindas. Este é o caso do uso da biodigestão anaeróbia, onde o produtor rural consegue vários benefícios entre eles o tratamento do resíduo, a geração de biogás e de biofertilizante, ou seja, há uma agregação de valor.

Apesar do uso de biodigestores ser um processo simples, várias técnicas são utilizadas para melhorar o processo da biodigestão anaeróbia e, dentre elas está a separação de frações. Por meio da separação de frações busca-se eficiência no processo da biodigestão e aumento da qualidade do biogás e biofertilizante gerados.

O trabalho teve como objetivo avaliar a melhor diluição para dejetos de suínos, aves de postura, ovinos, caprinos, bovinos de corte e bovinos de leite para o abastecimento de biodigestores, bem como a influência da separação de sólidos desses mesmos dejetos na produção, potencial de produção, qualidade do biogás e redução de sólidos. Desta forma, constituem-se em objetivos específicos:

- Avaliar diferentes proporções de diluição (1:4, 1:5, 1:6, 1:7 e 1:8 kg de dejetos para kg de água) em diferentes tamanhos de abertura de malha de peneira (0,75mm, 1,00mm e 1,50mm) para separação dos sólidos dos dejetos de suínos, aves de postura, ovinos, caprinos, bovinos de corte e bovinos de leite por meio das concentrações de sólidos totais e voláteis da fração líquida, de modo a indicar a melhor proporção de diluição e malha de peneira para utilização em sistemas de separação de sólidos e no processo de biodigestão anaeróbia;

- Avaliar o processo de biodigestão anaeróbia dos dejetos de suínos, aves de postura, ovinos, caprinos, bovinos de corte e bovinos de leite com e sem separação de sólidos, mensurando a eficiência do método de separação na produção e qualidade do biogás, bem como no potencial de produção de biogás e redução de sólidos.

1.2. Revisão de Literatura

1.2.1. Poluição por dejetos e sustentabilidade

O grande crescimento da população mundial gerou fortes pressões sobre os setores industrial e agropecuário, forçando-os a produzirem cada vez mais para atender à crescente demanda, sem que houvesse, no entanto, maiores cuidados com o ambiente, causando sérias consequências em todo o mundo, como a desertificação de vastas regiões, a morte de importantes rios e a contaminação de lençóis subterrâneos (KUNZ; HIGARASHI; OLIVEIRA, 2005).

Com o intensivo sistema de produção os animais que são criados confinados produzem grande quantidade de dejetos, gerando problemas para o seu tratamento e causando poluição ambiental (SANTOS; MORAIS, 2009).

A poluição provocada pelo manejo inadequado dos dejetos de origem animal cresce em importância a cada dia, quer seja por maior consciência ambiental dos produtores, quer seja pelo aumento das exigências dos órgãos fiscalizadores e da sociedade em geral, provocando grande demanda junto aos técnicos no sentido de viabilizar soluções tecnológicas adequadas ao manejo e disposição desses dejetos (DIESEL; MIRANDA; PERDOMO, 2002). Segundo os mesmos autores, a poluição causada por esse tipo de dejetos é um problema que vem se agravando, pois provoca um alto nível de contaminação dos rios e lençóis de água que abastecem tanto o meio rural quanto o urbano, além disso, há o problema do odor desagradável, devido à evaporação dos compostos voláteis, que causam prejuízos ao bem estar humano e animal, sendo assim, o manejo dos dejetos é parte integrante de qualquer sistema produtivo de criação de animais e deve estar incluído no planejamento da construção ou modificação das instalações.

No meio rural, os sistemas biointegrados, especificamente com aproveitamento de biomassa para fins energéticos, podem ser um meio facilitador para atingir a sustentabilidade da produção em função da disponibilidade de biomassa nas propriedades agrícolas, por apresentar baixo custo de oportunidade dos resíduos da produção, grande potencial de geração de energia, diminuição no potencial poluidor dos resíduos, redução da pressão sobre os recursos naturais e economia de recursos energéticos (ANGONESE *et al.*, 2006).

1.2.2. Biodigestão anaeróbia

1.2.2.1. Uso, definição e processo da biodigestão anaeróbia

O objetivo da biodigestão anaeróbia é basicamente a redução ao mínimo do poder poluente e dos riscos sanitários dos dejetos. O tratamento de resíduos de origem animal por meio da biodigestão anaeróbia pode ser considerado economicamente interessante para os produtores, tendo em vista a produção do biogás, que pode ser aproveitado na própria atividade agrícola em substituição a outras fontes energéticas, diminuindo os custos de produção e, do biofertilizante que não tem odor desagradável, não atrai moscas e pode ser aplicado em várias culturas (STEIL, 2001; MASSOTI, 2013).

A biodigestão anaeróbia é um processo bioquímico conhecido desde o final do século XIX, o mesmo se desenvolve em diferentes estádios de interações entre microrganismos e substratos e, é capaz de estabilizar diferentes tipos de matéria orgânica em ambiente livre de oxigênio molecular (LUCAS JR.; SANTOS, 2000; SILVA, 2007). O processo consiste na transformação de compostos orgânicos complexos em substâncias mais simples, como metano e dióxido de carbono, pela ação combinada de diferentes microrganismos que atuam em meio anaeróbio (DIESEL; MIRANDA; PERDOMO, 2002).

Os microrganismos participantes do processo de biodigestão anaeróbia podem ser divididos, segundo Chernicharo (1997), em três grupos com comportamentos fisiológicos distintos. Bactérias fermentativas: transformam, por meio de hidrólise, polímeros em monômeros, e estes, em acetato, hidrogênio,

dióxido de carbono, ácidos orgânicos de cadeia curta, aminoácidos e outros produtos, como por exemplo, glicose. Bactérias acetogênicas: convertem os produtos gerados pelas bactérias fermentativas em acetato, hidrogênio e dióxido de carbono. Arqueas metanogênicas: utilizam como substrato os produtos finais do segundo grupo de duas formas, usando o acetato e transformando-o em metano e dióxido de carbono ou, produzindo metano por meio da redução do dióxido de carbono.

A biodigestão anaeróbia se dá em quatro fases: hidrólise, acidogênese, acetogênese e metanogênese, conforme descrito por Chernicharo (1997), e podem ser visualizadas na Figura 1.

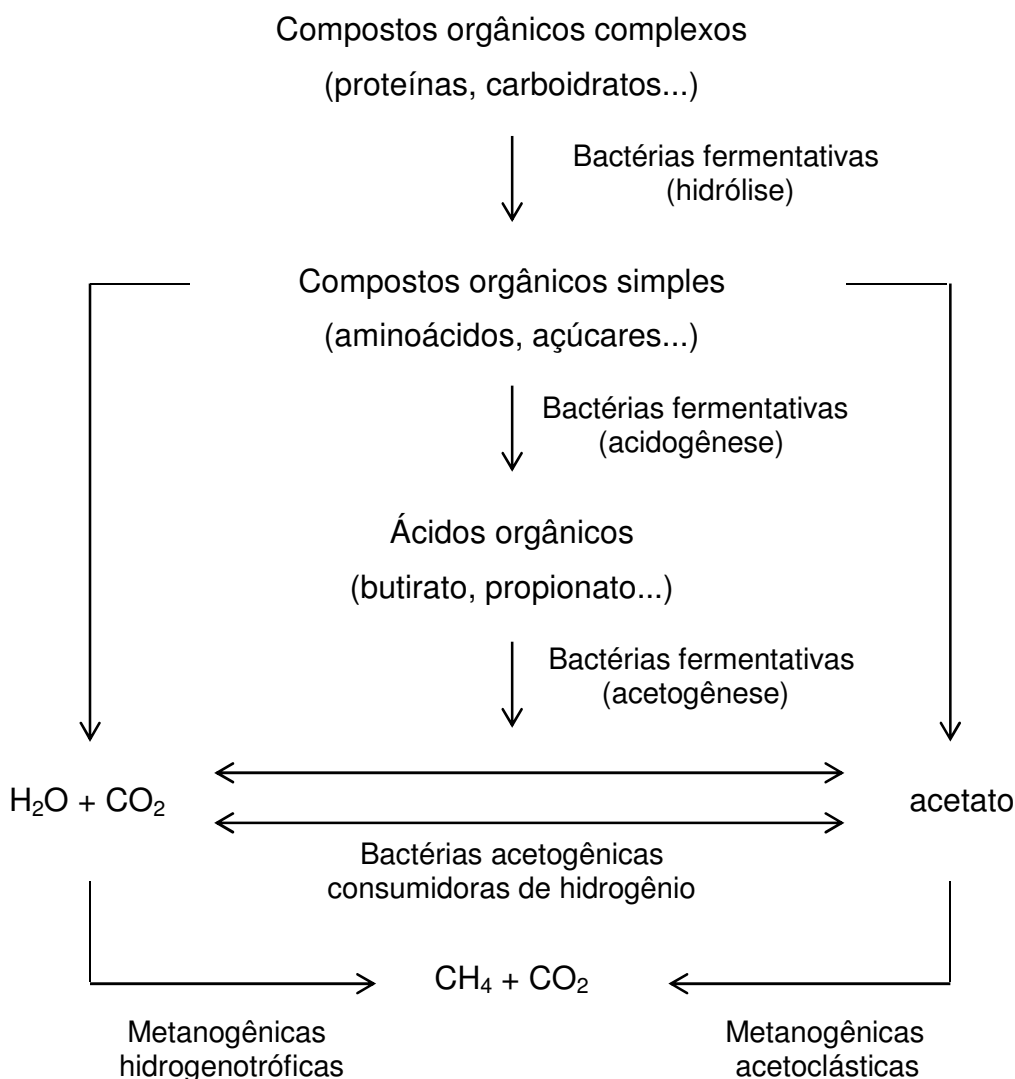


Figura 1. Biodigestão anaeróbia (Chernicharo, 1997, adaptado).

Na fase de hidrólise acontece a conversão de materiais particulados em materiais dissolvidos mais simples pela ação de exoenzimas excretadas pelas bactérias fermentativas hidrolíticas. A fase seguinte é a acidogênese, onde os produtos da hidrólise são metabolizados no interior das células das bactérias fermentativas, sendo convertidas em compostos mais simples, como ácidos graxos voláteis, álcoois, ácido lático, gás carbônico, hidrogênio, amônia e sulfeto de hidrogênio. Como os ácidos graxos voláteis são os principais produtos dos microrganismos fermentativos, estes são chamados bactérias fermentativas acidogênicas. A maioria das bactérias acidogênicas é anaeróbia estrita, mas cerca de 1% consiste de bactérias facultativas, que produzem substrato para os microrganismos anaeróbios, e eliminam quaisquer traços de oxigênio dissolvido que ainda permaneça no material orgânico.

Na próxima fase, que é a acetogênese, as bactérias acetogênicas pela oxidação dos produtos gerados na fase acidogênica produzem o substrato (hidrogênio, o dióxido de carbono e acetato) para as arqueas metanogênicas. São estes os microrganismos responsáveis pela metanogênese. Esta fase é a etapa final do processo de biodigestão anaeróbia e, tem como produto final metano e dióxido de carbono. As arqueas metanogênicas utilizam apenas um limitado número de substratos e por isso são divididas em dois grupos principais: um que forma metano a partir de ácido acético ou metanol (metanogênicas acetoclásticas, responsáveis por 60-70% de toda a produção de metano a partir do grupo metil do ácido acético), e o segundo que produz metano a partir do hidrogênio e dióxido de carbono (metanogênicas hidrogenotróficas). Esses dois grupos de microrganismos são responsáveis pelo consumo de hidrogênio das fases anteriores.

1.2.2.2. Fatores que afetam a biodigestão anaeróbia

A biodigestão anaeróbia, como em qualquer processo biológico, é influenciada por uma série de fatores que se não forem respeitados podem levar ao fracasso do sistema, com consequentes perdas dos potenciais energéticos contidos nos dejetos (ORRICO JR; ORRICO; LUCAS JR, 2010). Estes fatores vão desde as condições ambientais, operação do sistema, natureza da matéria prima até o modelo

do biodigestor e, podem influenciar positivamente ou negativamente o processo, ou seja, favorecendo ou não a partida do processo, a degradação do substrato, a multiplicação e declínio dos microrganismos envolvidos e a produção de biogás (AMORIM, 2005; MASSOTI, 2013).

A temperatura exerce influência sobre a velocidade do processo de biodigestão anaeróbia, uma vez que influi na velocidade do metabolismo microbiano e na solubilidade dos substratos, sendo comum dividi-la em três faixas: a termofílica entre 45 e 70°C, a mesofílica entre 20 e 45°C e a psicofílica abaixo de 20°C (FORESTI *et al.*, 1999; LUCAS JR; SANTOS, 2000).

O teor de sólidos totais do substrato é outro aspecto importante a ser observado na digestão anaeróbia (AMORIM, 2005), sendo necessário encontrar a melhor porcentagem para cada tipo de dejetos e situação de uso.

Quando dejetos de animais são usados na biodigestão anaeróbia, é necessário avaliar a qualidade dos mesmos, pois, dos diversos constituintes dos resíduos, cada fração apresenta diferentes taxas de degradação, de forma a acelerar a produção de biogás, quando de degradação rápida, ou retardando, quando de difícil degradação (ORRICO JR, 2007; ORRICO JR; ORRICO; LUCAS JR, 2010). Neste sentido, a dieta dos animais é a principal responsável pela grande variação existente entre os potenciais de produção encontrados nos experimentos de biodigestão, onde, na maioria das vezes, o ingrediente de maior proporção na dieta é o que determina a qualidade final do resíduo (ORRICO JR; ORRICO; LUCAS JR, 2010).

O período de fermentação no qual o substrato permanece no interior do biodigestor, chamado de tempo de retenção hidráulica, é o tempo necessário para que ocorra a adequada degradação do substrato (MACHADO, 2011). Por isso, existe a necessidade de que os biodigestores retenham os substratos por um intervalo de tempo adequado, ou seja, contabilizando as variáveis: tipo de reator, de resíduo, concentração de sólidos e temperatura do meio (ORRICO JÚNIOR; ORRICO; LUCAS JR., 2010).

Os microrganismos envolvidos no processo de biodigestão anaeróbia são muito sensíveis ao pH do meio, sendo os microrganismos metanogênicos a população mais sensível a alterações de pH (AMORIM, 2005). A faixa de operação

dos biodigestores é entre 6,0 - 8,0, tendo como ponto ótimo pH 7,0 - 7,2 (MASSOTI, 2013), ou seja, próximo da neutralidade. No entanto, segundo Speece (1983) a operação do reator anaeróbio deve ocorrer em pH entre 6,5 e 8,2 para evitar inibição da metanogênese.

Muitas são as substâncias tóxicas ao processo de biodigestão anaeróbia. Considerando-se o uso de dejetos de origem animal é comum a utilização de algumas dessas substâncias no dia a dia das criações, entre eles, desinfetantes, pesticidas, antibióticos entre outros. Neste sentido, é de grande importância o planejamento de uma instalação que permita desviar a água com esses produtos para que não venham a entrar nos biodigestores.

1.2.2.3. Biodigestores

A tecnologia de biodigestão anaeróbia por biodigestores para estabilização de dejetos há muito tempo é conhecida (KUNZ; HIGARASHI; OLIVEIRA, 2005). Vários modelos de biodigestores têm sido desenvolvidos e adaptados, visando aumentar tanto a eficiência desses sistemas quanto a redução de custos dos equipamentos (KUNZ; PERDOMO; OLIVEIRA, 2004).

Os biodigestores são câmaras que realizam a fermentação da matéria orgânica produzindo biogás e biofertilizante (DIESEL; MIRANDA; PERDOMO, 2002), podendo ser do tipo batelada (situações em que o resíduo tem disponibilidade periódica) ou contínuo (quando a disponibilidade dos resíduos for diária), construído a partir de diversos materiais e em vários tamanhos, em função da necessidade a que se destinam.

A utilização dos biodigestores no meio rural tem merecido destaque devido aos aspectos de saneamento e energia, além de estimularem a reciclagem orgânica e de nutrientes, pois isolam os resíduos dos humanos e dos animais, proporcionando diminuição de moscas e odores, permitindo também a redução de sólidos e tornando mais disponíveis os nutrientes para as plantas (biofertilizante), além disso, o biogás produzido pode ter o seu conteúdo energético aproveitado na própria atividade (em aquecimento, refrigeração, iluminação, incubadoras etc) e, o

biofertilizante deve ser visto como um benefício a mais e aplicado no solo (LUCAS JR; SANTOS, 2000).

1.2.2.4. Biogás

O biogás é resultante da fermentação de diferentes tipos de materiais orgânicos dentre eles, dejetos de animais, resíduos vegetais e lixo industrial ou residencial, em condições ambientais adequadas para tal, tem elevado poder energético e a sua composição varia de acordo com a biomassa utilizada e as condições de funcionamento do processo de biodigestão (EMBRAPA, 2002, COLDEBELLA *et al.*, 2006; MASSOTI, 2013).

Dentre as vantagens da geração de biogás destaca-se principalmente sua capacidade de melhorar o ambiente, transformando dejetos causadores de poluição em energia útil a ser aproveitada (SANTOS; MORAIS, 2009). O biogás pode ser usado tanto para produção de eletricidade quanto para geração de calor, trazendo, portanto benefícios econômicos e ambientais para os produtores rurais (SUNADA *et al.*, 2012).

A produção de biogás depende diretamente das condições de manutenção e operação do biodigestor e do resíduo (CERVI; ESPERANCINI; BUENO, 2010). Além disso, para sua utilização na propriedade rural, é recomendável que haja um planejamento da demanda dessa fonte de energia, pois dessa forma o biogás pode ser utilizado de maneira racional, levando em conta critérios de demanda e produção (KUNZ; HIGARASHI; OLIVEIRA, 2005).

O biogás é composto basicamente por dois gases, o metano que representa 60-80% da mistura e o gás carbônico que representa 40-20% restantes, além desses, outros gases participam em proporções menores (MASSOTI, 2013). No entanto, sua composição pode variar de acordo com o tipo e a quantidade de biomassa empregada, fatores climáticos, dimensões do biodigestor, entre outros (CERVI; ESPERANCINI; BUENO, 2010).

O principal componente do biogás é o metano (gás incolor e combustível) e é em função da participação percentual deste gás na composição, que o poder calorífico do biogás pode variar de 5.000 a 7.000 kcal/m³, podendo chegar a 12.000

kcal/m³ se eliminado todo o gás carbônico da mistura (DEGANUTTI; PALHACI; ROSSI, 2002; CERVI; ESPERANCINI; BUENO, 2010).

1.2.2.5. Bioertilizante

O biofertilizante é o efluente resultante da fermentação da matéria orgânica durante um determinado período de tempo e, que pode ser utilizado para aplicação no solo (DIESEL; MIRANDA; PERDOMO, 2002).

A estabilização do biofertilizante no biodigestor e sua disposição no solo é um dos maiores objetivos do sistema de tratamento biológico, ou seja, obter um efluente bioestabilizado e mineralizado, de excelentes qualidades como fertilizante e condicionador do solo, permitindo, além de sua reciclagem no ambiente, a redução de moscas e odores (ANGONESE *et al.*, 2006).

1.2.3. Separação de frações e diluições

Dentre as alternativas de processos por meio dos quais se podem realizar o tratamento dos dejetos estão os físicos e os biológicos, sendo que a primeira etapa usualmente utilizada no tratamento diz respeito às tecnologias baseadas na separação de sólidos por processos físicos (KUNZ; STEINMETZ; BORTOLI, 2010). Este tipo de separação se caracteriza muitas vezes pelo uso de simples sedimentação ou por peneiramento (que possui baixo custo em relação aos outros processos) (KUNZ; MIELE; STEINMETZ, 2009; STEINMETZ *et al.*, 2009).

A separação das frações líquida e sólida é uma opção de tratamento que complementa a biodigestão anaeróbia (RICO; RICO; LASA, 2012). A separação pode ser feita como um pré-tratamento para se obter maiores rendimentos de metano ou como pós-tratamento para se obter um sólido rico em nutrientes com reduzido custo de transporte e com maior facilidade de manuseio (HOLM-NIELSEN; AL SEADI; OLESKOWICZ-POPIEL, 2009).

Segundo Junqueira *et al.* (2011), há biomassas que apenas diluídas podem apresentar bons resultados no processo de biodigestão anaeróbia, com relativa facilidade de degradação, porém outras são mais difíceis de serem degradadas

pelos microrganismos envolvidos no processo, apresentando degradação lenta e, nesses casos, se faz necessária não apenas a diluição como também a utilização de outras alternativas, como o uso de inóculos e/ou a separação de sólidos.

Um exemplo de biomassa que pode ser beneficiada pela separação de sólidos são os dejetos com grande quantidade de matéria fibrosa, pois segundo Junqueira *et al.* (2011) podem se tornar um empecilho nos sistemas de reciclagem de nutrientes, dificultando a biodigestão anaeróbia.

A separação das frações é benéfica, pois a fração líquida possui menor teor de sólidos suspensos e maior quantidade de sólidos solúveis, sendo mais facilmente sujeita a um processo anaeróbio exigindo um reator simples e menor tempo de retenção hidráulica do que quando comparada a um afluente sem separação (LIAO; LO; CHIENG, 1984). Enquanto que a fração sólida possui maior quantidade de frações insolúveis como celulose, hemicelulose e lignina (NOGUEIRA, 2013).

Existem várias formas de separar frações mais degradáveis de frações menos degradáveis, sendo a mais comum delas feita por peneiramento (JUNQUEIRA *et al.*, 2011). O objetivo da utilização das peneiras é a separação entre a fração sólida e líquida do dejetos, as peneiras podem ser classificadas em: estáticas, rotativas e vibratórias, no entanto o tipo a ser adotado dependerá basicamente do volume dos dejetos a ser tratado (DIESEL; MIRANDA; PERDOMO, 2002), do tipo de dejetos e do custo das peneiras.

1.2.4. Dejetos de origem animal

A biodigestão anaeróbia é uma maneira eficaz de tratar os dejetos da produção animal, pois além da reciclagem energética, na forma de gás combustível, também há a reciclagem dos nutrientes, na forma de biofertilizante (ARAÚJO *et al.*, 2012). Sendo assim a reciclagem dos resíduos é de extrema importância sob aspectos econômicos e ambientais (SERAFIM; ANDRADE FILHO; SPIRLANDELLI, 2007).

As atividades que se desenvolvem no meio rural se valem, essencialmente, da conversão de energia em suas mais diversas formas, tendo como base o processo de fotossíntese, gerando biomassa, portanto, a grande maioria dos

resíduos gerados no meio rural, descontando-se gases e água contaminada com “não orgânicos” (metais, alguns compostos originários de insumos utilizados na agropecuária, nutrientes originários de fertilizantes minerais etc), é constituída de biomassa (LUCAS JR; SANTOS, 2000).

Os dejetos de origem animal são constituídos por fezes, urina, água desperdiçada pelos bebedouros e de higienização, resíduos de ração, pelos, lã, poeiras e outros materiais decorrentes do processo de criação. Portanto, os dejetos podem apresentar grandes variações em seus componentes, dependendo do sistema de manejo adotado, da espécie animal, da quantidade de água e dos nutrientes e ingredientes da dieta dos animais (DIESEL; MIRANDA; PERDOMO, 2002). Também deve-se levar em consideração que com o avanço tecnológico na área de nutrição e melhoramento animal a digestibilidade dos ingredientes das rações mudam, fazendo com que os dejetos produzidos pelas mesmas espécies há alguns anos sejam diferentes dos produzidos hoje (melhor digestibilidade dos ingredientes das dietas resultando em excretas com menores quantidades de nutrientes).

Para os dejetos de animais, os nutrientes não são limitantes a multiplicação dos microrganismos, no entanto, a proporção dos mesmos é variável podendo ser favoráveis ao processo ou não (LUCAS JR; SANTOS, 2000).

Dentre as características dos dejetos de ruminantes e não ruminantes, os dejetos de ruminantes, sofrem um pré-tratamento no trato digestivo dos animais, que são verdadeiras câmaras naturais de fermentação onde se desenvolvem harmonicamente os microrganismos da biodigestão anaeróbia, portanto, ao se colocar estes resíduos em um biodigestor, em pouco tempo haverá produção de biogás, porém, quando se trabalha com outros resíduos, dentre eles o dejetos de aves e suínos, se não forem tomados alguns cuidados na partida, o processo poderá ser levado ao insucesso ou levar muito tempo para que ocorra a produção de metano (LUCAS JR; SANTOS, 2000).

1.2.4.1. Suínos

O sistema de criação de suínos caracterizado pela criação intensiva e em confinamento permite melhor desempenho em produtividade, porém, como esse sistema de criação concentra grande número de animais em áreas reduzidas, aumenta os riscos de contaminação de rios, de lençóis subterrâneos, do solo e do ar e, por isso a suinocultura é muitas vezes encarada como uma atividade de grande capacidade poluidora quando o manejo dos resíduos é inadequado (KUNZ; HIGARASHI; OLIVEIRA, 2005; EYERKAUFER; BRITO, 2011).

O crescente aumento da atividade suinícola no país e o incremento tecnológico nos sistemas de produção resultaram num aumento na geração de dejetos (CERVI; ESPERANCINI; BUENO, 2010). Nas explorações em regime de confinamento, o total de dejetos gerados, anteriormente distribuído na área destinada à exploração extensiva, ficou restrito a pequenas áreas, ou seja, em pequenas áreas produzem-se grandes quantidades de dejetos, ocasionando problemas de ordem sanitária (SOUZA; LUCAS JR; FERREIRA, 2005). No entanto, quando bem conduzido, é possível o aproveitamento integral desses dejetos (GASPAR, 2003).

Visando as características da suinocultura atual é de grande importância o desenvolvimento de alternativas que sejam sustentáveis e não afetem o ambiente, principalmente a água e o solo (EYERKAUFER; BRITO, 2011), ou seja, a adoção de métodos e técnicas para manejar, estocar, tratar, utilizar e dispor dos resíduos, dentro do sistema de produção, com o objetivo da manutenção da qualidade ambiental, reutilização dos resíduos em outros sistemas agrícolas e maior rentabilidade da produção (SOUZA; LUCAS JR; FERREIRA, 2005).

Os resíduos provenientes da suinocultura contêm excretas dos animais, restos de ração, material do piso das baias, água desperdiçada nos bebedouros, além de água de lavagem das baias, dependendo do tipo de manejo adotado na criação (STEIL, 2001). Por isso, os dejetos podem apresentar grandes variações em seus componentes, principalmente, da quantidade de água e nutrientes em sua composição (DIESEL; MIRANDA; PERDOMO, 2002).

Os dejetos da suinocultura têm elevada capacidade poluente, pois possuem elevadas concentrações de matéria orgânica, de nutrientes e sólidos em suspensão (ANGONESE *et al.*, 2006; ORRICO JR; ORRICO; LUCAS JR, 2010). No entanto,

isto representa uma fonte de fertilizantes, quando o dejetos é manejado adequadamente, como no caso da biodigestão anaeróbia, que demonstra ser uma alternativa de tratamento e reciclagem dos dejetos gerados na criação de suínos, principalmente por estabilizar a matéria orgânica e promover agregação de valor à atividade principal com a produção do biogás e do biofertilizante (AMORIM; LUCAS JR; RESENDE, 2004; ANGONESE *et al.*, 2006).

Nos sistemas de produção existentes no Brasil observa-se uma alta diluição dos dejetos (sólidos totais entre 1,6 e 3%), devido ao grande desperdício de água nos bebedouros e na limpeza das instalações, bem como no manejo inadequado das águas pluviais (EMBRAPA, 2004). De acordo com PERDOMO *et al.* (1999) uma granja com 100 matrizes em ciclo completo, produz cerca de 10 m³/dia de dejetos para um nível de diluição do tipo "pouco diluído", 15m³/dia se for médio e mais de 20m³/dia para dejetos "muito diluído".

Perdomo *et al.* (1999) citam para dejetos com nível de diluição baixa, média e alta, valores de 5,70, 3,80 e 2,90% de matéria seca, 2,70, 1,80 e 1,40 kg de N, 0,94, 0,62 e 0,47 kg de P e 1,51, 1,00 e 0,75 kg de K /m³ de dejetos. Já Oliveira, Nunes e Arriada (2001) citam, para unidades de ciclo completo, que dejetos com 1,6% de sólidos totais possuem 2,2 kg de N_{total}, 0,6 kg de P₂O₅ e 0,9 kg de K₂O/ton de dejetos. Enquanto que segundo Orrico Jr (2007), dejetos de suínos com teor de sólidos totais entre 2,0 e 2,5% possuem 31,69% de FDN, 13,5% de FDA, 3,61% de lignina e 9,89%, celulose nos sólidos totais e, 3,74, 2,05, 2,32, 0,59 e 1,16% de N, P, K, Mg e Ca respectivamente, também nos sólidos totais.

1.2.4.2. Aves de postura

Os resíduos da exploração avícola, atividade que, pelos índices de produtividade alcançados, destaca-se pela velocidade da conversão energética, fazem merecer destaque as oportunidades de reciclagem da biomassa gerada como resíduo/subproduto no processo (LUCAS JR; SANTOS, 2000), que segundo Steil (2001) mostraram ser bons substratos para a geração de biogás.

Os resíduos gerados com a criação de aves de postura são compostos pelas excretas das aves, penas, restos de ração, ovos quebrados, larvas de moscas e

material do piso do aviário (STEIL, 2001; GOMES; CAPPI, 2010). No entanto, as características e o volume dos resíduos gerados na avicultura estão associados ao sistema de manejo adotado e aos aspectos nutricionais, apresentando grandes variações na concentração dos seus elementos entre produtores e dentro da própria granja (PERDOMO; LIMA; NONES, 2000).

Os dejetos de aves apresentam-se com uma relação C/N baixa, o que indica que o nitrogênio não será limitante, no entanto, podem ocorrer problemas de toxicidade devido à amônia, quando se opera com altas cargas orgânicas (LUCAS JR; SANTOS, 2000).

Os dejetos de aves de postura apresentam teor de sólidos totais de 37,02% e 66,0% de sólidos voláteis (STEIL, 2001) e, segundo Oliveira (2001) uma ave com peso de 2,5kg produz entre 0,12 e 0,18kg de esterco por dia, 0,050m³ biogás/kg esterco e entre 0,31 e 0,62m³ de biogás/kg sólidos voláteis.

1.2.4.3. Ovinos

O sistema de criação de ovinos em confinamento se caracteriza pela elevada densidade populacional de animais, o que leva ao acúmulo de grandes quantidades de dejetos concentrados em determinadas regiões que se mal manejados podem tornar-se prejudiciais ao ambiente (SERAFIM; ANDRADE FILHO; SPIRLANDELLI, 2007; ARAÚJO *et al.*, 2012).

A ovinocultura, assim como as demais atividades da produção animal, gera considerável volume de resíduos que, se gerenciados de forma inadequada, provocam perdas de potencial energético (capacidade de produção de biogás) e produtivo na agricultura (biofertilizante) (SERAFIM; ANDRADE FILHO; SPIRLANDELLI, 2007), além de poluir o meio. O dejetos de ovinos é constituído por fezes, urina, pelos, lã, restos de alimento e água em pequena quantidade.

1.2.4.4. Caprinos

O manejo inadequado dos dejetos de caprinos é grave impasse predispondo a ocorrência de doenças e contaminando a água e o solo (QUADROS *et al.*, 2010).

Deste modo, a utilização de biodigestores contribui para integração e sustentabilidade da atividade aproveitando o dejetos ao qual, normalmente, é dado pouco ou mesmo nenhum valor comercial, convertendo-o em duas grandes fontes de desenvolvimento: energia na forma de biogás e biofertilizante (SERAFIG; ANDRADE FILHO; SPIRLANDELLI, 2007).

O dejetos de caprinos apresenta grande variedade em sua composição, devido a fatores como idade e tipo de dieta, entre outros. Orrico, Lucas Jr e Orrico Jr (2007) trabalhando com diferentes dietas e idades encontraram teores entre 28,7 e 46,0% de sólidos totais, onde menores teores foram observados de um modo geral no esterco de animais mais jovens. Os mesmo autores também encontraram valores de 1,39N, 0,62P, 0,29K, 0,94Ca e 0,43Mg (% da matéria seca).

1.2.4.5. Bovinos de corte

No processo de criação intensiva de bovinos, fatores relacionados ao acúmulo de dejetos, geração de resíduos líquidos com altas concentrações de carga orgânica e a possibilidade da proliferação de moscas e mosquitos, podem causar poluição direta desse local, com consequências em toda área de influência indireta, afetando a qualidade ambiental e, principalmente, pela possibilidade da contaminação dos recursos hídricos (MANSO; FERREIRA, 2007).

Os dejetos dos bovinos de corte são constituídos por fezes, urina, água desperdiçada dos bebedouros, água de higienização e resíduos de alimento. O manejo adequado desses dejetos é uma necessidade sanitária (pois é prejudicial à saúde dos animais e dos humanos, tanto dentro quanto fora da propriedade), ecológica (resíduos ricos em matéria orgânica e nutrientes causam poluição e desequilíbrio no ambiente) e econômica (o esterco representa importante capital em dinheiro, quando comparado com o preço dos fertilizantes químicos) (HARDOIM; GONÇALVES, 2000).

A composição do dejetos de bovinos de corte é variável, pois é influenciada por diversos fatores, entre eles a alimentação dos animais. Orrico Jr, Orrico e Lucas Jr (2010) citam valores de sólidos totais entre 18,25 e 18,60%, sólidos voláteis entre 15,78 e 16,32%, N entre 2,08 e 2,04%, fibra em detergente neutro entre 56,32 e

53,66%, fibra em detergente ácido entre 34,44 e 31,64%, celulose entre 23,06 e 21,98% e lignina entre 8,34 e 6,64%.

1.2.4.6. Bovinos de leite

Os dejetos de bovinos leiteiros têm sido tradicionalmente usados como fertilizante, mas o crescimento da atividade levou a um excedente de nutrientes no solo em relação aos requisitos de fertilidade, isso facilitou o crescimento da poluição ambiental, tais como águas superficiais e subterrâneas, contaminação e, odores (RICO; RICO; LASA, 2012).

A composição do dejetos de bovinos de leite depende da dieta das vacas e das condições em que os animais (vacas leiteiras, vacas de reprodução e bezerros) são mantidos na fazenda (RICO *et al.*, 2011), bem como do tipo de limpeza que é realizado, resultando num dejetos mais ou menos diluído dependendo da quantidade de água utilizada. Os dejetos de bovinos de leite possuem, segundo Xavier (2009), teores de N de 2,59 %, de P de 1,74% e de K de 1,27%, para vacas alimentadas com silagem de milho e concentrado. Segundo Amaral *et al.* (2004) em resíduos provenientes de bovinocultura, os teores de sólidos voláteis representam aproximadamente 80% dos teores de sólidos totais.

1.3. Referências

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

AMORIM, A. C. **Avaliação do potencial de impacto ambiental e do uso da compostagem e biodigestão anaeróbia na produção de caprinos**. 2005. 129 f. Tese (Doutorado em Zootecnia) – Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Jaboticabal, 2005.

AMORIM, A. C.; LUCAS JR, J.; RESENDE, K. T. Biodigestão anaeróbia de dejetos de caprinos obtidos nas diferentes estações do ano. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 24, n. 1, p. 16-24, 2004.

ANGONESE; A. R.; CAMPOS; A. T.; PALACIO; S. M.; SZYMANSKI, N. Avaliação da eficiência de um biodigestor tubular na redução da carga orgânica e produção de biogás a partir de dejetos de suínos. In: ENCONTRO DE ENERGIA NO MEIO RURAL, 6., 2006, Campinas. **Proceedings online...** Campinas: AGRENER, 2006. Disponível em: <http://www.proceedings.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=MSC0000000022006000100022&lng=en&nrm=abn>. Acesso em: 20 mar. 2013.

ARAÚJO, L. C. A.; ORRICO, A. C. A.; ORRICO JR, M. A. P.; VARGAS JR, F. M.; SUNADA, N. S. Produção e potenciais de produção de biogás dos dejetos de ovinos associados com doses crescentes de glicerina bruta. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 49., 2012, Brasília. **Anais...** Brasília: Sociedade Brasileira de Zootecnia, 2012. 1 CD-ROM.

CASTRO, L. R.; CORTEZ, L. A. B. Influência da temperatura no desempenho de biodigestores com esterco bovino. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 2, n. 1, p. 97-102, 1998.

CERVI, R. G.; ESPERANCINI, M. S. T.; BUENO, O. C. Viabilidade econômica da utilização do biogás Produzido em granja suínica para geração de energia elétrica. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 30, n. 5, p. 831-844, 2010.

CHERNICHARO, C. A. L. **Reatores Anaeróbios – princípios do tratamento biológico de águas residuárias**. Belo Horizonte: Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental da Universidade Federal de Minas Gerais, 1997, 246 p.

COLDEBELLA, A.; SOUZA, S. N. M.; SOUZA, J.; KOHELER, A. C. Viabilidade da cogeração de energia elétrica com biogás da bonivocultura de leite. In: ENCONTRO DE ENERGIA NO MEIO RURAL, 6., 2006, Campinas. **Proceedings online...** Campinas: AGRENER, 2006. Disponível em: <http://www.proceedings.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=MSC0000000022006000200053&lng=en&nrm=abn>. Acesso em: 2 abr. 2013.

DEGANUTTI, R.; PALHACI, M. C. J. P.; ROSSI, M. Biodigestores rurais: modelo indiano, chinês e batelada. In: ENCONTRO DE ENERGIA NO MEIO RURAL, 4., 2002, Campinas. **Proceedings online...** Campinas: AGRENER, 2002 Disponível em: <http://www.proceedings.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=MSC0000000022002000100031&lng=pt&nrm=abn>. Acesso em: 15 fev. 2013.

DIESEL, R.; MIRANDA, C. R.; PERDOMO, C. C. **Coletânea de tecnologias sobre dejetos suínos**. Concórdia: Embrapa Suínos e Aves e Extensão: EMATER/RS, 2002. 31 p. (Embrapa Suínos e Aves e Extensão - EMATER/RS. Boletim Informativo, 14).

Embrapa Aves e Suínos. PNMA II – Gestão Integrada de Ativos Ambientais – Santa Catarina. **Tecnologias para o manejo de resíduos na produção de suínos: manual de boas práticas**. Concórdia, 2004. 109 p.

EYERKAUFER, M. L.; BRITO, A. O. Viabilidade econômica da compostagem de dejetos suínos. In: CONGRESSO UFSC DE CONTROLADORIA E FINANÇAS, 4., 2011, Florianópolis. **Anais eletrônicos...** Florianópolis: UFSC, 2011. Disponível em: <<http://dvl.ccn.ufsc.br/congresso/anais/4CCF/20101217152221.pdf>>. Acesso em: 9 mai. 2013.

FORESTI, E.; FLORÊNCIO, L.; VAN HAANDEL, A.; ZAIAT, M.; CAVALCANTI, P. 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.

GASPAR, R. M. B. L. Utilização de biodigestores em pequenas e médias propriedades rurais com ênfase na agregação de valor: um estudo de caso na região de Toledo - PR. 2003. 106 f. Dissertação (Mestrado em Planejamento e Estratégia Organizacional) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2003.

GOMES, F. O. C.; CAPPI, N. Redução de sólidos em biodigestores abastecidos com dejetos de aves alimentadas com milho em diferentes granulometrias. In: ENCONTRO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA – ENIC, 8., 2010, Dourados. **Anais eletrônicos...** Dourados: UEMS, 2010. Disponível em: <<http://periodicos.uems.br/index.php/enic/article/view/1043>>. Acesso em: 22 abr. 2013.

HARDOIM, P. C.; GONCALVES, A. D. M. A. Avaliação do potencial do emprego do biogás nos equipamentos utilizados em sistemas de produção de leite. In: ENCONTRO DE ENERGIA NO MEIO RURAL, 3., 2000, Campinas. **Proceedings online...** Campinas: AGRENER, 2000. Disponível em: <http://www.proceedings.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=MSC0000000022000000100053&lng=en&nrm=abn>. Acesso em: 9 out. 2013.

HOLM-NIELSEN, J. B.; AL SEADI, T.; OLESKOWICZ-POPIEL, P. The future of anaerobic digestion and biogas utilization. **Bioresource Technology**, Oxford, v. 100, p. 5478-5484, 2009.

JUNQUEIRA, J. B.; LUCAS JR, J.; COSTA, L. V. C.; SAGULA, A.; MENESES, S. L. Diluição e separação das frações sólida e líquida de dejetos de bovinos de corte para abastecimento de biodigestores anaeróbios. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL SOBRE GERENCIAMENTO DE RESÍDUOS AGROPECUÁRIOS E AGROINDUSTRIAIS – SIGERA, 2., 2011, Foz do Iguaçu. **Anais eletrônicos...** Foz do Iguaçu: SBERA, 2011. Disponível em: <<http://www.sbera.org.br/2sigera/obras/t063.pdf>>. Acesso em: 20 jan. 2013.

KUNZ, A.; HIGARASHI, M. M.; OLIVEIRA, P. A. Tecnologias de manejo e tratamento de dejetos de suínos estudadas no Brasil. **Cadernos de Ciência & Tecnologia**, Brasília, v. 22, n. 3, p. 651-665, 2005.

KUNZ, A.; MIELE, M.; STEINMETZ, R. L. R. Advanced swine manure treatment and utilization in Brazil. **Bioresource Technology**, Oxford, v. 100, n. 22, p. 5485-5489, 2009.

KUNZ, A.; PERDOMO, C. C.; OLIVEIRA, P. A. V. O. Biodigestores: avanços e retrocessos. **Suinocultura Industrial**, Porto Feliz, n. 178, p. 14-16, 2004.

KUNZ, A.; STEINMETZ, R. L. R.; BORTOLI, M. Separação sólido-líquido em efluentes da suinocultura. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 14, n. 11, 2010.

LIAO, P. H.; LO, K. V.; CHIENG, S. T. Effect of liquid-solids separation on biogas production from dairy manure. **Energy in Agriculture**, v. 3, n. 1, p. 61-69, 1984.

LUCAS JR, J.; ORTOLANI, A. F.; BENINCASA, M.; IMADA, R. Y. Avaliação do uso de inóculo no desempenho de biodigestores abastecidos com estrume de frangos de corte com cama de maravalha. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, 22., 1993, Ilhéus. **Anais...** Ilhéus: SBEA/CEPLAC, 1993. p. 915-930.

LUCAS JR, J.; SANTOS, T. M. B. Aproveitamento de resíduos da indústria avícola para produção de biogás. In: SIMPÓSIO SOBRE RESÍDUOS DA PRODUÇÃO AVÍCOLA, 2000, Concórdia. **Anais...** Concórdia: CNPSA, 2000. p. 27-43.

MACHADO, C. R. **Biodigestão anaeróbia de dejetos de bovinos leiteiros submetidos a diferentes tempos de exposição ao ar**. 2011. 53 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia - Energia na Agricultura) - Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho", Botucatu, 2011.

MANSO, K. R. J.; FERREIRA, O. M. **Confinamento de bovinos: estudo do gerenciamento dos resíduos**. Universidade Católica de Goiás, Departamento de Engenharia – Engenharia Ambiental, Goiânia, 2007. Disponível em: <<http://www.ucg.br/ucg/prope/cpgss/ArquivosUpload/36/file/Continua/CONFINAMENTO%20DE%20BOVINOS%20-%20GERENCIAMENTO%20DE%20RES%20C3%8DDUOS.pdf>>. Acesso em: 13 mai. 2013.

MASSOTTI, Z. **Viabilidade técnica e econômica do biogás a nível de propriedade**. Epagri, Concórdia, 2010. Disponível em: <http://ambienteduran.eng.br/system/files/publicador/PUBLICACOES/BIOGAS_Massotti.pdf>. Acesso em: 11 mai. 2013.

NOGUEIRA, R. G. S. **Inclusão de cana-de-açúcar triturada em biodigestores abastecidos com dejetos de bovinos de corte confinados**. 2013. 77 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia - Energia na Agricultura) – Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho", Botucatu, 2013.

OLIVEIRA, A. P. Potencial de produção e utilização de biogás na avicultura comercial. In: ENCONTRO DE AVICULTORES DO ESTADO DE SÃO PAULO, 27., 2001, Bastos. **Anais...** Bastos: **Sindicato Rural de Bastos**, 2001. p. 16-28.

OLIVEIRA, P. A. V.; NUNES, M. L. A.; ARRIADA, A. A. Compostagem e utilização de cama na suinocultura. In: SIMPÓSIO SOBRE MANEJO E NUTRIÇÃO DE AVES E SUÍNOS E TECNOLOGIADA PRODUÇÃO DE RAÇÕES, 1., 2001, Campinas. **Anais...** Campinas: CBNA, 2001. p. 391-406.

ORRICO JR, M. A. P.; ORRICO A. C. A.; LUCAS JR, J. Avaliação de parâmetros da biodigestão anaeróbia de dejetos de suínos alimentados com dietas à base de milho e sorgo. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 30, n. 4, p. 600-607, 2010.

ORRICO JR, M. A. P.; ORRICO, A. C. A.; LUCAS JR, J. Influência da relação volumoso:concentrado e do tempo de retenção hidráulica sob a biodigestão anaeróbia de dejetos de bovinos. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 30, n. 3, p. 386-394, 2010.

ORRICO JR, M. A. P. **Biodigestão anaeróbia e compostagem de dejetos de suínos, com e sem separação de sólidos**. 2007. 93 f. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Jaboticabal, 2007.

ORRICO, A. C. A.; LUCAS JR, J.; ORRICO JR, M. A. P. Caracterização e biodigestão anaeróbia dos dejetos de caprinos. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 27, n. 3, p. 639-647, 2007.

PERDOMO, C. C.; LIMA, G. J. M. M.; NONES, K. **Suinocultura e meio ambiente**. Concórdia: Embrapa Suínos e aves, 2000. 34 p. (Apostila).

PERDOMO, C. C.; COSTA, R. R. H.; MEDRI, W.; MIRANDA, C. R. **Dimensionamento de sistemas de tratamento (decantador de lagoas) e utilização de dejetos suínos**. Concórdia: Embrapa Suínos e Aves, 1999, 5 p. (Embrapa – Suínos e Aves. Comunicado Técnico, 234).

QUADROS, D. G.; OLIVER, A. P. M.; REGIS, U.; VALLADARES, R.; SOUZA, P. H. F.; FERREIRA, E. J. Biodigestão anaeróbia de dejetos de caprinos e ovinos em reator contínuo de PVC flexível. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 14, n. 3, p. 326-332, 2010.

RICO, C.; RICO, J. L.; LASA, C. Anaerobic digestion of the liquid fraction of dairy manure separated by screw pressing and centrifugation in a upflow anaerobic sludge blanket reactor at 25 °C. **Biosystems engineering**, v. 112, p. 344-351, 2012.

RICO, C.; RICO, J. L.; TEJEROA, I.; MUÑOZ, N.; GÓMEZ, B. Anaerobic digestion of the liquid fraction of dairy manure in pilot plant for biogas production: Residual methane yield of digestate. **Waste Management**, v. 31, p. 2167-2173, 2011.

SANTOS, I. A.; MORAIS, M. A. Aproveitamento de biogás para geração de energia elétrica a partir de dejetos de bovinos leiteiros: um estudo de caso na eafmuz. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL SOBRE GERENCIAMENTO DE RESÍDUOS DE ANIMAIS GERAÇÃO DE ENERGIA A PARTIR DE RESÍDUOS ANIMAIS, 1., 2009, Florianópolis. **Anais eletrônicos...** Florianópolis: Siger, 2009. Disponível em <<http://sbera.org.br/sigera2009/downloads/obras/057.pdf>>. Acesso em: 21 fev. 2013.

SERAFIM, R. S., ANDRADE FILHO, A. L., SPIRLANDELLI, D. J. Produção de biogás a partir dos dejetos de ovinos. In: VI JORNADA CIENTÍFICA DA FAZU, 4., 2007, Uberaba. **Anais eletrônicos...** Uberaba: FAZU, 2007. p. 86-89. Disponível em: <<http://www.fazu.br/hd2/jornada2007/TRABALHOS/ArtigosZootecnia.pdf#page=36>>. Acesso em: 15 mar. 2013.

SILVA, W. T. L.; FAUSTINO, A. S.; NOVAES, A. P. **Eficiência do processo de biodigestão em Fossa Séptica Biodigestora inoculada com esterco de ovino.** São Carlos: Embrapa Instrumentação Agropecuária, 2007, 22 p. (Embrapa Instrumentação Agropecuária. Documentos, 34)

SOUZA, C. F.; LUCAS JR., J.; FERREIRA, W. P. M. Biodigestão anaeróbia de dejetos de suínos sob efeito de três temperaturas e dois níveis de agitação do substrato – considerações sobre a partida. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 25, n. 2, p. 530-539, 2005.

SPEECE, R. E. Anaerobic biotechnology for industrial wastewater treatment. **Environmental Science and Technology**, v. 17, n. 9, p. 416A- 27A, 1983.

STEIL, L. **Avaliação do uso de inóculos na biodigestão anaeróbia de resíduos de aves de postura, frangos de corte e suínos.** 2001. 127 f. Dissertação (Mestrado em Biotecnologia) - Instituto de Química, Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho", Araraquara, 2001.

STEINMETZ, R. L. R.; KUNZ, A.; DRESSLER, V. L.; FLORES, E. M. M.; MARTINS, A. F. Study of metal distribution in raw and screened swine manure. **CLEAN – Soil, Air, Water**, v. 37, n. 3, p. 239-244, 2009.

SUNADA, N. S.; ORRICO, A. C. A.; ORRICO JR. M. A. P.; VARGAS JR. F. M.; GARCIA, R. G.; FERNANDES, A. R. M. Potential of biogas and methane production from anaerobic digestion of poultry slaughterhouse effluent. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 41, n. 11, p. 2379-2383, 2012.

CAPÍTULO 2 – Diferentes diluições e separação de sólidos de dejetos da produção animal para utilização em sistemas de tratamento por meio da biodigestão anaeróbia

RESUMO – Objetivou-se avaliar diferentes proporções de diluição em água juntamente com peneiramento em diferentes tamanhos de malhas para dejetos de suínos, aves de postura, ovinos, caprinos, bovinos de corte e bovinos de leite, de modo a indicar a melhor proporção de diluição e malha de peneira para utilização em sistemas de separação de sólidos, ou seja, menor utilização de água e maior extração de sólidos. O teste de diluições foi feito por meio da separação de sólidos e líquidos. Os dejetos foram diluídos em água nas proporções: 1:4, 1:5, 1:6, 1:7 e 1:8 (kg de dejetos por kg de água). Foi adotado o processo físico de peneiramento (peneiras com malhas quadradas de 0,75, 1,00 e 1,50 mm) para separação dos sólidos. O delineamento experimental foi o inteiramente casualizado com os tratamentos em esquema fatorial 3 x 5 com 4 repetições. Avaliou-se as concentrações de sólidos totais e voláteis (em massa) da fração líquida. Dejetos de suínos e aves de postura: maiores extrações de sólidos totais e voláteis foram obtidas nas peneiras de malha mais aberta e nas maiores diluições. Dejetos de ovinos: menores diluições e malhas mais abertas de peneira resultaram em maior extração de sólidos totais e voláteis. Dejetos de caprinos: maiores concentrações de sólidos voláteis na fração líquida estão nas menores diluições. Dejetos de bovinos de corte e bovinos de leite: maiores extrações de sólidos totais e voláteis se encontram nas peneiras de malha mais aberta e nas maiores diluições. Concluiu-se que para os dejetos de suínos, aves de postura, bovinos de corte e bovinos de leite maiores extrações de sólidos totais e voláteis se encontram nas peneiras de malha mais aberta e nas maiores diluições, para o dejetos de ovinos menores diluições e malhas mais abertas de peneira resultaram em maior extração de sólidos totais e voláteis e para o dejetos de caprinos maiores teores de sólidos voláteis estão nas menores diluições.

Palavras-chave: não ruminantes, peneira, ruminantes, sólidos totais, sólidos voláteis

CHAPTER 2 – Different dilutions and solids separations of livestock manure for use in treatment systems through anaerobic digestion

ABSTRACT – This trial aimed to evaluate different ratios of dilution with water in addition to screening in different mesh sizes for pig, laying hens, sheep, goats, beef cattle and dairy cattle manure, to indicate the best dilution ratio and mesh sieve for use in separating solids systems, that is, lower use of water and greater extraction of solids. The dilutions tests were made through the separation of solids and liquids. The waste were diluted with water in the proportions 1:4, 1:5, 1:6, 1:7 and 1:8 (kg of waste per kg water). Physical sieving process (square mesh sieves with 0.75, 1.00 and 1.50 mm) for separation of solids was adopted. The experimental design was the completely randomized with treatments in a factorial scheme 3 x 5 with 4 replicates. We evaluated the concentrations of total and volatile solids (by weight) of the liquid fraction. Swine manure and poultry hens: greater extraction of total and volatile solids were obtained in sieves with more open mesh and larger dilutions. Sheep manure: lower dilutions and more open mesh sieve resulted in higher extraction of total and volatile solids. Goat manure: higher concentrations of volatile solids in the liquid fraction are in the lower dilutions. Beef cattle manure and dairy cattle manure: increased extraction of total and volatile solids are in sieve with more open mesh and larger dilutions. It was concluded that for the swine manure, poultry hens, beef cattle and dairy cattle greater extraction of total and volatile solids are in sieves with more open mesh and larger dilutions, for the sheep manure lower dilutions and sieves with more open mesh resulted in higher extraction of total and volatile solids and for the goat manure higher concentrations of volatile solids are in the lower dilutions.

Keywords: ruminants, sieve, non-ruminants, total solids, volatile solids

1. Introdução

Com aumento populacional e de renda nos países em desenvolvimento, percebe-se um aumento no consumo de produtos de origem animal, em decorrência do maior número de pessoas e da mudança dos hábitos alimentares (EYERKAUFER; BRITO, 2011).

O aumento da produção de animais proporcionalmente gera mais resíduos, os quais necessitam de alguma forma serem reincorporados ao ambiente, sem contudo causar impacto ambiental, sendo assim, é necessário buscar soluções que visam a sustentabilidade dos sistemas produtivos (EYERKAUFER; BRITO, 2011). Segundo Kunz, Higarashi e Oliveira (2005), avaliar, desenvolver e aplicar tecnologias alternativas de manejo e tratamento que minimizem o volume e a concentração de poluentes gerados pela atividade de criação de animais promove o desenvolvimento sustentável.

As principais técnicas de tratamento de dejetos costumam combinar processos físicos e biológicos e, em relação ao tratamento físico, o dejetos passa por um ou mais processos físicos (decantação, centrifugação, peneiramento e/ou prensagem) em que ocorre a separação das frações sólida e líquida, podendo assim minimizar os custos de implantação do tratamento (físico + biológico) (MIRANDA; PERDOMO, 2002).

Os dejetos de origem animal são degradáveis como um todo, no entanto, possuem diferenças no tempo de degradação dependendo da fração avaliada, se líquida ou sólida, com maior ou menor porcentagem de sólidos. Quando se separa as frações do dejetos há aumento na eficiência do processo de degradação dos substratos, ou seja, o processo fica mais rápido e conseqüentemente mais econômico (ORRICO JR, 2007).

A separação das frações consiste em separar as partículas maiores contidas nos dejetos, da fração líquida, resultando em dois produtos: uma fração líquida mais fluida e uma fração sólida, retida na peneira, que poderá ser tratada na forma de compostagem, enquanto que a fração líquida poderá ser tratada por meio de biodigestão anaeróbia.

O trabalho teve como objetivo avaliar diferentes proporções de diluição em água (1:4, 1:5, 1:6, 1:7 e 1:8kg de dejetos por kg de água) juntamente com peneiramento em diferentes tamanhos de abertura de malhas (0,75, 1,00 e 1,50mm) de dejetos de suínos, aves de postura, ovinos, caprinos, bovinos de corte e bovinos de leite, a partir das concentrações de sólidos totais e voláteis na fração líquida de modo a indicar a melhor proporção de diluição e abertura de malha de peneira (para maior extração de sólidos totais e voláteis) para utilização em sistemas de separação de sólidos.

2. Material e métodos

2.1. Descrição do local

A pesquisa foi desenvolvida no Laboratório de Biomassa do Departamento de Engenharia Rural pertencente à Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias – Unesp Jaboticabal.

2.2. Colheita do dejetos

Os dejetos colhidos nos diversos setores pertencentes à Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias – Unesp Jaboticabal, estão descritos na Tabela 1 de acordo com suas características no momento da colheita.

Tabela 1. Características de cada tipo de dejetos no momento da colheita.

Espécie animal	Categoria animal	Local de colheita	Setor da Faculdade
Suínos	Machos e fêmeas em crescimento	raspagem das baias (com lâmina de água)	Suinocultura
Aves	Galinhas de postura	raspagem do piso abaixo das gaiolas	Avicultura
Ovinos	Fêmeas em diferentes idades e machos jovens	raspagem do piso abaixo do piso ripado	Ovinocultura
Caprinos	Fêmeas adultas	raspagem do piso abaixo do piso ripado	Caprinocultura
Bovinos de corte	Machos engorda	Raspagem do piso das baias de confinamento	Digestibilidade
Bovinos de leite	Vacas em lactação	raspagem do piso de concreto	Bovinocultura de Leite

2.3. Caracterização do dejetos

Dos dejetos colhidos foram retiradas amostras para determinação da primeira matéria seca. Após secas, as amostras foram finamente moídas em moinho de bola para realização da segunda matéria seca (2ª MS), determinação dos teores de sólidos totais (ST), fibra em detergente neutro (FDN), fibra em detergente ácido (FDA), energia bruta (EB) e matéria fibrosa (MF) (Tabela 2).

Tabela 2. Composição dos dejetos.

Item	Tipo de dejetos					
	Suíno	Ave	Ovino	Caprino	Bovino de corte	Bovino de leite
2ª MS (%)	91,54	95,40	90,91	92,01	91,97	96,59
FDN (%)*	43,28	29,22	47,56	56,12	52,69	73,03
FDA (%)*	20,65	18,20	28,27	33,30	28,49	31,07
EB (cal/g)*	3807,41	2977,79	3648,41	3852,96	3769,54	2975,63
MF (%)*	8,45	10,00	19,60	26,15	22,38	26,84
ST (%)	30,95	45,78	41,42	29,88	16,53	17,03

* na 2ª MS

2.4. Dieta dos animais

As dietas dos animais encontram-se na Tabela 3.

Tabela 3. Dieta dos animais.

Ingrediente	Espécie animal					
	Suíno	Ave de postura	Ovino	Caprino	Bovino de corte	Bovino de Leite
% do ingrediente na dieta						
Bicarbonato de sódio		0,06				
Calcário		9,97				
DL metionina		0,28				
Farelo de algodão						10,0
Farelo de soja	20,08	25,05	7,50		17,61	
Farelo de trigo			10,0			8,0
Fosfato bicálcio		1,10				1,0
Glicerina					10,0	
L- lisina HCl		0,09				
L- treonina		0,08				
Milho grão	74,69	61,27	30,0	25,0	30,34	55,0
Mineral					2,05	
Mineral aves		0,15				
Núcleo leite						4,0
Núcleo mineral			2,50	1,5		
Óleo de soja	1,23	1,50				
Pasto				58,5		à vontade
Sal comum		0,45				
Silagem de milho			50,0		40,0	
Soja grão				15,0		22,0
Suimix 50	4,0					
Total (%)	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0

2.5. Teste de diluições

Após a caracterização dos dejetos frescos foi feito o teste de diluições, por meio da separação das frações sólida e líquida. Os dejetos foram diluídos em água e homogeneizados (dejetos de ovinos e caprinos foram homogeneizados em liquidificador) nas proporções: 1:4, 1:5, 1:6, 1:7 e 1:8 (kg de dejetos por kg de água). Após a diluição foi adotado o processo físico de peneiramento, utilizando-se peneiras com malhas quadradas com aberturas de 0,75 mm, 1,00 mm e 1,50 mm, para separação dos sólidos.

Para o peneiramento o procedimento adotado foi o seguinte: a peneira era apoiada horizontalmente em um suporte metálico de modo que sua parte útil ficasse livre. O material era despejado sobre as malhas da peneira e então aguardado até que parasse de escorrer ou pingar.

O delineamento experimental foi o inteiramente casualizado com os tratamentos em esquema fatorial 3 x 5 com 4 repetições. A análise de variância foi feita no programa SAS 9.2 (2008) e os gráficos no programa Statistica 7.0 (2007).

Calculou-se as concentrações de sólidos totais e voláteis (em massa) da fração líquida.

2.6. Metodologias usadas

Para a quantificação dos teores de sólidos totais e voláteis foram utilizadas metodologias descritas em APHA (1995).

As amostras dos dejetos, bem como das diversas diluições, sem separação de sólidos e com separação nas três peneiras utilizadas, foram submetidas à pré-secagem em estufa com circulação de ar forçada a 55 °C durante 72 h. Em seguida, parte das amostras secas foi destinada à análise de nutrientes segundo Silva e Queiroz (2006) e, outra parte foi submetida às análises de sólidos totais em estufa de circulação de ar forçada por 12 h a 105 °C.

O teor de sólidos voláteis foi determinado a partir do material seco que serviu para determinação do teor de sólidos totais. As amostras foram queimadas em forno mufla a 580 °C durante 2,5 h para a determinação dos sólidos voláteis.

3. Resultados e discussão

Para o dejetos de suínos (Tabela 4) observou-se significância estatística ($p < 0,05$) para todos os parâmetros avaliados.

Observa-se no Gráfico 1, que maiores extrações de sólidos totais e voláteis se encontram nas peneiras de malha mais aberta e nas maiores diluições, sendo assim a maior extração obtida neste estudo foi na peneira de malha 1,50mm na diluição de 1:8. Este resultado pode ser explicado pelo fato de que quanto mais aberta a malha da peneira mais partículas passam e irão fazer parte da fração líquida, o que indica que para o dejetos de suínos as partículas possuem dimensões diversas. Segundo Møller, Sommer e Ahring (2002) a distribuição do tamanho das partículas do dejetos varia com a espécie de animal, e é afetada por vários fatores,

incluindo a alimentação. Além disso, por ter influência da diluição, pode-se dizer que o dejetos de suínos possui, dentro das diluições estudadas, algum tipo de cesão entre as partículas que as mantêm mais ou menos unidas em função da quantidade de água, porém pouco visível na observação das superfícies de resposta.

Tabela 4. Análise de variância para o dejetos de suínos.

Sólidos Totais		
Fonte de Variação	Erro padrão	Valor de P
Peneira	25,2021	<0,0001
Diluição	4,5791	<0,0001
Peneira x Diluição	1,3640	<0,0001
Efeito	Linear	<0,0001
	Quadrático	<0,0001
CV(%)	4,78	
Sólidos Voláteis		
Fonte de Variação	Erro padrão	Valor de P
Peneira	22,5703	<0,0001
Diluição	4,1009	<0,0001
Peneira x Diluição	1,2215	<0,0001
Efeito	Linear	<0,0001
	Quadrático	<0,0001
CV(%)	4,96	

Nível de probabilidade $P < 0,05$. CV: coeficiente de variação.

Sólidos totais (ponto estacionário): peneira=0,83 e diluição=7,70 (ponto de mínimo).

Sólidos voláteis (ponto estacionário): peneira= 0,81 e diluição= 7,66 (ponto de mínimo).

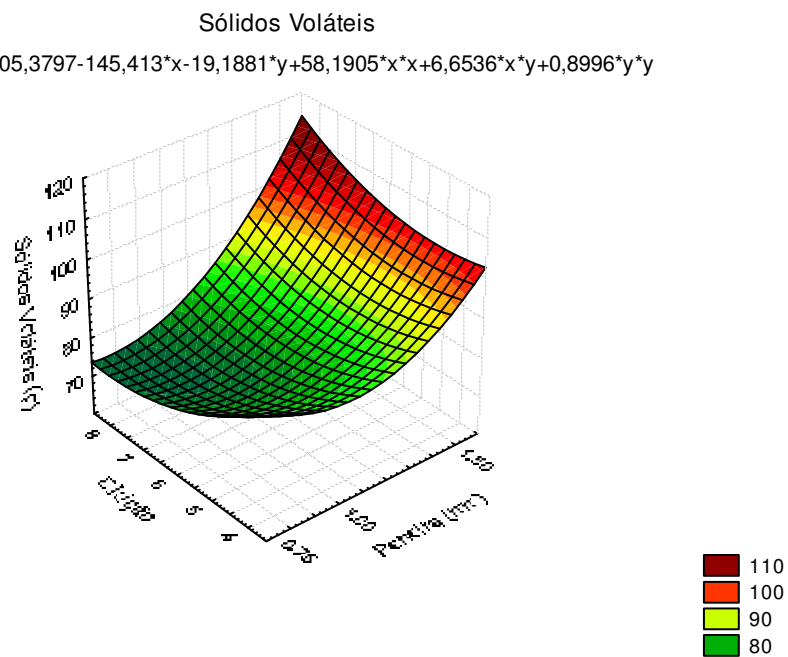
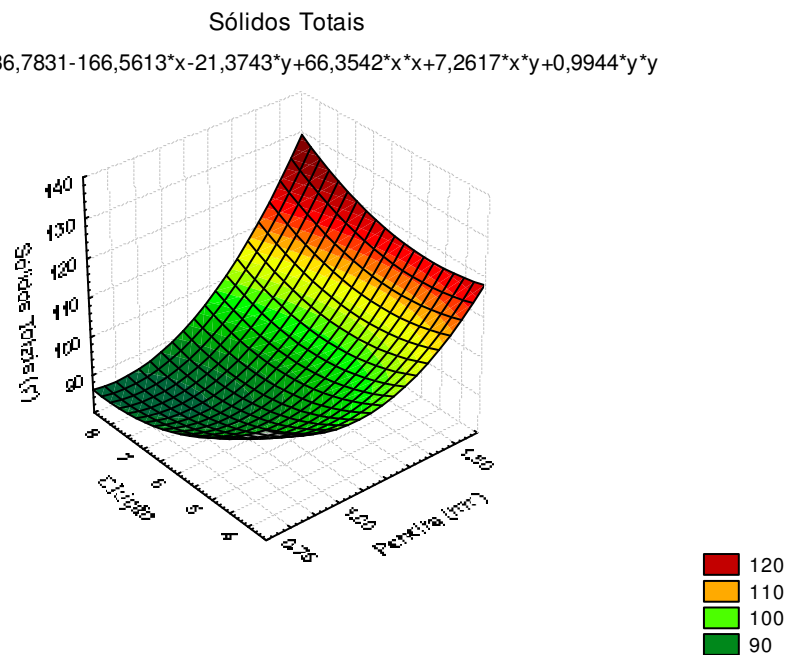


Gráfico 1. Superfícies de resposta para os dados referentes ao dejetos de suínos.

Na Tabela 5 podem ser visualizadas as médias de peso dos sólidos totais e voláteis na fração líquida observadas nas diluições de 1:4, 1:5, 1:6, 1:7 e 1:8 e peneiras de malha 0,75, 1,00 e 1,50mm para o dejetos de suínos.

Tabela 5. Pesos médios dos sólidos totais e voláteis na fração líquida do dejetos de suínos nas diluições 1:4, 1:5, 1:6, 1:7 e 1:8 e peneiras de malha 0,75; 1,0 e 1,5 mm.

Diluição	Peneira		
	0,75mm	1,00mm	1,50mm
Sólidos Totais (g)			
1: 4	100,95	97,85	108,01
1: 5	87,40	100,46	109,97
1: 6	91,71	83,86	104,07
1: 7	88,69	82,00	118,79
1: 8	88,27	84,27	114,83
Sólidos Voláteis (g)			
1: 4	86,62	83,59	94,45
1: 5	73,93	86,32	95,10
1: 6	78,40	72,47	90,45
1: 7	76,06	70,58	104,70
1: 8	75,24	72,72	100,94

Erro do quadrado médio do resíduo: 21,70 (ST) e 17,41 (SV).

Para o dejetos de aves de postura (Tabela 6) observou-se que houve significância estatística para sólidos totais e voláteis ($p < 0,05$) para todos os parâmetros avaliados. No Gráfico 2 tem-se a superfície de resposta para os dados referentes ao mesmo dejetos.

Tabela 6. Análise de variância para o dejetos de aves de postura.

Sólidos Totais		
Fonte de Variação	Erro padrão	Valor de P
Peneira	59,9475	0,0099
Diluição	10,8921	0,0002
Peneira x Diluição	3,2444	<0,0001
Efeito	Linear	<0,0001
	Quadrático	<0,0001
CV(%)	8,04	
Sólidos Voláteis		
Fonte de Variação	Erro padrão	Valor de P
Peneira	46,4180	0,0004
Diluição	8,4339	0,0020
Peneira x Diluição	2,5122	<0,0001
Efeito	Linear	<0,0001
	Quadrático	<0,0001
CV(%)	8,74	

Nível de probabilidade $P < 0,05$. CV: coeficiente de variação.

Sólidos totais (ponto estacionário): peneira=0,07 e diluição=5,58 (ponto de sela).

Sólidos voláteis (ponto estacionário): peneira=0,30 e diluição= 6,01 (ponto de sela).

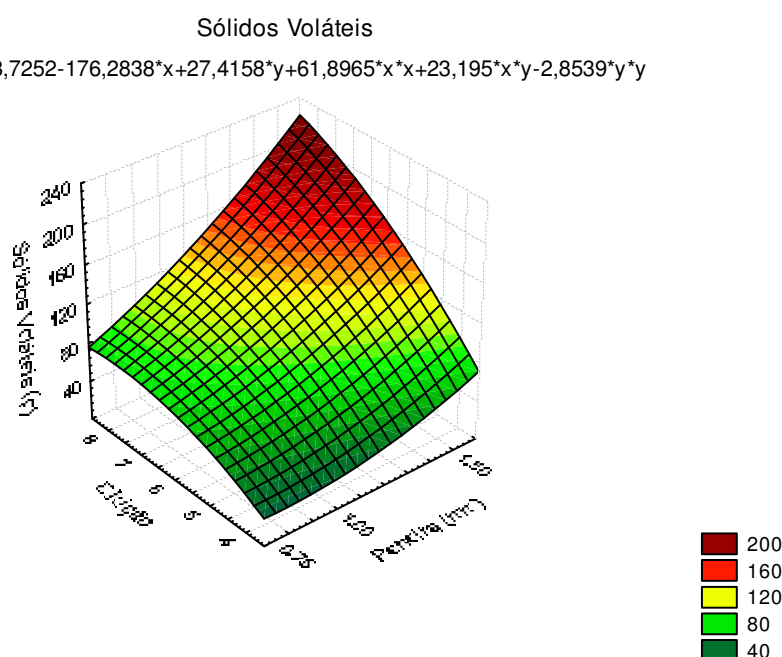
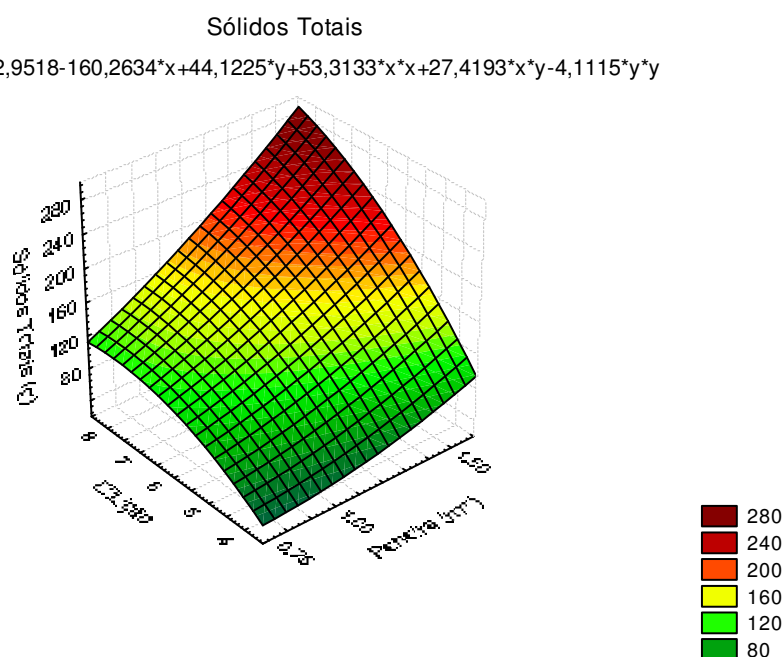


Gráfico 2. Superfícies de resposta para os dados referentes ao dejetos de aves de postura.

A visualização do Gráfico 2 deixa nítida a maior extração de sólidos totais e voláteis na peneira de malha 1,50mm na diluição 1:8 . As médias de peso dos sólidos totais encontradas nesta diluição foram 131,72, 142,62 e 251,94g, respectivamente para as peneiras de malha 0,75; 1,0 e 1,5 mm (Tabela 7). O resultado obtido indica que para o dejetos de aves de postura as partículas possuem

coesão entre si e, esta é influenciada pela quantidade de água. Outro fato a se observar é que por haver diferença estatística entre as peneiras é um indicativo de que, dentro das peneiras estudadas, o dejetos de aves de postura é composto por partículas de tamanhos diferentes, ou seja, o dejetos de aves de postura possui composição muito heterogênea e, portanto, características muito particulares. Segundo Steil (2001) e Gomes e Cappi (2010) os dejetos da criação de aves de postura são compostos pelas excretas das aves, penas, restos de ração, ovos quebrados, larvas de moscas e material do piso do aviário. Além disso, existe diferenças na granulometria das excretas em função da dieta dos animais e dos ingredientes usados na formulação da mesma.

Na Tabela 7 podem ser visualizadas as médias de peso dos sólidos totais e voláteis na fração líquida observadas nas diluições de 1:4, 1:5, 1:6, 1:7 e 1:8 e peneiras de malha 0,75, 1,00 e 1,50mm para o dejetos de aves de postura.

Tabela 7. Pesos médios dos sólidos totais e voláteis na fração líquida do dejetos de aves de postura nas diluições 1:4, 1:5, 1:6, 1:7 e 1:8 e peneiras de malha 0,75; 1,0 e 1,5 mm.

Diluição	Peneira		
	0,75mm	1,00mm	1,50mm
Sólidos Totais (g)			
1: 4	60,98	78,49	116,83
1: 5	75,92	98,54	145,25
1: 6	110,11	144,01	197,75
1: 7	114,88	151,89	247,63
1: 8	131,72	142,62	251,94
Sólidos Voláteis (g)			
1: 4	40,19	53,10	85,23
1: 5	50,22	66,74	105,83
1: 6	74,26	100,36	149,42
1: 7	77,64	105,06	184,68
1: 8	91,47	97,52	191,69

Erro do quadrado médio do resíduo: 122,81 (ST) e 73,62 (SV).

Para o dejetos de ovinos (Tabela 8) observou-se que houve significância estatística ($p < 0,05$) para todos os parâmetros avaliados.

Tabela 8. Análise de variância para o dejetos de ovinos.

Sólidos Totais		
Fonte de Variação	Erro padrão	Valor de P
Peneira	45,7672	0,0001
Diluição	8,3156	<0,0001
Peneira x Diluição	2,4770	0,0065
Efeito	Linear	<0,0001
	Quadrático	<0,0001
CV(%)	4,67	
Sólidos Voláteis		
Fonte de Variação	Erro padrão	Valor de P
Peneira	40,8725	<0,0001
Diluição	7,4263	0,0001
Peneira x Diluição	2,2121	0,0373
Efeito	Linear	<0,0001
	Quadrático	<0,0001
CV(%)	4,99	

Nível de probabilidade $P < 0,05$. CV: coeficiente de variação.

Sólidos totais (ponto estacionário): peneira=0,93 e diluição=5,42 (ponto de sela).

Sólidos voláteis (ponto estacionário): peneira=0,92 e diluição=4,99 (ponto de sela).

Foi observado (Gráfico 3) que menores diluições e malhas mais abertas resultaram em maior extração de sólidos totais e voláteis. Portanto, para as diluições e peneiras utilizadas neste estudo o melhor resultado para sólidos totais foi o encontrado na diluição de 1:4 na peneira de malha 1,50mm e para sólidos voláteis na diluição de 1:5 na peneira de malha 1,50mm (Tabela 9). O resultado indica que apesar da menor diluição, o que poderia ter aumentado a coesão entre as partículas do dejetos, a peneira com malha mais aberta proporcionou maior passagem dos sólidos, ou seja, os dejetos de ovinos possuem fácil desagregação das partículas mesmo com menores quantidades de água na composição, podendo estar relacionado com o grande conteúdo fibroso dos dejetos. Outro fato a ser destacado é que as porcentagens de sólidos voláteis para todos os tratamentos tiveram valores próximos entre si, resultando numa superfície de resposta muito semelhante à superfície de resposta dos sólidos totais.

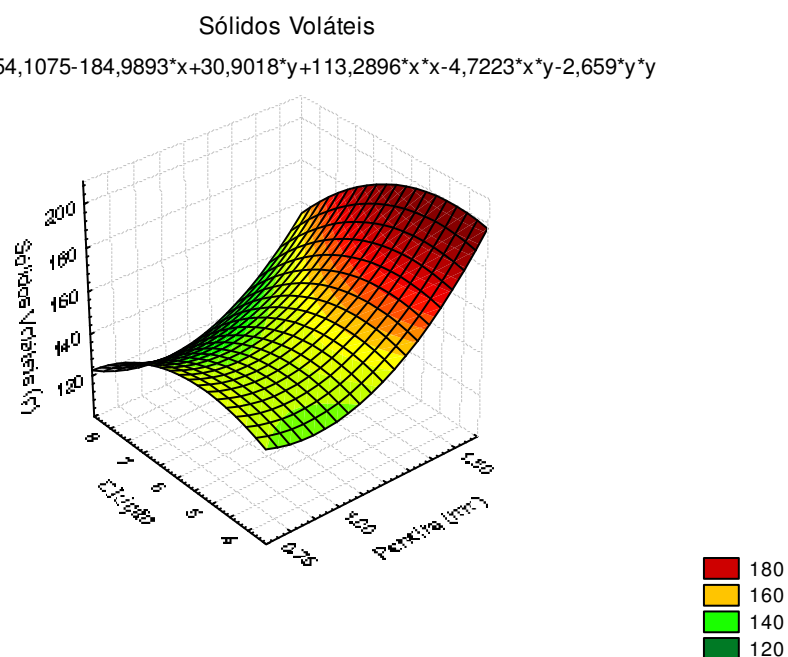
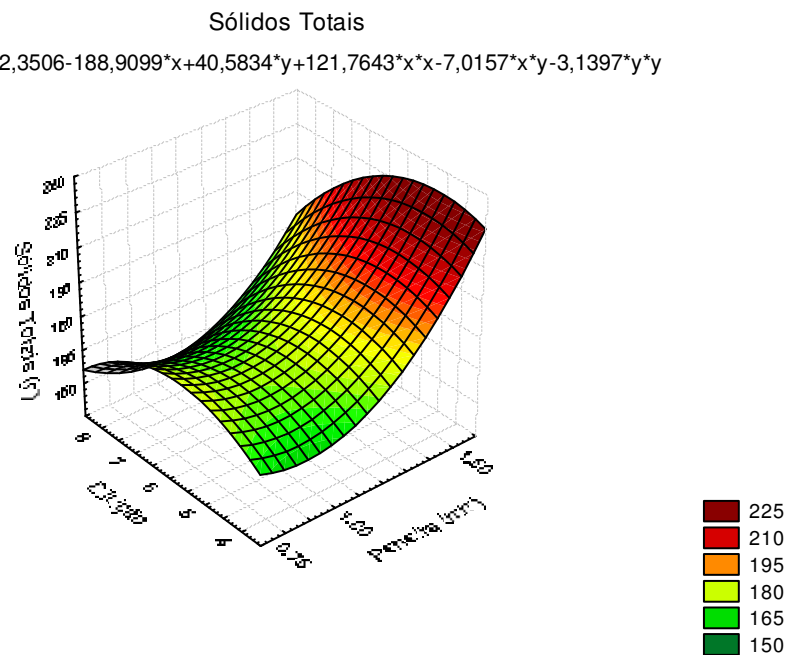


Gráfico 3. Superfícies de resposta para os dados referentes ao dejetos de ovinos.

Na Tabela 9 podem ser visualizadas as médias de peso dos sólidos totais e voláteis na fração líquida observadas nas diluições de 1:4, 1:5, 1:6, 1:7 e 1:8 e peneiras de malha 0,75, 1,00 e 1,50mm para o dejetos de ovinos.

Tabela 9. Pesos médios dos sólidos totais e voláteis na fração líquida do dejetos de ovinos nas diluições 1:4, 1:5, 1:6, 1:7 e 1:8 e peneiras de malha 0,75; 1,0 e 1,5 mm.

Diluição	Peneira		
	0,75mm	1,00mm	1,50mm
Sólidos Totais (g)			
1: 4	166,46	165,81	220,17
1: 5	176,05	174,26	214,23
1: 6	195,78	167,37	204,75
1: 7	175,77	163,41	193,33
1: 8	144,84	165,67	187,55
Sólidos Voláteis (g)			
1: 4	145,67	137,42	187,05
1: 5	149,48	148,98	188,61
1: 6	161,28	140,22	176,51
1: 7	137,81	128,72	159,74
1: 8	116,79	136,86	155,05

Erro do quadrado médio do resíduo: 71,58 (ST) e 57,09 (SV).

Para o dejetos de caprinos (Tabela 10) observou-se que houve significância estatística ($p < 0,05$) para efeito linear e quadrático e, para sólidos voláteis também para diluição. No Gráfico 4 tem-se a superfície de resposta para os dados referentes ao mesmo dejetos.

Tabela 10. Análise de variância para o dejetos de caprinos.

Sólidos Totais		
Fonte de Variação	Erro padrão	Valor de P
Peneira	62,0214	0,2290
Diluição	11,2689	0,0766
Peneira x Diluição	3,3566	0,6888
Efeito	Linear	<0,0001
	Quadrático	0,0421
CV(%)	7,39	
Sólidos Voláteis		
Fonte de Variação	Erro padrão	Valor de P
Peneira	50,9214	0,3304
Diluição	9,2521	0,0191
Peneira x Diluição	2,7559	0,8827
Efeito	Linear	<0,0001
	Quadrático	0,0064
CV(%)	7,39	

Nível de probabilidade $P < 0,05$. CV: coeficiente de variação.

Sólidos totais (ponto estacionário): peneira=-1,07 e diluição=5,42 (ponto de sela).

Sólidos voláteis (ponto estacionário): peneira=-0,70 e diluição=5,36 (ponto de sela).

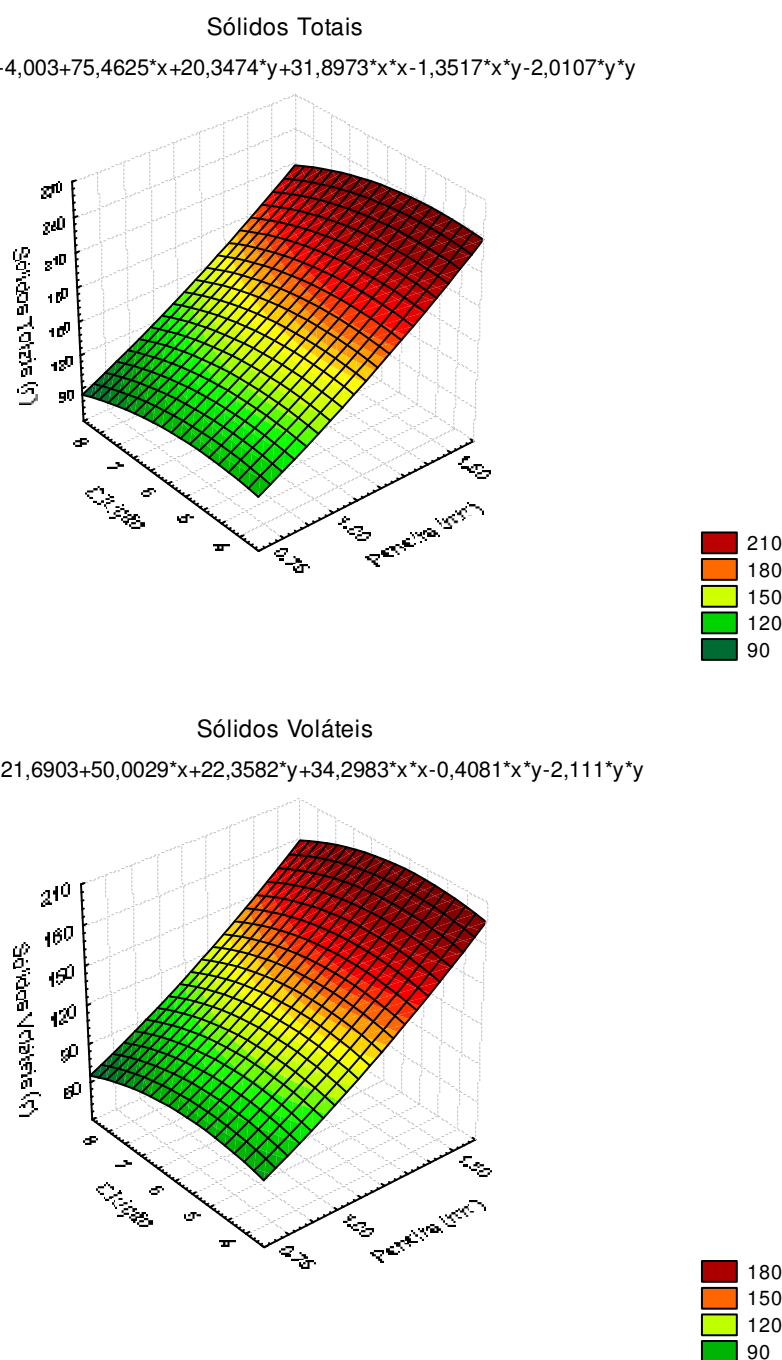


Gráfico 4. Superfícies de resposta para os dados referentes ao dejetos de caprinos.

Na superfície de resposta para o dejetos de caprinos (Gráfico 4) observa-se que os maiores teores de sólidos totais e voláteis na fração líquida estão na peneira de malha 1,50mm e nas menores diluições, indicando que o dejetos de caprinos possui tamanhos diversos de partículas que resultaram em maior passagem na peneira de malha mais aberta. No entanto, a coesão entre as partículas não é muito

dependente da quantidade de água, pois nota-se também no mesmo gráfico, valores semelhantes para mesma abertura de malha de peneira em diluições diferentes.

Na Tabela 11 encontram-se os pesos médios dos sólidos totais e voláteis na fração líquida do dejetos de caprinos em diferentes diluições e peneiras de malha 0,75; 1,0 e 1,5 mm.

Tabela 11. Pesos médios dos sólidos totais e voláteis na fração líquida do dejetos de caprinos nas diluições 1:4, 1:5, 1:6, 1:7 e 1:8 e peneiras de malha 0,75; 1,0 e 1,5 mm.

Diluição	Peneira		
	0,75mm	1,00mm	1,50mm
Sólidos Totais (g)			
1: 4	114,89	131,51	231,46
1: 5	123,84	152,01	219,32
1: 6	113,58	168,22	214,65
1: 7	96,32	134,14	192,35
1: 8	102,03	118,75	214,58
Sólidos Voláteis (g)			
1: 4	88,29	104,51	191,21
1: 5	96,80	124,01	184,28
1: 6	92,49	136,13	181,82
1: 7	77,86	110,03	162,79
1: 8	80,56	95,79	183,63

Erro do quadrado médio do resíduo: 131,49 (ST) e 88,61 (SV).

Para o dejetos de bovinos de corte (Tabela 12) observou-se que houve significância estatística ($p < 0,05$) para todos os parâmetros avaliados exceto para peneira x diluição (sólidos voláteis).

Para o dejetos de bovinos de corte maiores pesos de sólidos totais e voláteis na fração líquida foram observados nas peneiras de malha mais aberta e nas maiores diluições. A observação do Gráfico 5 mostra que o melhor resultado foi o encontrado na diluição de 1:8 na peneira de malha 1,50mm, indicando que o dejetos possui partículas de vários tamanhos, pois aumentou a passagem de sólidos com o aumento das malhas e, que existe certa coesão entre as partículas, que pode ser desfeita em função da quantidade de água presente, pois as maiores concentrações de sólidos são observadas nas maiores diluições.

Tabela 12. Análise de variância para o dejetos de bovinos de corte.

Sólidos Totais		
Fonte de Variação	Erro padrão	Valor de P
Peneira	20,2262	0,0115
Diluição	3,6750	0,0142
Peneira x Diluição	1,0947	0,0407
Efeito	Linear	<0,0001
	Quadrático	0,0089
CV(%)	3,91	
Sólidos Voláteis		
Fonte de Variação	Erro padrão	Valor de P
Peneira	17,3103	0,0136
Diluição	3,1452	0,0085
Peneira x Diluição	0,9368	0,0676
Efeito	Linear	<0,0001
	Quadrático	0,0105
CV(%)	4,03	

Nível de probabilidade $P < 0,05$. CV: coeficiente de variação.

Sólidos totais (ponto estacionário): peneira=2,17 e diluição=10,20 (ponto de máximo).

Sólidos voláteis (ponto estacionário): peneira=2,29 e diluição=10,14 (ponto de máximo).

Este resultado corrobora com o encontrado por Junqueira *et al.* (2011) que em experimento semelhante a este concluiu que as maiores concentrações de sólidos totais na fração líquida foram identificadas na fração líquida resultante das peneiras de malha mais aberta, no entanto com a melhor diluição a de 1:6.

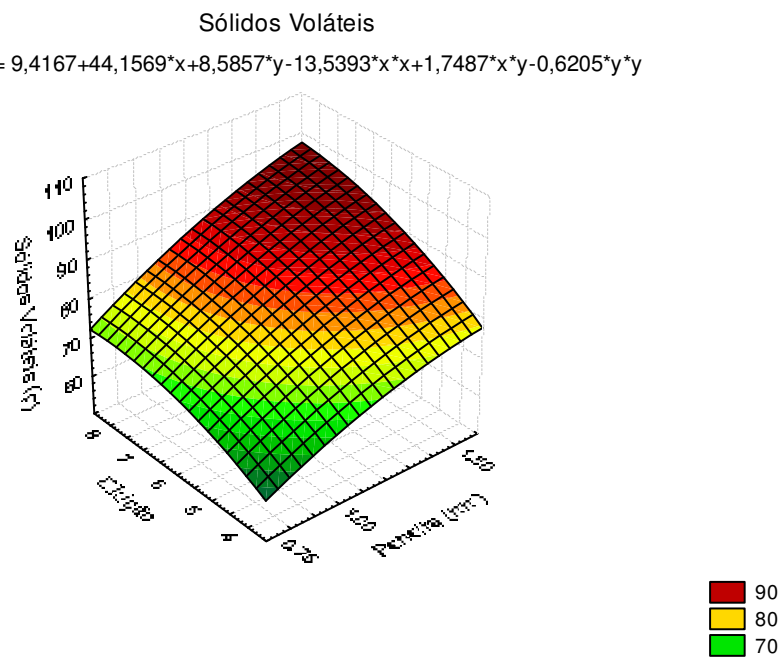
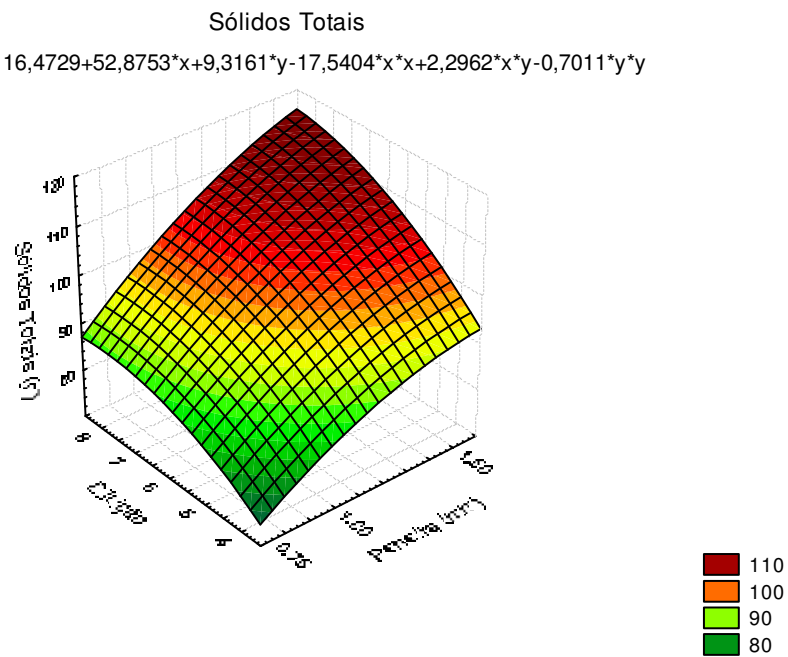


Gráfico 5. Superfícies de resposta para os dados referentes ao dejetos de bovinos de corte.

Na Tabela 13 encontram-se os pesos médios dos sólidos totais e voláteis na fração líquida do dejetos de bovinos de corte em diferentes diluições e peneiras de malha 0,75; 1,0 e 1,5 mm.

Tabela 13. Pesos médios dos sólidos totais e voláteis na fração líquida do dejetos de bovinos de corte nas diluições 1:4, 1:5, 1:6, 1:7 e 1:8 e peneiras de malha 0,75; 1,0 e 1,5 mm.

Diluição	Peneira		
	0,75mm	1,00mm	1,50mm
Sólidos Totais (g)			
1: 4	75,68	87,24	97,15
1: 5	87,68	91,38	102,06
1: 6	89,70	96,99	111,53
1: 7	90,02	94,93	102,53
1: 8	86,16	103,66	117,92
Sólidos Voláteis (g)			
1: 4	61,71	71,79	80,68
1: 5	71,97	75,20	85,56
1: 6	73,97	79,96	93,72
1: 7	74,56	79,28	85,42
1: 8	71,41	86,09	98,94

Erro do quadrado médio do resíduo: 13,98 (ST) e 10,24 (SV).

Para o dejetos de bovinos de leite (Tabela 14) observou-se que houve significância estatística ($p < 0,05$) para todos os parâmetros avaliados, exceto peneira x diluição.

Tabela 14. Análise de variância para o dejetos de bovinos de leite.

Sólidos Totais		
Fonte de Variação	Erro padrão	Valor de P
Peneira	11,2663	<0,0001
Diluição	2,0470	<0,0001
Peneira x Diluição	0,6097	0,9514
Efeito	Linear	<0,0001
	Quadrático	<0,0001
CV(%)	2,50	
Sólidos Voláteis		
Fonte de Variação	Erro padrão	Valor de P
Peneira	7,9757	<0,0001
Diluição	1,4491	<0,0001
Peneira x Diluição	0,4317	0,8282
Efeito	Linear	<0,0001
	Quadrático	<0,0001
CV(%)	2,17	

Nível de probabilidade $P < 0,05$. CV: coeficiente de variação.

Sólidos totais (ponto estacionário): peneira=1,76 e diluição=7,40 (ponto de máximo).

Sólidos voláteis (ponto estacionário): peneira=2,00 e diluição=7,36 (ponto de máximo).

A maior extração de sólidos totais, considerando-se as três peneiras estudadas, foi obtida na peneira de malha de 1,50mm e diluição de 1:8. A observação do Gráfico 6 mostra que peneiras de malhas mais abertas e maiores diluições proporcionam maior passagem de sólidos, tanto totais quanto voláteis. De acordo com o observado, pode-se dizer que o dejetos de bovinos de leite possui coesão entre as partículas e que esta pode ser desfeita em maior ou menor grau com a quantidade de água adicionada e, que com o aumento das malhas das peneiras é possível a passagem de maior quantidade de partículas.

Este resultado é superior ao encontrado por Rico *et al.* (2007) que trabalhando com separação de sólidos por meio de prensa (com peneira de malha de 1,00 mm e dejetos com 7 a 8% de sólidos totais) seguida por uso de polímero e sedimentação por gravidade conseguiram frações líquidas com 0,04g de sólidos totais.L⁻¹ de substrato e 0,03 g de sólidos voláteis.L⁻¹ de substrato.

Rico, Rico e Lasa (2012) trabalhando com separação de sólidos por meio de prensa (com peneira de malha de 0,80 mm) seguida por centrifugação e posterior uso de polímero, conseguiram frações líquidas com de 18,6g de sólidos totais.L⁻¹ de substrato e 11,46g de sólidos voláteis.L⁻¹ de substrato. Este resultado é muito superior ao encontrado no presente estudo, porém vale ressaltar que neste caso somente foi usado peneiramento por gravidade.

Considerando-se que tanto para o dejetos de bovinos de corte quanto para o dejetos de bovinos de leite os pontos estacionários são de máximo (Tabelas 12 e 14) e que estes se encontram fora das diluições e malhas de peneiras pesquisadas, sugere-se que novos estudos sejam feitos a fim de se conseguir melhores resultados de extração de sólidos totais e voláteis.

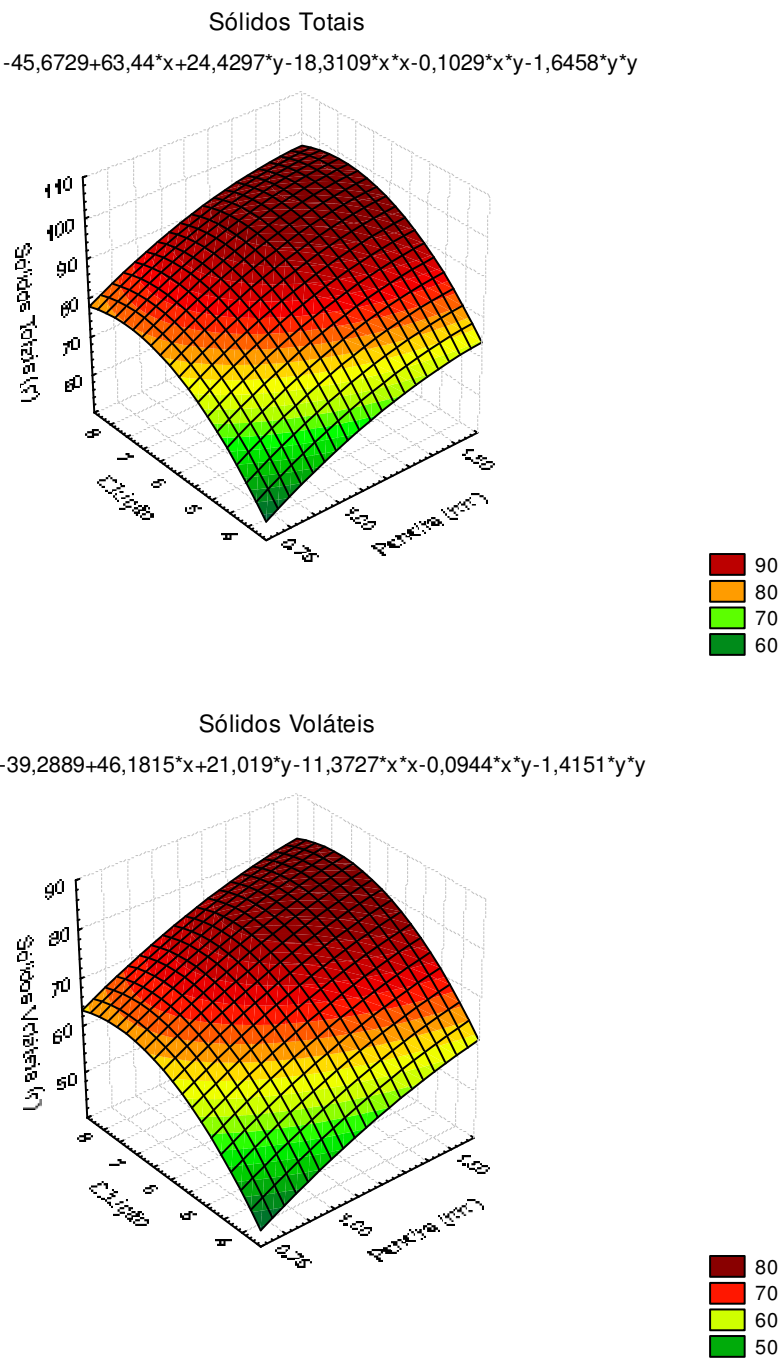


Gráfico 6. Superfícies de resposta para os dados referentes ao dejetos de bovinos de leite.

Na Tabela 15 encontram-se os pesos médios dos sólidos totais e voláteis na fração líquida do dejetos de bovinos de leite em diferentes diluições e peneiras de malha 0,75; 1,0 e 1,5 mm.

Tabela 15. Pesos médios dos sólidos totais e voláteis na fração líquida do dejetos de bovinos de leite nas diluições 1:4, 1:5, 1:6, 1:7 e 1:8 e peneiras de malha 0,75; 1,0 e 1,5 mm.

Diluição	Peneira		
	0,75mm	1,00mm	1,50mm
Sólidos Totais (g)			
1: 4	63,98	68,19	79,27
1: 5	70,18	82,44	90,35
1: 6	80,65	87,31	93,89
1: 7	83,05	87,26	93,83
1: 8	80,04	89,58	100,16
Sólidos Voláteis (g)			
1: 4	51,37	55,43	64,90
1: 5	56,67	64,05	75,06
1: 6	65,24	71,60	79,25
1: 7	66,20	71,65	78,21
1: 8	64,85	73,73	82,01

Erro do quadrado médio do resíduo: 4,34 (ST) e 2,17 (SV)

4. Conclusão

Os resultados não permitiram uma conclusão geral para todos os dejetos avaliados, pois cada um apresentou características individuais. Concluiu-se que:

- dejetos de suínos, aves de postura, bovinos de corte e bovinos de leite: maiores extrações de sólidos totais e voláteis foram conseguidos nas peneiras de malha mais aberta e nas maiores diluições;
- dejetos de ovinos: menores diluições e malhas mais abertas de peneira resultaram em maior extração de sólidos totais e voláteis;
- dejetos de caprinos: maiores teores de sólidos voláteis na fração líquida estão nas menores diluições.

5. Referências

AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION - APHA. Standard methods for examination of water and wastewater. American Water Works Association, 19th ed. Washington, DC, 1995. 1134 p.

DIESEL, R.; MIRANDA, C. R.; PERDOMO, C. C. **Coletânea de tecnologias sobre dejetos suínos**. Concórdia: Embrapa Suínos e Aves e Extensão: EMATER/RS, 2002. 31 p. (Embrapa Suínos e Aves e Extensão - EMATER/RS. Boletim Informativo, 14).

EYERKAUFER, M. L.; BRITO, A. O. Viabilidade econômica da compostagem de dejetos suínos. In: CONGRESSO UFSC DE CONTROLADORIA E FINANÇAS, 4., 2011, Florianópolis. **Anais eletrônicos...** Florianópolis: UFSC, 2011. Disponível em: <<http://dvl.ccn.ufsc.br/congresso/anais/4CCF/20101217152221.pdf>>. Acesso em: 20 jan. 2013.

JUNQUEIRA, J. B.; LUCAS JR, J.; COSTA, L. V. C.; SAGULA, A.; MENESES, S. L. Diluição e separação das frações sólida e líquida de dejetos de bovinos de corte para abastecimento de biodigestores anaeróbios. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL SOBRE GERENCIAMENTO DE RESÍDUOS AGROPECUÁRIOS E AGROINDUSTRIAS – SIGERA, 2., 2011, Foz do Iguaçu. **Anais eletrônicos...** Foz do Iguaçu: SBERA, 2011. Disponível em: <<http://www.sbera.org.br/2sigera/obras/t063.pdf>>. Acesso em: 20 jan. 2013.

KUNZ, A.; HIGARASHI, M. M.; OLIVEIRA, P. A. Tecnologias de manejo e tratamento de dejetos de suínos estudadas no Brasil. **Cadernos de Ciência & Tecnologia**, Brasília, v. 22, n. 3, p. 651-665, 2005.

ORRICO JR, M. A. P. **Biodigestão anaeróbia e compostagem de dejetos de suínos, com e sem separação de sólidos**. 2007. 93 f. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Jaboticabal, 2007.

RICO, C.; RICO, J. L.; LASA, C. Anaerobic digestion of the liquid fraction of dairy manure separated by screw pressing and centrifugation in a upflow anaerobic sludge blanket reactor at 25 °C. **Biosystems engineering**, Bedford, v. 112, n. 4, p. 344-351, 2012.

RICO, C.; RICO, J. L.; TEJEROA, I.; MUÑOZ, N.; GÓMEZ, B. Anaerobic digestion of the liquid fraction of dairy manure in pilot plant for biogas production: residual methane yield of digestate. **Waste Management**, v. 31, n. 9-10, p. 2167-2173, 2011.

RICO, J. L.; GARCÍA, H.; RICO, C.; TEJERO, I. Characterization of solid and liquid fractions of dairy manure with regard to their component distribution and methane production. **Bioresource Technology**, Essex, v. 98, n. 5, p. 971-979, 2007.

SILVA, D. J.; QUEIROZ, A. C. **Análise de Alimentos Métodos Químicos e Biológicos**. 3. ed. Viçosa: Editora UFV, 2006. 235 p.

SAS Institute. **SAS user's guide: statistics**. 6th ed. Cary: Statistical Analysis System Institute, 2008.

STATSOFT, INC. Statistica (data analysis software system), version 7. 2007.

WEN, Z., FREAR, C., CHEN, S. Anaerobic digestion of liquid dairy manure using a sequential continuous-stirred tank reactor system. **Journal of Chemical Technology and Biotechnology**, Hoboken, v. 82, n. 8, p. 758-766, 2007.

ZHANG, R. H., WESTERMAN, P. W. Solid-liquid separation of animal manure for odor control and nutrient management. **Applied Engineering in Agriculture**, St. Joseph, v. 13, n. 5, p. 385-393. 1997.

CAPÍTULO 3 – Produção de biogás em biodigestores do tipo batelada com e sem separação de sólidos

RESUMO – Objetivou-se avaliar a separação de sólidos no processo de biodigestão anaeróbia em biodigestores do tipo batelada de dejetos suínos, aves de postura, ovinos, caprinos, bovinos de corte e de leite, mensurando a eficiência do método de separação de sólidos na produção e qualidade do biogás, no potencial de produção de biogás e redução de sólidos. Para a separação dos sólidos foi utilizada peneira de malha quadrada de 1mm. O delineamento experimental foi o inteiramente casualizado com 2 tratamentos (com e sem separação de sólidos) e 4 repetições. Foram mensuradas a produção (m^3) e composição (CH_4 e CO_2) do biogás produzido, bem como os teores de sólidos totais e voláteis. Para todos os dejetos a separação de sólidos proporcionou maior porcentagem de CH_4 (exceto para o dejetos de aves e caprinos, onde os tratamentos não diferiram estatisticamente) e menor de CO_2 (exceto para o dejetos de aves, onde os tratamentos não diferiram estatisticamente entre si). Dejetos de suínos: a separação de sólidos proporcionou maior produção de biogás, aumento dos potenciais de produção de biogás e menor redução de sólidos totais (para sólidos voláteis os tratamentos não diferiram estatisticamente entre si). Dejetos de aves: o tratamento sem separação de sólidos proporcionou a maior produção de biogás, aumento dos potenciais de produção de biogás e, para redução de sólidos os tratamentos não diferiram estatisticamente entre si. Dejetos de ovinos: a separação de sólidos proporcionou menor produção de biogás, menores potenciais de produção de biogás, enquanto que para a redução de sólidos não foi observada diferença estatística entre os tratamentos. Dejetos de caprinos: a separação de sólidos proporcionou menor produção de biogás, menores potenciais de produção de biogás e, maior redução de sólidos totais e sólidos voláteis. Dejetos de bovino de corte: a separação de sólidos proporcionou menor produção de biogás, menor potencial de produção de biogás por kg de dejetos e não diferiu estatisticamente do tratamento sem separação para os demais potenciais, além de obter as menores reduções de sólidos. Dejetos de bovinos de leite: a separação de sólidos proporcionou menor produção de biogás, menor potencial de produção de biogás por kg de dejetos e não diferiu estatisticamente do tratamento sem separação para os demais potenciais e reduções de sólidos. Conclui-se que a separação de sólidos é um método eficiente para aumentar a qualidade do biogás produzido (exceto para o dejetos de aves, no qual o método não foi capaz de aumentar a qualidade), porém ineficiente para aumentar o potencial de produção de biogás (exceto para o dejetos de suínos) e para reduzir sólidos do substrato (exceto dejetos de caprinos).

Palavras-chave: biodigestão anaeróbia, não ruminantes, peneira, ruminantes

CHAPTER 3 – Biogas production in the batch type digesters with and without solids separation

ABSTRACT – This trial aimed to evaluate the separation of solids in the process of anaerobic digestion in batch digesters of wastes of swine, laying hens, sheep, goats, beef and dairy cattle, measuring the efficiency of the solids separation method in biogas production and quality, on potential for biogas production and solids reduction. For the solids separation a sieve of 1 mm square mesh was used. The experimental design was completely randomized with two treatments (with and without solids separation) and 4 replicates. Production (m^3) and composition (CH_4 and CO_2) of the biogas produced, as well as the content of total and volatile solids were measured. For all manure the solids separation showed higher percentage of CH_4 (except for the manure of birds and goats, where the treatments did not differ statistically) and lower CO_2 (except for poultry manure, where treatments were not statistically different). Swine manure: solids separation yielded greater biogas production, increase on the potential for biogas production and lower reduction of total solids (regarding the volatile solids the treatments did not differ statistically). Poultry waste: treatment without solids separation yielded the highest biogas production, increase on the potential for biogas production and for the reduction of solid the treatments did not differ statistically among each other. Sheep waste: solids separation resulted in less production of biogas, lower biogas potential of production, while for the reduction of solids there was no statistical difference observed among treatments. Goat waste: solids separation resulted in less production of biogas, lower potential for biogas production and greater reduction of total solids and volatile solids. Beef cattle waste: solids separation provided less biogas production, lower production potential of biogas per kg of manure and did not differ statistically from treatment without separation for the other potentials, as well as got smaller solids reduction. Dairy Cattle waste: solids separation provided less biogas production, lower production potential of biogas per kg of waste and did not differ statistically from the treatment without separation for the other potentials and solids reductions. It was concluded that the separation of solids is an efficient method to increase the quality of biogas produced (except for poultry manure, in which the method was not able to increase the quality), but inefficient to increase the potential for biogas production (except for the swine manure) and to reduce the solid substrate (except for the goat manure).

Keywords: anaerobic digestion, non-ruminants, sieve, ruminants

1. Introdução

Ao comparar o impacto ambiental dos resíduos das diversas espécies animais de interesse econômico, muitas vezes só é levado em consideração o potencial poluidor da atividade, deixando de lado a quantidade de produto gerado por esta atividade, fazendo com que esta comparação prejudique ou até crie um estereótipo de atividade ambientalmente predatória (ORRICO JR; ORRICO; LUCAS JR, 2011). No entanto, vários são os processos de tratamento para os dejetos de origem animal, porém, a escolha do processo a ser adotado dependerá de fatores como: características do dejetos e do local, operação e recursos financeiros (MIRANDA; PERDOMO, 2002).

Uma das técnicas de tratamento dos dejetos é a combinação de processos físicos e biológicos. Com o processo físico é possível a separação das frações sólida e líquida dos dejetos para posterior encaminhamento para o processo biológico de maneira a se obter os melhores resultados no mesmo. Nos dejetos com características sólidas é possível fazer o tratamento biológico por meio dos processos de compostagem, enquanto que nos dejetos fluídos o tratamento pode ser feito por meio de biodigestão anaeróbia, onde ocorre a degradação biológica do dejetos por microrganismos aeróbios facultativos e anaeróbios, resultando em um material estável e isento de organismos patogênicos (MIRANDA; PERDOMO, 2002).

Para que o processo de biodigestão anaeróbia ocorra de maneira eficiente, o substrato pode precisar de ajustes com relação aos teores de sólidos totais, o que pode ser feito por meio de diluições, de modo a obter o melhor desempenho do biodigestor com a menor quantidade de água possível.

O trabalho teve como objetivo avaliar a separação de sólidos sobre o processo de biodigestão anaeróbia dos dejetos de suínos, aves de postura, ovinos, caprinos, bovinos de corte e bovinos de leite em biodigestores do tipo batelada, mensurando a eficiência do método de separação de sólidos na produção e qualidade do biogás, bem como nos potenciais de produção de biogás e a redução de sólidos.

2. Material e Métodos

2.1. Descrição do local

A pesquisa foi desenvolvida no Laboratório de Biomassa do Departamento de Engenharia Rural pertencente à Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias – Unesp Jaboticabal.

2.2. Colheita do dejetos

Os dejetos colhidos nos diversos setores pertencentes à Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias – Unesp Jaboticabal, estão descritos na Tabela 1 de acordo com suas características no momento da colheita.

Tabela 1. Características de cada tipo de dejetos no momento da colheita.

Espécie animal	Categoria animal	Local de colheita	Setor da Faculdade
Suínos	Machos e fêmeas em crescimento	raspagem das baias (com lâmina de água)	Suinocultura
Aves	Galinhas de postura	raspagem do piso abaixo das gaiolas	Avicultura
Ovinos	Fêmeas em diferentes idades e machos jovens	raspagem do piso abaixo do piso ripado	Ovinocultura
Caprinos	Fêmeas adultas	raspagem do piso abaixo do piso ripado	Caprinocultura
Bovinos de corte	Machos engorda	Raspagem do piso das baias de confinamento	Digestibilidade
Bovinos de leite	Vacas em lactação	raspagem do piso de concreto	Bovinocultura de Leite

2.3. Caracterização do dejetos

Dos dejetos colhidos foram retiradas amostras para determinação da primeira matéria seca. Após secas, as amostras foram finamente moídas em moinho de bola para realização da segunda matéria seca (2ª MS), determinação dos teores de

sólidos totais (ST), fibra em detergente neutro (FDN), fibra em detergente ácido (FDA), energia bruta (EB) e matéria fibrosa (MF) (Tabela 2).

Tabela 2. Composição dos dejetos.

Item	Espécie animal					
	Suíno	Ave	Ovino	Caprino	Bovino de corte	Bovino de leite
2ª MS (%)	91,54	95,40	90,91	92,01	91,97	96,59
FDN (%)*	43,28	29,22	47,56	56,12	52,69	73,03
FDA (%)*	20,65	18,20	28,27	33,30	28,49	31,07
EB (cal/g)*	3807,41	2977,79	3648,41	3852,96	3769,54	2975,63
MF (%)*	8,45	10,00	19,60	26,15	22,38	26,84
ST (%)	30,95	45,78	41,42	29,88	16,53	17,03

* na 2ª MS

2.4. Dieta dos animais

As dietas dos animais encontram-se na Tabela 3.

Tabela 3. Dietas dos animais.

Ingrediente	Espécie animal					
	Suíno	Ave de postura	Ovino	Caprino	Bovino de corte	Bovino de Leite
% do ingrediente na dieta						
Bicarbonato de sódio		0,06				
Calcário		9,97				
DL metionina		0,28				
Farelo de algodão						10,0
Farelo de soja	20,08	25,05	7,50		17,61	
Farelo de trigo			10,0			8,0
Fosfato bicálcio		1,10				1,0
Glicerina					10,0	
L- lisina HCl		0,09				
L- treonina		0,08				
Milho grão	74,69	61,27	30,0	25,0	30,34	55,0
Mineral					2,05	
Mineral aves		0,15				
Núcleo leite						4,0
Núcleo mineral			2,50	1,5		
Óleo de soja	1,23	1,50				
Pasto				58,5		à vontade
Sal comum		0,45				
Silagem de milho			50,0		40,0	
Soja grão				15,0		22,0
Suimix 50	4,0					
Total	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0

2.5. Biodigestão anaeróbia

Para cada tipo de dejetos o teor de sólidos totais foi ajustado para cerca de 4%. Para a separação das frações (sólida e líquida) foi utilizada peneira de malha quadrada com abertura de 1 mm.

Para a biodigestão anaeróbia foram utilizados biodigestores do tipo batelada com capacidade para 1,8 litro de substrato. O tempo de retenção hidráulica foi determinado pelo fim da produção de biogás. O modelo dos biodigestores utilizados está apresentado na Figura 1.

O delineamento experimental foi o inteiramente casualizado com 2 tratamentos (com e sem separação de sólidos) e 4 repetições.

Foram mensuradas a produção (m^3) e composição (CH_4 e CO_2) do biogás produzido, bem como os teores de sólidos totais e voláteis. E calculados os potenciais de produção de biogás.

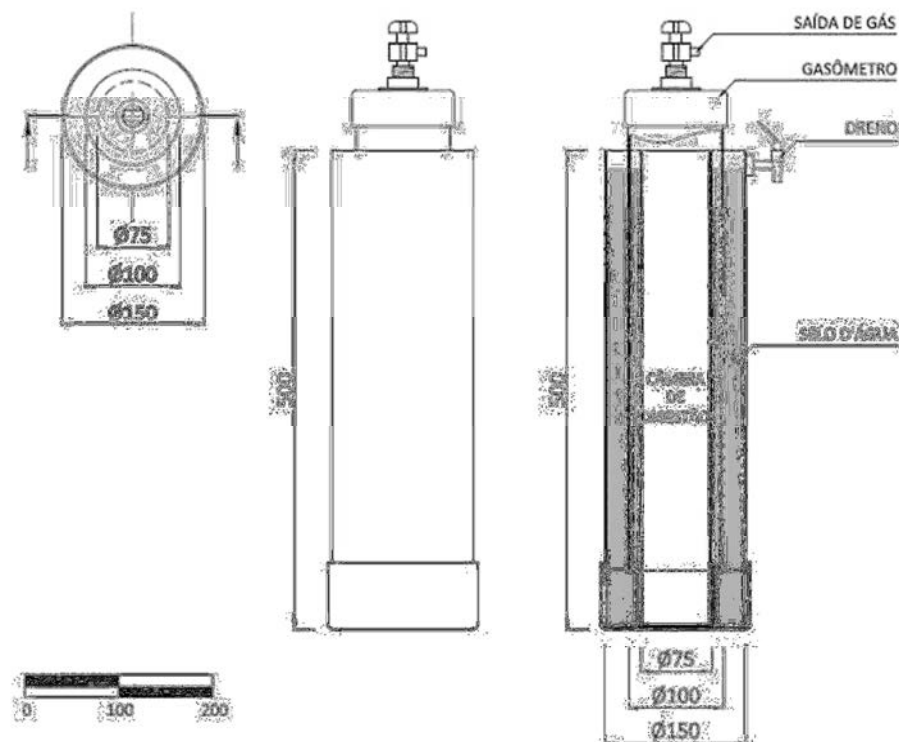


Figura 1. Biodigestor do tipo batelada (SANTI, 2013).

2.6. Metodologias usadas

2.6.1. Quantificação dos teores de sólidos totais, voláteis e nutrientes

Para a quantificação dos teores de sólidos totais e voláteis foram utilizadas metodologias descritas em APHA (1995).

As amostras dos dejetos, bem como dos substratos (dejeito + água) sem separação de sólidos e com separação de sólidos, foram submetidas à pré-secagem em estufa com circulação de ar forçada a 55 °C durante 72 h. Em seguida, parte das amostras secas foi destinada à análise de nutrientes segundo Silva e Queiroz (2006) (somente do dejeito) e, outra parte foi submetida às análises de sólidos totais em estufa de circulação de ar forçada por 12 h a 105 °C. O teor de sólidos voláteis foi determinado a partir do material seco que serviu para determinação do teor de sólidos totais. As amostras previamente secas foram queimadas em forno mufla a 580 °C durante 2,5 h para a determinação dos sólidos voláteis.

2.6.2. Produção de biogás

A quantificação da produção de biogás foi feita com base nas leituras dos gasômetros dos biodigestores da seguinte forma: utilizando uma régua fixada na parte externa dos gasômetros e do deslocamento vertical destes foi possível medir a produção de biogás. O volume do biogás foi determinado pela multiplicação da altura de deslocamento do gasômetro pela área da sua seção transversal interna. Após cada leitura, os gasômetros eram esvaziados até atingirem o zero da régua. Na mesma ocasião era medida a temperatura do ar com termômetro digital com escala de 0,1°C.

Posteriormente, foi efetuada a correção no volume de biogás para 1 atm e 20°C, de acordo com a metodologia empregada por CAETANO (1985), onde pelo fator de compressividade (Z), o biogás apresentava comportamento próximo ao ideal.

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:

$$(V_0P_0) / T_0 = (V_1P_1) / T_1$$

em que:

V_0 = volume de biogás corrigido, m^3 ;

P_0 = pressão corrigida do biogás, 10.322,72 mm de H_2O ;

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

V_1 = volume do gás no gasômetro;

P_1 = pressão do biogás no instante da leitura, 9.652,10 mm de H_2O ;

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

2.6.3. Análise da composição do biogás produzido

Para avaliação da composição do biogás produzido, foram feitas análises com base nas porcentagens de CH_4 e CO_2 . Semanalmente foram retiradas amostras de biogás de cada um dos biodigestores durante todo o período experimental, utilizando seringas plásticas com volume de 60 mL cada. As determinações foram feitas utilizando-se um cromatógrafo de fase gasosa da marca FINNINGAN GC 2001 equipado com colunas Porapak Q, Peneira Molecular 5A e detector de condutividade térmica, utilizando o hidrogênio como gás de arraste. A calibração do equipamento foi feita com o gás padrão contendo 55,4% de metano e 35,1% de dióxido de carbono. Os percentuais dos componentes foram determinados com o auxílio de um integrador processador.

3. Resultados e discussão

No Gráfico 1 pode ser observada a produção de biogás para o dejetos de suínos com e sem separação de sólidos em biodigestores do tipo batelada durante o período do experimento. Nota-se que a produção de biogás no tratamento sem

separação de sólidos foi mais distribuída ao longo do tempo, quando comparada a produção do tratamento com separação de sólidos, que teve os picos de produção mais bem definidos. Além disso, observa-se também a presença de dois picos de produção ao longo do período experimental em ambos os tratamentos, mas mais evidente no tratamento com separação de sólidos. Este fato pode ser explicado pela presença de diferentes taxas de degradação no dejetos, de forma que pode acelerar a produção de biogás, quando de degradação rápida, ou retardar, quando de difícil degradação (ORRICO JR *et al.*, 2010). Ou seja, principalmente no tratamento com separação de sólidos uma parte do dejetos foi de rápida degradação enquanto que a outra parte de degradação mais lenta.

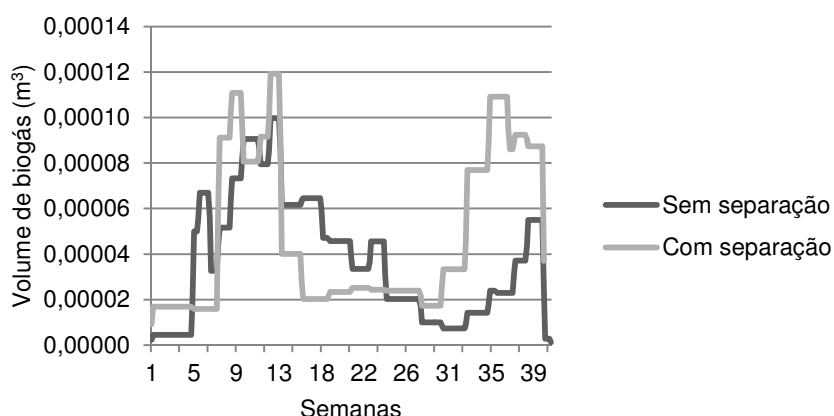


Gráfico 1. Distribuição da produção de biogás dos biodigestores tipo batelada abastecidos com dejetos de suínos com e sem separação de sólidos durante o período experimental.

Na Tabela 4 encontram-se os valores médios de CH_4 (%), CO_2 (%) e volume biogás (m^3) para o dejetos de suínos com e sem separação de sólidos em biodigestores do tipo batelada durante o período do experimento.

De acordo com a Tabela 4, no tratamento sem separação de sólidos a produção de CH_4 foi menor e a produção de CO_2 maior, enquanto que no tratamento com separação de sólidos ocorreu o contrário. A qualidade do biogás enquanto combustível está relacionada ao poder calorífico do mesmo, que varia em função da porcentagem de CH_4 presente, ou seja, quanto maior a porcentagem de CH_4 melhor.

Tabela 4. Valores médios de CH₄ (%), CO₂ (%) e volume biogás (m³) para o dejetos de suínos com e sem separação de sólidos em biodigestores do tipo batelada.

Bateria:		
Tratamento	média	Valor de P
CH ₄ (%)		
Sem separação	78,23 ^b	0,0006
Com separação	81,91 ^a	
CV (%)	0,99	
CO ₂ (%)		
Sem separação	17,35 ^a	0,0003
Com separação	14,25 ^b	
CV (%)	3,76	
Volume biogás (m ³)		
Sem separação	0,011 ^b	0,0240
Com separação	0,013 ^a	
CV (%)	11,79	

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

CV: coeficiente de variação.

As porcentagens de CH₄ e CO₂ observadas neste estudo (tratamento com separação) são melhores, do ponto de vista da qualidade do biogás, às obtidas por Steil (2001), que operando biodigestores com resíduos de suínos, encontrou teores médios de 80,34% de CH₄ ao redor dos 104 dias de retenção hidráulica e 15,28% de CO₂ ao redor dos 97 dias. Para as porcentagens de CH₄, estas são comparáveis às encontradas por Orrico Jr, Orrico e Lucas Jr (2010) que trabalhando com dois tipos de dietas para suínos (milho e sorgo) tiveram porcentagens de CH₄ de 80,10 para milho e 82,10% para sorgo com tempo de retenção hidráulica de 120 dias.

Ainda na Tabela 4, observa-se maior volume de biogás no tratamento com separação de sólidos. Segundo Orrico Jr. (2007) a separação da fração sólida da água residuária de suinocultura foi importante para aumentar a eficiência dos biodigestores, proporcionando um maior potencial de produção de biogás e maior teor de metano no gás. A separação de sólidos neste caso favoreceu a produção de biogás, no entanto outros métodos podem ser utilizados para este fim, como a utilização de inóculo, que segundo com Steil (2001), a presença do mesmo nos substratos de dejetos de suínos aumentam a produção de biogás consideravelmente.

Na Tabela 5 encontram-se os valores médios dos potenciais de produção de biogás por kg de sólidos totais adicionados, sólidos voláteis adicionados, sólidos

voláteis reduzidos e dejetos, para o dejetos de suínos com e sem separação de sólidos em biodigestores do tipo batelada.

Tabela 5. Valores médios dos potenciais de produção de biogás por kg de sólidos totais (ST) adicionados, sólidos voláteis (SV) adicionados, sólidos voláteis reduzidos e dejetos, para o dejetos de suínos com e sem separação de sólidos em biodigestores do tipo batelada.

Tratamento	Potencial médio	Valor de P
	m ³ de biogás/kg ST adicionados	
Sem separação	0,11 ^b	<0,0001
Com separação	0,23 ^a	
CV (%)	8,68	
	m ³ de biogás/kg SV adicionados	
Sem separação	0,14 ^b	<0,0001
Com separação	0,31 ^a	
CV (%)	8,73	
	m ³ de biogás/kg SV reduzidos	
Sem separação	0,23 ^b	<0,0001
Com separação	0,53 ^a	
CV (%)	9,48	
	m ³ de biogás/kg dejetos	
Sem separação	0,038 ^b	0,0005
Com separação	0,052 ^a	
CV (%)	4,97	

Médias seguidas de mesma letra não diferem entre si pelo teste F ($P < 0,05$).

CV: coeficiente de variação.

De acordo com os resultados da Tabela 5, o tratamento com separação de sólidos foi o que obteve os maiores potenciais de produção de biogás, indicando que para o dejetos de suínos a separação de sólidos é um método eficiente. De acordo com Orrico Jr (2007) o melhor desempenho do tratamento com separação de sólidos pode ser atribuído a maior quantidade de nutrientes solúveis, ou seja, mais facilmente degradados e convertidos em biogás pelos microrganismos no interior dos biodigestores. O mesmo autor encontrou potenciais de produção de biogás superiores aos do presente estudo: 0,716 e 1,394 m^3 de biogás/kg de sólidos totais adicionados, 0,664 e 0,890 m^3 de biogás/kg de sólidos voláteis adicionados e 1,273 e 1,993 m^3 de biogás/kg de sólidos voláteis reduzidos, com tempo de retenção hidráulica de 15 dias, sendo que o tratamento com separação de sólidos o que obteve os maiores potenciais.

Steil (2001) trabalhando com dejetos de suínos como substrato para biodigestores do tipo batelada obteve, no tratamento sem uso de inóculo, 0,195, 0,242 e 0,675m³ de biogás/kg de sólidos totais adicionados, sólidos voláteis adicionados e sólidos voláteis reduzidos, respectivamente. Estes valores são intermediários aos encontrados nos tratamentos sem e com separação de sólidos, exceto para m³ de biogás/kg de sólidos voláteis reduzidos, no qual ambos os tratamentos foram inferiores.

Os potenciais de produção de biogás/kg de dejetos e sólidos voláteis reduzidos são comparáveis aos encontrados por Orrico Jr, Orrico e Lucas Jr. (2010), que trabalhando com dois tipos de dietas para suínos (milho e sorgo) observaram potenciais de produção de biogás de 0,477 e 0,523m³ de biogás/kg sólidos voláteis reduzidos (para milho e sorgo) e 0,056m³ de biogás/kg dejetos com tempo de retenção hidráulica de 30 dias.

Na Tabela 6 encontram-se os valores médios de redução de sólidos totais e sólidos voláteis para o dejetos de suínos com e sem separação de sólidos em biodigestores do tipo batelada.

Tabela 6. Valores médios de redução de sólidos totais e sólidos voláteis para o dejetos de suínos com e sem separação de sólidos em biodigestores do tipo batelada.

Tratamento	% média de redução	Valor de P
Sólidos totais		
Sem separação	53,41 ^a	0,0469
Com separação	46,89 ^b	
CV (%)	7,37	
Sólidos voláteis		
Sem separação	60,59	0,4547
Com separação	58,53	
CV (%)	6,11	

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

CV: coeficiente de variação.

De acordo com a Tabela 6 o tratamento sem separação de sólidos obteve a maior redução de sólidos totais, enquanto que para redução de sólidos voláteis não foi observada diferença estatística. Porém tanto no tratamento sem separação de sólidos quanto no com separação as reduções obtidas foram superiores as encontradas por Orrico Jr, Orrico e Lucas Jr. (2010) que trabalhando com dois tipos

de dietas para suínos (milho e sorgo) observaram 44,34 e 45,77% (dieta milho) de redução de sólidos totais e voláteis respectivamente, com tempo de retenção hidráulica de 120 dias.

A redução de sólidos conseguida por meio da biodigestão anaeróbia é importante, pois facilita a utilização do biofertilizante (maior facilidade de transporte do material pré-secado, menor quantidade de material sólido para ser incorporada ao solo, concentração de minerais entre outros).

No Gráfico 3 podem ser visualizadas as reduções de sólidos totais e sólidos voláteis obtidas por meio de biodigestão anaeróbia em biodigestores do tipo batelada abastecidos com dejetos de suínos com e sem separação de sólidos.

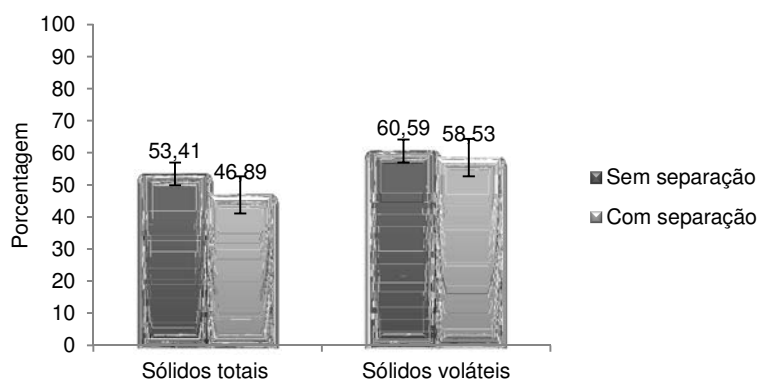


Gráfico 3. Redução de sólidos totais e voláteis do substrato após biodigestão anaeróbia de dejetos de suínos com e sem separação de sólidos em biodigestores do tipo batelada.

No Gráfico 4 pode ser visualizada a produção de biogás para o dejetos de aves de postura com e sem separação de sólidos em biodigestores do tipo batelada durante o período do experimento. O tratamento em que se utilizou a separação de sólidos apresentou um menor pico de produção de biogás, enquanto que o tratamento sem separação de sólidos apresentou um maior pico de produção. Porém as curvas foram semelhantes em ambos os tratamentos.

Na Tabela 7 encontram-se os valores médios de CH_4 (%), CO_2 (%) e volume biogás (m^3) para o dejetos de aves de postura com e sem separação de sólidos em biodigestores do tipo batelada durante o período do experimento.

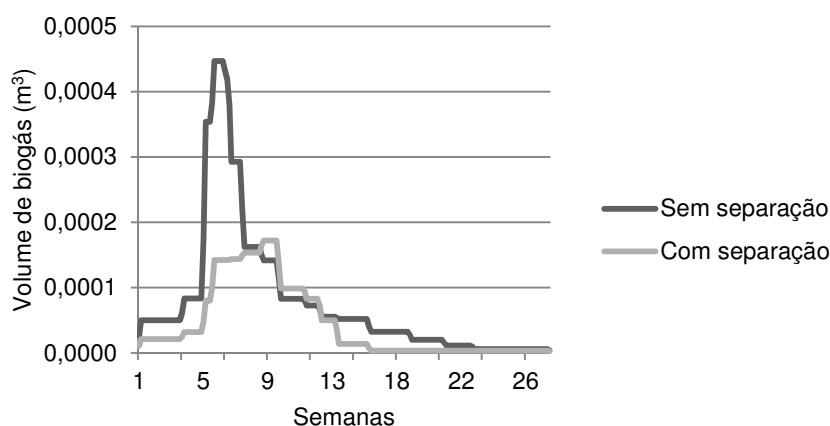


Gráfico 4. Distribuição da produção de biogás dos biodigestores tipo batelada abastecidos com dejetos de aves de postura com e sem separação de sólidos.

Tabela 7. Valores médios de CH₄ (%), CO₂ (%) e volume biogás (m³) para o dejetos de aves de postura com e sem separação de sólidos em biodigestores do tipo batelada.

Tratamento	média	Valor de P
CH ₄ (%)		
Sem separação	75,72	0,3982
Com separação	73,18	
CV (%)	5,31	
CO ₂ (%)		
Sem separação	20,71	0,8794
Com separação	21,05	
CV (%)	14,33	
Volume biogás (m ³)		
Sem separação	0,015 ^a	<0,0001
Com separação	0,008 ^b	
CV (%)	6,66	

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

CV: coeficiente de variação.

De acordo com os dados da Tabela 7, não houve diferença significativa entre os tratamentos tanto para a porcentagem de CH₄ quanto de CO₂. Porém o tratamento sem separação de sólidos proporcionou a maior produção de biogás. Steil (2001) operando biodigestores com resíduos de aves de postura encontrou teores médios de CH₄ semelhantes ao deste estudo, ao redor dos 83 dias de retenção hidráulica (75,03% de CH₄).

Na Tabela 8 encontram-se os valores médios dos potenciais de produção de biogás por kg de sólidos totais adicionados, sólidos voláteis adicionados, sólidos

voláteis reduzidos e dejetos, para o dejetos de aves de postura com e sem separação de sólidos em biodigestores do tipo batelada.

Tabela 8. Valores médios dos potenciais de produção de biogás por kg de sólidos totais (ST) adicionados, sólidos voláteis (SV) adicionados, sólidos voláteis reduzidos e dejetos, para o dejetos de aves de postura com e sem separação de sólidos em biodigestores do tipo batelada.

Tratamento	Potencial médio	Valor de P
	m ³ de biogás/kg ST adicionados	
Sem separação	0,22 ^a	0,0009
Com separação	0,16 ^b	
CV (%)	7,47	
	m ³ de biogás/kg SV adicionados	
Sem separação	0,39 ^a	0,0076
Com separação	0,32 ^b	
CV (%)	7,53	
	m ³ de biogás/kg SV reduzidos	
Sem separação	0,61 ^a	0,0316
Com separação	0,51 ^b	
CV (%)	9,55	
	m ³ de biogás/kg dejetos	
Sem separação	0,076 ^a	<0,0001
Com separação	0,043 ^b	
CV (%)	7,52	

Médias seguidas de mesma letra não diferem entre si pelo teste F ($P < 0,05$).

CV: coeficiente de variação.

De acordo com os dados da Tabela 8, o tratamento sem separação de sólidos foi o que obteve os maiores potenciais de produção de biogás, indicando que para o dejetos de aves de postura a separação de sólidos pode não ser um método interessante do ponto de vista da produção de biogás.

Para o potencial de produção de biogás/kg de sólidos totais adicionados, os valores obtidos neste estudo são ligeiramente inferiores aos encontrados por Caetano (1991), que trabalhando com dejetos de aves de postura como substrato para biodigestores do tipo batelada obteve $0,277 \text{ m}^3$ de biogás/kg de sólidos totais adicionados, no entanto, para o potencial por kg de sólidos voláteis adicionados, os valores são comparáveis, já que o obtido pelo autor foi de $0,417 \text{ m}^3$ de biogás/kg de sólidos voláteis adicionados.

Steil (2001) trabalhando com dejetos de aves de postura como substrato para biodigestores do tipo batelada obteve no tratamento sem uso de inóculo 0,383,

0,550 e 0,910m³ de biogás por kg de sólidos totais adicionados, sólidos voláteis adicionados e sólidos voláteis reduzidos, respectivamente, potenciais estes superiores aos encontrados no presente estudo.

Na Tabela 9 encontram-se os valores médios de redução de sólidos totais e sólidos voláteis para o dejetos de aves de postura com e sem separação de sólidos em biodigestores do tipo batelada.

Tabela 9. Valores médios de redução de sólidos totais e sólidos voláteis para o dejetos de aves de postura com e sem separação de sólidos em biodigestores do tipo batelada.

Tratamento	% média de redução	Valor de P
Sólidos totais		
Sem separação	44,57	0,0938
Com separação	39,85	
CV (%)	7,95	
Sólidos voláteis		
Sem separação	63,63	0,4350
Com separação	62,10	
CV (%)	4,12	

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

CV: coeficiente de variação.

De acordo com os dados da Tabela 9 não foram observadas diferenças estatísticas entre os tratamentos sem separação de sólidos e com separação, tanto para redução de sólidos totais quanto sólidos voláteis. Gomes e Cappi (2010) trabalhando com dejetos de aves de postura em diferentes granulometrias com uso de inóculo de dejetos de suíno e tempo de retenção hidráulica de 45 dias encontraram reduções médias para sólidos totais e voláteis de 58,85 e 72,14%, respectivamente, sendo estas reduções superiores às obtidas no presente estudo, porém vale ressaltar que aqui não foi utilizado inóculo. Mas para redução de sólidos voláteis os valores obtidos neste estudo são comparáveis ao observado por Steil (2001), que encontrou 61,4% de redução de sólidos voláteis, sem uso de inóculo.

No Gráfico 6 podem ser visualizadas as reduções de sólidos totais e sólidos voláteis obtidas por meio de biodigestão anaeróbia em biodigestores do tipo batelada abastecidos com dejetos de aves de postura com e sem separação de sólidos.

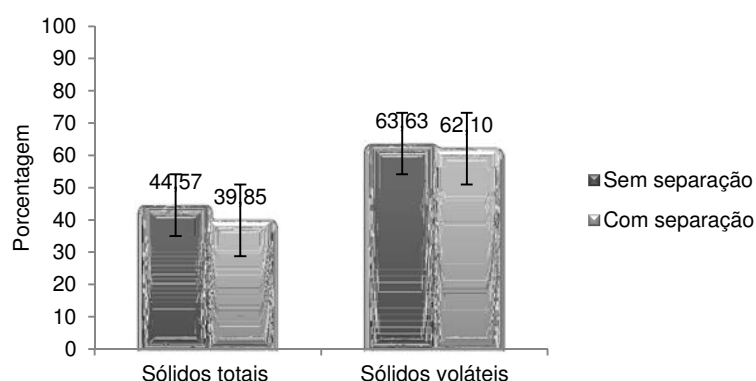


Gráfico 6. Redução de sólidos totais e voláteis do substrato após biodigestão anaeróbia de dejetos de aves de postura com e sem separação de sólidos em biodigestores do tipo batelada.

No Gráfico 7 pode ser visualizada a produção de biogás para o dejetos de ovinos com e sem separação de sólidos em biodigestores do tipo batelada durante o período do experimento. Nota-se que no tratamento em que não foi feita separação de sólidos a produção de biogás foi nitidamente maior, quando comparada ao tratamento em que foi feita a separação de sólidos. No entanto, tanto no tratamento com separação quanto no tratamento sem separação de sólidos os picos e quedas de produção de biogás foram semelhantes.

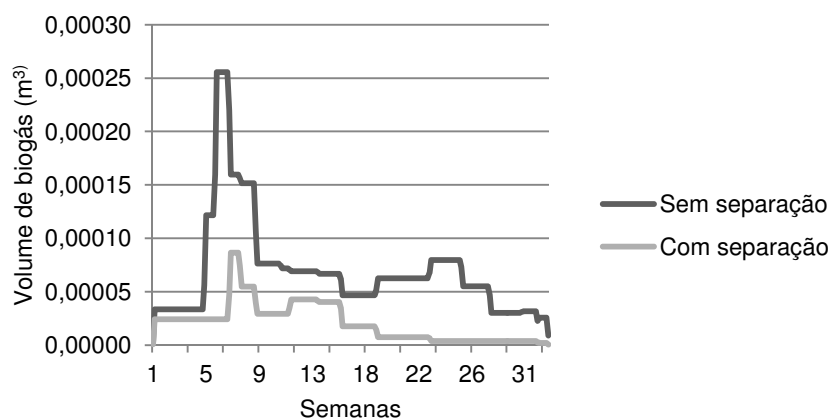


Gráfico 7. Distribuição da produção de biogás dos biodigestores tipo batelada abastecidos com dejetos de ovinos com e sem separação de sólidos.

Na Tabela 10 encontram-se os valores médios de CH_4 (%), CO_2 (%) e volume biogás (m^3) para o dejetos de ovinos com e sem separação de sólidos em biodigestores do tipo batelada durante o período do experimento.

Tabela 10. Valores médios de CH₄ (%), CO₂ (%) e volume biogás (m³) para o dejetos de ovinos com e sem separação de sólidos em biodigestores do tipo batelada.

Tratamento	média	Valor de P
CH ₄ (%)		
Sem separação	77,91 ^b	0,0031
Com separação	83,00 ^a	
CV (%)	1,88	
CO ₂ (%)		
Sem separação	16,78 ^a	0,0002
Com separação	11,83 ^b	
CV (%)	6,16	
Volume biogás (m ³)		
Sem separação	0,015 ^a	<0,0001
Com separação	0,005 ^b	
CV (%)	2,81	

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

CV: coeficiente de variação.

De acordo com os dados da Tabela 10, no tratamento com separação de sólidos a porcentagem de CH₄ foi maior e a porcentagem de CO₂ menor, enquanto que no tratamento sem separação de sólidos ocorreu o contrário. Para a produção de biogás a separação de sólidos não foi favorável, pois a média de produção do tratamento com separação foi estatisticamente inferior. No entanto, apesar da separação de sólidos ter interferido na produção de biogás, este apresentou melhor qualidade, ou seja, maior porcentagem de CH₄ e menor de CO₂.

A composição do biogás obtida neste estudo foi de melhor qualidade quando comparada a obtida por Quadros *et al.* (2010), que trabalhando com dejetos da caprino - ovinocultura em biodigestores do tipo contínuo com tempo de retenção hidráulica de 45 dias, observaram que o biogás produzido tinha na sua composição, 57,8 e 34,4% de CH₄ e CO₂, respectivamente. No entanto, o tempo de retenção hidráulica usado pelos autores foi menor que o utilizado neste experimento, além de ser esperado uma menor qualidade do biogás por se tratar de biodigestores tipo contínuo.

A quantidade de biogás produzida no tratamento sem separação de sólidos foi superior e a do tratamento com separação inferior a encontrada por Araújo *et al.* (2012), que trabalhando com diferentes quantidades de inclusão de glicerina bruta

no substrato de biodigestores abastecidos com dejetos de ovinos observou uma produção de 0,0215m³ de biogás (no tratamento sem glicerina em biodigestores com capacidade para 3,6kg de substrato e uso de inóculo).

Na Tabela 11 encontram-se os valores médios dos potenciais de produção de biogás por kg de sólidos totais adicionados, sólidos voláteis adicionados, sólidos voláteis reduzidos e dejetos, para o dejetos de ovinos com e sem separação de sólidos em biodigestores do tipo batelada.

Tabela 11. Valores médios dos potenciais de produção e biogás por kg de sólidos totais (ST) adicionados, sólidos voláteis (SV) adicionados, sólidos voláteis reduzidos e dejetos, para o dejetos de ovinos com e sem separação de sólidos em biodigestores do tipo batelada.

separação de sólidos em biodigestores do tipo batelada.		
Tratamento	Potencial médio	Valor de P
	m ³ de biogás/kg ST adicionados	
Sem separação	0,19 ^a	0,0020
Com separação	0,14 ^b	
CV (%)	8,26	
	m ³ de biogás/kg SV adicionados	
Sem separação	0,23 ^a	0,0100
Com separação	0,18 ^b	
CV (%)	8,21	
	m ³ de biogás/kg SV reduzidos	
Sem separação	0,50 ^a	0,0013
Com separação	0,39 ^b	
CV (%)	6,19	
	m ³ de biogás/kg dejetos	
Sem separação	0,089 ^a	<0,0001
Com separação	0,026 ^b	
CV (%)	3,22	

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

CV: coeficiente de variação.

De acordo com os dados da Tabela 11, o tratamento com separação de sólidos foi o que obteve os menores potenciais de produção de biogás, indicando que para o dejetos de ovinos a separação de sólidos pode não ser um método interessante do ponto de vista da produção de biogás. No entanto os potenciais de produção observados por kg de sólidos totais adicionados e sólidos voláteis adicionados foram superiores aos encontrados por Araújo *et al.* (2012), que trabalhando com diferentes quantidades de inclusão de glicerina bruta no substrato de biodigestores abastecidos com dejetos de ovinos obtiveram (no tratamento sem

adição de glicerina) potenciais de produção de 0,135 e 0,157m³ de biogás/kg de sólidos totais adicionados e sólidos voláteis adicionados, respectivamente.

Na Tabela 12 encontram-se os valores médios de redução de sólidos totais e sólidos voláteis para o dejetos de ovinos com e sem separação de sólidos em biodigestores do tipo batelada e, no Gráfico 9 podem ser visualizadas as mesmas reduções de sólidos totais e sólidos voláteis.

Tabela 12. Valores médios de redução de sólidos totais e sólidos voláteis para o dejetos de ovinos com e sem separação de sólidos em biodigestores do tipo batelada.

Tratamento	% média de redução	Valor de P
Sólidos totais		
Sem separação	39,00	0,8340
Com separação	38,57	
CV (%)	7,16	
Sólidos voláteis		
Sem separação	45,11	0,4503
Com separação	46,71	
CV (%)	6,09	

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

CV: coeficiente de variação.

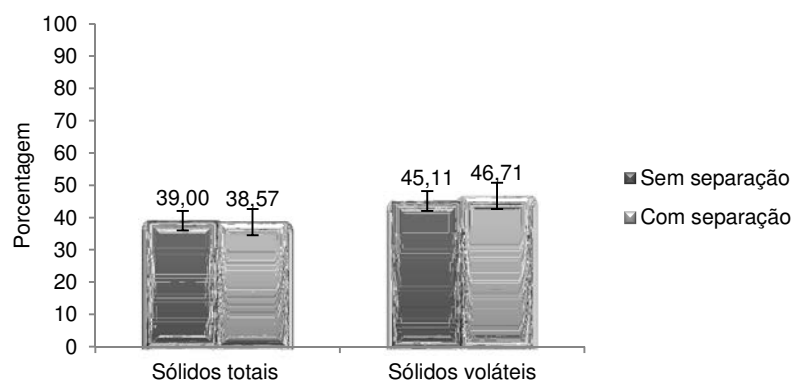


Gráfico 9. Redução de sólidos totais e voláteis do substrato após biodigestão anaeróbia de dejetos de ovinos com e sem separação de sólidos em biodigestores do tipo batelada.

De acordo com os dados da Tabela 12 não foram observadas diferenças estatísticas entre os tratamentos sem separação de sólidos e com separação, tanto para redução de sólidos totais quanto sólidos voláteis. Estes resultados indicam que para o dejetos de ovinos a separação de sólidos não foi um método adequado para aumentar a redução de sólidos do substrato.

No Gráfico 10 pode ser visualizada a produção de biogás para o dejetos de caprinos com e sem separação de sólidos em biodigestores do tipo batelada durante o período do experimento. Observa-se uma maior produção de biogás no tratamento sem separação de sólidos. Os dejetos de origem animal são constituídos de frações mais ou menos digeríveis, que neste caso ficaram bem evidenciadas na presença de três picos maiores de produção de biogás no tratamento sem separação de sólidos. No tratamento com separação de sólidos também se percebe os picos, no entanto mais discretos.

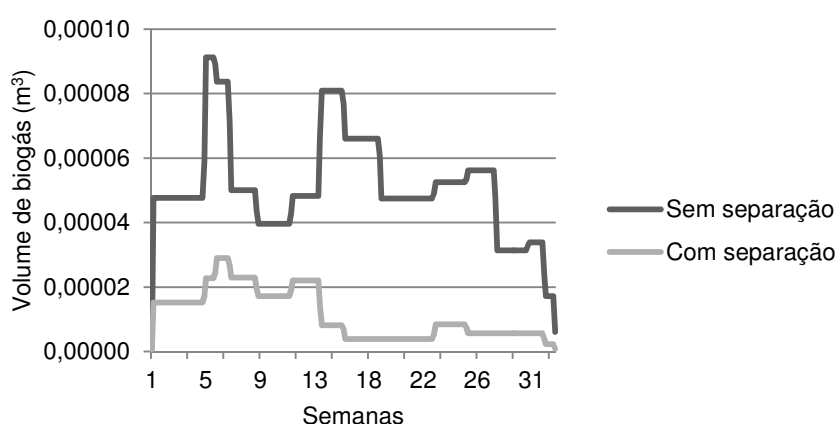


Gráfico 10. Distribuição da produção de biogás dos biodigestores tipo batelada abastecidos com dejetos de caprinos com e sem separação de sólidos.

Na Tabela 13 encontram-se os valores médios de CH_4 (%), CO_2 (%) e volume biogás (m^3) para o dejetos de caprinos com e sem separação de sólidos em biodigestores do tipo batelada durante o período do experimento.

De acordo com os dados da Tabela 13, para a porcentagem de CH_4 os tratamentos não diferiram estatisticamente entre si, no entanto o tratamento com separação de sólidos proporcionou menor porcentagem de CO_2 . Para a produção de biogás a separação de sólidos não foi favorável, pois a média de produção do tratamento com separação de sólidos foi estatisticamente inferior. Estes resultados indicam que a separação de sólidos para o dejetos de caprinos pode não ser tão importante do ponto de vista da qualidade do biogás produzido (apesar de diminuir a porcentagem de CO_2 do biogás), além de prejudicar a produção do mesmo.

Tabela 13. Valores médios de CH₄ (%), CO₂ (%) e volume biogás (m³) para o dejetos de caprinos com e sem separação de sólidos em biodigestores do tipo batelada.

Tratamento	média	Valor de P
CH ₄ (%)		
Sem separação	78,70	0,2550
Com separação	79,94	
CV (%)	1,75	
CO ₂ (%)		
Sem separação	14,55 ^a	<0,0001
Com separação	10,40 ^b	
CV (%)	3,19	
Volume biogás (m ³)		
Sem separação	0,011 ^a	<0,0001
Com separação	0,003 ^b	
CV (%)	7,14	

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

CV: coeficiente de variação.

Na Tabela 14 encontram-se os valores médios dos potenciais de produção de biogás por kg de sólidos totais adicionados, sólidos voláteis adicionados, sólidos voláteis reduzidos e dejetos, para o dejetos de caprinos com e sem separação de sólidos em biodigestores do tipo batelada.

De acordo com os dados da Tabela 14, o tratamento sem separação de sólidos foi o que obteve os maiores potenciais de produção de biogás, indicando que para o dejetos de caprinos a separação de sólidos pode não ser um método interessante do ponto de vista da produção de biogás. Os resultados obtidos foram inferiores aos encontrados por Orrico, Lucas Jr e Orrico Jr (2007), que trabalhando com diferentes relações volumoso:concentrado, observaram para relação 60:40 potenciais de produção de biogás de 0,229, 0,261 e 0,745 m³/kg de sólidos totais adicionados, sólidos voláteis adicionados e sólidos voláteis reduzidos, respectivamente, porém para kg de dejetos os autores observaram 0,032 m³ de biogás, valor inferior ao deste estudo no tratamento sem separação de sólidos.

Os potenciais obtidos também foram inferiores aos que Orrico, Orrico Jr e Lucas Jr (2011) obtiveram para dejetos de caprinos alimentados com relação volumoso:concentrado de 60:40. Estes autores observaram produções médias de biogás de 0,219 a 0,238m³ de biogás/kg de sólidos totais adicionados, 0,246 a

0,271m³ de biogás/kg de sólidos voláteis adicionados, para animais com idades entre 90 e 150 dias.

Tabela 14. Valores médios dos potenciais de produção e biogás por kg de sólidos totais (ST) adicionados, sólidos voláteis (SV) adicionados, sólidos voláteis reduzidos e dejetos, para o dejetos de caprinos com e sem separação de sólidos em biodigestores do tipo batelada.

separação de sólidos em biodigestores do tipo batelada.		
Tratamento	Potencial médio	Valor de P
	m ³ de biogás/kg ST adicionados	
Sem separação	0,15 ^a	0,0013
Com separação	0,10 ^b	
CV (%)	8,26	
	m ³ de biogás/kg SV adicionados	
Sem separação	0,18 ^a	0,0034
Com separação	0,13 ^b	
CV (%)	8,60	
	m ³ de biogás/kg SV reduzidos	
Sem separação	0,51 ^a	0,009
Com separação	0,32 ^b	
CV (%)	8,39	
	m ³ de biogás/kg dejetos	
Sem separação	0,046 ^a	<0,0001
Com separação	0,012 ^b	
CV (%)	6,26	

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

CV: coeficiente de variação.

Segundo Vedrenne *et al.* (2008) as variações para os potenciais de produção de biogás por unidade de sólidos voláteis adicionados podem ocorrer devido às diferenças nas composições dos dejetos, nas frações de sólidos voláteis, proteínas, lipídios, carboidratos e lignina, com cada fração apresentando um determinado potencial para a produção de biogás.

Na Tabela 15 encontram-se os valores médios de redução de sólidos totais e sólidos voláteis para o dejetos de caprinos com e sem separação de sólidos em biodigestores do tipo batelada.

De acordo com os resultados da Tabela 15 o tratamento com separação de sólidos obteve a maior redução de sólidos totais e voláteis. Estes resultados são superiores aos encontrados por Orrico, Lucas Jr e Orrico Jr (2007) que, trabalhando com diferentes dietas para caprinos observaram redução de sólidos voláteis de 34,99% na dieta em que se utilizou relação volumoso:concentrado de 60:40 (mesma

relação do presente estudo). Também são superiores aos que Orrico, Orrico Jr. e Lucas Jr (2011) encontraram 28,0, 28,4 e 38,8% de redução de sólidos voláteis para animais com idade de 90, 120 e 150 dias respectivamente (relação volumoso:concentrado de 60:40).

Tabela 15. Valores médios de redução de sólidos totais e sólidos voláteis para o dejetos de caprinos com e sem separação de sólidos em biodigestores do tipo batelada.

Tratamento	% média de redução	Valor de P
Sólidos totais		
Sem separação	29,25 ^b	0,0353
Com separação	32,44 ^a	
CV (%)	4,76	
Sólidos voláteis		
Sem separação	36,30 ^b	0,0035
Com separação	40,74 ^a	
CV (%)	2,94	

Médias seguidas de mesma letra não diferem entre si pelo teste F ($P < 0,05$).

CV: coeficiente de variação.

No Gráfico 12 podem ser visualizadas as reduções de sólidos totais e sólidos voláteis obtidas por meio de biodigestão anaeróbia em biodigestores do tipo batelada abastecidos com dejetos de caprinos com e sem separação de sólidos.

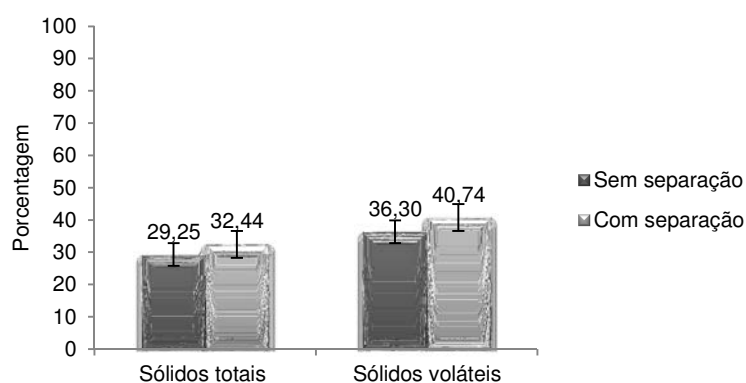


Gráfico 12. Redução de sólidos totais e voláteis do substrato após biodigestão anaeróbia de dejetos de caprinos com e sem separação de sólidos em biodigestores do tipo batelada.

No Gráfico 13 pode ser observada a produção de biogás para o dejetos de bovinos de corte com e sem separação de sólidos em biodigestores do tipo batelada. Observando-se o Gráfico 13 é possível perceber que no tratamento sem

separação de sólidos a produção de biogás foi maior quando comparada à produção no tratamento com separação de sólidos, porém em ambos os tratamentos as curvas de produção foram semelhantes, ou seja, apresentaram dois picos de produção na fase mais inicial e queda de produção mais lenta até do fim do período experimental.

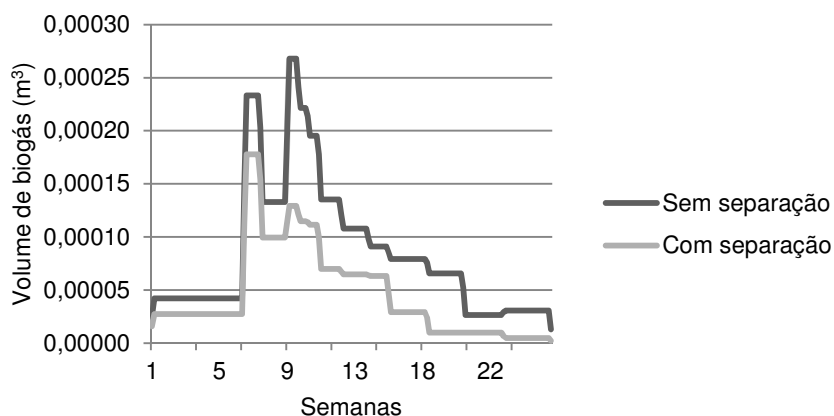


Gráfico 13. Distribuição da produção de biogás dos biodigestores tipo batelada abastecidos com dejetos de bovinos de corte com e sem separação de sólidos.

Na Tabela 16 encontram-se os valores médios de CH_4 (%), CO_2 (%) e volume biogás (m^3) para o dejetos de bovinos de corte com e sem separação de sólidos em biodigestores do tipo batelada durante o período do experimento.

De acordo com os dados da Tabela 16, no tratamento com separação de sólidos a porcentagem de CH_4 foi maior e a porcentagem de CO_2 menor, enquanto que no tratamento sem separação de sólidos ocorreu o contrário. A produção de biogás foi prejudicada pela separação de sólidos, já que a média de produção do tratamento com separação de sólidos foi estatisticamente inferior, porém o biogás gerado apresentou melhor qualidade, ou seja, maior porcentagem de CH_4 e menor de CO_2 .

Os resultados obtidos para o dejetos de bovinos de corte mostram que a separação de sólidos foi capaz de reduzir os componentes fibrosos do substrato, pois os mesmos ficaram em grande parte retidos na peneira, ou seja, a separação resultou num substrato de melhor qualidade (para produção de CH_4), e conseqüentemente num biogás também de melhor qualidade. Segundo Orrico Jr,

Orrico e Lucas Jr (2010) os bovinos em geral se alimentam com grandes quantidades de alimento volumoso que será responsável pela geração de dejetos com maiores quantidades de componentes fibrosos (componentes da parede celular). De acordo com Orrico Jr. *et al.* (2012), trabalhando com relações volumoso:concentrado 40:60 e 60:40, a maior degradação dos dejetos provenientes da dieta com maior proporção de concentrado refletiu diretamente sobre a produção de CH₄, de modo que, com o aumento da qualidade dos dejetos (maior proporção de concentrado na dieta), também foi maior a produção de CH₄.

Tabela 16. Valores médios de CH₄ (%), CO₂ (%) e volume biogás (m³) para o dejetos de bovinos de corte com e sem separação de sólidos em biodigestores do tipo batelada.

Tratamento	média	Valor de P
CH ₄ (%)		
Sem separação	79,69 ^b	0,0044
Com separação	83,63 ^a	
CV (%)	1,54	
CO ₂ (%)		
Sem separação	17,38 ^a	0,0050
Com separação	13,85 ^b	
CV (%)	7,40	
Volume biogás (m ³)		
Sem separação	0,015 ^a	0,0001
Com separação	0,009 ^b	
CV (%)	9,19	

Médias seguidas de mesma letra não diferem entre si pelo teste F (P<0,05).
CV: coeficiente de variação.

Na Tabela 17 encontram-se os valores médios dos potenciais de produção de biogás por kg de sólidos totais adicionados, sólidos voláteis adicionados, sólidos voláteis reduzidos e dejetos, para o dejetos de bovinos de corte com e sem separação de sólidos em biodigestores do tipo batelada.

De acordo com a Tabela 17 somente houve diferença estatística entre os tratamentos para o potencial de produção de biogás por kg de dejetos, o qual foi maior no tratamento sem separação de sólidos. Estes resultados podem significar a necessidade de outros estudos para melhor estabelecer os potenciais de produção de biogás nestas condições, pois para o potencial por kg de sólidos voláteis reduzidos o valor de P foi próximo de dar significativo.

Tabela 17. Valores médios dos potenciais de produção e biogás por kg de sólidos totais (ST) adicionados, sólidos voláteis (SV) adicionados, sólidos voláteis reduzidos e dejetos, para o dejetos de bovinos de corte com e sem separação de sólidos em biodigestores do tipo batelada.

Separação de sólidos em biogestores do tipo batelada.		
Tratamento	Potencial médio	Valor de P
	m^3 de biogás/kg ST adicionados	
Sem separação	0,24	0,3989
Com separação	0,23	
CV (%)	6,08	
	m^3 de biogás/kg SV adicionados	
Sem separação	0,23	0,7960
Com separação	0,24	
CV (%)	8,86	
	m^3 de biogás/kg SV reduzidos	
Sem separação	0,49	0,0581
Com separação	0,60	
CV (%)	11,64	
	m^3 de biogás/kg dejetos	
Sem separação	0,037 ^a	<0,0001
Com separação	0,019 ^b	
CV (%)	4,93	

Médias seguidas de mesma letra não diferem entre si pelo teste F ($P < 0,05$).

CV: coeficiente de variação.

Os resultados obtidos no presente estudo são comparáveis aos encontrados por Orrico Jr, Orrico e Lucas Jr (2010), que foram de $0,20\text{m}^3$ de biogás/kg de sólidos totais adicionados e $0,23\text{m}^3$ de biogás/kg de sólidos voláteis adicionados, com tempos de retenção hidráulica de 30 dias (relação volumoso:concentrado de 40:60).

Na Tabela 18 encontram-se os valores médios de redução de sólidos totais e sólidos voláteis para o dejetos de bovinos de corte com e sem separação de sólidos em biodigestores do tipo batelada.

De acordo com a Tabela 18 tanto para a redução de sólidos totais quanto para redução de sólidos voláteis, o tratamento sem separação de sólidos obteve as maiores reduções. No entanto, os resultados deste trabalho são comparáveis aos encontrados por Orrico Jr, Orrico e Lucas Jr (2010), que obtiveram entre 34,44 e 61,25% de redução de sólidos totais e entre 28,35 e 61,47% de redução de sólidos voláteis em tempos de retenção hidráulica entre 30 e 120 dias (concentração volumoso:concentrado de 40:60).

Tabela 18. Valores médios de redução de sólidos totais e sólidos voláteis para o dejetos de bovinos de corte com e sem separação de sólidos em biodigestores do tipo batelada.

Tratamento	% média de redução	Valor de P
Sólidos totais		
Sem separação	42,22 ^a	0,0001
Com separação	31,51 ^b	
CV (%)	4,61	
Sólidos voláteis		
Sem separação	47,95 ^a	0,0024
Com separação	40,14 ^b	
CV (%)	4,99	

Médias seguidas de mesma letra não diferem entre si pelo teste F ($P < 0,05$).

CV: coeficiente de variação.

Apesar das reduções de sólidos totais e voláteis encontradas serem semelhantes às observadas na literatura, era esperado que a separação de sólidos resultasse em maior redução de sólidos, principalmente voláteis, pois de acordo com Orrico Jr *et al.* (2012), trabalhando com diferentes proporções de volumoso: concentrado para bovinos de corte confinados, o benefício ocasionado pela adição de alimento concentrado à dieta dos animais sobre a degradação dos substratos poderia estar relacionado aos menores teores de constituintes fibrosos, ainda segundo Francou *et al.* (2008) a decomposição da matéria orgânica é resultado de seu conteúdo, sendo que maiores quantidades de frações facilmente degradáveis como celulose e hemicelulose e relativa diminuição de constituintes resistentes como a lignina resultam em degradação mais rápida.

No Gráfico 15 podem ser visualizadas as reduções de sólidos totais e sólidos voláteis obtidas por meio de biodigestão anaeróbia em biodigestores do tipo batelada abastecidos com dejetos de bovinos de corte com e sem separação de sólidos.

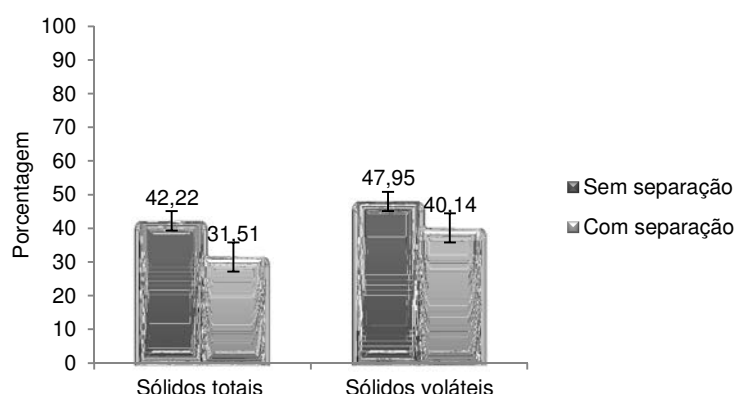


Gráfico 15. Redução de sólidos totais e voláteis do substrato após biodigestão anaeróbia de dejetos de bovinos de corte com e sem separação de sólidos em biodigestores do tipo batelada.

No Gráfico 16 pode ser visualizada a produção de biogás para o dejetos de bovinos de leite com e sem separação de sólidos em biodigestores do tipo batelada durante o período do experimento. No tratamento com separação de sólidos a produção de biogás foi menor. No entanto, as curvas de produção são semelhantes, com um grande pico de produção de biogás no início e queda menos acentuada depois. Os picos de produção de biogás, bem como sua queda, estão relacionados com o tipo de dejetos usado e suas características de degradação. Segundo Rico *et al.* (2007) muitos dos sólidos presentes nos dejetos de bovinos de leite não são biodegradáveis ou o são lentamente.

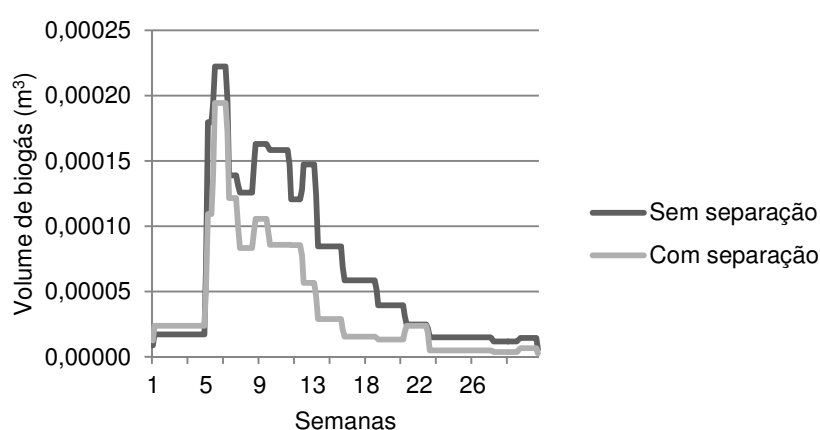


Gráfico 16. Distribuição da produção de biogás dos biodigestores tipo batelada abastecidos com dejetos de bovinos de leite com e sem separação de sólidos.

Na Tabela 19 encontram-se os valores médios de CH₄ (%), CO₂ (%) e volume biogás (m³) para o dejetos de bovinos de leite com e sem separação de sólidos em biodigestores do tipo batelada durante o período do experimento.

Tabela 19. Valores médios de CH₄ (%), CO₂ (%) e volume biogás (m³) para o dejetos de bovinos de leite com e sem separação de sólidos em biodigestores do tipo batelada.

do tipo batelada.		
Tratamento	média	Valor de P
	CH ₄ (%)	
Sem separação	79,15 ^b	0,0148
Com separação	82,66 ^a	
CV (%)	1,82	
	CO ₂ (%)	
Sem separação	16,89 ^a	0,0091
Com separação	13,32 ^b	
CV (%)	8,84	
	Volume biogás (m ³)	
Sem separação	0,014 ^a	<0,0001
Com separação	0,009 ^b	
CV (%)	4,75	

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

CV: coeficiente de variação.

De acordo com os dados da Tabela 19, no tratamento com separação de sólidos a porcentagem de CH₄ foi maior e a porcentagem de CO₂ menor, enquanto que no tratamento sem separação de sólidos ocorreu o contrário. Para a produção de biogás a separação de sólidos não foi favorável, já que o tratamento sem separação obteve estatisticamente a maior média. Porém, o biogás produzido no tratamento com separação de sólidos apresentou melhor qualidade, ou seja, maior porcentagem de CH₄ e menor de CO₂.

Na Tabela 20 encontram-se os valores médios dos potenciais de produção de biogás por kg de sólidos totais adicionados, sólidos voláteis adicionados, sólidos voláteis reduzidos e dejetos, para o dejetos de bovinos de leite com e sem separação de sólidos em biodigestores do tipo batelada.

De acordo com os dados da Tabela 20 somente houve diferença estatística entre os tratamentos para o potencial de produção de biogás por kg de dejetos, o qual foi menor no tratamento com separação de sólidos. Estes resultados indicam que

para o dejetos de bovinos de leite a separação de sólidos pode não ser um método interessante do ponto de vista da produção de biogás.

Tabela 20. Valores médios dos potenciais de produção e biogás por kg de sólidos totais (ST) adicionados, sólidos voláteis (SV) adicionados, sólidos voláteis reduzidos e dejetos, para o dejetos de bovinos de leite com e sem separação de sólidos em biodigestores do tipo batelada.

separação de sólidos em biodigestores do tipo batelada.		
Tratamento	Potencial médio	Valor de P
	m^3 de biogás/kg ST adicionados	
Sem separação	0,24	0,3989
Com separação	0,23	
CV (%)	6,08	
	m^3 de biogás/kg SV adicionados	
Sem separação	0,28	0,5627
Com separação	0,29	
CV (%)	6,23	
	m^3 de biogás/kg SV reduzidos	
Sem separação	0,61	0,0872
Com separação	0,56	
CV (%)	6,16	
	m^3 de biogás/kg dejetos	
Sem separação	0,040 ^a	<0,0001
Com separação	0,024 ^b	
CV (%)	4,88	

Médias seguidas de mesma letra não diferem entre si pelo teste F ($P < 0,05$).

CV: coeficiente de variação.

Os potenciais de produção de biogás observados no presente estudo foram inferiores aos encontrados por Xavier (2009), que trabalhando com dejetos de bovinos de leite com diferentes adições de caldo de cana ao substrato observou para o tratamento sem adição de caldo de cana 0,285 por kg de sólidos totais adicionados, 0,342 por kg de sólidos voláteis adicionados e 0,702 por kg de sólidos voláteis reduzidos e 0,049 m^3 de biogás/kg de dejetos. No entanto quando comparados com Machado (2011), que trabalhou com substratos contendo dejetos de vacas holandesas com diferentes tempos de exposição ao ar em biodigestores do tipo batelada, os potenciais de produção de biogás obtidos neste estudo foram superiores para sólidos totais adicionados, inferiores para sólidos voláteis adicionados e comparáveis para dejetos, o autor observou potenciais de produção de biogás de 0,158 m^3/kg de sólidos totais, 0,436 m^3/kg de sólidos voláteis e 0,038 m^3/kg de dejetos para 0 dias de exposição ao ar.

Na Tabela 21 encontram-se os valores médios de redução de sólidos totais e sólidos voláteis para o dejetos de bovinos de leite com e sem separação de sólidos em biodigestores do tipo batelada.

Tabela 21. Valores médios de redução de sólidos totais e sólidos voláteis para o dejetos de bovinos de leite com e sem separação de sólidos em biodigestores do tipo batelada.

Tratamento	% média de redução	Valor de P
Sólidos totais		
Sem separação	39,99	0,0918
Com separação	44,31	
CV (%)	7,23	
Sólidos voláteis		
Sem separação	46,43	0,0515
Com separação	51,90	
CV (%)	6,49	

Médias seguidas de mesma letra não diferem entre si pelo teste F ($P < 0,05$).

CV: coeficiente de variação.

De acordo com os dados da Tabela 21 não foram observadas diferenças estatísticas entre os tratamentos sem separação de sólidos e com separação, tanto para redução de sólidos totais quanto sólidos voláteis. No entanto, os resultados são comparáveis aos obtidos por Xavier (2009), que trabalhando com dejetos de bovinos de leite com diferentes adições de caldo de cana ao substrato obteve para o tratamento sem adição de caldo de cana valores de redução de 43,23% para sólidos totais e 49,51% para sólidos voláteis. Ainda é importante ressaltar que o valor de P para redução de sólidos voláteis foi 0,0515, ou seja, próximo de dar significativo, podendo sugerir novos estudos a fim de se estabelecer melhor estes valores de redução sob estas condições.

No Gráfico 18 podem ser visualizadas as reduções de sólidos totais e sólidos voláteis obtidas por meio de biodigestão anaeróbia em biodigestores do tipo batelada abastecidos com dejetos de bovinos de leite com e sem separação de sólidos.

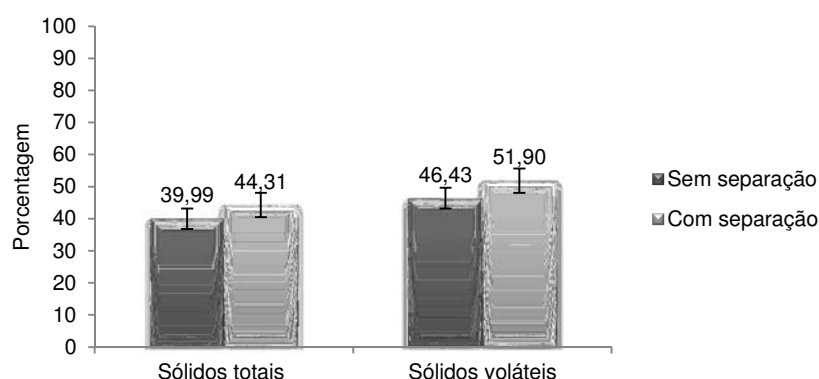


Gráfico 18. Redução de sólidos totais e voláteis do substrato após biodigestão anaeróbia de dejetos de bovinos de leite com e sem separação de sólidos em biodigestores do tipo batelada.

4. Conclusão

Conclui-se que a separação de sólidos é um método eficiente do ponto de vista da qualidade do biogás produzido (exceto para o dejetos de aves de postura) pois este proporcionou maiores porcentagens de metano e menores de gás carbônico. Porém ineficiente para aumentar o potencial de produção de biogás (exceto, para o dejetos de suínos) e para reduzir sólidos do substrato (exceto dejetos de caprinos).

5. Referências

AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION - APHA. Standard methods for examination of water and wastewater. American Water Works Association, 19th ed. Washington, DC, 1995. 1134 p.

ARAÚJO, L. C. A.; ORRICO, A. C. A.; ORRICO JR, M. A. P.; VARGAS JR, F. M.; SUNADA, N. S. Produção e potenciais de produção de biogás dos dejetos de ovinos associados com doses crescentes de glicerina bruta. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 49., 2012, Brasília. **Anais...** Brasília: Sociedade Brasileira de Zootecnia, 2012. 1 CD-ROM.

CAETANO, L. **Metodologia para estimativa da produção contínua de biogás em biodigestores modelo indiano**. 1991. 112 f. Tese (Doutorado – Energia na Agricultura) – Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Botucatu, 1991.

DIESEL, R.; MIRANDA, C. R.; PERDOMO, C. C. **Coletânea de tecnologias sobre dejetos suínos**. Concórdia: Embrapa Suínos e Aves e Extensão: EMATER/RS, 2002. 31 p. (Embrapa Suínos e Aves e Extensão - EMATER/RS. Boletim Informativo, 14).

FRANCOU, C.; LINÈRES, M.; DERENNE, S.; VILLIO-POITRENAUD, M.; HOUOT, S. Influence of green waste, biowest and paper-cardboard initial rations on organic matter transformation during composting. **Bioresource Technology**, Essex, v. 99, n. 18, p. 8926-8934, 2008.

GOMES, F. O. C.; CAPPI, N. Redução de sólidos em biodigestores abastecidos com dejetos de aves alimentadas com milho em diferentes granulometrias. In: ENCONTRO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA – ENIC, 8., 2010, Dourados. **Anais eletrônicos...** Dourados: UEMS, 2010. Disponível em: <<http://periodicos.uems.br/index.php/enic/article/view/1043>>. Acesso em: 22 abr. 2013.

MACHADO, C. R. **Biodigestão anaeróbia de dejetos de bovinos leiteiros submetidos a diferentes tempos de exposição ao ar**. 2011. 53 f. Dissertação (Mestrado em Energia na Agricultura) – Faculdade de Ciências Agronômicas, Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Botucatu, 2011.

ORRICO JR, M. A. P.; ORRICO A. C. A.; LUCAS JR, J. Avaliação de parâmetros da biodigestão anaeróbia de dejetos de suínos alimentados com dietas à base de milho e sorgo. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 30, n. 4, p. 600-607, 2010.

ORRICO JR, M. A. P.; ORRICO A. C. A.; LUCAS JR, J. Influência da relação volumoso:concentrado e do tempo de retenção hidráulica sob a biodigestão anaeróbia de dejetos de bovinos. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 30, n. 3, p. 386-394, 2010.

ORRICO JR, M. A. P.; ORRICO A. C. A.; LUCAS JR, J. Produção animal e o meio ambiente: uma comparação entre potencial de emissão de metano dos dejetos e a quantidade de alimento produzido. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 31, n. 2, p. 399-410, 2011.

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

ORRICO JR, M. A. P. **Biodigestão anaeróbia e compostagem de dejetos de suínos, com e sem separação de sólidos**. 2007. 93 f. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Jaboticabal, 2007.

ORRICO, A. C. A.; LUCAS JR, J.; ORRICO JR, M. A. P.; Caracterização e biodigestão anaeróbia dos dejetos de caprinos. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 27, n. 3, p. 639-647, 2007.

ORRICO, A. C. A.; ORRICO JR, M. A. P.; LUCAS JR, J. Biodigestão anaeróbia dos dejetos de cabritos Saanen alimentados com dietas com diferentes proporções volumoso e concentrado. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 40, n. 2, p. 448-453, 2011.

QUADROS, D. G.; OLIVER, A. P. M.; REGIS, U.; VALLADARES, R.; SOUZA, P. H. F.; FERREIRA, E. J. Biodigestão anaeróbia de dejetos de caprinos e ovinos em reator contínuo de PVC flexível. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 14, n. 3, p. 326-332, 2010.

RICO, J. L.; GARCÍA, H.; RICO, C.; TEJERO, I. Characterisation of solid and liquid fractions of dairy manure with regard to their component distribution and methane production. **Bioresource Technology**, Essex, v. 98, n. 5, p. 971-979, 2007.

SANTI, L. **Influência da adição de enzimas e microrganismos sobre a digestão anaeróbia de dejetos bovinos e suínos**. 2013. 57 f. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Jaboticabal, 2013.

SAS Institute. **SAS user's guide: statistics**. 6th ed. Cary: Statistical Analysis System Institute, 2008.

SILVA, D. J.; QUEIROZ, A. C. **Análise de Alimentos Métodos Químicos e Biológicos**. 3. ed. Viçosa: Editora UFV, 2006. 235 p.

STATSOFT, INC. Statistica (data analysis software system), version 7. 2007.

VEDRENNE, F.; BÉLINE, F.; DABERT, P.; BERNET, N. The effect of incubation conditions on the laboratory measurement of the methane producing capacity of livestock wastes. **Bioresource Technology**, Essex, v. 99, n. 1, p. 146-155, 2008.

CAPÍTULO 4 – Produção de biogás em biodigestores do tipo semi-contínuo com e sem separação de sólidos

RESUMO – Objetivou-se avaliar a separação de sólidos no processo de biodigestão anaeróbia em biodigestores do tipo semi-contínuo de dejetos de aves de postura e bovinos de leite, mensurando a eficiência do método de separação de sólidos na produção e qualidade do biogás, no potencial de produção de biogás e redução de sólidos. Para a separação dos sólidos foi utilizada peneira de malha quadrada de 1mm. O delineamento experimental foi o inteiramente casualizado com 2 tratamentos (com e sem separação de sólidos) e 4 repetições. Foram mensuradas a produção (m^3) e composição (CH_4 e CO_2) do biogás produzido, bem como os teores de sólidos totais e voláteis. Para ambos os dejetos a separação de sólidos proporcionou maior porcentagem de CH_4 , menor porcentagem de CO_2 , menor produção de biogás (dejeito de bovino de leite não diferiu) e maior redução de sólidos. Para os potenciais de produção de biogás para o dejeito de aves a separação de sólidos foi melhor para produção por kg de sólidos totais e voláteis, não diferiu para sólidos voláteis reduzidos e inferior para dejeito. Para o dejeito de bovinos de leite a separação de sólidos proporcionou maior produção por kg de sólidos totais, sólidos voláteis, sólidos voláteis reduzidos e não diferiu entre os tratamentos para dejeito. Conclui-se que a separação de sólidos é um método eficiente para aumentar a qualidade do biogás produzido, aumentar o potencial de produção de biogás (exceto por kg de dejeito) e reduzir sólidos do substrato.

Palavras-chave: aves de postura, biodigestão anaeróbia, bovinos de leite, peneira

CHAPTER 4 – Biogas production in semi-continuous digesters with and without solids separation

ABSTRACT – This trial aimed to evaluate the separation of solids in the process of anaerobic digestion in semi-continuous digesters of laying hens and dairy cattle wastes, measuring the efficiency of the separation method of solids in biogas production and quality in the biogas production potential and reduction of solids. For the solids separation a sieve of 1 mm square mesh was used. The experimental design was completely randomized with two treatments (with and without solids separation) and 4 replicates. Production (m^3) and composition (CH_4 and CO_2) of the biogas produced, as well as the content of total and volatile solids were measured. For both manure solids separation showed higher percentage of CH_4 , smaller percentage of CO_2 , lower biogas production (dairy cattle manure did not differ) and greater reduction of solids. For the biogas production potential of poultry waste the solids separation was better in regards the production per kg of total and volatile solids, it did not differ for reduced volatile solids and was lower for manure. For the dairy cattle manure the solids separation provided greater production per kg of total solids, volatile solids, reduced volatile solids and worse for manure. It was concluded that the separation of solids is an efficient method to enhance the quality of the biogas produced, increase the potential for biogas production (except per kg of waste) and reduce solid substrate.

Keywords: poultry, anaerobic digestion, dairy cattle, sieve

1. Introdução

Em sistemas de confinamento de bovinos leiteiros, um grande volume de dejetos é produzido diariamente gerando problemas para o tratamento desses resíduos causando poluição do ambiente (AMARAL *et al.*, 2004; SANTOS; MORAIS, 2009).

Esses dejetos são compostos orgânicos de alto teor energético, com macro e micronutrientes (AMARAL *et al.*, 2004).

A digestão anaeróbia do dejetos de bovinos de leite demonstra ser um tratamento atrativo que fornece vários benefícios, incluindo produção de biofertilizante, redução de odores, das emissões de gases de efeito estufa e produção de um combustível renovável, o metano (HAWKES *et al.*, 1984; HARTMANN; KAPARAJU; RINTALA, 2003; AHRING, 2005; ALBERTSON; PRUDEN; OLIVER, 2006; CHAE *et al.*, 2008).

No Brasil, o crescimento da produção de ovos comerciais, bem como a qualidade do produto, tem sido expressivos, conferindo oportunidade para um mercado promissor de ovos e subprodutos de ovos frescos e processados, porém, acompanhando o crescimento produtivo do setor crescem também as preocupações com a quantidade e composição dos dejetos gerados pelas aves (GOMES; CAPPI, 2010).

Quanto ao potencial de biogás, produzido pelos dejetos de aves, são observadas na literatura enormes variações nas produções, pois em muitas citações faltam melhor informações sobre a caracterização dos substratos utilizados para determinar o potencial energético (esterco ou cama, tipo de material utilizado como cama, uso e quantidades de inóculo utilizado, bem como a composição do biogás gerado).

Alguns estudos demonstraram ter o estrume de aves maior potencial de produção de biogás quando comparado a outros resíduos (principalmente de bovinos) e alto teor de metano no biogás (HILL, 1983; MAHADEVASWAMY; VENKATARAMAN, 1986), sendo que este faz a utilização do estrume de aves mais atrativa (LUCAS JR; SANTOS, 2000).

Segundo a forma como predomina a criação das galinhas de postura, sugere-se que os biodigestores que venham a se integrar ao sistema de produção permitam a operação com cargas diárias, ou seja, contínuos (LUCAS JR; SANTOS, 2000).

A biodigestão anaeróbia representa uma alternativa para o tratamento de resíduos, pois além de permitir a redução do potencial poluidor, promove a geração do biogás, utilizado como fonte de energia alternativa e permite a reciclagem do efluente, podendo ser utilizado como biofertilizante (AMARAL *et al.*, 2004).

O trabalho teve como objetivo avaliar a separação de sólidos no processo de biodigestão anaeróbia de dejetos de aves de postura e bovinos de leite em biodigestores do tipo semi-contínuo, mensurando a eficiência da separação de sólidos na produção e qualidade do biogás, bem como no potencial de produção de biogás e redução de sólidos.

2. Material e Métodos

2.1. Descrição do local

A pesquisa foi desenvolvida no Laboratório de Biomassa do Departamento de Engenharia Rural pertencente à Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias – Unesp Jaboticabal.

2.2. Colheita do dejetos

Os dejetos colhidos nos setores pertencentes à Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias – Unesp Jaboticabal, estão descritos na Tabela 1 de acordo com suas características no momento da colheita.

Tabela 1. Características de cada tipo de dejetos no momento da colheita.

Espécie animal	Categoria animal	Local de colheita	Setor da Faculdade
Aves	Galinhas de postura	raspagem do piso abaixo das gaiolas	Avicultura
Bovinos de leite	Vacas em lactação	raspagem do piso de concreto	Bovinocultura de Leite

2.3. Caracterização do dejetos

Dos dejetos colhidos foram retiradas amostras para determinação da primeira matéria seca. Após secas, as amostras foram finamente moídas em moinho de bola para realização da segunda matéria seca (2ª MS), determinação dos teores de sólidos totais (ST), fibra em detergente neutro (FDN), fibra em detergente ácido (FDA), energia bruta (EB) e matéria fibrosa (MF) (Tabela 2).

Tabela 2. Composição dos dejetos.

Item	Espécie animal	
	Aves	Bovinos de leite
2ª MS (%)	95,40	96,59
FDN (%)*	29,22	73,03
FDA (%)*	18,20	31,07
EB (cal/g)*	2977,79	2975,63
MF (%)*	10,00	26,84
ST (%)	45,78	17,03

* na 2ª MS

2.4. Dieta dos animais

As dietas dos animais encontram-se na Tabela 3.

Tabela 3. Dieta dos animais.

Ingrediente	Espécie animal	
	Ave de postura	Bovino de Leite
	% do ingrediente na dieta	
Bicarbonato de sódio	0,06	
Calcário	9,97	
DL metionina	0,28	
Farelo de algodão		10,0
Farelo de soja	25,05	
Farelo de trigo		8,0
Fosfato bicálcio	1,10	1,0
L- lisina HCl	0,09	
L- treonina	0,08	
Milho grão	61,27	55,0
Mineral aves	0,15	
Núcleo leite		4,0
Óleo de soja	1,50	
Pasto		à vontade
Sal comum	0,45	
Soja grão		22,0
Total	100,0	100,0

2.5. Biodigestão anaeróbia

Para cada tipo de dejetos o teor de sólidos totais foi ajustado para cerca de 4%. Para a separação das frações (sólida e líquida) foi utilizada peneira de malha quadrada com abertura de 1mm. O período de coleta de dados foi de 33 dias após a estabilização do sistema.

Para a biodigestão anaeróbia foram utilizados biodigestores do tipo semi-contínuo com capacidade para 60 kg de substrato, os quais foram abastecidos diariamente com 2 kg de substrato (tempo de retenção hidráulica de 30 dias). O modelo dos biodigestores utilizados está apresentado na Figura 1 (reator) e Figura 2 (gasômetro).

O delineamento experimental foi o inteiramente casualizado com 2 tratamentos (com e sem separação de sólidos) e 4 repetições.

Foram mensuradas a produção (m^3) e composição (CH_4 e CO_2) do biogás produzido, bem como os teores de sólidos totais e voláteis. E calculados os potenciais de produção de biogás.

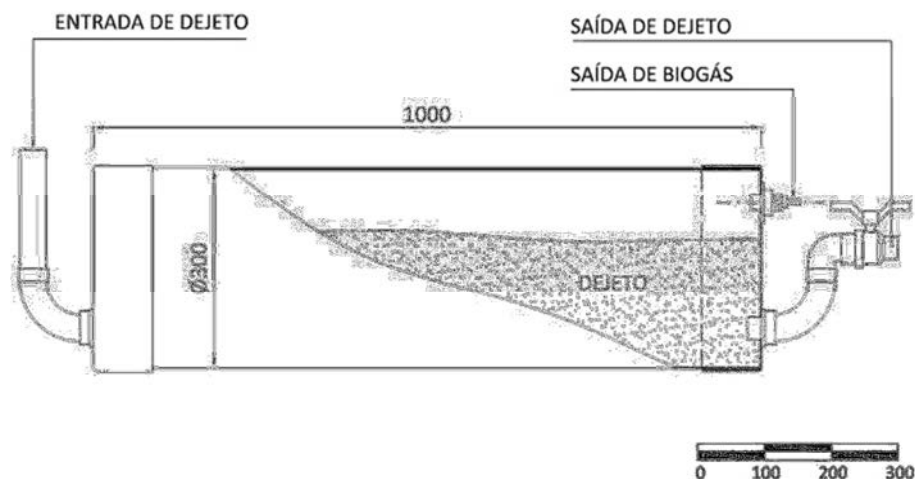


Figura 1. Reator do biodigestor do tipo semi-contínuo (SANTI, 2013).

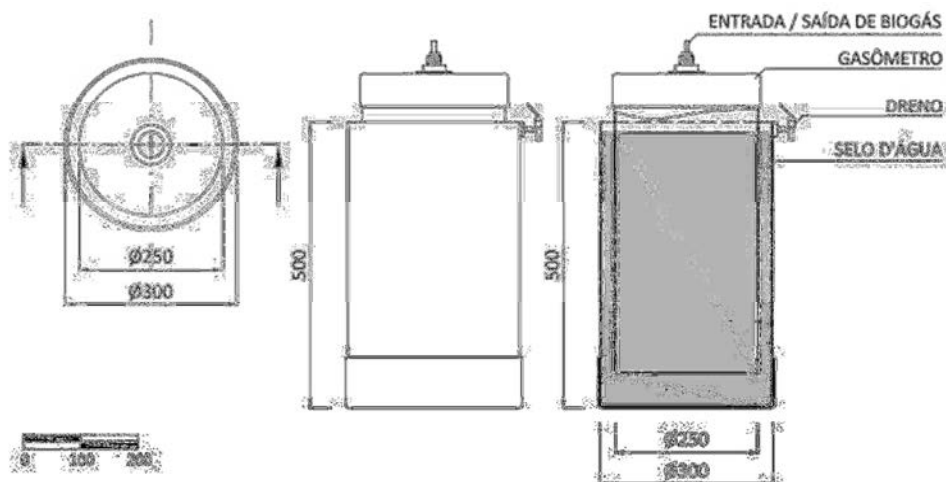


Figura 2. Gasômetro do biodigestor do tipo semi-contínuo (SANTI, 2013).

2.6. Metodologias usadas

2.6.1. Quantificação dos teores de sólidos totais, voláteis e nutrientes

Para a quantificação dos teores de sólidos totais e voláteis foram utilizadas metodologias descritas em APHA (1995).

As amostras dos dejetos, bem como dos substratos (dejeto + água) sem separação de sólidos e com separação de sólidos, foram submetidas à pré-secagem em estufa com circulação de ar forçada a 55 °C durante 72 h. Em seguida, parte das amostras secas foi destinada à análise de nutrientes segundo Silva e Queiroz (2006)

(somente do dejetos) e, outra parte foi submetida às análises de sólidos totais em estufa de circulação de ar forçada por 12 h a 105 °C. O teor de sólidos voláteis foi determinado a partir do material seco que serviu para determinação do teor de sólidos totais. As amostras previamente secas foram queimadas em forno mufla a 580 °C durante 2,5 h para a determinação dos sólidos voláteis.

2.6.2. Produção de biogás

A quantificação da produção de biogás foi feita com base nas leituras dos gasômetros dos biodigestores da seguinte forma: utilizando uma régua afixada na parte externa dos gasômetros e do deslocamento vertical destes foi possível medir a produção diária de biogás. O volume do biogás foi determinado pela multiplicação da altura de deslocamento do gasômetro pela área da sua seção transversal interna. Após cada leitura, os gasômetros eram esvaziados até atingirem o zero da régua. Na mesma ocasião era medida a temperatura do gás com termômetro digital com escala de 0,1°C.

Posteriormente, foi efetuada a correção no volume de biogás para 1 atm e 20°C, de acordo com a metodologia empregada por CAETANO (1985), onde pelo fator de compressibilidade (Z), o biogás apresentava comportamento próximo ao ideal.

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:

$$(V_0 P_0) / T_0 = (V_1 P_1) / T_1$$

em que:

V_0 = volume de biogás corrigido, m³;

P_0 = pressão corrigida do biogás, 10.322,72 mm de H₂O;

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

V_1 = volume do gás no gasômetro;

P_1 = pressão do biogás no instante da leitura, 9.652,10 mm de H_2O ;

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

2.6.3. Análise da composição do biogás produzido

Para avaliação da composição do biogás produzido, foram feitas análises com base nas porcentagens de CH_4 e CO_2 . Semanalmente foram retiradas amostras de biogás de cada um dos biodigestores durante todo o período experimental, utilizando seringas plásticas com volume de 60 mL cada. As determinações foram feitas utilizando-se um cromatógrafo de fase gasosa da marca FINNINGAN GC 2001 equipado com colunas Porapak Q, Peneira Molecular 5A e detector de condutividade térmica, utilizando o hidrogênio como gás de arraste. A calibração do equipamento foi feita com o gás padrão contendo 55,4% de metano e 35,1% de dióxido de carbono. Os percentuais dos componentes foram determinados com o auxílio de um integrador processador.

3. Resultados e discussão

No Gráfico 1 pode ser observada a produção de biogás em biodigestores do tipo semi-contínuo abastecidos com dejetos de aves de postura com e sem separação de sólidos durante todo período de operação do biodigestor. É possível visualizar que em ambos os tratamentos as curvas de produção de biogás foram semelhantes.

Na Tabela 4 encontram-se os valores médios de CH_4 (%), CO_2 (%) e volume biogás (m^3) para o dejetos de aves de postura com e sem separação de sólidos em biodigestores do tipo contínuo durante os 33 dias de coleta de dados.

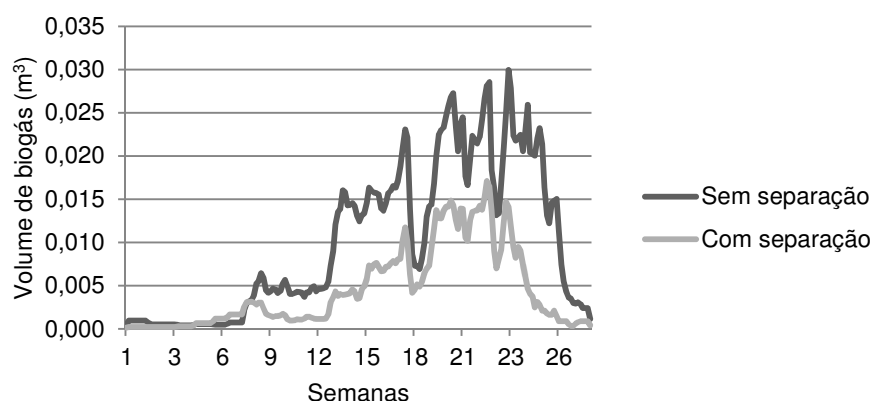


Gráfico 1. Distribuição da produção de biogás dos biodigestores tipo semi-contínuo abastecidos com dejetos de aves de postura.

Tabela 4. Valores médios de CH₄ (%), CO₂ (%) e volume biogás (m³) para o dejetos de aves de postura com e sem separação de sólidos em biodigestores do tipo semi-contínuo.

tipo semi-continuo.

Tratamento	média	Valor de P
CH ₄ (%)		
Sem separação	54,23 ^b	<0,0001
Com separação	65,19 ^a	
CV (%)	2,50	
CO ₂ (%)		
Sem separação	39,37 ^a	<0,0001
Com separação	29,30 ^b	
CV (%)	1,76	
Volume biogás (m ³)		
Sem separação	0,77 ^a	<0,0001
Com separação	0,43 ^b	
CV (%)	5,13	

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

CV: coeficiente de variação.

De acordo com os dados da Tabela 4, no tratamento com separação de sólidos a porcentagem de CH₄ foi maior e a porcentagem de CO₂ menor, enquanto que no tratamento sem separação de sólidos ocorreu o contrário. Para a produção de biogás a separação de sólidos não foi favorável, já que o tratamento sem separação obteve estatisticamente a maior média. Porém, o biogás produzido no tratamento com separação de sólidos apresentou melhor qualidade, ou seja, maior porcentagem de CH₄ e menor de CO₂.

Na Tabela 5 encontram-se os valores médios dos potenciais de produção de biogás por kg de sólidos totais adicionados, sólidos voláteis adicionados, sólidos

voláteis reduzidos e dejetos, para o dejetos de aves de postura com e sem separação de sólidos em biodigestores do tipo semi-contínuo durante os 33 dias de coleta de dados.

Tabela 5. Valores médios dos potenciais de produção de biogás por kg de sólidos totais (ST) adicionados, sólidos voláteis (SV) adicionados, sólidos voláteis reduzidos e dejetos, para o dejetos de aves de postura com e sem separação de sólidos em biodigestores do tipo semi-contínuo.

Tratamento	Potencial médio	Valor de P
m ³ de biogás/kg ST adicionados		
Sem separação	0,34 ^b	0,0110
Com separação	0,38 ^a	
CV (%)	5,16	
m ³ de biogás/kg SV adicionados		
Sem separação	0,49 ^b	0,0008
Com separação	0,62 ^a	
CV (%)	5,22	
m ³ de biogás/kg SV reduzidos		
Sem separação	0,84	0,6578
Com separação	0,81	
CV (%)	11,99	
m ³ de biogás/kg dejetos		
Sem separação	0,108 ^a	<0,0001
Com separação	0,060 ^b	
CV (%)	5,15	

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

CV: coeficiente de variação.

De acordo com os dados da Tabela 5 somente não houve diferença estatística entre os tratamentos para o potencial de produção de biogás por kg de sólidos voláteis reduzidos. Para os potenciais de produção de biogás por kg de sólidos totais adicionados e sólidos voláteis adicionados, a separação de sólidos resultou no maior potencial de produção, enquanto que por kg de dejetos ocorreu o contrário, ou seja, a separação de sólidos proporcionou o menor potencial de produção de biogás.

Os potenciais de produção de biogás por kg de sólidos totais adicionados e voláteis adicionados foram superiores aos obtidos por Caetano (1991) que trabalhando com dejetos de aves de postura como substrato para biodigestores do tipo contínuo encontrou 0,216 m³ de biogás por kg de sólidos totais e 0,336 m³ de biogás por kg de sólidos voláteis.

A produção de biogás por kg de sólidos totais adicionados e voláteis adicionados obtidos no presente estudo são comparáveis aos encontrados por Lucas Jr e Santos (1998) que avaliando o desempenho de biodigestores tipo semi-contínuos modelo indiano, operados com cargas diárias de dejetos de galinhas de postura e água (tempo de retenção hidráulica de 30 dias) observaram produções de biogás de 0,358 m³ de biogás por kg de sólidos totais adicionados e 0,58 m³ de biogás por kg de sólidos voláteis adicionados, no entanto o potencial de produção de biogás por kg de dejetos foi superior (tratamento sem separação de sólidos), já que os autores encontraram 0,091m³/kg de dejetos.

Na Tabela 6 encontram-se os valores médios de redução de sólidos totais e sólidos voláteis para o dejetos de aves de postura com e sem separação de sólidos em biodigestores do tipo semi-contínuo durante os 33 dias de coleta de dados.

Tabela 6. Valores médios de redução de sólidos totais e sólidos voláteis para o dejetos de aves de postura com e sem separação de sólidos em biodigestores do tipo semi-contínuo.

Tratamento	% média de redução	Valor de P
Sólidos totais		
Sem separação	50,68 ^b	0,0031
Com separação	67,61 ^a	
CV (%)	8,52	
Sólidos voláteis		
Sem separação	59,08 ^b	0,0023
Com separação	76,35 ^a	
CV (%)	7,14	

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

CV: coeficiente de variação.

De acordo com os dados da Tabela 6 as maiores reduções de sólidos totais e voláteis foram obtidas no tratamento com separação de sólidos. Estes resultados indicam que a separação de sólidos foi um método eficiente na remoção de sólidos do substrato. Lucas Jr e Santos (1998) avaliando o desempenho de biodigestores tipo semi-contínuos modelo indiano, operados com cargas diárias de dejetos de galinhas de postura e água (tempo de retenção hidráulica de 40 dias) observaram a possibilidade de se reduzir até 82,4% de sólidos voláteis, valor superior ao encontrado neste estudo, porém o tempo de retenção hidráulica também era maior. No entanto, Santos *et al.* (1999) avaliando a produção e recuperação de energia por

meio da biodigestão anaeróbia de dejetos de poedeiras leves criadas sob diferentes temperaturas, verificaram 47,83% de redução de sólidos totais e 46,91% de redução de sólidos voláteis, valores inferiores aos encontrados no presente estudo.

No Gráfico 2 podem ser visualizadas as reduções de sólidos totais e sólidos voláteis obtidas por meio de biodigestão anaeróbia em biodigestores do tipo semi-contínuo abastecidos com dejetos de aves de postura com e sem separação de sólidos.

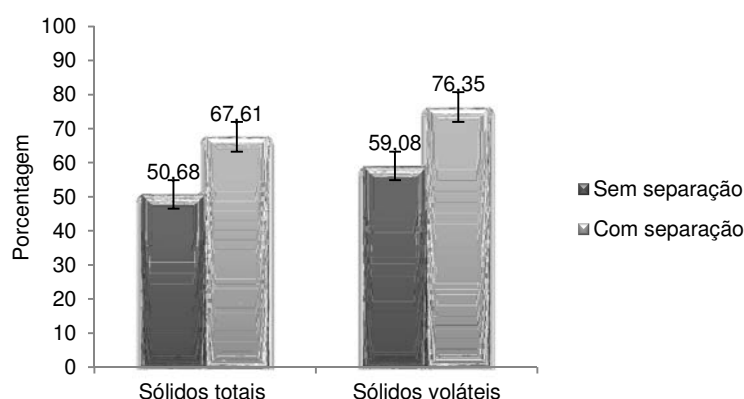


Gráfico 2. Redução de sólidos totais e voláteis do substrato após biodigestão anaeróbia de dejetos de aves de postura com e sem separação de sólidos em biodigestores do tipo semi-contínuo.

No Gráfico 3 pode ser visualizada a produção de biogás em biodigestores do tipo semi-contínuo abastecidos com dejetos de bovinos de leite com e sem separação de sólidos durante todo período de operação do biodigestor. Na fase inicial observa-se que os tratamentos com e sem separação de sólidos se alternam na maior produção de biogás, enquanto que na fase de estabilidade do sistema são muito semelhantes.

Na Tabela 7 encontram-se os valores médios de CH_4 (%), CO_2 (%) e volume biogás (m^3) para o dejetos de bovinos de leite com e sem separação de sólidos em biodigestores do tipo semi-contínuo durante os 33 dias de coleta de dados.

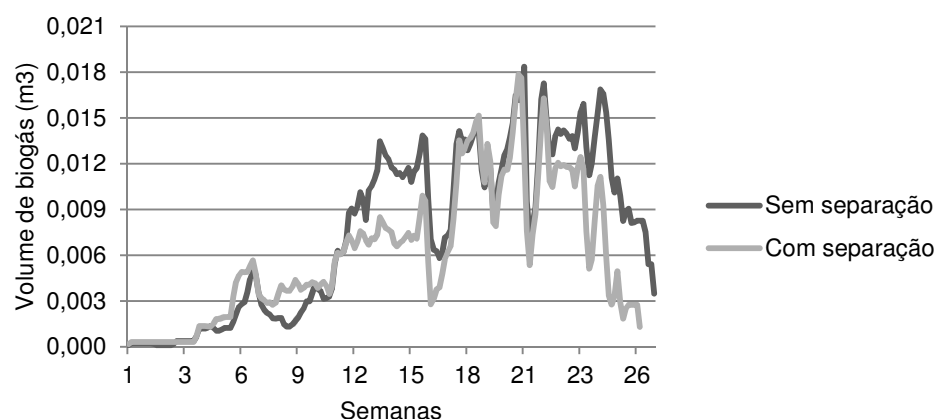


Gráfico 3. Distribuição da produção de biogás dos biodigestores tipo semi-contínuo abastecidos com dejetos de bovinos de leite.

Tabela 7. Valores médios de CH₄ (%), CO₂ (%) e volume biogás (m³) para o dejetos de bovinos de leite com e sem separação de sólidos em biodigestores do tipo semi-contínuo.

tipo semi-continuo.

Tratamento	média	Valor de P
CH ₄ (%)		
Sem separação	55,64 ^b	0,0001
Com separação	64,59 ^a	
CV (%)	2,38	
CO ₂ (%)		
Sem separação	39,37 ^a	<0,0001
Com separação	30,16 ^b	
CV (%)	1,81	
Volume biogás (m ³)		
Sem separação	0,43	0,1321
Com separação	0,41	
CV (%)	4,13	

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

CV: coeficiente de variação.

De acordo com os dados da Tabela 7, no tratamento com separação de sólidos a porcentagem de CH₄ foi maior e a porcentagem de CO₂ menor, enquanto que no tratamento sem separação de sólidos ocorreu o contrário. Para a produção de biogás a separação de sólidos não foi capaz de aumentar a produção. Porém, o biogás produzido no tratamento com separação de sólidos apresentou melhor qualidade, ou seja, maior porcentagem de CH₄ e menor de CO₂, indicando que a separação de sólidos foi um método adequado.

As porcentagens de CH₄ obtidas são comparáveis as encontradas por Rico *et al.* (2011), que observaram porcentagem de CH₄ entre 57 a 72 % durante o período

experimental e, também aos valores obtidos por Xavier (2009) que, encontrou média da porcentagem de CH₄ no biogás de 59,88% para vacas alimentadas com concentrado e silagem de milho. No entanto, a porcentagem CH₄ observada no presente estudo foi inferior a encontrada por Junqueira *et al.* (2011) que trabalhando com bovinos de corte obtiveram média de 77,4% de CH₄ para os tratamentos sem e com separação de sólidos mas, são superiores (porcentagem de CH₄) em relação aos valores encontrados por Amaral *et al.* (2004) que, trabalhando com biodigestores modelos indiano e chinês, observaram porcentagens de CH₄ entre 53,79 e 53,97% e de CO₂ entre 44,96 e 44,88% com tempo de retenção hidráulica de 30 dias.

Em relação ao volume de biogás, segundo Junqueira *et al.* (2011) um melhor desempenho do material sem separação de sólidos poderia ser atribuído a maior quantidade de fibras degradáveis e convertidas em biogás pelos microrganismos no interior dos biodigestores, no entanto não foram observadas diferenças entre os tratamentos com e sem separação de sólidos.

Na Tabela 8 encontram-se os valores médios dos potenciais de produção de biogás por kg de sólidos totais adicionados, sólidos voláteis adicionados, sólidos voláteis reduzidos e dejetos, para o dejetos de bovinos de leite com e sem separação de sólidos em biodigestores do tipo semi-contínuo durante os 33 dias de coleta de dados.

De acordo com a Tabela 8 a separação de sólidos resultou em maior potencial de produção de biogás exceto por kg de dejetos, onde os tratamentos não diferiram estatisticamente entre si. Os potenciais de produção de biogás por kg de sólidos totais adicionados e voláteis adicionados foram superiores aos observados por Amaral *et al.* (2004) que trabalhando com biodigestores modelos indiano e chinês encontraram valores entre 0,116 e 0,123 m³ de biogás por kg de sólidos totais adicionados e 0,143 e 0,151 m³/kg de sólidos voláteis adicionados com tempo de retenção hidráulica de 30 dias. A produção de biogás por kg de dejetos foi inferior a encontrada por Junqueira *et al.* (2011) que trabalhando com bovinos de corte obtiveram potencial de produção dos tratamentos sem e com separação de sólidos de 0,086 e 0,040 m³ de biogás por kg de dejetos.

Tabela 8. Valores médios dos potenciais de produção de biogás por kg de sólidos totais (ST) adicionados, sólidos voláteis (SV) adicionados, sólidos voláteis reduzidos e dejetos, para o dejetos de bovinos de leite com e sem separação de sólidos em biodigestores do tipo semi-contínuo.

Tratamento	Potencial médio	Valor de P
m ³ de biogás/kg ST adicionados		
Sem separação	0,15 ^b	<0,0001
Com separação	0,30 ^a	
CV (%)	3,41	
m ³ de biogás/kg SV adicionados		
Sem separação	0,17 ^b	<0,0001
Com separação	0,39 ^a	
CV (%)	3,25	
m ³ de biogás/kg SV reduzidos		
Sem separação	0,68 ^b	0,0437
Com separação	1,28 ^a	
CV (%)	34,10	
m ³ de biogás/kg dejetos		
Sem separação	0,028	0,0972
Com separação	0,027	
CV (%)	3,96	

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

CV: coeficiente de variação.

Na Tabela 9 encontram-se os valores médios de redução de sólidos totais e sólidos voláteis para o dejetos de bovinos de leite com e sem separação de sólidos em biodigestores do tipo semi-contínuo durante os 33 dias de coleta de dados.

Tabela 9. Valores médios de redução de sólidos totais e sólidos voláteis para o dejetos de bovinos de leite com e sem separação de sólidos em biodigestores do tipo semi-contínuo.

Tratamento	% média de redução	Valor de P
Sólidos totais		
Sem separação	23,39 ^b	0,0088
Com separação	32,96 ^a	
CV (%)	12,57	
Sólidos voláteis		
Sem separação	25,73 ^b	0,0019
Com separação	41,11 ^a	
CV (%)	12,42	

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

CV: coeficiente de variação.

De acordo com os dados da Tabela 9 as maiores reduções de sólidos totais e voláteis foram obtidas no tratamento com separação de sólidos, indicando que a

separação de sólidos foi um método eficiente para a remoção de sólidos do substrato. As reduções obtidas no presente estudo são comparáveis às observadas por Amaral *et al.* (2004) que trabalhando com biodigestores modelos indiano e chinês encontraram valores de redução entre 27,47 e 31,41% de sólidos totais e 26,49 e 33,17% de sólidos voláteis com tempo de retenção hidráulica de 30 dias. E também comparáveis aos resultados encontrados por Rico *et al.* (2011) que trabalhando com sistema de separação de frações tipo prensa de rosca para abastecimento de biodigestores com abastecimento semi-contínuo, encontraram reduções de sólidos voláteis entre 30 e 36% com tempos de retenção hidráulica entre 10 e 20 dias.

No Gráfico 4 podem ser visualizadas as reduções de sólidos totais e sólidos voláteis obtidas por meio de biodigestão anaeróbia em biodigestores do tipo semi-contínuo abastecidos com dejetos de bovinos de leite com e sem separação de sólidos.

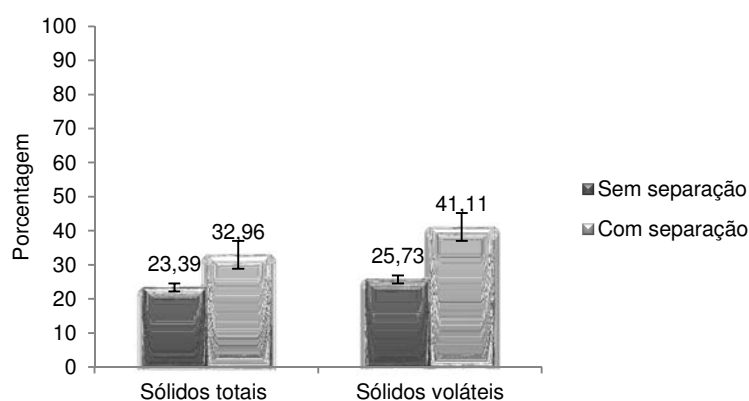


Gráfico 4. Redução de sólidos totais e voláteis do substrato após biodigestão anaeróbia de dejetos de bovinos de leite com e sem separação de sólidos em biodigestores do tipo semi-contínuo.

4. Conclusão

Conclui-se que a separação de sólidos é um método eficiente do ponto de vista da qualidade do biogás produzido, pois este apresentou maiores porcentagens de metano e menores de gás carbônico e, também para aumentar o potencial de produção de biogás (exceto por kg de dejetos) além reduzir sólidos do substrato.

5. Referências

ALBERTSON, M. L., PRUDEN, A., OLIVER, R. T., Enhanced anaerobic digestion of biomass waste for optimized production of renewable energy and solids for compost. Int. Congress Series 1293, 221-229, 2006.

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

AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION - APHA. Standard methods for examination of water and wastewater. American Water Works Association, 19th ed. Washington, DC, 1995. 1134 p.

CAETANO, L. **Metodologia para estimativa da produção contínua de biogás em biodigestores modelo indiano**. 1991. 112 f. Tese (Doutorado – Energia na Agricultura) – Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Botucatu, 1991.

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, n. 1. p. 1-6, 2008.

GOMES, F. O. C.; CAPPI, N. Redução de sólidos em biodigestores abastecidos com dejetos de aves alimentadas com milho em diferentes granulometrias. In: ENCONTRO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA – ENIC, 8., 2010, Dourados. **Anais eletrônicos...** Dourados: UEMS, 2010. Disponível em: <<http://periodicos.uems.br/index.php/enic/article/view/1043>>. Acesso em: 22 abr. 2013.

HARTMANN, H., AHRING, B. K. Anaerobic digestion of the organic fraction of municipal solid waste: influence of co-digestion with manure. **Water Research**, v. 39, n. 8, p. 1543-1552, 2005.

HAWKES, F.; ROSSER, B.; HAWKES, D.; STATHAM, M. Mesophilic anaerobic digestion of cattle slurry after passage through a mechanical separator: factors affecting gas yield. **Agricultural Wastes**, v.10, n. 4, p. 241-256, 1984.

HILL, D. T. Design parameters and operating characteristics of animal waste anaerobic digestion systems - swine and poultry. **Agricultural Wastes**, v. 5, n. 3, p. 157-78, 1983.

JUNQUEIRA, J. B.; LUCAS JR, J.; COSTA, L. V. C.; SAGULA, A.; MENESES, S. L. Diluição e separação das frações sólida e líquida de dejetos de bovinos de corte para abastecimento de biodigestores anaeróbios. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL SOBRE GERENCIAMENTO DE RESÍDUOS AGROPECUÁRIOS E AGROINDUSTRIAS – SIGERA, 2., 2011, Foz do Iguaçu. **Anais eletrônicos...** Foz do Iguaçu: SBERA, 2011. Disponível em: <<http://www.sbera.org.br/2sigera/obras/t063.pdf>>. Acesso em: 20 jan. 2013.

KAPARAJU, P. L. N.; RINTALA, J. A. Effects of temperature on post-methanization of digested dairy cow manure in a farm-scale biogas production system. **Environmental Technology**, v. 24, n. 10, p. 1315-1321, 2003.

LUCAS JR, J.; SANTOS, T. M. B. Aproveitamento de resíduos da indústria avícola para produção de biogás. In: SIMPÓSIO SOBRE RESÍDUOS DA PRODUÇÃO AVÍCOLA, 1., 2000, Concórdia. **Anais eletrônicos...** Concórdia: CNPSA, 2000. Disponível em: <http://docsagencia.cnptia.embrapa.br/suino/anais/anais65_lucas.pdf>. Acesso em: 9 mai. 2013.

LUCAS JR. J.; SANTOS, T. M. B. Biodigestão anaeróbia de dejetos de aves de postura, considerando quatro tempos de retenção hidráulica. In: INGENIERÍA RURAL Y MECANIZACIÓN AGRÁRIA EN EL ÁMBITO LATINOAMERICANO, 1., 1998, La Plata. **Proceedings...** La Plata:UNLP, 1998. p. 346-51.

MAHADEVASWAMY, M.; VENKATARAMAN, L. V. Bioconversion of poultry droppings for biogas and algal production. **Agricultural Wastes**, v. 18, n. 2, p. 93-101, 1986.

RICO, C.; RICO, J. L.; TEJERO, I.; MUÑOZ, N.; GÓMEZ, B. Anaerobic digestion of the liquid fraction of dairy manure in pilot plant for biogas production: Residual methane yield of digestate. **Waste Management**, v. 31, n.9-10, p. 2167-2173, 2011.

SANTI, L. **Influência da adição de enzimas e microrganismos sobre a digestão anaeróbia de dejetos bovinos e suínos**. 2013. 57 f. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Jaboticabal, 2013.

SANTOS, I. A.; MORAIS, M. A. Aproveitamento de biogás para geração de energia elétrica a partir de dejetos de bovinos leiteiros: um estudo de caso na eafmuz. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL SOBRE GERENCIAMENTO DE RESÍDUOS DE ANIMAIS GERAÇÃO DE ENERGIA A PARTIR DE RESÍDUOS ANIMAIS, 1., 2009, Florianópolis. **Anais eletrônicos...** Florianópolis: Siger, 2009. Disponível em < <http://sbera.org.br/sigera2009/downloads/obras/057.pdf>>. Acesso em: 21 fev. 2013.

SANTOS, T. M. B.; BASAGLIA, R.; SAKOMURA, N.; FURLAN, R. L.; LUCAS JR. ,J. Manure and biogas production from laying hens submitted to different ambient temperatures. In: AGENERGY'99 CONFERENCE: "Energy and Agriculture Towards the Third Millennium", 1., 1999, Athens. **Proceedings...** Athens: Agricultural University of Athens, 1999. p.275-81.

SAS Institute. **SAS user's guide: statistics**. 6th ed. Cary: Statistical Analysis System Institute, 2008.

SILVA, D. J.; QUEIROZ, A. C. **Análise de Alimentos Métodos Químicos e Biológicos**. 3. ed. Viçosa: Editora UFV, 2006. 235 p.

STATSOFT, INC. Statistica (data analysis software system), version 7. 2007.

CAPÍTULO 5 – Considerações finais

O uso da biodigestão anaeróbia se dá por diversos motivos ou necessidades, tanto na fase de pesquisas como no campo. A sua importância também varia em cada situação de uso. A seguir serão comentados alguns usos e, consequente resultado, da biodigestão anaeróbia.

O tratamento dos resíduos orgânicos talvez seja o mais importante dos usos da biodigestão anaeróbia. Por meio dela é possível tratar de maneira segura e eficiente os resíduos orgânicos, sejam eles provenientes do meio rural ou urbano. O resultado deste tipo de tratamento é um material estabilizado, sem odor ruim, com grande diminuição de patógenos e passível de ser empregado em outros usos, ou até mesmo de passar por outros tipos de tratamento.

Os produtos da biodigestão anaeróbia são o biofertilizante e o biogás. O biofertilizante é um material que pode ser aplicado no solo em substituição ou em conjunto com adubo mineral. Ele pode ser empregado na forma líquida, colaborando com a irrigação ou na forma sólida (passando por uma pré-secagem), o que favorece seu transporte.

O biogás produzido pode levar dois fins, um deles é seu uso como fonte de energia, ou seja, para ser usado na forma de gás ou em geradores a gás (uso como energia elétrica). O outro caminho é a queima do biogás, esta é uma alternativa que minimiza seu poder poluente, pois o metano, principal componente do biogás, após a queima resulta em água e gás carbônico, sendo este último com menor capacidade poluidora quando comparado ao metano.

O último uso da biodigestão anaeróbia a ser comentado é a obtenção de ganhos financeiros. O tratamento dos resíduos visando a qualidade sanitária melhora também a qualidade de vida tanto dos animais como dos humanos que de alguma forma estejam ligados aos resíduos, seja no meio urbano ou rural. Neste caso os ganhos estão nos recursos poupados no tratamento de doenças, medidas paliativas e recuperação de danos ao ambiente. Para o biofertilizante os ganhos se dão na forma de economia na compra de adubo mineral, já que ele pode ser usado juntamente ou em substituição ao mesmo, já para o biogás, seu uso como energia tanto na forma de gás como de eletricidade traz grande economia deste recurso.

Além disso, tanto o biofertilizante quanto a energia gerada pelo biogás podem ser fonte extra de ganhos, pois podem ser vendidos no mercado.

Com vista na grande importância da biodigestão anaeróbia as pesquisas visam melhorar o sistema como um todo. O foco das pesquisas é buscar maior eficiência do processo de biodigestão anaeróbia. Isso se dá por meio de melhorias nos substratos utilizados (como é o caso da separação de frações), encontrar novos materiais passíveis de degradação por este meio, melhorar a qualidade do biogás e do biofertilizante, entre outros.

APÊNDICE

Gráficos referentes ao Capítulo 2.

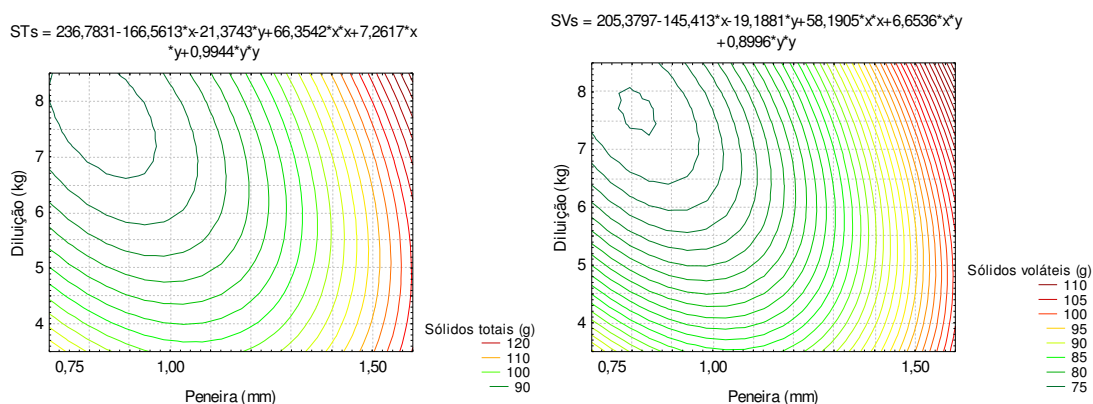


Gráfico 1. Gráfico de contorno (sólidos totais e voláteis) para visualização do ponto estacionário para os dados referentes ao dejetos de suínos.

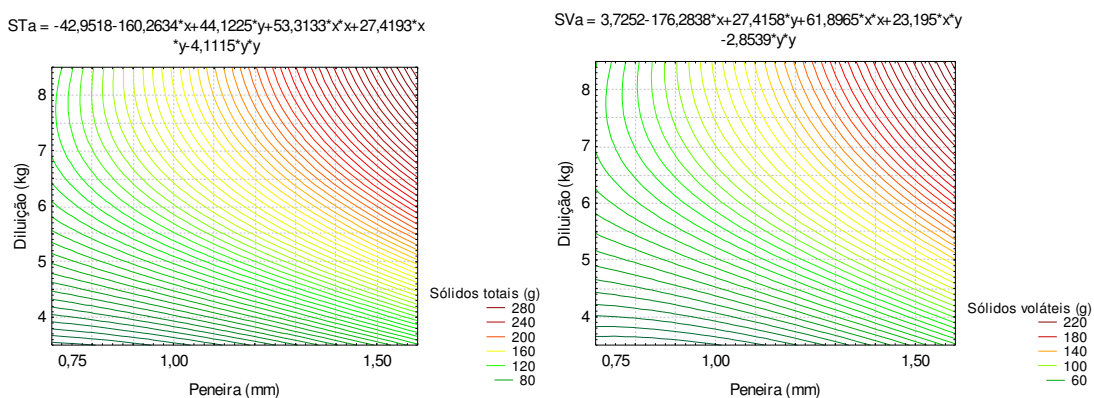


Gráfico 2. Gráfico de contorno (sólidos totais e voláteis) para visualização do ponto estacionário para os dados referentes ao dejetos de aves de postura.

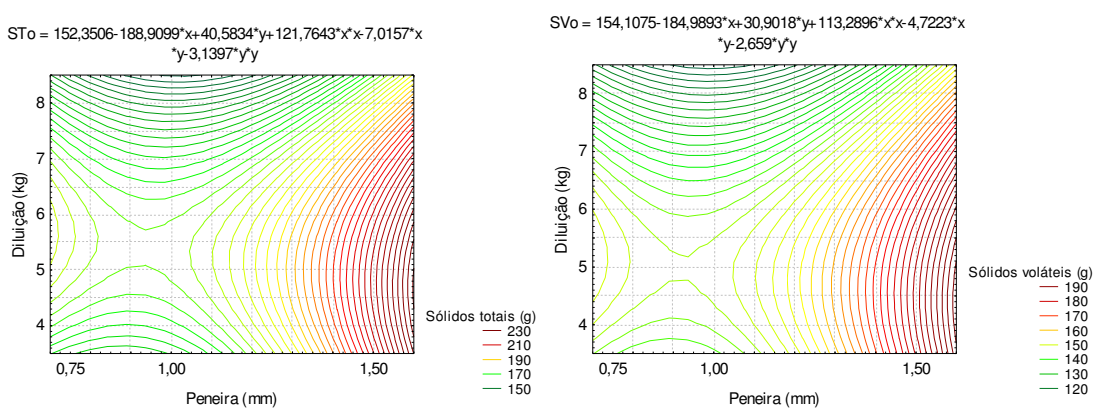


Gráfico 3. Gráfico de contorno (sólidos totais e voláteis) para visualização do ponto estacionário para os dados referentes ao dejetos de ovinos.

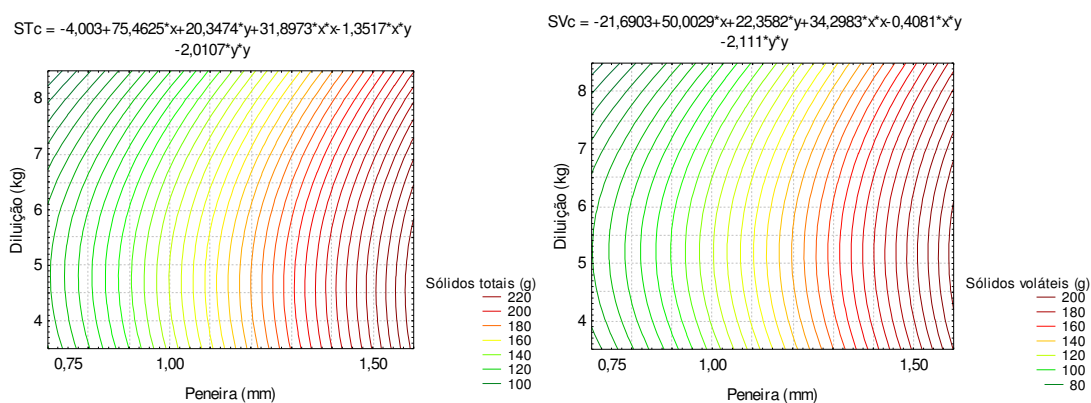


Gráfico 4. Gráfico de contorno (sólidos totais e voláteis) para visualização do ponto estacionário para os dados referentes ao dejetos de caprinos.

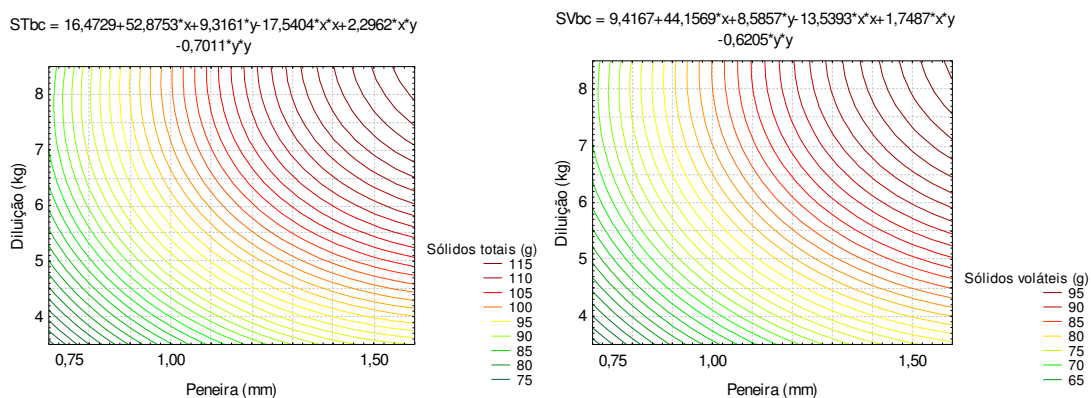


Gráfico 5. Gráfico de contorno (sólidos totais e voláteis) para visualização do ponto estacionário para os dados referentes ao dejetos de bovinos de corte.

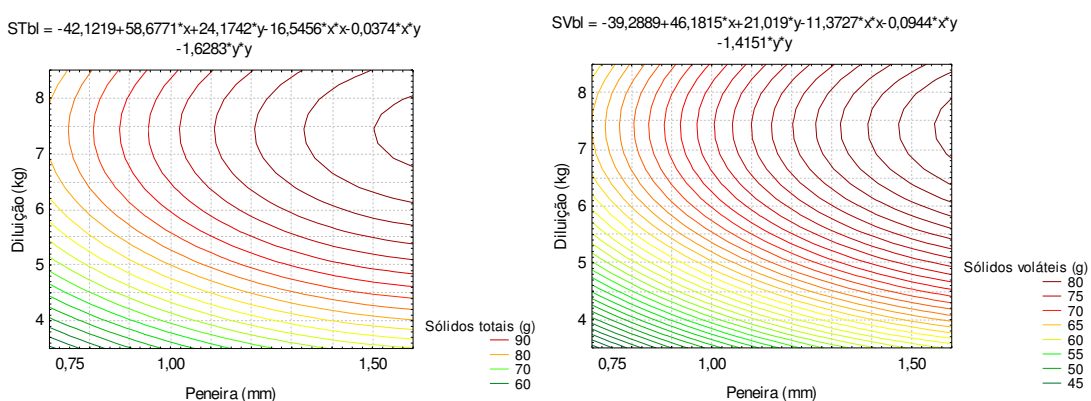


Gráfico 6. Gráfico de contorno (sólidos totais e voláteis) para visualização do ponto estacionário para os dados referentes ao dejetos de bovinos de leite.

Tabela e Gráficos referentes ao Capítulo 3.

Tabela 1. Teores de sólidos totais (%), de sólidos voláteis (%) e pH dos substratos antes e depois do processo de biodigestão anaeróbia.

Espécie animal	Antes do processo			Depois do processo		
	Sólidos totais	Sólidos voláteis	pH	Sólidos totais	Sólidos voláteis	pH
Suínos						
sem separação	5,32	78,54	6,58	2,48	66,43	7,06
com separação	3,18	76,28	6,48	1,69	59,43	7,54
Aves						
sem separação	3,73	57,71	8,65	2,07	37,83	8,04
com separação	2,89	51,66	8,70	1,74	32,55	8,27
Ovinos						
sem separação	4,44	85,86	7,93	2,71	77,26	8,45
com separação	1,82	78,36	8,06	1,12	67,96	8,65
Caprinos						
sem separação	4,17	82,92	7,74	2,95	74,66	8,03
com separação	1,66	77,22	7,74	1,06	68,36	8,46
Bovinos de corte						
sem separação	4,36	82,75	7,80	2,80	74,53	7,57
com separação	2,52	76,34	7,58	1,72	66,70	7,63
Bovinos de leite						
sem separação	3,32	85,06	6,85	1,99	75,90	7,36
com separação	2,07	79,75	6,98	1,15	68,87	7,76

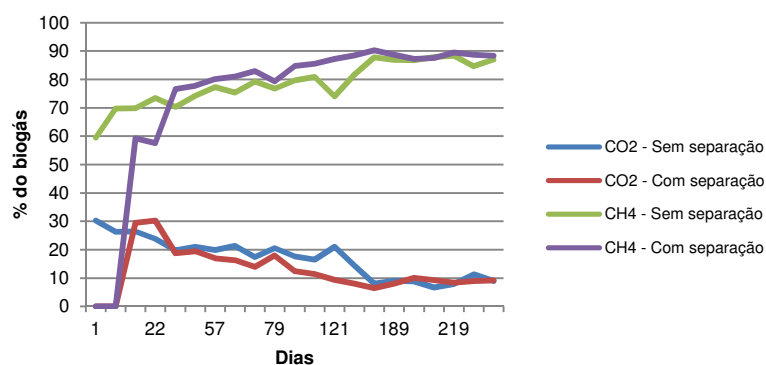


Gráfico 7. Distribuição da composição do biogás (CH_4 e CO_2) produzido a partir do dejetos de suínos com e sem separação de sólidos durante o período experimental.

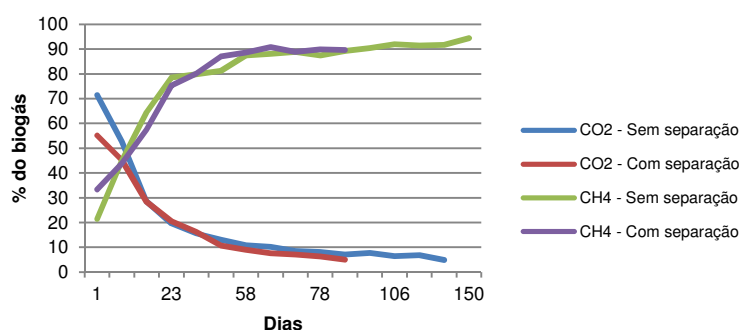


Gráfico 8. Distribuição da composição do biogás (CH₄ e CO₂) produzido a partir do dejetos de aves de postura com e sem separação de sólidos durante o período experimental.

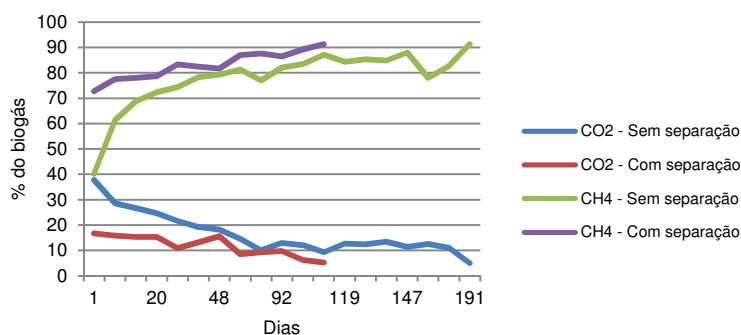


Gráfico 9. Distribuição da composição do biogás (CH₄ e CO₂) produzido a partir do dejetos de ovinos com e sem separação de sólidos durante o período experimental.

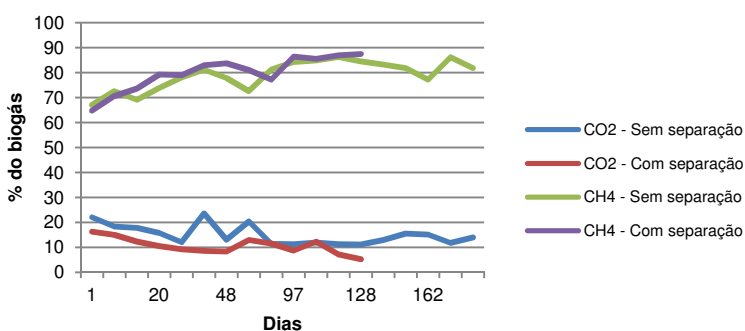


Gráfico 10. Distribuição da composição do biogás (CH₄ e CO₂) produzido a partir do dejetos de caprinos com e sem separação de sólidos durante o período experimental.

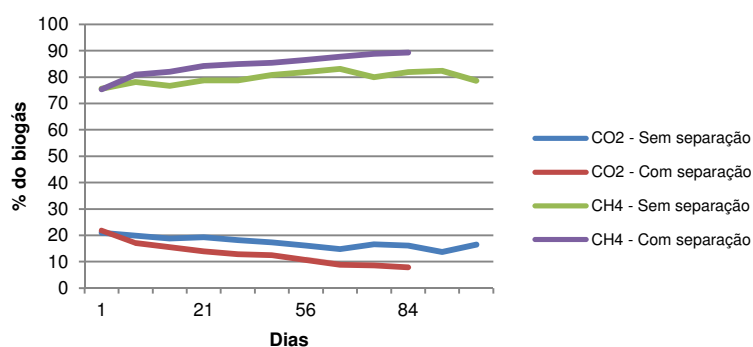


Gráfico 11. Distribuição da composição do biogás (CH_4 e CO_2) produzido a partir do dejetos de bovinos de corte com e sem separação de sólidos durante o período experimental.

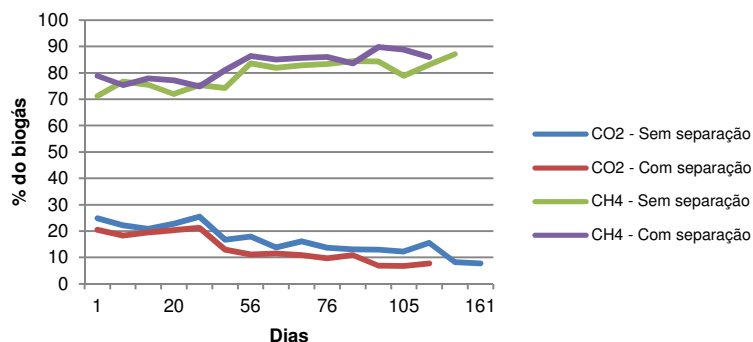


Gráfico 12. Distribuição da composição do biogás (CH_4 e CO_2) produzido a partir do dejetos de bovinos de leite com e sem separação de sólidos durante o período experimental.

Gráficos referentes ao Capítulo 4.

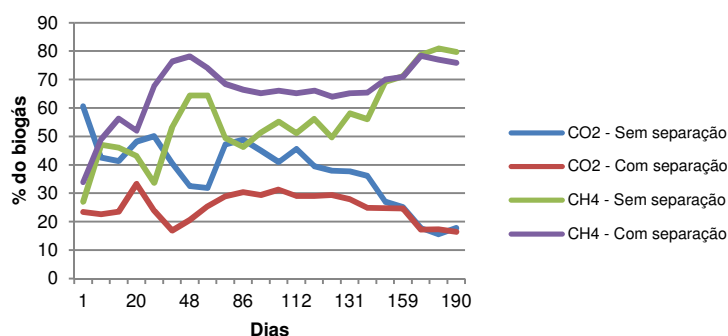


Gráfico 13. Distribuição da composição do biogás (CH₄ e CO₂) produzido a partir do dejetos de aves de postura durante todo período de operação do biodigestor.

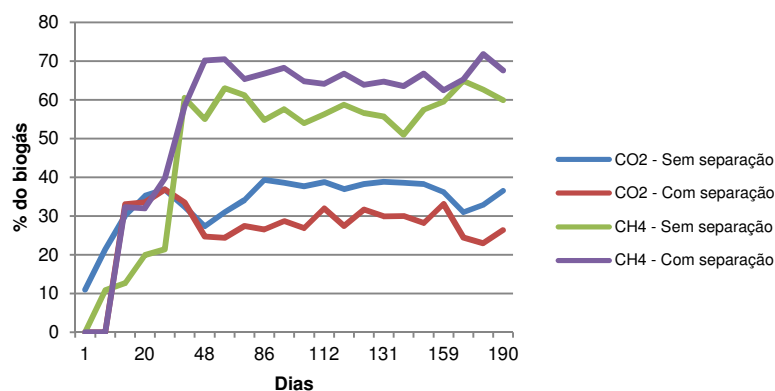


Gráfico 14. Distribuição da composição do biogás (CH₄ e CO₂) produzido a partir do dejetos de bovinos de leite durante todo período de operação do biodigestor.