



UNIVERSIDADE FEDERAL DA GRANDE DOURADOS – UFGD
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
PROGRAMA DE PÓS GRADUAÇÃO EM ZOOTECNIA

**EFEITO DA ADIÇÃO DE ÓLEO E LIPASE SOBRE A
BIODIGESTÃO ANAERÓBIA DE DEJETOS SUÍNOS**

JOÃO PAULO RODRIGUES

Dissertação apresentada à Universidade Federal da Grande Dourados – UFGD, como parte das exigências para obtenção do título de Mestre do Programa de Pós Graduação em Zootecnia

Dourados-MS
Dezembro - 2012



UNIVERSIDADE FEDERAL DA GRANDE DOURADOS – UFGD
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
PROGRAMA DE PÓS GRADUÇÃO EM ZOOTECNIA

**EFEITO DA ADIÇÃO DE ÓLEO E LIPASE SOBRE A
BIODIGESTÃO ANAERÓBIA DE DEJETOS SUÍNOS**

JOÃO PAULO RODRIGUES
Médico Veterinário

Orientadora: Prof^ª Dra. Ana Carolina
Amorim Orrico

Co-Orientador : Prof. Dr. Alexandre
Rodrigo Mendes Fernandes

Dissertação apresentada à Universidade
Federal da Grande Dourados – UFGD,
como parte das exigências para obtenção
do título de Mestre do Programa de Pós
Graduação em Zootecnia

Dourados-MS
Dezembro - 2012

Ficha Catalográfica elaborada pela biblioteca central – UFGD

636.4 Rodrigues, João Paulo.
R696e Efeito da adição de óleo e lipase sobre a biodigestão anaeróbia de dejetos suínos / João Paulo Rodrigues. – Dourados, MS : UFGD, 2012.
52f.

Orientadora: Profa. Dra. Ana Carolina Amorim Orrico

Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Universidade Federal da Grande Dourados.

1. Suíno - Digestão. 2. Excrementos suínos. 3. Biodigestão Anaeróbia. I. Título.

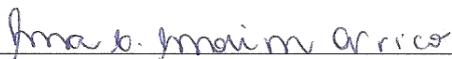
“Efeitos da adição de óleo e lipase sobre a biodigestão anaeróbia de dejetos suínos”

por

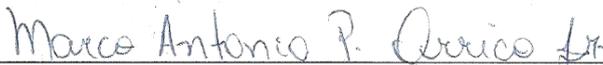
JOÃO PAULO RODRIGUES

Dissertação apresentada como parte dos requisitos exigidos para obtenção do título de MESTRE EM ZOOTECNIA

Aprovada em: 12/12/2012



Profa. Dra. Ana Carolina Amorim Orrico
Orientadora– UFGD/FCA



Prof. Dr. Marco Antonio Previdelli Orrico Junior
UFGD/FCA



Prof. Dr. Jorge de Lucas Junior
UNESP/Jaboticabal

BIOGRAFIA DO AUTOR

João Paulo Rodrigues - filho de Vanda Aparecida Agostinelli Rodrigues e Dirceu Rodrigues, nasceu em 28 de abril de 1988 na cidade de Astorga, estado do Paraná. Graduou-se no ano de 2010 no curso de Medicina Veterinária pelas Faculdades Anhanguera em Dourados, estado de Mato Grosso do Sul. No mesmo ano foi aprovado no processo de seleção do Programa de Pós - Graduação em Zootecnia da Universidade Federal da Grande Dourados, área de concentração Produção Animal, com início em março de 2011, sendo bolsista da CAPES desde o ingresso até a data de defesa de sua dissertação.

“Sobre tudo o que se deve guardar, guarda o teu coração, porque dele procedem as fontes da vida”

Provérbios 4:23

DEDICATÓRIA

Dedico este trabalho a Deus, por ser fonte inspiração, sabedoria e paciência. Aos meus familiares, pelo incentivo e apoio incondicional. Aos professores e colegas de mestrado pelo companheirismo, amizade e por todos os momentos compartilhados ao longo do curso.

AGRADECIMENTOS

A Deus por ter me dado sabedoria para vencer mais um obstáculo, por ter me feito forte, não permitindo que as dificuldades me fizessem desistir.

Aos meus pais, Dirceu e Vanda, pela força, carinho e incentivo que sempre me ofereceram.

A minha querida orientadora, Dra. Ana Carolina Amorim Orrico, pela paciência, dedicação, confiança e principalmente pela sua amizade, por me ajudar a crescer tanto no sentido intelectual quanto no pessoal.

Aos professores Dr. Alexandre Rodrigo Mendes Fernandes, Dr. Marco Antonio, e Dr. Leonardo Oliveira Seno, pelos ensinamentos compartilhados, opiniões e sugestões que contribuíram muito para o desenvolvimento do trabalho.

Aos demais professores do Curso de Pós-Graduação em Zootecnia com quem tive a oportunidade de conviver, por sua disponibilidade e apoio.

Aos amigos Laura, Gislaine, Rafael, Débora, Walter, Natália, Stanley, Alice e Daísa pela ajuda indispensável na condução do experimento, por todo o tempo de convivência, companheirismo e amizade.

Aos técnicos dos laboratórios, pela colaboração e suporte no desenvolvimento deste trabalho.

Aos companheiros de mestrado, pelo respeito e amizade e por todos os conhecimentos compartilhados ao longo do curso.

Ao Programa de Pós-graduação em Zootecnia da Universidade Federal da Grande Dourados-UFGD pelo aprimoramento intelectual.

A Capes pela concessão de bolsa de estudos durante estes dois anos.

A todos que de forma direta ou indireta contribuíram para o desenvolvimento deste trabalho, muito obrigado!

SUMÁRIO

	Página
LISTA DE ABREVIATURAS.....	viii
LISTA DE TABELAS.....	ix
LISTA DE FIGURAS.....	x
CAPÍTULO 1 - CONSIDERAÇÕES INICIAIS.....	01
1.1. REVISÃO DE LITERATURA.....	03
1.1.1. Panorama da suinocultura no Brasil.....	03
1.1.2. Produção e utilização de óleo no Brasil.....	07
1.1.3. Fatores que influenciam a biodigestão anaeróbia.....	08
1.1.4. Co-digestão de dejetos suínos com resíduos lipídicos.....	10
1.1.5. Utilização de lipases.....	13
1.2. OBJETIVOS.....	15
1.2.1. Objetivos específicos.....	15
1.3. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	16
CAPÍTULO 2 – EFEITO DA ADIÇÃO DE ÓLEO E LIPASE SOBRE A BIODIGESTÃO ANAERÓBIA DE DEJETOS SUÍNOS.....	22
RESUMO.....	23
ABSTRACT.....	24
INTRODUÇÃO.....	25
MATERIAL E MÉTODOS.....	26
RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	31
Abastecimento e qualidade dos substratos.....	31
Produção de biogás.....	39
Potenciais de produção de biogás.....	42
Concentração de nutrientes no biofertilizante.....	47
CONCLUSÕES.....	49
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	50
IMPLICAÇÕES.....	52
APÊNDICE.....	53

LISTA DE ABREVIATURAS

AGV: Ácidos graxos voláteis

CH₄: Metano

CO₂: Dióxido de Carbono

CT: coliformes totais

CTT: coliformes termotolerantes

CV: coeficiente de variação

DBO: demanda bioquímica de oxigênio

DQO: demanda química de oxigênio

EE: extrato etéreo

g: grama

H₂O₂: Peróxido de Hidrogênio

H₂SO₄: Ácido Sulfúrico

K: Potássio

kg: quilograma

kJ: quilojoules

L: litro

MM: matéria mineral

n: número de amostras

N: Nitrogênio

NMP: números mais prováveis

N₂O: Óxido Nitroso

P: Fósforo

SD: desvio padrão

ST: sólidos totais

SV: sólidos voláteis

TRH: tempo de retenção hidráulica

LISTA DE TABELAS

	Página
Tabela 1. Caracterização dos dejetos suínos.....	27
Tabela 2. Composição dos substratos adicionados aos biodigestores.....	29
Tabela 3. Valores médios e análise de regressão de ST e SV.....	32
Tabela 4. Valores médios e análise de regressão da DQO e pH.....	35
Tabela 5. Número mais provável (NMP) de CT e CTT durante a biodigestão anaeróbia, com dejetos suínos e níveis crescentes de adição de óleo e lipase.....	37
Tabela 6. Potenciais de produção de biogás em litros (L) em afluentes preparados com os dejetos de suínos e níveis crescentes de adição de óleo de descarte e lipase.....	42
Tabela 7. Valores de N e P, em substratos submetidos a biodigestão anaeróbia de dejetos suínos com níveis crescentes de adição de óleo e lipase.....	46
Tabela 8. Valores de K, em substratos submetidos a biodigestão anaeróbia de dejetos suínos com níveis crescentes de adição de óleo e lipase.....	47

LISTA DE FIGURAS

	Página
Figura 1. Reduções de DQO no substrato durante biodigestão anaeróbia de dejetos suínos e diferentes níveis de adição de óleo e lipase.....	35
Figura 2. Produção semanal de biogás em litros (L) a partir da biodigestão anaeróbia de dejetos suínos e diferentes níveis de adição de óleo e lipase.....	40
Figura 3. Percentuais de acúmulo durante os 239 dias da produção de biogás a partir da biodigestão anaeróbia de dejetos suínos e diferentes níveis de adição de óleo e lipase.....	41
Figura 4. Potenciais de produção de biogás por kg de ST adicionado em substratos durante biodigestão anaeróbia de dejetos suínos e diferentes níveis de adição de óleo e lipase.....	43
Figura 5. Potenciais de produção de biogás por kg de ST reduzidos em substratos durante biodigestão anaeróbia de dejetos suínos e diferentes níveis de adição de óleo e lipase.....	43
Figura 6. Potenciais de produção de biogás por kg de SV adicionados em substratos durante biodigestão anaeróbia de dejetos suínos e diferentes níveis de adição de óleo e lipase.....	44
Figura 7. Potenciais de produção de biogás por kg de DQO reduzida em substratos durante biodigestão anaeróbia de dejetos suínos e diferentes níveis de adição de óleo e lipase.....	48

CAPÍTULO 1 - CONSIDERAÇÕES INICIAIS

A suinocultura é um segmento da produção animal de extrema importância para o Brasil, principalmente pelo grande desenvolvimento observado nas últimas décadas. Ao longo dos anos se consolidou em uma atividade tecnificada, dotada de grandes confinamentos e alta densidade populacional em todas as fases do ciclo produtivo. A consequência deste crescimento é a produção de grande quantidade de dejetos que se manejados de forma inadequada agravam o aspecto da poluição e seu impacto ambiental.

A elevada capacidade poluente dos dejetos suínos se caracteriza, principalmente, pelas concentrações de matéria orgânica, coliformes totais e termotolerantes e significativas quantidades de nutrientes, especialmente N e P. A utilização excessiva de água na higienização das instalações, contribui para o aumento da quantidade de resíduos, assim como da sua capacidade de dispersão, e ainda, a criação dos animais em sistemas confinados concentra a produção dos dejetos em determinadas regiões e reduz a área para a disposição destes resíduos.

O despejo dos dejetos de suínos diretamente nos corpos d'água poderá ocasionar efeitos prejudiciais como o desequilíbrio na concentração de nutrientes.

As técnicas de tratamento e reciclagem deste resíduo, por reduzirem a concentração de material orgânico e conseqüentemente poluente, resultam em fertilizantes orgânicos, sendo que diversos estudos sinalizam para a obtenção de bons resultados na produção de material vegetal.

Devido aos componentes orgânicos e de nutrientes presentes nos dejetos suínos, a biodigestão anaeróbia desponta como uma alternativa para recuperar a energia deste resíduo, por meio da geração de biogás, além de reduzir a capacidade poluente do material final, o biofertilizante.

A técnica de biodigestão anaeróbia dos dejetos de suínos possibilita a geração de até 120 litros de biogás por cada quilograma de dejetos adicionado ao biodigestor, com proporções de metano que podem atingir 90% da composição do biogás. Além disso, destacam-se as possibilidades de reduções dos constituintes orgânicos (reduções de sólidos e da demanda química de oxigênio), dos patógenos presentes nos dejetos, e da

emissão de gases do efeito estufa (quando realizado a queima do biogás) representando uma importante ferramenta de saneamento no meio rural, visando inclusive a comercialização de créditos de carbono e atendimento dos preceitos de Mecanismo de Desenvolvimento Limpo (MDL).

Esta eficiência de conversão do material orgânico em biogás e conseqüentemente metano poderá ser acrescida com a adição de co-produtos ao biodigestor, desde que possuam características de degradação que garantam a complementaridade e assim se estabeleça uma sincronia entre ambos os resíduos, de forma que o resultado final seja maiores produções de biogás.

Os estudos com substratos ricos em lipídeos vêm sendo desenvolvidos com maior ênfase nos últimos anos, sobretudo na codigestão com os dejetos de suínos, que pelo maior conteúdo de N em relação aos dejetos de ruminantes, por exemplo, são capazes de melhorar os rendimentos de biogás quando associados a uma fonte energética lipídica. Existem desvantagens que não podem ser desconsideradas e que ocorrem quando a adição de óleos ou gorduras excede os níveis metabolizáveis pelos microrganismos do meio e passam a atuar como tóxicos, resultando na limitação da atividade microbiana e conseqüentemente nas produções de biogás.

Diante do exposto, se torna necessário o estudo da codigestão anaeróbia dos dejetos de suínos empregando-se crescentes níveis de adição de óleo e lipase, avaliando a interação e os potenciais de redução da matéria orgânica, geração de biogás e concentração do biofertilizante.

1.1. REVISÃO DE LITERATURA

1.1.1. Panorama da suinocultura no Brasil

A carne suína é a mais produzida e consumida em todo o mundo desde 1979 e sua participação no mercado tem aumentado ano após ano, representando cerca de 40% de toda a carne consumida no mundo (GOMES, 2011).

O Brasil é o quarto maior exportador de carne suína, e, somente a Rússia corresponde a 50% do total exportado (GOMES, 2011 e JACINTO, 2011). A produção de carne suína no país cresceu 76% em 8 anos (2004-2011), sendo que no período de 2010 a 2011 aumentou 4,7% , passando de 3,2 para 3,4 milhões de toneladas (ABIPECS, 2012).

A suinocultura brasileira teve um acentuado crescimento nos últimos 20 anos, devido, principalmente, a evolução genética, sanitária e tecnológica, com fatores que remetem ao volume de exportações, participação no mercado internacional, número de empregos diretos e indiretos, entre outros. Atualmente o rebanho nacional é o quarto maior do mundo, com média de animais para abate de 34,5 milhões de cabeças, sendo que 54% destes animais estão concentrados na região Sul do país (ABIPECS, 2012).

Com base nestes resultados destaca-se a importância da atividade não somente no cenário econômico, mas com ênfase ao aumento no número de animais alojados e nas quantidades de resíduos gerados com a criação destes animais.

Até a década de 70 os dejetos suínos eram produzidos em menores quantidades, devido principalmente, ao menor número de animais destinados ao abate e ao alojamento destes animais, que permitiam condições com menores densidades ou até sistemas extensivos. Desta forma os resíduos eram destinados à adubação de solo, não representando um problema grave, entretanto o manejo inadequado dos dejetos e o aumento da produção determinaram consequências ambientais.

Estas consequências foram relatadas por Gomes (2011) que caracteriza a suinocultura brasileira atual sendo realizada em confinamento (sistema intensivo), com a geração de altas concentrações de resíduos, que ficam restritas em pequenas áreas e possuem elevados potenciais de degradação do meio.

Os resíduos provenientes da suinocultura além de conterem dejetos dos animais, possuem restos de ração, material do piso das baias e água em maior ou menor

quantidade (ORRICO JÚNIOR, 2007). As características físico-químicas e o grau de diluição dos dejetos podem ser definidos de acordo com o manejo utilizado em cada unidade produtora de suínos. Além disso, podem ocorrer diferenças quanto aos teores de nutrientes presentes nos dejetos, que na maioria das vezes estão relacionadas com variações na idade, manejo, alimentação e alojamento dos animais. Em estudo realizado por Nardi (2009) relatou-se a possibilidade de variação na composição dos dejetos suínos dentro de uma mesma granja, sendo um dos fatores relacionados a capacidade de sedimentação dos dejetos e períodos de armazenamento.

A quantidade de dejetos produzidos pelas diferentes categorias de suínos varia de 7 a 9 kg por dia para animais nas fases de crescimento e terminação e aproximadamente 6,4 kg de dejetos por dia para matrizes em lactação (OLIVEIRA, 1994 e KONZEN et al., 1997). Estas variações também podem estar associadas ao desperdício de água eliminada nos bebedouros mal regulados e o manejo de limpeza adotado pela granja que influenciará em maior ou menor quantidade de água, fornecendo característica aos dejetos de efluentes líquidos, que possuem um poder de dispersão maior do que dejetos coletados por meio de raspagem das baias (LUCAS JUNIOR, 1994).

De acordo com Perdomo et al. (1999), uma granja com 100 matrizes produz 10m^3 de dejetos/dia se utilizada pouca água na higienização das instalações, 15m^3 de dejetos/dia ao se empregar uma quantidade intermediária de água, e mais de 20m^3 quando se utilizam grandes quantidades de água para limpeza. As diferenças na quantidade de água resultam em perdas econômicas não só pela quantidade de água gasta como pela necessidade de construir estruturas maiores para a coleta e armazenamento dos dejetos.

O dejetos de suínos possuem elevada carga orgânica, que pode ser expressa pela DBO (Demanda Bioquímica de Oxigênio) e apresenta valores correspondentes a concentrações 50 vezes maiores que às contidas no esgoto humano. Sua capacidade poluidora, em termos comparativos, é muito superior ao de outras espécies, pois enquanto a DBO per capita de um suíno com 85 kg de peso vivo varia de 189 a 208 g de O_2 (oxigênio)/animal/dia, a doméstica é de apenas 45 a 75 g O_2 /habitante/dia (DIESEL et al., 2002).

Os suínos eliminam grande quantidade de nutrientes nas fezes e conforme relatado por Orrico Junior (2007) em estudo realizado por Atikson e Watson (1996)

foram mencionadas elevadas excreções de N (nitrogênio) e P (fósforo) por suínos ao constatarem que as quantidades de N nos dejetos (fezes + urina) se elevaram com o crescimento dos animais, apresentando valores de 60, 67 e 81% de N excretado, em relação à quantidade fornecida, por suínos nas fases de leitões, crescimento e adulto, respectivamente. Ao considerarem as perdas de fósforo, observaram que em média dois terços do P ingerido será perdido nas fezes, ao verificarem valores de 61, 67 e 83% de P excretado, em relação à quantidade fornecida, evidenciando inclusive, maiores perdas de P em relação ao N.

Entre todas as considerações sobre a problemática dos dejetos de suínos ainda existe o forte odor produzido pela volatilização da amônia, sendo que a mesma contribui para a acidificação do solo, sendo tóxica para os organismos clorofilados. A volatilização da amônia leva a quedas significativas nos teores de nitrogênio do composto final (biofertilizante) diminuindo sua qualidade (ORRICO JÚNIOR et. al., 2010).

O lançamento de dejetos diretamente em cursos d'água ao longo dos anos passou a ser uma ameaça a vida da humanidade e do meio ambiente como um todo. A legislação prevê que o lançamento dos resíduos em cursos d'água somente pode ser feito após o tratamento dos mesmos, o que consiste na compatibilização da composição final ou remoção dos poluentes, de forma que tal procedimento não resulte em problemas ambientais tão acentuados (SOUZA et al., 2005).

Uma preocupação que vem recebendo atenção especial nos últimos 20 anos, não apenas no que se refere à suinocultura, mas a produção animal em geral é o alto potencial de emissão de gases de efeito estufa provenientes da degradação dos dejetos nas lagoas de estabilização (principal forma de tratamento e/ou armazenamento de efluentes). Segundo a UNFCCC (United Nations Framework Convention on Climate Change 2006), 20% das emissões mundiais de gases de efeito estufa são provenientes das atividades agropecuárias, sendo o metano (produzido durante a degradação da matéria orgânica em meio anaeróbio) e o óxido nitroso (produzido em meios anaeróbios utilizando os compostos nitrogenados de natureza orgânica ou inorgânica) os principais gases envolvidos. Estes gases impedem a saída da radiação solar que é refletida na superfície da Terra para o espaço contribuindo assim para o aumento da temperatura global.

Esses gases trazem grande preocupação devido ao seu tempo de vida na atmosfera e seu potencial de aquecimento global com relação ao dióxido de carbono CO_2 (CO_2 é o principal gás do efeito estufa, por isso foi eleito como sendo índice 1 para o aquecimento global e os demais gases são comparados a ele). Para a UNFCCC (2006) a vida média desses gases na atmosfera seria de 12 anos para o (metano) CH_4 e 120 anos para o (óxido nitroso) N_2O e os respectivos potenciais de aquecimento global de 21 e 310. A única forma de evitar a emissão destes gases seria a captação e posterior queima, sendo o CH_4 e N_2O transformados em CO_2 e N_2 (gás nitrogênio) após a queima, reduzindo assim a contribuição para o aquecimento global.

A biodigestão anaeróbia é uma excelente alternativa para o tratamento e reciclagem dos nutrientes dos dejetos de suínos, com as vantagens de redução do potencial poluidor e dos riscos sanitários, redução do odor e liberação de gases do efeito estufa, além da produção de energia por meio do biogás, e reutilização dos minerais do biofertilizante como produto da reciclagem dos efluentes (SOUZA, et. al, 2005; MENARDO et. al., 2010 e ORRICO JÚNIOR et. al., 2010). O biofertilizante é caracterizado como um resíduo estável e condicionador do solo, que se obtido por um processo eficiente resulta em concentrações de nutrientes interessantes para ser utilizado como fertilizante (KORNEGAY e HARPER, 1997 e GOMES, 2011).

O biogás é formado essencialmente por CH_4 na proporção de 55-65%, o que caracteriza o potencial energético do gás, no entanto, outros gases também são encontrados em proporções menores: CO_2 de 35-45%, N_2 de 0-3%, hidrogênio (H_2) de 0-1%, O_2 de 0-1% e gás sulfídrico (H_2S) de 0-1% (MAGALHÃES, 1986). Com a melhoria de tecnologia empregada no processo de biodigestão anaeróbia e conseqüentemente nos rendimentos de biogás são possíveis concentrações de CH_4 superiores a 75%, como observado em estudo de Orrico Júnior (2007) ao desenvolver experimento utilizando-se dejetos de suínos com separação da fração sólida.

Segundo Faustino et al. (2009) 1m^3 de biogás possui em torno de 23.100kJ, o que equivale a $1,53\text{m}^3$ de gás de cozinha (GLP); 0,6 litros de gasolina; 0,9 litros de álcool, 1,46kWh de eletricidade e 2,7kg de lenha. De acordo com Lucas Júnior (1994), a produção média de biogás é de $0,11\text{m}^3$ por kg de dejetos de suínos.

1.1.2. Produção e utilização de óleo no Brasil

O consumo de óleos vegetais tem aumentado no mundo todo, cerca de 400% só no período de 1974 a 2007, passando de 25,7 para 123,1 milhões de toneladas, substituindo parte do consumo de gorduras animais (NUNES, 2007).

No Brasil, o consumo anual de óleos vegetais está em torno de 3,72 milhões de toneladas. O óleo de soja é o mais consumido, chegando à 3,2 milhões de toneladas em 2007 ou 86% do total consumido (NUNES, 2007).

No que se refere aos usos dos óleos vegetais consumidos no Brasil, verifica-se que mais de 84% são utilizados para fins alimentícios e aproximadamente 16% para fins industriais (NUNES, 2007).

Do percentual utilizado para fins alimentícios em cozinhas e restaurantes resultam diversos tipos de resíduos orgânicos, entre eles o óleo de descarte utilizado em processos de fritura. Este sem ter um destino definido, e manejado de forma inadequada pode causar um impacto negativo ao meio ambiente (LOPES et al., 2011).

No Brasil, apenas parte do óleo vegetal residual oriundo da alimentação humano é destinado a fabricação de sabões e, em menor volume, à produção de biodiesel. Entretanto, a maior parte deste resíduo é descartado na rede de esgotos, sendo considerado um crime ambiental inadmissível (CHRISTOFF, 2006).

A pequena solubilidade dos óleos vegetais na água constitui como um fator negativo no que se refere à sua degradação em unidades de tratamento de despejos por processos biológicos e, quando presentes em mananciais utilizados para abastecimento público causam problemas no tratamento da água (CHRISTOFF, 2006).

O resíduo de óleo de fritura possui uma carga orgânica elevadíssima com uma DQO aproximada de 82000g de O₂/Litro (ROCHA, 2010). A presença deste material, diminui a área de contato entre a superfície da água e o ar atmosférico impedindo a transferência do oxigênio da atmosfera para a água e, os óleos e graxas em seu processo de decomposição, reduzem o oxigênio dissolvido elevando a demanda bioquímica de oxigênio (DBO), causando alterações no ecossistema aquático (DABDOUB, 2006).

A reciclagem do resíduo alimentício de óleo traria inúmeros benefícios para a sociedade, pois haveria diminuição de vários problemas relacionados ao seu descarte, sendo que, além destes benefícios, ainda haveria a possibilidade de aumentar a produção e a utilização de energia na forma de biogás por meio da biodigestão anaeróbia,

diminuindo a emissão de gases de efeito estufa, contribuindo com o meio ambiente (CHRISTOFF, 2006).

1.1.3. Fatores que influenciam a biodigestão anaeróbia

A eficiência no processo de biodigestão anaeróbia depende de vários fatores simples, porém de fundamental importância, favorecendo ou não sua partida, degradação do substrato, crescimento e declínio dos microrganismos envolvidos e produção de biogás (ORRICO JÚNIOR, 2007).

Os principais fatores que podem causar a perda no equilíbrio do processo são mudanças de temperatura, pH, presença de material tóxico aos micro-organismos, resíduos antimicrobianos, variações no tempo de retenção hidráulica, teor de sólidos totais, aumento repentino de carga orgânica, relação carbono nitrogênio C/N, nutrientes, composição dos substratos e presença de inóculo entre outros.

A temperatura da digestão tem uma influência sobre as produções de biogás, e conseqüentemente metano. Dentro da faixa de temperatura mesofílica (25-35°C) quando ocorrem valores mais elevados, próximos ao limite superior, verificam-se maiores produções de metano (CHAE et. al., 2008). A velocidade de digestão é maior em temperatura termofílicas (50-65°C) em relação às mesofílicas, entretanto os custos relativos ao aquecimento inviabilizam a utilização de temperaturas termofílicas (DORS, 2006). Para países dentro da faixa de clima tropical, como o Brasil, as temperaturas são ótimas para o desenvolvimento do processo com raras variações no período de inverno.

A temperatura influi na velocidade do metabolismo bacteriano e na solubilidade dos substratos. Temperaturas elevadas durante o processo promovem efeito positivo sobre a taxa metabólica dos microrganismos. *Arqueas metanogênicas* são bastante sensíveis a variações, especialmente as elevações de temperatura, as quais devem ser evitadas, pois promovem uma redução no potencial de produção de metano. No entanto este grupo de bactérias possui habilidade de se adaptar à estas alterações quando são feitas de modo gradual (DORS, 2006; ORRICO JÚNIOR, 2007 e CHAE et. al., 2008).

O pH é um dos fatores mais importantes a ser mantido para se obter eficiência no tratamento de resíduos. As características de pH durante o processo de biodigestão anaeróbia são resultado das diversas reações que ocorrem em virtude da

biodegradabilidade bacteriana, e seu declínio revela um acúmulo de ácidos em nível superior ao tolerado pela capacidade tampão do meio, o que pode ser resultado de um desequilíbrio entre a produção e o consumo dessas substâncias, decorrente da falta de equilíbrio entre as populações. O conteúdo de CO₂ no gás, bem como a alcalinidade da matéria prima também exercem influência (DORS, 2006 e OLIVEIRA, 2011).

As bactérias envolvidas no processo de biodigestão anaeróbia são altamente sensíveis a mudança de pH no substrato do biodigestor. O ponto ótimo do pH gira em torno de 7,0 a 7,2 sendo que fora destes limites, a degradabilidade pode realizar-se com menor eficiência (DORS, 2006).

A composição nutricional de uma matéria-prima utilizada para a biodigestão anaeróbia determina o potencial de rendimento de biogás, bem como a composição do gás. Portanto a produção de metano obtido a partir de um determinado dejetos pode ser estimado se a composição química do dejetos for conhecida (CHAE et al., 2008).

Conforme estudo realizado por Orrico Júnior et al. (2010), os valores podem oscilar entre 684 e 1315 litros de biogás para cada quilograma de sólidos totais (ST) reduzido no biodigestor, em condições de alimentação de suínos com dietas contendo milho ou sorgo como recurso energético e variação no tempo de retenção hidráulica de 30 até 90 dias.

O tempo de retenção hidráulica (TRH) está intimamente relacionado com as concentrações de ST do resíduo, sendo que resíduos com maior percentual de sólidos devem permanecer mais tempo dentro do biodigestor para melhor degradação da matéria orgânica e aproveitamento de seus potenciais de produção de biogás, além de ter sua capacidade poluidora reduzida. Entretanto o tempo de retenção deve ser ajustado de modo que se aproveite o máximo do resíduo no menor tempo possível.

Dietas com baixa degradabilidade apresentam TRH muito superiores aos de dejetos provenientes de alimentos altamente digestíveis como observado em suínos alimentados com sorgo por Orrico Júnior et al. (2010).

O processo de biodigestão anaeróbia geralmente se torna lento, em situações de alta concentração de sólidos suspensos e lipídeos, fatores estes que podem ser limitantes no tratamento dos resíduos. A matéria orgânica solúvel é metanizada antes que os sólidos em suspensão sofram a hidrólise e a completa degradação das partículas, aumentando o TRH. Caso os sólidos não sejam degradados ocorre o acúmulo destes

dentro da camada de biomassa resultando em impacto, e muitas vezes no comprometimento do desempenho do biodigestor. Os problemas mais comumente encontrados são: flotação, formação de espuma, baixa eficiência em produção de gás metano e inibição de *Arqueas metanogênicas* (RIGO, 2004).

Em relação a utilização ou não de inóculo se deve ao fato de que resíduos de animais não ruminantes possuem baixa população metanogênica, ou seja, o inóculo natural é menor quando comparado com resíduos de ruminantes. Assim os dejetos de aves e suínos propiciam partida e produção de biogás mais lentas no processo de biodigestão anaeróbia quando comparados com animais ruminantes que possuem grandes quantidades de microrganismos anaeróbios no trato digestivo que são eliminados junto com as fezes. Neste sentido, a utilização de inóculo adicional apresenta-se como um aspecto favorável a digestão anaeróbia de resíduos. Entretanto, a baixa eficiência desse inóculo pode influir negativamente na produção de biogás e no processo como um todo, uma vez que ocupará um volume que poderia ser preenchido pelo substrato a ser tratado (LUCAS JÚNIOR, 1994).

1.1.4. Codigestão de dejetos suínos com resíduos lipídicos

Segundo a definição descrita por Angelidaki e Ahring (1997), a codigestão é uma forma de tratamento conjunta para diferentes tipos de resíduos. A codigestão de resíduos ricos em carbono, como o óleo, tem sido amplamente empregada pela indústria, com resultados positivos sobre a geração de biogás (ZITOMER e ADHIKARI, 2005), no entanto a mistura dos resíduos tem sido efetuada com base nas suas disponibilidades e não com conhecimento sobre a composição ótima para junção dos materiais.

A codigestão dos resíduos com alta concentração de lipídeos com outros substratos de elevada concentração de nitrogênio (dejetos suínos) reduz os problemas de sobrecarga orgânica, graças à diluição do nitrogênio, ajuste da relação C/N e melhoria da biodegradabilidade, pois as características dos dois resíduos são complementares (CUETOS et al., 2010). Lipídeos quando comparados a resíduos orgânicos de composição bioquímica diferente são teoricamente mais interessantes para a produção de biogás, devido ao maior potencial de produção de metano (PEREIRA et al., 2003).

Em estudo realizado por Nielsen e Ahring (2006), com dejetos de suínos e bovinos incrementados com doses de 0,5 e 2,0 g óleo/L/substrato, verificaram efeitos positivos sobre o processo. Neves et al. (2009) obtiveram resultados semelhantes ao promoverem a codigestão de dejetos bovinos com restos alimentares e níveis de adição de óleo (9, 12, 15 e 18g de demanda química de oxigênio (DQO) de óleo/L/biodigestor) proveniente do descarte de cozinha observando um efeito crescente de todos os níveis testados sobre produção de metano.

A codigestão dos dejetos de suínos com óleo de cozimento proveniente de descarte foi avaliada por Lansing et al. (2010), ao conduzirem experimento empregando-se as adições de 0; 2,5; 5 e 10% de óleo, em relação ao volume dos biodigestores. Os resultados verificados pelos autores evidenciam os benefícios da associação entre ambos os resíduos, já que as produções de biogás foram de 32,1; 61,1; 54,7 e 63,1 litros por dia, para as adições de óleo descritas, respectivamente, além do incremento de 124% a produção de metano no tratamento com 2,5% de óleo. A melhoria dos rendimentos já havia sido verificada por Cirne (2007), ao descrever que estudos de biodigestão anaeróbia com substratos contendo elevados níveis de lipídeos, em associação com dejetos, apresentaram como resultados o acréscimo na produção de metano e a maior eficiência da digestão.

Segundo levantamento efetuado por Lansing (2010), vários autores consideraram que os dejetos são os melhores materiais para desenvolverem a codigestão com resíduos contendo alto nível lipídico, em virtude da elevada alcalinidade. Somam-se ainda, segundo o referido autor, os elevados conteúdos de amônia dos dejetos, que representam importante condição para o crescimento microbiano.

De acordo com Lansing et al. (2010), a adição de até 5% do volume dos substratos em óleo nas misturas, representa ganhos na produção de biogás, em relação às produções obtidas por substratos preparados somente com dejetos. Os autores ainda verificaram que a adição de 2,5% de óleo em relação ao volume do biodigestor não resultou em benefícios quanto ao acréscimo no percentual de metano do biogás, sendo que a adição de 5 e 10% de óleo proporcionou inclusive menores teores de CH₄. Este comportamento permite o direcionamento de estudos que sejam baseados na composição dos substratos e não somente no volume de material a ser tratado, visto que num mesmo volume poderão ocorrer diferentes quantidades de dejetos ou demais

resíduos a serem digeridos, dependendo assim, principalmente da concentração de ST da biomassa. Esta atenção em relação às quantidades de dois ou mais resíduos combinados garante a ocorrência da complementaridade, desejável para a melhor performance da codigestão.

Dentre as desvantagens relatadas por Gelezenis et al. (2007) e Cuetos et al. (2010), que provavelmente ocorrem durante a biodigestão anaeróbia em substratos contendo elevados níveis de gordura estão as significativas proporções de ácidos graxos de cadeia longa e polifenóis resultantes da degradação dos lipídeos, que podem dificultar a degradação do material por microrganismos assim como inibir certos grupos microbianos. Além disso, as fontes de óleo apresentam baixos conteúdos de nitrogênio, dependendo assim do material com o qual será co-digerido, para que a relação C:N inicial possa estar próxima do ótimo, em torno de 20:1.

Quanto a influência da degradabilidade lipídica pelos microrganismos, existe uma preocupação significativa com as populações de *Arqueas metanogênicas* e bactérias acetogênicas, os principais grupos envolvidos na degradação da matéria orgânica em metano. A conversão dos ácidos graxos de cadeia longa, especialmente os insaturados, em acetato, durante o processo fermentativo poderá resultar no acúmulo de ácido no meio, causando assim um efeito de toxicidade para os microrganismos mencionados (ROSA, 2008). Demonstrando similar preocupação, Salminen e Rintala (2002) reforçaram que a degradação dos ácidos graxos de cadeia longa é um passo limitante para a boa condução da biodigestão anaeróbia, visto que as bactérias que os degradam são de crescimento lento.

Segundo ensaio conduzido por Neves et al. (2009) a partir dos dejetos de bovinos em associação com restos alimentares e diferentes níveis de óleo, um afluente contendo 18g de DQO óleo/L induziu a inibição persistente do processo de biodigestão anaeróbia, sendo que os autores relataram quedas de pH até o valor de 6,5 (partindo de um afluente com pH inicial entre 7,8).

Em estudo realizado por Gannoun et al. (2009), com resíduo de abatedouro avícola (rico em lipídeos) e diferentes cargas orgânicas, estes perceberam que com o aumento da quantidade de carga orgânica de 2,8 para 4,5g de DQO/L, a remoção de DQO diminuiu ligeiramente para níveis entre 80 e 85%, no entanto a produção de biogás aumentou, elevando esses valores médios de 0,24 L (77% de metano) para 1,1 L de

biogás/L de carga ao dia (68% de metano), porém o potencial de produção de biogás reduziu de 0,30 para 0,015 L de biogás/g de DQO removida. Estudando níveis de abastecimento acima de 6g de DQO/L dia, os autores observaram que houve uma redução no potencial de produção (de 0,20 para 0,15 L de biogás/g DQO removida) e na eficiência de remoção de DQO (que variou entre 77 e 80%).

1.1.5. Utilização de Lipases

A aplicação de enzimas no tratamento de resíduos vem crescendo nos últimos anos principalmente no tratamento de efluentes como alternativa aos tratamentos convencionais, sendo as lipases uma das classes mais estudadas (ROSA, 2008).

Neste sentido, alternativas têm surgido para melhor ajuste do processo de codigestão dos lipídeos adicionados aos dejetos de suínos através do uso de enzimas lipolíticas (lipases) em níveis específicos (VALENTE et. al., 2010). A utilização da enzima colabora para a redução dos níveis de sólidos suspensos lipídicos, o que possibilita melhores condições de operação no tratamento anaeróbio, além de melhoria dos resultados de desempenho dos biodigestores. A utilização de lipases no tratamento de efluentes com alto teor lipídico é uma alternativa para os métodos tradicionais de tratamento.

Em estudo realizado por Valladão et. al. (2007), promovendo a biodigestão anaeróbia de efluente de abatedouro avícola com crescentes níveis de adição de lipase (0; 0,1; 0,5 e 1,0% do volume) na carga inicial, os autores observaram que a eficiência de remoção de DQO aumentou de 53 para 85%, quando se promoveu a adição de enzima no nível de 0,1%, em comparação com a carga sem adição de enzima; nesta mesma condição os autores ainda observaram que a produção de biogás saltou de 37 para 175 ml, em 4 dias de avaliação. Os autores ainda relataram produções médias de metano da ordem de 1,4 e 1,6 L/g de DQO reduzida, para os tratamentos com adição de 0,5 e 1,0% de lipase, respectivamente.

Estudos realizados por Rigo (2004), sugerem que o pré tratamento com lipases associado à biodigestão anaeróbia sinalizam a possibilidade de redução no TRH dentro do biodigestor, quando utilizados no tratamento de efluentes provenientes da produção de bovinos e suínos.

O custo das enzimas utilizadas no pré-tratamento deve ser reduzido para que se possa viabilizar sua aplicação em escala industrial (VALENTE et. al., 2010). Para tal, enzimas produzidas por fermentação em meio sólido tem sido alvo de estudos, pois são utilizados rejeitos industriais como meio de cultivo o que reduz custos e favorece o meio ambiente (ROSA, 2008).

Excelentes resultados de biodegradação foram obtidos por Cammarota et. al. (2001), no tratamento de efluentes de laticínio tratado enzimaticamente com torta de babaçu fermentada. Houve uma redução da DQO de mais de 90%, redução de ST de 90%, e 75% da turbidez, sendo que praticamente dobraram os valores em relação aos índices obtidos por meio apenas da biodigestão anaeróbia.

Estes fatos justificam o estudo da codigestão anaeróbia de dejetos suínos com a adição de crescentes níveis de óleo e lipase, avaliando assim os benefícios por meio dos potenciais de produção biogás, das reduções nas concentrações de ST, sólidos voláteis (SV), da DQO e dos números mais prováveis (NMP) de coliformes totais (CT) e termotolerantes (CTT), além da qualidade do biofertilizante.

1.2. OBJETIVOS

Avaliar o processo de codigestão em biodigestores do tipo batelada, abastecidos com os dejetos de suínos, empregando-se crescentes níveis de óleo de descarte e lipase aos substratos.

1.2.1. Objetivos Específicos

- Avaliar a produção, bem como os potenciais de produção de biogás durante a codigestão dos dejetos de suínos e uso de níveis crescentes de óleo de descarte e lipase;
- Avaliar as reduções dos teores de ST, SV, dos NMP de CT e CTT e da DQO, além da sedimentação do substrato durante o processo de codigestão dos dejetos de suínos e diferentes níveis de adição de óleo de descarte e lipase,
- Caracterizar a qualidade do biofertilizante obtido nas condições descritas anteriormente, determinando-se os teores de N, P e K;

1. 3. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABIPECS – Associação Brasileira da Indústria Produtora de Carne Suína. Disponível em: <http://www.abipecs.org.br>. Acesso em 09 de Abril de 2012.

ANGELIDAKI, I; AHRING, L.E.B.K. Modelling anaerobic codigestion of manure with olive oil mill effluent. **Water Science and Technology**. v.36, n.6-7, p.263–270, Elsevier:1997.

ATKINSON D.; WATSON, C.A. The environmental impact of intensive systems of animal production in the lowlands. **Animal Science**. v.63, n.3, p. 353-361, 1996.

CAMMAROTA M. C.; TEIXEIRA, G. A.; FERIRE, D. M. G. Enzymatic pré-hydrolysis and anaerobic degradation of wastewaters with high fat contents. **Biotechnology Letters**. v.23, p.1591-1595, 2001.

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

CIRNE, D.G.; PALOUMET, X.; BJÖRNSSON, L.; ALVES, M.M.; MATTIASSON, B. Anaerobic digestion of lipid-rich waste – Effects of lipid concentration. **Renewable Energy**, v.32, n.6, p.965-975, Elsevier: 2007.

CHRISTOFF, P. Produção de biodiesel a partir do óleo residual de fritura comercial. 2006. 83 p. Dissertação (Mestrado em Desenvolvimento de Tecnologias). Departamento de Tecnologias Energéticas. Instituto de Engenharia do Paraná, Curitiba.

CUETOS, M. J.; GÓMEZ X.; OTERO M.; MORÁN, A. Anaerobic digestion and co-digestion of slaughterhouse waste (SHW): Influence of heat and pressure pre-treatment in biogas yield. **Bioresource Technology**. Accepted 28 January 2010. Elsevier: 2010.

DABDOUB, M.J., **Biodiesel em casa e nas Escolas: Programa coleta de óleos de**

fritura, 2006.

DIESEL, R.; MIRANDA, C.R.; PERDOMO, C.C. **Coletânea de tecnologias sobre dejetos suínos**. Concórdia: EMBRAPA-CNPSA, 2002. 31p. (Boletim Informativo de Pesquisa, 14).

DORS, G. **Hidrólise enzimática e biodigestão de efluentes da indústria de produtos avícolas**. 2006. 101p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Química) - Departamento de Engenharia Química e de Alimentos/Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis.

FAUSTINO, L.S.M.; TRAJANO, M.F.; MELLO, V.S.; JÚNIOR, I.B.M.; TORRES, T.F.T.O. **Produtores de gado trabalhando alternativa para produção de energia biológica**. Anais: 2º Simpósio Nacional de Biocombustíveis, Recife-PE, 2009.

GANNOUN, H.; BOUALLAGUI, H.; OKBI, A. et al. Mesophilic and thermophilic anaerobic digestion of biologically pretreated abattoir wastewaters in an upflow anaerobic filter. **Jornal of Hazardous Materials**, v.170, p.263-271, 2009.

GELEGENIS, J.; GEORGAKAKIS, D.; ANGELIDAKI, I.; MAVRIS, V. Optimization of biogas production by co-digesting whey with diluted poultry manure. **Renewable Energy**. n.32, p.2147-2160, Elsevier: 2007.

GOMES, G. S. **Sistemas de produção de suínos e o impacto ao ar livre**. 2011. 89p. Dissertação (Mestrado em Ciências Veterinárias) Universidade Federal do Paraná, Curitiba.

JACINTO, G. D. **Sustentabilidade na Suinocultura: Um estudo de caso sobre o grupo Cenci**. 2011. 39 p. Trabalho de conclusão de curso (Graduação em Administração) Universidade de Brasília, Brasília.

KONZEN, E.A.; PEREIRA FILHO, I.A. BAHIA FILHO, A.F.C. PEREIRA, F.A. **Manejo do esterco líquido de suínos e sua utilização na adubação do milho.** (Circular Técnico, 25) Sete Lagoas: EMBRAPA – CMPMS, 1997. 31p.

KORNEGAY, E.T.; HARPER, A.F. Environmental nutrition: Nutrient management strategies reduce nutrient excretion of swine. **The Professional Animal Scientist**, v.13, p.99-111, 1997.

LANSING, S.; MARTIN, J. F.BOTERO, R.B.; SILVA, T. N.; SILVA, E. D. Methane production in low-cost, unheated, plug-flow digesters treating swine manure and used cooking grease. **Bioresource Technology**. n.101, p.4362-4370, Elsevier: 2010.

LOPES, T.N.; BELO, V.A.; FORMIGONI, A.; RODRIGUES, E.F.; CAMPOS, I.P.A. **Gestão do uso de óleo de cozinha para a produção de biodiesel: Estudo de caso McDonald's.** 3º International Workshop - Advances in Cleaner Production. 18-20 de Maio, 2011, São Paulo: Brasil.

LUCAS JÚNIOR., J. **Algumas considerações sobre o uso do estrume de suínos como substrato para três sistemas de biodigestores anaeróbios.** 1994. 137p. Tese (Livre Docência) Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal.

MAGALHÃES, A. P. T. **Biogás: um projeto de saneamento urbano.** São Paulo: Nobel, 1986. 120 p.

MENARDO, S.; BALSARI, P.; DINUCCIO, E.; GIOELLI, F. Thermal pre-treatment of solid fraction from mechanically-separated raw and digested slurry to increase methane yield. **Science Direct, Bioresource Technology**, Elsevier: 2010. Accepted 15 September 2010.

NARDI, K. V. **Produção de Efluente e Balanço de Nutrientes e Granjas de Terminação de Suínos no Oeste de Estado do Paraná.** 2009. 67p. Dissertação

(Dissertação - Mestrado em Ciências Veterinárias) Universidade Federal do Paraná, Curitiba.

NEVES, L. OLIVEIRA; R. ALVES, M.M. Co-digestion of cow manure, food waste and intermittent input of fat. **Bioresource Technology**, n.100, p.1957–1962, Elsevier: 2009.

NIELSEN, H.B.; AHRING, B.K.. Responses of the biogas process to pulses of oleate in reactors treating mixture of cattle and pig manure. **Biotechnology Bioengineering**. n.95, p.96–105, 2006.

NUNES, S.P. **Produção e consumo de óleos vegetais no Brasil**. Desser Conjuntura Agrícola. Boletim Eletrônico n. 159 Junho de 2007. Acesso em: 10/11/2012.

OLIVEIRA, P.A.V.; **Impacto ambiental causado pelos dejetos de suínos**. Simpósio Latino-Americano de nutrição de suínos. p.27-40, 1994.

OLIVEIRA, A. B. M. Biodigestão anaeróbia de efluente de abatedouro avícola. **Ceres**, Viçosa, v.58, n.6, p.690-700, nov./dez. 2011.

ORRICO JÚNIOR, M.A.P. **Biodigestão anaeróbia e compostagem de dejetos de suínos, com e sem separação de sólidos**. 2007. 93p. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) - Departamento de Engenharia Rural/Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal.

ORRICO JÚNIOR, M.A.P.; ORRICO A.C.A.; LUCAS JÚNIOR, 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, jul./ago. 2010.

PERDOMO, C.C.; COSTA, R.R.H.; MEDRI, W.; MIRANDA, C.R. **Dimensionamento de sistemas de tratamento (decantador e lagoas) e utilização dos dejetos de suínos.** Concórdia: Embrapa Suínos e Aves (Comunicado Técnico nº234), 1999, 5p.

PEREIRA, M.A.; CAVALEIRO, A.J.; MOTA, M.; ALVES, M.M. Accumulation of long chain fatty acids onto anaerobic sludge under steady state and shock loading conditions: effect on acetogenic and methanogenic activity. **Water Science Technology.** n.48, v.6, p.33–40, 2003.

RIGO, E. **Aplicação de lipases como auxiliar no pré-tratamento de efluentes de frigoríficos de suínos e bovinos.** 2004. 95p. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Alimentos) Departamento de Ciências Agrárias-URI, Erechim.

ROCHA, D.C.D. Pré tratamento biológico da água residuária de lavagem do biodiesel de óleo de soja por micro-organismos produtores de lipase. 2010. 70p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) Departamento de Engenharia Agrícola, Universidade do Oeste do Paraná, Cascavel.

ROSA, D. R. **Avaliação da dinâmica populacional e desempenho de sistemas de tratamento anaeróbio de efluentes com alto teor de gordura submetidos à pré-tratamento enzimático em biorreatores de biomassa suspensa, granular e imobilizada.** 2008. 160p. Tese (Doutorado em Ciências) Departamento de Bioquímica/Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro.

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

SOUZA, C.F.; JÚNIOR, J.L.; 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, maio/ago. 2005.

UNFCCC, Highlights from greenhouse gas (GHG) emissions data for 1990-2004. **Framework convention on climate change**. 2006.

VALLADÃO, A.B.G.; FREIRE, D.M.G.; CAMMAROTA, M.C. Enzymatic prehydrolysis applied to the anaerobic treatment of effluents from poultry slaughterhouses. **International Biodeterioration & Biodegradation**, Vol. 60, p. 219-225, 2007.

VALENTE, A.M.; ALEXANDRE V.M.; CAMMAROTA, M.C.; FREIRE, D.M.G. Pré-hidrólise enzimática de gordura de efluente da indústria de pescado objetivando o aumento da produção de metano. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**. Campinas-SP, v.30, p.483-488, abr.-jun. 2010.

ZITOMER, D., ADHIKARI, P. Extra methane production from municipal anaerobic digesters. **Biocycle**. n.46, v.9, p.64-66, Elsevier: 2005.

CAPÍTULO 2 – EFEITO DA ADIÇÃO DE ÓLEO E LIPASE SOBRE A BIODIGESTÃO ANAERÓBIA DE DEJETOS SUÍNOS.

Este capítulo foi redigido conforme as normas da Revista da Sociedade Brasileira de Zootecnia.

Efeito da adição de óleo e lipase sobre a biodigestão anaeróbia de dejetos suínos

João Paulo Rodrigues¹, Ana Carolina Amorim Orrico¹

RESUMO: Avaliou-se a eficiência da co-digestão anaeróbia de dejetos suínos com crescentes níveis de adição de óleo de descarte (8, 12, 16 e 20g/kg de substrato) e lipase (1, 2 e 3g/kg de substrato). Os dejetos foram oriundos de suínos em terminação de uma granja comercial e foram colhidos por meio de raspagem das baias. O óleo foi obtido em descarte de fritura de uma pastelaria comercial de Dourados-MS. A lipase comercial utilizada foi pancreatina 3FN. Os dejetos foram misturados com o óleo de descarte água e lipase nas concentrações pré determinadas sendo compostos os substratos e abastecidos os biodigestores batelada de bancada com 5 quilos de substrato. A influência dos níveis de óleo e enzima foi verificada por meio das alterações nas características físico-químicas e microbiológicas proporcionadas aos substratos além das produções de biogás e dos potenciais de produção por kg de substrato, por kg de dejetos, por kg de ST e SV adicionados e reduzidos. Os resultados obtidos demonstram que houve influência das adições de óleo e lipase sobre as reduções de ST SV, pH do efluente onde houve um efeito linear decrescente. As reduções de DQO sofreram efeito quadrático em relação às adições de óleo provavelmente provocado pela sobrecarga orgânica que proporcionou uma redução da biodegradabilidade no tratamento com 20g de óleo por kg de substrato. As reduções de CT e CTT foram mais elevadas nos tratamentos com maior adição de óleo e lipase. A produção de biogás apresentou uma correlação negativa com as adições de lipase, sendo que estas proporcionaram efeito linear decrescente sobre as produções de biogás por kg de dejetos, por kg de ST e por kg de SV adicionado. O máximo potencial de produção de biogás obtido foi de 77,1 litros por kg de dejetos adicionado ao biodigestor. Os maiores potenciais de produção de biogás na maioria dos casos ocorreram nos tratamentos com menores inclusões de óleo e lipase (8g de óleo e 1g de lipase/kg de substrato). As concentrações de P e K no substrato apresentaram um efeito quadrático em relação às adições de lipase, quando em maior quantidade (3g/kg de substrato).

Palavras-chave: biogás, enzima, lipídeo, resíduo, suinocultura

¹Universidade Federal da Grande Dourados - UFGD.

E-mail: joapauloriobte@hotmail.com. Autor para correspondência.

Effect of oil and lipase on the anaerobic digestion of pig manure

ABSTRACT: We evaluated the efficiency of co-anaerobic digestion of swine manure with increasing addition levels of oil discharge (8, 12, 16 and 20g/kg substrate), lipase (1, 2 and 3g/kg substrate). The wastes were from finishing pigs from a commercial farm and were collected by scraping the stalls. The oil was obtained in disposing of frying a commercial pastry from Dourados-MS. The lipase used was Pancreatin 3FN. The slurry was mixed with the water and oil disposal lipase concentrations being composed predetermined substrates and the supplied batch digesters bench with 5 kg of substrate. The influence of the oil levels and enzyme was verified by means of changes in physical-chemical and microbiological proportionate to the substrates beyond the biogas production and the potential production per kg of substrate per kg of manure per kg TS and VS added and reduced. The results demonstrate that no influence of the additions of oil and lipase on reductions TS VS effluent pH where there was a negative linear effects. The reduction in COD showed a quadratic effect in relation to additions of oil likely caused by organic overload which provided a reduction of biodegradability treatment with 20g of oil per kg of substrate. The reductions in TC and TTC were higher in treatments with more adding oil and lipase. Biogas production showed a negative correlation with the additions of lipase, and these yielded negative linear effect on the production of biogas per kg of waste per kg per kg of TS and VS added. The maximum potential production of biogas obtained was 77,1 liters per kg of manure added to the digester. The largest potential of biogas production in most cases occurred in treatments with minor additions of oil and lipase (8g oil and 1g of lipase / kg of substrate). The concentrations of P and K in the substrate showed a quadratic effect in relation to additions of lipase, when in larger quantities (3g/kg substrate).

Keywords: biogas, enzyme, fat, waste, swine

INTRODUÇÃO

A geração de dejetos na suinocultura ocasiona sérios prejuízos ambientais, devido ao grande volume produzido e a alta capacidade poluente dos resíduos, que se caracteriza pelas elevadas concentrações de matéria orgânica, coliformes totais e termotolerantes, além das quantidades significativas de N e P. Neste contexto, a biodigestão anaeróbia apresenta-se como uma excelente alternativa para o tratamento e reciclagem energética dos nutrientes contidos nos dejetos de suínos, com vantagens de redução do potencial poluidor e dos riscos sanitários, além de promover a geração do biogás e do biofertilizante.

Os rendimentos de biogás podem variar em função da qualidade do resíduo adicionado ao biodigestor e grau de diluição, conforme observado por Orrico Júnior et al. (2010), que verificaram valores entre 684 e 1315 litros de biogás para cada quilograma de ST reduzido no biodigestor, em condições de alimentação dos suínos com milho ou sorgo como recurso energético e variação no tempo de retenção hidráulica de 30 e 90 dias, respectivamente.

Estes resultados expressam o potencial elevado de recuperação energética dos dejetos de suínos, no entanto ainda existem possibilidades de melhoria nestes rendimentos, por exemplo, por meio da co-digestão com resíduos que complementem a composição dos substratos e assim permitam a melhoria da biodegradabilidade no meio interno dos biodigestores, promovendo maior atividade dos microrganismos e melhores taxas de conversão do material orgânico em biogás.

A reciclagem dos resíduos alimentícios de óleo devido à alta carga orgânica, com DQO aproximada de 82000g de O₂/Litro, pode aumentar a produção e a utilização de energia na forma de biogás por meio da codigestão anaeróbia com dejetos de suínos.

Existem desvantagens na utilização de resíduos lipídicos que podem ocorrer durante a biodigestão anaeróbia, onde proporções significativas de ácidos graxos de cadeia longa ao serem transformados em acetato acidificam o meio causando um efeito de toxicidade para os micro organismos envolvidos no processo. Alternativas têm surgido para a otimização do processo de co-digestão dos lipídeos adicionados aos dejetos de suínos com o uso de enzimas lipolíticas (lipases) em níveis específicos.

Em virtude do exposto, foi desenvolvido ensaio com a co-digestão anaeróbia dos dejetos de suínos com crescentes níveis de adição de óleo de descarte (8, 12, 16 e 20g/kg de substrato) e lipase (1; 2 e 3g/kg de substrato), avaliando-se as reduções de constituintes poluentes, concentração dos teores minerais, e as produções e potenciais de produções de biogás.

MATERIAL E MÉTODOS

O trabalho foi desenvolvido no Laboratório de Manejo de Resíduos Agropecuários da Faculdade de Ciências Agrárias – FCA/UFGD, no período de fevereiro a outubro de 2012.

Os dejetos utilizados no experimento foram oriundos de suínos da linhagem Agroceres, mantidos em sistema de confinamento em galpões de uma granja comercial na região de Dourados-MS, onde os mesmos recebiam dieta convencional, de forma que fossem atendidas as necessidades nutricionais.

O dejetos foi colhido por meio de raspagem do piso das baias, sem a adição de água, acondicionado em embalagem plástica e encaminhado ao Laboratório para a realização das análises correspondentes a sua caracterização inicial. Com o material

coletado foram verificados os teores de sólidos totais (ST), sólidos voláteis (SV), extrato etéreo (EE), nitrogênio (N), fósforo (P) e potássio (K), a demanda química de oxigênio (DQO) e os números mais prováveis (NMP) de coliformes totais (CT) e termotolerantes (CTT) sendo os componentes descritos na Tabela 1.

Tabela 1 – Caracterização dos dejetos de suínos

Componente	Dejeto	Inóculo	Óleo	Unidade
ST	207,0	36,3	990	g/kg
SV	165,0	29,0	-	g/kg de ST
EE	2,37	5,98	-	g/kg de ST
N	4,85	-	-	g/kg de ST
P	11,18	-	-	g/kg de ST
K	1,36	-	-	g/kg de ST
DQO	253,1	67,9	1750,5	g de O ₂ /kg
CT	3,6x10 ⁷	-	-	NMP/100g de dejeto
CTT	3,6x10 ⁷	-	-	NMP/100g de dejeto

O óleo empregado na preparação dos substratos foi obtido junto a uma pastelaria, e correspondeu ao produto de descarte, após uso em fritura. A lipase comercial utilizada (Pancreatina 3FN) foi cedida pela empresa Kin Master[®].

O inóculo utilizado na etapa inicial do processo foi produzido anteriormente ao abastecimento dos biodigestores (45 dias). Para tanto se utilizou dejetos de bovinos e água para a diluição até a concentração de 30g de ST/kg de substrato. O mesmo foi adicionado aos biodigestores no abastecimento, correspondendo a 150g/kg de ST no substrato, para que não houvesse atraso no início das produções de biogás.

O experimento compreendeu a composição de substratos contendo dejetos de suínos, inóculo, quatro níveis de adição de óleo de descarte (8, 12, 16 e 20g/kg de substrato) e três níveis de adição de lipase (1; 2 e 3g/kg de substrato), divididos em 12

tratamentos com duas repetições de cada tratamento sendo utilizados ao todo 24 biodigestores.

Os biodigestores utilizados foram do tipo batelada de bancada, constituídos basicamente por três cilindros retos de PVC com diâmetros de 150, 200 e 250 mm, acoplados sobre uma placa de PVC com 25mm de espessura e podem ser caracterizados como biodigestores, com capacidade média para 5kg de substrato em fermentação, cada. Os cilindros de 150 e 250 mm encontram-se inseridos um no interior do outro, de tal forma que o espaço existente entre a parede externa do cilindro e a parede interna do cilindro exterior comporta um volume de água (“selo de água”), atingindo profundidade de 500 mm. O cilindro de volume intermediário tem uma das extremidades vedadas, conservando-se apenas uma abertura para a descarga do biogás, e está emborcado no selo de água, para propiciar condições anaeróbias e armazenar o gás produzido. Os biodigestores foram dispostos em uma bancada, em condições de temperatura ambiente, abrigados da luz solar e chuvas.

O abastecimento foi realizado adotando-se teor inicial de 40g de ST/kg de substrato, padronizando o volume em 5kg de substrato por biodigestor, sendo que as quantidades dos dejetos de suínos, óleo de descarte, lipase, inóculo e água estão descritas na Tabela 2.

Com os afluentes preparados e homogeneizados foram coletadas amostras para determinação dos teores de ST, SV, pH, N, P, K e sedimentação.

Os valores de DQO e de NMP de CT e CTT dos afluentes foram determinados em cada um dos componentes empregados nos substratos (óleo, dejetos e inóculo) e assim estimados para os diferentes afluentes, mantendo-se as proporções destes constituintes nas misturas.

Tabela 2 – Composição dos substratos adicionados aos biodigestores.

Óleo g/kg	Lipase g/kg	Óleo (g)	Lipase (g)	Dejeto (g)	Inóculo (g)	Água (g)	Substrato Total (g)
8	1	40,8	5	645,5	1000	3308,7	5000
8	2	40,8	10	645,5	1000	3303,7	5000
8	3	40,8	15	645,5	1000	3298,7	5000
12	1	61,2	5	546,2	1000	3387,6	5000
12	2	61,2	10	546,2	1000	3382,6	5000
12	3	61,2	15	546,2	1000	3377,6	5000
16	1	81,6	5	446,9	1000	3466,5	5000
16	2	81,6	10	446,9	1000	3461,5	5000
16	3	81,6	15	446,9	1000	3456,5	5000
20	1	102	5	347,6	1000	3545,4	5000
20	2	102	10	347,6	1000	3540,4	5000
20	3	102	15	347,6	1000	3535,4	5000

Em relação ao efluente dos biodigestores no término do experimento, foram realizadas as mesmas análises do afluente, no entanto todas foram feitas com amostras colhidas do substrato retirado dos biodigestores. Com base nestes dados foram calculadas as reduções de cada elemento que ocorreram por meio da biodegradabilidade.

Para determinação dos teores de ST, SV, DQO do efluente e dos NMP de CT e CTT foram utilizadas as metodologias descritas pela APHA (2005).

Para melhor interpretação dos resultados de CT e CTT os valores obtidos foram apresentados na base logarítmica.

Não foi possível avaliar os valores de EE do afluente e efluente devido a dificuldade proporcionada pelo óleo de descarte na homogeneidade das amostras.

A determinação dos teores de EE do dejetos foi efetuada segundo a metodologia descrita pela AOAC (1995). A técnica de sedimentação foi realizada em cone de Imhoff conforme as normas da ABNT (1988).

Para determinação dos valores da DQO foi utilizado o método colorimétrico, empregando-se espectrofotômetro modelo DR/2000 da HACH e bloco digestor para DQO, segundo metodologia descrita em APHA (2005).

A quantidade de N foi determinada conforme metodologia descrita por Silva & Queiroz (2006). As quantidades de P e K foram determinados pelo método colorimétrico, conforme citado por Malavolta (1989), utilizando-se espectrofotômetro.

Os valores de pH foram aferidos por meio de phmetro de bancada de acordo com metodologia descrita pela APHA (2005).

Os volumes de biogás produzidos foram determinados medindo-se o deslocamento vertical dos gasômetros e multiplicando-se por sua área da seção transversal interna ($0,031\text{m}^2$). As leituras foram realizadas conforme a produção individual de cada biodigestor. Após cada leitura os gasômetros foram zerados utilizando-se o registro de descarga do biogás. A correção do volume de biogás para as condições de 1 atm e 23°C foi calculada utilizando-se a metodologia descrita por Caetano (1985).

O potencial de produção de biogás foi calculado utilizando-se os dados de produção diária e as quantidades de substrato, dejetos “in natura”, de ST e SV adicionados nos biodigestores, além das quantidades dos mesmos elementos reduzidos

durante o processo de biodigestão anaeróbia. Os valores foram expressos litros (L) de biogás por kg de cada um dos componentes descritos.

Para avaliar os resultados obtidos por meio da biodigestão anaeróbia dos dejetos de suínos com adições de óleo e lipase adotou-se um delineamento inteiramente casualizado com arranjo experimental em esquema fatorial 4x3 (4 níveis de adição de óleo e 3 níveis de adição de lipase), com duas repetições. Os dados foram submetidos a análise de regressão com o auxílio do pacote computacional R (versão 2.15.2 for Windows), e submetidos aos testes de Shapiro-Wilk para verificar a normalidade dos resíduos e Bartlett para homogeneidade entre as variâncias, sendo que todas as características que não atenderam as pressuposições foram transformadas seguindo a recomendação da família de transformação Box Cox. A fim de avaliar a correlação entre as variáveis testadas foi utilizado o coeficiente de correlação de Pearson, com nível de significância de 95%.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Não foram apresentados os dados de caracterização e produção do tratamento com adição de 20g de óleo descarte por kg de substrato, pois o mesmo não apresentou produções mensuráveis de biogás e não foi possível realizar uma amostragem homogênea devido às quantidades excessivas de óleo de descarte presente neste substrato.

Abastecimento e qualidade dos substratos

Em relação ao preparo dos substratos ressalta-se a dificuldade em manter as concentrações de sólidos totais de acordo com o previsto inicialmente, 40g de ST para cada 1kg de substrato adicionado aos biodigestores, em virtude da heterogeneidade do

óleo de descarte, que continha em sua composição resíduos alimentícios, dificultando assim a padronização.

As médias e as reduções percentuais de ST e SV seguem descritas junto com as suas respectivas equações na Tabela 3.

Tabela 3 – Valores médios e análise de regressão de ST e SV.

Óleo g/kg	Lipase g/kg	Sólidos Totais (g/kg)			Sólidos Voláteis (g/kg)		
		Afluente	Efluente	Redução ¹ (%)	Afluente	Efluente	Redução ² (%)
8	1	51,5	33,2	35,5	44,3	25,1	43,2
8	2	44,1	28,6	35,3	38,2	21,7	43,3
8	3	51,4	35,3	31,4	45,1	28,4	37,0
12	1	47,5	31,4	33,8	42,2	24,4	42,2
12	2	45,7	31,4	31,2	40,5	25,3	37,4
12	3	48,5	33,7	30,5	43,1	27,5	36,3
16	1	43,1	30,3	29,6	38,8	25,0	35,6
16	2	43,7	30,8	29,6	39,6	25,4	35,8
16	3	48,8	36,2	25,8	44,2	28,0	36,7

(g/kg) grama de componente por kg de substrato (base na MS) adicionado aos biodigestores. Redução de ST: CV 3,6%. Redução se ST: CV 5,5%.

Equações (Adição de Óleo: x; Adição de Lipase: z)

$$^{(1)} y = 44,10436 - 0,73137x - 1,94015z - R^2: 0,87$$

$$^{(2)} y = 49,90917 - 0,64102x - 1,812845z - R^2: 0,61$$

Verificou-se que para os valores das reduções de ST houve um efeito linear decrescente em relação às adições de óleo e lipase. O mesmo efeito observado para as reduções ST pode ser aplicado para as reduções de SV que também decresceram com as adições de óleo e lipase (Tabela 3). O decréscimo de ST apresentou uma alta correlação (0,80) com o decréscimo de SV, como era esperado devido aos SV serem parte integrante dos ST.

A redução de SV está intimamente relacionada com a utilização destes para formação de gás pelas bactérias. O decréscimo nas reduções dos SV em relação à adição de óleo e lipase no biodigestor pode estar associado com as produções excessivas de

ácidos graxos de cadeia longa em substratos com grande concentração de lipídeos, sendo que as mesmas ainda são acrescidas pela característica de lipase de promover maior disponibilidade destes componentes. Estes ácidos graxos são nocivos aos micro-organismos responsáveis pela biodegradabilidade do resíduo, pois promovem a queda no pH abaixo do limite para produção de biogás, assim com a redução da degradação do substrato para produção de gás conseqüentemente se reduzem as utilizações de SV (CIRNE et al. 2007 e GELEGENIS et al. 2007).

As reduções de SV (Tabela 3) foram semelhantes às encontradas por Orrico Júnior et al. (2010) com biodigestão anaeróbia de dejetos de suínos alimentados com dietas a base de milho e sorgo que foram de 28 a 45%. As maiores reduções encontradas neste ensaio são inferiores as encontradas em ensaio realizado por Gelegenis et al. (2007), os quais observaram reduções superiores a 70%, com a codigestão de resíduos de avicultura e de óleo de oliva com níveis de 25, 35 e 50% por volume. Mendes et al. (2006), com a biodigestão de resíduos laticínio pré tratados com diferentes doses de lipase, encontraram reduções de SV superiores a 75%.

Uma das causas prováveis para a baixa redução de SV encontrada seria a concentração de matéria orgânica na espuma formada na superfície dos substratos lipídicos, que dificulta a disponibilidade destes componentes para serem degradados pelos micro-organismos nas camadas mais profundas do biodigestor (GELEGENIS et al. 2007).

Em ensaio realizado por Lansing et al. (2010), com biodigestão de dejetos suínos e níveis crescentes de adição de gordura, os autores relataram reduções de SV que variaram entre 90 e 98%. Entretanto os mesmos utilizaram concentrações de SV no aflúente inferiores às realizadas neste estudo, com valores de 1,30 a 1,54 g/kg de

substrato. Isto provavelmente reduziu a chance de ocorrer uma sobrecarga orgânica no meio interno dos biodigestores.

Neste estudo as maiores reduções foram observadas nos tratamentos com menores inclusões de óleo, diferente do encontrado por Lansing et al. (2010), que observaram as maiores reduções de SV nos tratamentos com maiores inclusões de óleo.

As adições de óleo tiveram uma correlação positiva com os valores de DQO inicial (0,99) e final (0,65), e negativa (-0,66) com relação às reduções de DQO. Este resultado pode ser explicado devido ao aumento da quantidade de matéria orgânica proporcionado pelo óleo de descarte que eleva os valores de DQO. Maior quantidade de matéria orgânica no meio proporciona maiores reduções, pois existe uma maior quantidade de material disponível para ser utilizado pelas bactérias responsáveis pela biodegradabilidade. No entanto, segundo Lansing et al. (2010) em determinada quantidade os valores elevados de DQO podem proporcionar uma sobrecarga orgânica no meio reduzindo a capacidade de degradação do material, o que justificaria o efeito quadrático observado nas reduções da DQO em relação as adições de óleo (Figura 1).

À medida que se aumentaram as inclusões de óleo houve um acréscimo nas reduções de DQO, no entanto para o tratamento com 16g/kg de substrato de óleo acredita-se que a disponibilização de DQO foi tão elevada que pode ter resultado na queda da biodegradabilidade.

Em ensaio realizado com dejetos bovinos e diferentes níveis de adição de gordura, Neves et al. 2009 observaram um efeito semelhante com inclusões de DQO de 18g/kg de substrato, valor bem inferior ao do presente estudo em que os menores valores de adição de DQO foram de 63g/kg de substrato .

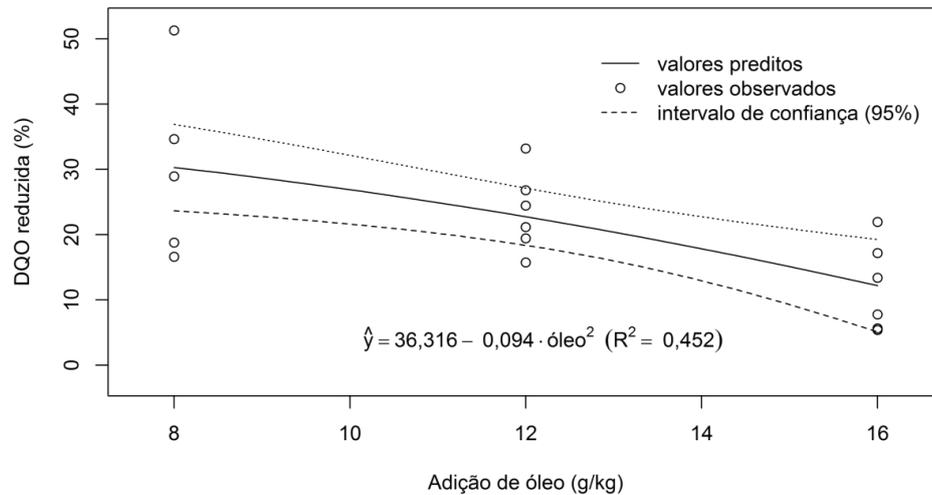


Figura 1. Reduções de DQO no substrato durante biodigestão anaeróbia de dejetos suínos e diferentes níveis de adição de óleo e lipase.

O maior valor observado para a redução de DQO atingiu os 43% (Tabela 4), porém foi muito inferior aos valores de outros substratos encontrados na literatura.

Tabela 4 – Valores médios e análise de regressão da DQO e pH.

Óleo g/kg	Lipase g/kg	DQO (g de O ₂ /kg)			pH	
		Afluente	Efluente	Redução ¹ (%)	Afluente ²	Efluente ³
8	1	63,0	36,0	43,0	6,8	6,7
8	2	63,0	44,8	28,9	6,6	5,8
8	3	63,0	51,9	17,7	6,7	5,6
12	1	65,1	45,6	30,0	6,6	5,3
12	2	65,1	50,8	21,9	6,8	5,1
12	3	65,1	53,1	18,4	6,7	5,0
16	1	67,2	62,7	6,7	6,8	4,8
16	2	67,2	59,6	11,3	6,5	4,7
16	3	67,2	55,4	17,7	6,4	4,7

(g/kg) grama de componente por kg de substrato (base na MS) adicionado aos biodigestores. Redução de DQO: CV 39,9%. pH do Afluente: CV 2,6%. pH do Efluente: CV 3,3%.

Equações (Adição de Óleo: x; Adição de Lipase: z)

⁽¹⁾ $y = 36,31583 - 0,09424x^2 - R^2: 0,45$

⁽²⁾ $y = 6,664$

⁽³⁾ $y = 7,04702 - 0,13389x - 0,123895z - R^2: 0,88$

Em ensaio realizado por Mendes et al. (2006), os autores encontraram remoção de DQO média de 70% com o pré tratamento enzimático de diferentes tipos de água residuária. Os autores atribuíram esta remoção a degradação lipídica proporcionada pelo pré tratamento realizado com lipase. Em experimento piloto com a utilização de dejetos suínos e lixo, Feng et al. (2007) encontraram remoção de DQO entre 73-74%.

O reduzido valor encontrado para as reduções de DQO neste trabalho pode estar relacionado tanto com a sobrecarga orgânica quanto pela produção excessiva de ácidos graxos de cadeia longa proporcionada pela mesma. Em estudo realizado por Lansing et al. (2010), os autores tiveram em seu estudo remoções de DQO de 90 a 95%, no entanto a DQO inicial dos afluentes testados era de 20 a 56g de DQO por kg de substrato, valores inferiores aos encontrados nos afluentes deste estudo que variaram de 63 a 67g/kg de substrato.

O pH do afluente sofreu diferença em relação as adições de óleo e lipase (Tabela 4). Os valores de pH iniciais até o tratamento com 16g de óleo por kg de substrato foram semelhantes aos encontrados por Gelegenis et al. (2007), próximo de 6,5. Os autores relataram que este é o valor mínimo dentro da gama ótima para produção de biogás que varia de um pH de 6,5 a 7,5. Os valores reduzidos de pH são depreciativos a produção de gás, pois são desfavoráveis a sobrevivência microbiana.

Os valores de pH do efluente tiveram correlação negativa (-0,85) e efeito linear em relação as adições de óleo. À medida que se aumentou a quantidade de óleo ocorreu declínio no valor de pH (Tabela 4). De acordo com Lansing et al. (2010) esse efeito é explicado pelas quantidades excessivas de ácidos graxos de cadeia longa presentes nos tratamentos com maiores inclusões de óleo, que levam a uma redução do pH.

Este comportamento indica que os substratos com menores adições de óleo se apresentavam mais estáveis quanto ao processo de fermentação, enquanto que os tratamentos com maiores adições de óleo permaneceram com um pH muito reduzido não apresentando condições ideais para produção de gás conforme citado anteriormente por Gelegenis et al. (2007).

As reduções no NMP de CT e CTT estão descritas na Tabela 5. As mesmas foram em sua maioria superiores às encontradas por Orrico Júnior (2007) com a biodigestão anaeróbia de dejetos de suínos com e sem separação da fração sólida, o qual observou valores próximos aos 99,6%.

Tabela 5 – Número mais provável (NMP) de CT e CTT durante a biodigestão anaeróbia, com dejetos suínos e níveis crescentes de adição de óleo e lipase.

Óleo g/kg	Lipase g/kg	Coliformes Totais (NMP)			Coliformes Termotolerantes (NMP)		
		Afluente	Efluente	Redução (%)	Afluente	Efluente	Redução (%)
8	1	9,7	4,4	54,7	9,7	4,0	58,9
8	2	9,7	0,6	94,2	9,7	0,0	100,0
8	3	9,7	0,9	91,1	9,7	0,0	100,0
12	1	9,6	3,1	67,2	9,6	3,0	68,3
12	2	9,6	2,9	70,2	9,6	0,6	94,2
12	3	9,6	1,0	90,0	9,6	0,0	100,0
16	1	9,5	0,0	100,0	9,5	0,0	100,0
16	2	9,5	0,0	100,0	9,5	0,0	100,0
16	3	9,5	0,0	100,0	9,5	0,0	100,0

Valores apresentados na base logarítmica 10.

As menores reduções de CT e CTT foram observadas no tratamento com menores inclusões de óleo e lipase (8g de óleo e 1g de lipase por kg de substrato). Foi observada uma correlação positiva das reduções de CT com as adições de óleo (0,51), e de CT e CTT para as adições de lipase 0,50 e 0,66 respectivamente.

As menores reduções observadas nos tratamentos com menores adições de óleo podem estar relacionadas com a maior quantidade de dejetos inserido nas misturas que possui maior carga microbiológica em relação aos demais componentes utilizados para a composição dos substratos.

Os valores elevados para a redução de coliformes nos tratamentos com maiores inclusões de óleo e lipase possivelmente estão associados com as quantidades de ácidos graxos voláteis produzidas no processo, que em grandes quantidades acabam sendo nocivas aos micro-organismos conforme citado por Mateu et al. (1992), mencionado em estudo realizado por Orrico Júnior et al., 2010 com dejetos de suínos e diferentes dietas.

O conteúdo de coliformes nos efluentes tratados com 8g e 12g de óleo e 1 g de lipase restringe sua utilização como biofertilizante, dependendo da finalidade. Segundo a resolução do CONAMA 357/2005, a concentração máxima permissível de coliformes é inferior a 200 coliformes/100ml de biofertilizante, para a irrigação de hortaliças que são consumidas cruas e de frutas que se desenvolvam rentes ao solo e que sejam ingeridas cruas sem remoção de película. Os tratamentos em questão apresentaram um NMP de 24000 e 1400/100ml para CT, e 9300 e 1100/100ml para CTT respectivamente.

Sobre a sedimentação dos resíduos foi observado que os substratos com maiores inclusões de óleo tiveram uma menor sedimentação, no entanto os mesmos formaram uma camada suspensa sobre a superfície líquida, a qual pode ser visualizada na Figura 1 do apêndice e possivelmente está relacionada com a precipitação do conteúdo lipídico.

Segundo Acharya & Kurian (2006) e Valadão et al. (2007), esta camada é formada pela elevada concentração de lipídeos em um resíduo e é problemática ao meio

interno dos biodigestores pois dificulta o transporte dos componentes solúveis para as camadas mais profundas da biomassa, reduzindo a taxa de conversão do substrato.

Produção de Biogás

Não foram observados acréscimos a produção de biogás pela adição de óleo neste estudo provavelmente pelos efeitos nocivos do óleo de descarte ao meio como redução do pH e sobrecarga orgânica. Em ensaio realizado por Gelegenis et al. (2007), os autores observaram um acréscimo de 10% ao total de biogás produzido, em codigestão com o nível de adição de 250g de água residuária da produção de óleo de oliva por kg de resíduos de poedeiras. No entanto a concentração de lipídeos na água residuária de óleo de oliva é muito inferior aos valores encontrados nos substratos utilizados neste ensaio.

Os menores valores de produção foram encontrados nos tratamentos com maiores inclusões de óleo, comportamento diferente foi relatado em ensaio realizado por Lansing et al. (2010) com a biodigestão de dejetos suínos com níveis crescentes de adição de gordura de cozinha, onde tratamento com maior adição de gordura (100g por kg de substrato) foi o que apresentou as maiores produções de biogás. Os mesmos ainda relatam que adições de gordura de 20-50% por volume não são aplicáveis a sistema de biodigestão de baixo custo sem aquecimento e controle de temperatura, pois ocorre a retenção da gordura no biodigestor com cargas semi-contínuas.

Em ensaio realizado por Acharya & Kurian (2006), os autores observaram um decréscimo a produção de biogás após 175 dias de tratamento com a biodigestão anaeróbia de efluentes lipídicos da indústria de ração, efeito que estava relacionado com a formação de uma densa camada de óleo estagnada sobre a superfície do substrato. O

mesmo comportamento ocorreu com os substratos avaliados neste estudo, quando os biodigestores foram abertos, notou-se a camada lipídica formada na superfície dos substratos, provavelmente isto contribuiu para as produções reduzidas de biogás.

As produções máximas semanais de biogás ocorreram por volta da segunda semana conforme observado na Figura 2.

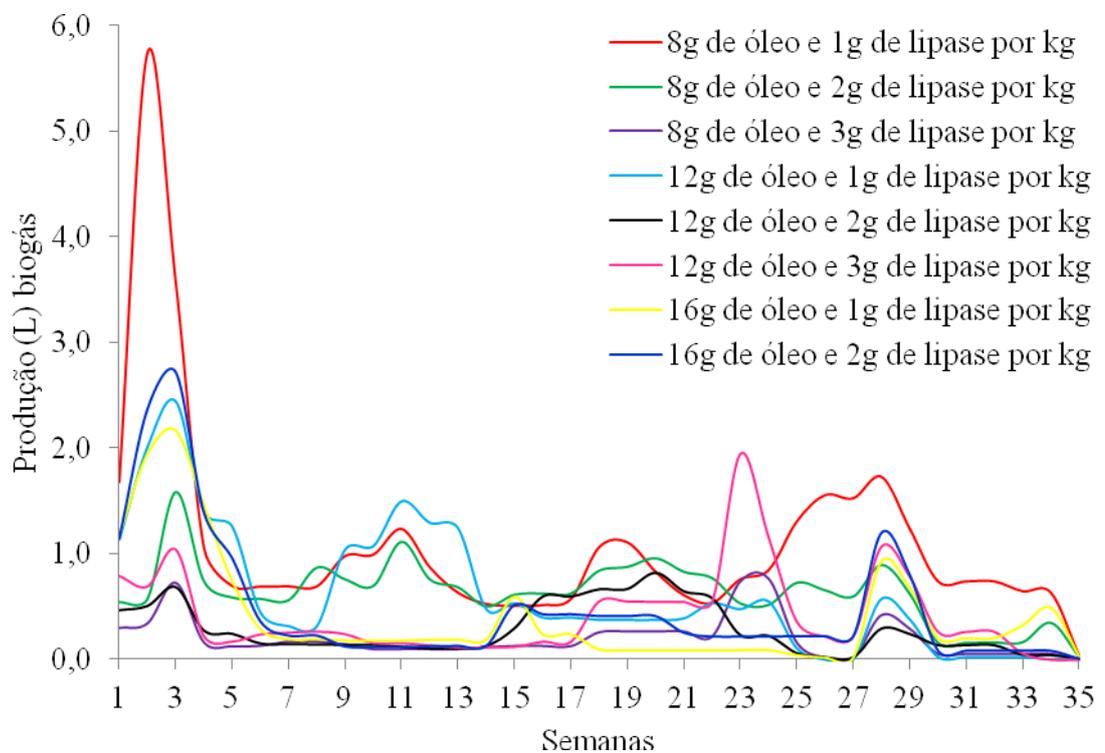


Figura 2. Produção semanal de biogás em litros (L) a partir da biodigestão anaeróbia de dejetos suínos e diferentes níveis de adição de óleo e lipase.

A maior quantidade de lipase adicionada (3g/kg de substrato) não foi favorável à produção de biogás, sendo que foi verificada uma correlação negativa entre a produção de biogás e os níveis de adição de lipase (-0,52). O comportamento observado sugere que o uso de níveis de enzima acima de 2g por kg de substrato pode ter causado o acúmulo de ácidos graxos de cadeia longa o que levou a uma estabilização na síntese do biogás, como encontrado em ensaio realizado por CIRNE et al. (2007), ao avaliarem a

influência de diferentes concentrações de lipídeos e lipases sobre o processo de biodigestão anaeróbia. Os autores concluíram que a adição de lipase aumentou a hidrólise de lipídeos, no entanto, as vantagens da adição de enzimas sobre os processos de degradação lipídica são minimizados na medida em que se elevam os níveis de enzima, mesmo quando esses efluentes apresentam altas concentrações de lipídeos, atribuindo este efeito maior disponibilidade de ácidos graxos de cadeia longa e polifenóis que são limitantes ao processo.

O acúmulo de biogás foi mais rápido para os tratamentos com maiores adições de óleo (Figura 3), no entanto os mesmos apresentaram uma produção de biogás muito pequena. Os tratamentos com menores adições de óleo e lipase tiveram um acúmulo de biogás mais lento no entanto os mesmos apresentaram maiores produções de biogás.

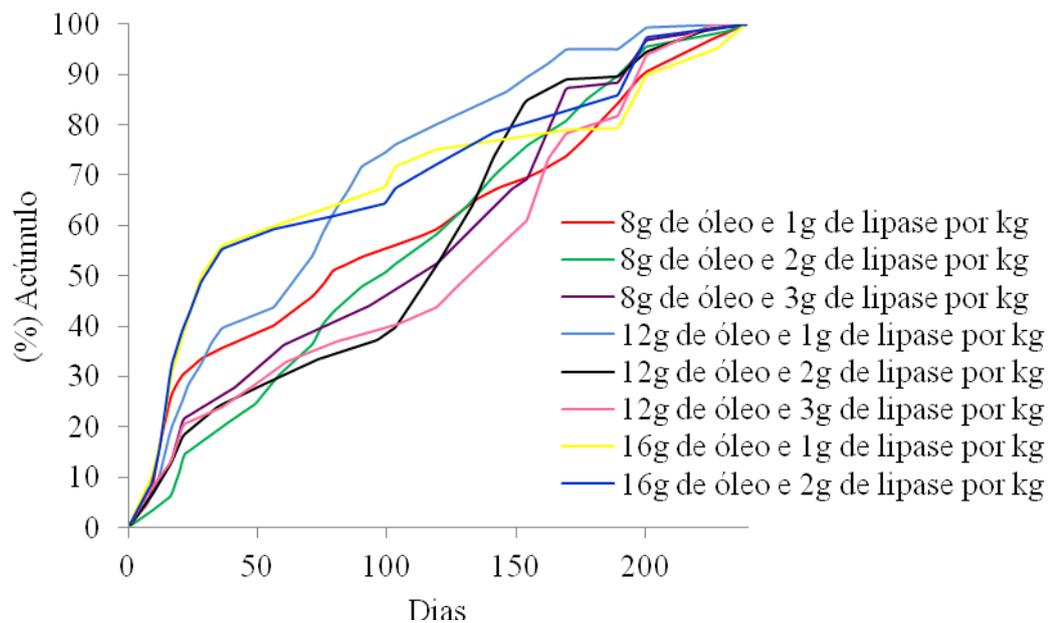


Figura 3. Percentuais de acúmulo durante os 239 dias da produção de biogás a partir da biodigestão anaeróbia de dejetos suínos e diferentes níveis de adição de óleo e lipase.

O acúmulo rápido para os tratamentos com maiores adições de óleo pode ter ocorrido devido a produção de ácidos durante o processo de biodegradabilidade, reduzindo o pH e inibindo a produção logo no início do ensaio, não apresentando recuperação ao longo do período testado. Assim os tratamentos com menores inclusões produziram biogás de forma mais distribuída durante o período de avaliação, o que justifica o acúmulo mais lento.

Potenciais de produção de biogás

Tabela 6. Potenciais de produção de biogás em litros (L) em afluentes preparados com os dejetos de suínos e níveis crescentes de adição de óleo de descarte e lipase.

Quantidade de Óleo	8g/kg			12g/kg			16g/kg		CV
	1g/kg	2g/kg	3g/kg	1g/kg	2g/kg	3g/kg	1g/kg	2g/kg	
Quantidade de Lipase									(%)
Por kg de dejetos ¹	77,1	34,1	11,0	39,4	17,6	26,3	31,2	37,4	32,9
Por kg de ST adicionado ²	193,1	99,7	28,1	91,9	42,1	59,0	64,5	76,8	45,3
Por kg de ST reduzido ³	544,1	283,6	89,3	271,5	135,4	193,2	218,0	261,1	47,8
Por kg de SV adicionado ⁴	224,7	115,2	32,1	103,6	47,5	66,4	71,6	84,7	47,0
Por kg de SV reduzido ⁵	519,7	267,3	86,6	245,2	128,3	181,9	201,3	238,8	51,7
Produção Total	38,1	22,0	7,1	21,5	9,6	14,4	13,9	16,6	-

(g/kg) grama de componente por kg de substrato (base na MS) adicionado aos biodigestores.

Equações (Adição de Óleo: x; Adição de Lipase: z) Os valores das equações estão baseados nos dados por m³.

(¹) $y = 0,06946 - 0,00168x - 0,01146z$, $R^2: 0,54$;

(²) $y = 0,13826 - 0,03002z$, $R^2: 0,32$;

(³) $y = 0,38747 - 0,08150z$, $R^2: 0,27$;

(⁴) $y = 0,15706 - 0,03422z$, $R^2: 0,30$;

(⁵) $y = 0,215$;

(⁶) $y = 0,17307 - 0,00549x - 0,02848z$, $R^2: 0,50$;

(⁷) $y = 1,48068 - 0,24718x + 0,01168x^2$, $R^2: 0,53$.

Os resultados referentes aos potenciais de produção de biogás do tratamento com 16g de óleo e 3g de lipase por kg de substrato não foram apresentados, pois não houve produções mensuráveis de biogás no mesmo.

Verificou-se que os níveis de enzima apresentaram correlação negativa em relação aos potenciais de produção por kg de dejetos (-0,58), de ST adicionados (-0,57), de SV adicionados (-0,55) e reduzidos (-0,56). A adição de enzima ainda proporcionou um efeito linear decrescente em relação aos potenciais de produção por kg de ST, e por Kg de SV adicionados conforme demonstrado nas Figuras 4, 5, 6 e na Tabela 6.

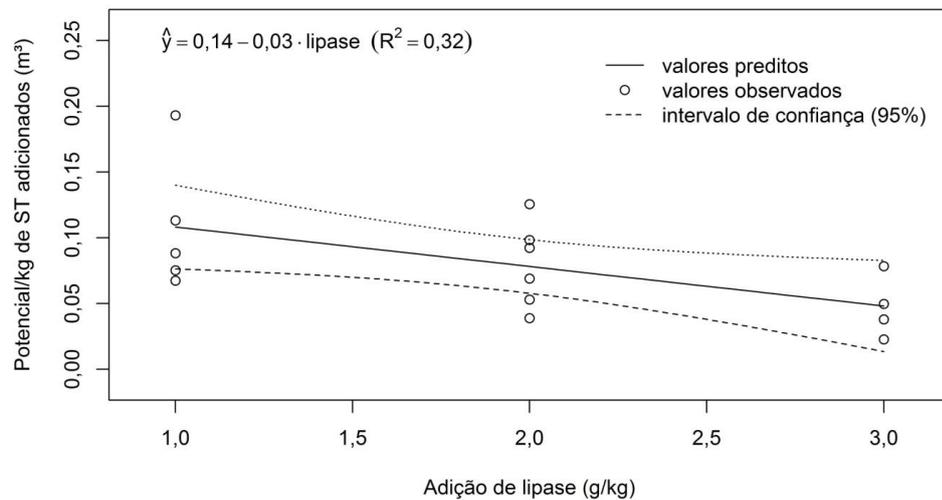


Figura 4. Potenciais de produção de biogás por kg de ST adicionado em substratos durante biodigestão anaeróbia de dejetos suínos e diferentes níveis de adição de óleo e lipase.

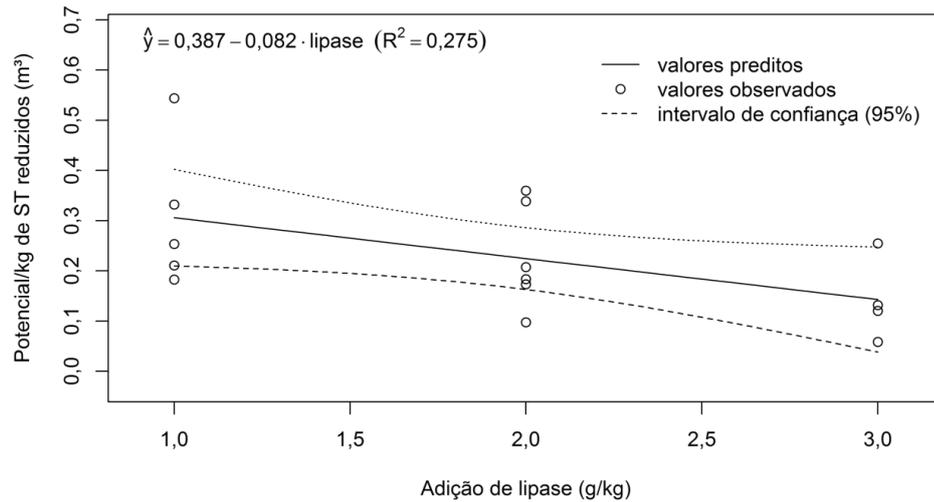


Figura 5. Potenciais de produção de biogás por kg de ST reduzidos em substratos durante biodigestão anaeróbia de dejetos suínos e diferentes níveis de adição de óleo e lipase.

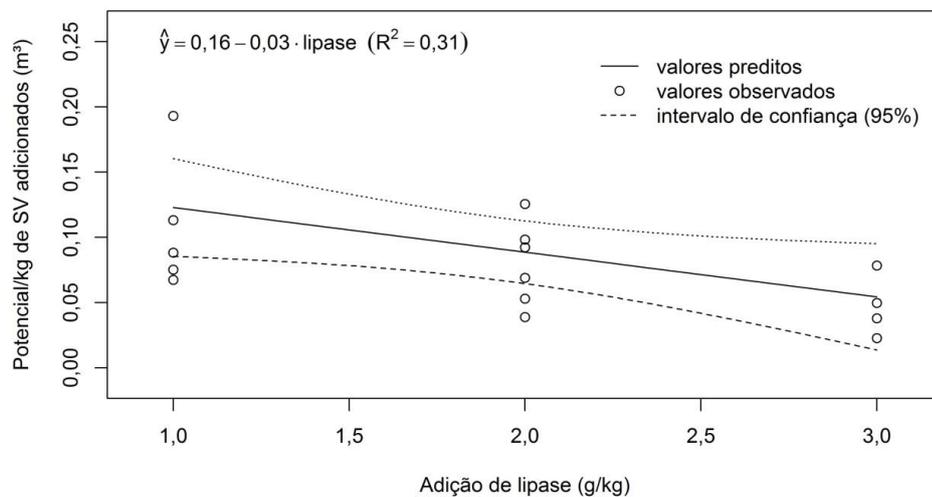


Figura 6. Potenciais de produção de biogás por kg de SV adicionados em substratos durante biodigestão anaeróbia de dejetos suínos e diferentes níveis de adição de óleo e lipase.

Este efeito nocivo da lipase sobre os potenciais de produção de biogás pode estar relacionado a ocorrência de maior disponibilidade de matéria orgânica e ácidos graxos

de cadeia longa proporcionada por elevadas doses de lipase que dificulta a degradação microbiana no meio interno dos biodigestores (VALENTE et al., 2010).

Em relação aos potenciais por kg de dejetos, estes foram inferiores (Tabela 6) quando comparados com os potenciais de produção para o dejetos de suíno que segundo Orrico Júnior (2007), que variaram de 80 a 120 litros de biogás por kg de dejetos adicionado aos biodigestores. Foi observado que o melhor potencial (77,1 litros de biogás por kg de dejetos adicionado), foi obtido com a menor adição de óleo de descarte e lipase (8g/kg de óleo e 1g/kg de substrato de lipase), em que se verificou um efeito linear decrescente deste potencial em relação as adições de óleo e lipase. Este comportamento pode ser explicado pela problemática dos resíduos lipídicos em elevadas quantidades podem formar uma camada na superfície dos substratos podendo dificultar o transporte dos componentes solúveis para as camadas mais profundas da biomassa e, conseqüentemente, reduzir a taxa de conversão do substrato, tornando menores as produções de biogás (VALLADÃO et al., 2007). Além da camada superficial formada a hidrólise de triacilgliceróis proporcionada pela lipase libera ácidos graxos de cadeia longa e glicerol. Quando esses ácidos graxos de cadeia longa estão em excesso, ocorre a redução do pH, sendo desfavorável aos microrganismos que participação do processo de degradação anaeróbia (DURLI, 2007).

De acordo com Orrico Júnior (2007), o mais indicado para refletir o potencial de produção de biogás determinada biomassa, para se utilizar em projetos de biodigestores, é aquele que expressa o potencial de biogás por kg de ST, pois elimina a interferência do teor de água.

Os potenciais de produção por kg de ST reduzidos (Tabela 6) foram muito inferiores aos encontrados por Orrico Júnior et al. (2010) em que os autores observaram produções que variaram entre 684 e 1315 litros para cada kg de ST reduzido no biodigestor. As baixas produções de biogás em relações aos ST reduzidos encontradas podem estar relacionadas com a quantidade de lipase adicionada, que pode ter sido excessiva, pois como foi verificado anteriormente, a medida que se adicionou lipase, reduziram-se as produções de biogás.

Os maiores potenciais de produção por kg de dejetos, ST e SV foram obtidos com o tratamento com menor adição de óleo e lipase (8g de óleo e 1g de lipase por kg de substrato). Este comportamento pode estar relacionado com efeito nocivo sobre as produções de biogás e degradação dos resíduos proporcionado pelo uso de grandes quantidades de óleo e lipase como citado por Cirne et al., (2007) e Lansing et al., (2010).

Não foi verificada a influência das adições de óleo e lipase em relação aos potenciais de produção de biogás por kg de SV reduzidos. Este resultado pode estar relacionado com a baixa produção de biogás obtida e o alto valor de coeficiente de variação (CV) encontrado para os valores de SV reduzidos.

Concentração de nutrientes no biofertilizante

Tabela 7. Valores de N e P, em substratos submetidos a biodigestão anaeróbia de dejetos suínos com níveis crescentes de adição de óleo e lipase.

Óleo g/kg	Lipase g/kg	N - Nitrogênio g/kg			P - Fósforo g/kg		
		Afluente	Efluente	C ¹ (%)	Afluente	Efluente	C ² (%)
8	1	16,6	22,8	27,5	11,1	10,4	-6,2
8	2	17,3	22,6	23,4	10,8	11,1	2,3
8	3	14,2	15,5	8,6	10,7	10,6	-0,2
12	1	14,2	20,4	29,7	10,4	11,0	4,8
12	2	15,3	24,6	37,4	10,2	9,9	-2,8
12	3	13,9	15,3	8,6	10,4	10,6	2,1
16	1	11,5	16,4	28,1	9,0	9,7	7,1
16	2	12,4	16,4	24,0	9,4	9,9	4,9
16	3	13,1	15,9	17,2	10,3	9,4	-9,3

(g/kg) grama de componente por kg de substrato (base na MS) adicionado aos biodigestores. N: CV 53,1%. P: CV 484,8 %. C: percentual de concentração do nutriente.

Equações (Adição de Óleo: x; Adição de Lipase: z)

$$^{(1)} y = 50,30848 - 3,83696z^2 - R^2: 0,38$$

$$^{(2)} y = 4,53597 - 0,77847z^2 - R^2: 0,27$$

Foi observado uma correlação negativa para os valores de N em relação aos níveis de adição de lipase (-0,58).

Os resultados crescentes de N e P até o tratamento com 2g de lipase por kg de substrato podem ser atribuídos a melhoria na degradabilidade da matéria orgânica proporcionada pela adição de lipase, concentrando os teores de minerais do substrato (DURLI, 2007). No entanto a adição de 3g de lipase por kg de substrato foi excessiva e dificultou a biodegradação do resíduo para a produção de gás, e conseqüentemente permaneceu maior quantidade de matéria orgânica no biodigestor, não havendo concentração dos componentes minerais.

As reduções de K não sofreram efeitos significativos das inclusões de óleo e lipase. As quantidades estão descritas na Tabela 8.

Observa-se que em todos os tratamentos testados ocorreu uma concentração de K ao efluente, o que é interessante para a utilização deste resíduo como biofertilizante.

Tabela 8. Valores de K, em substratos submetidos a biodigestão anaeróbia de dejetos suínos com níveis crescentes de adição de óleo e lipase.

Óleo g/kg	Lipase g/kg	K - Potássio g/kg		
		Afluente	Efluente	Concentração ¹ (%)
8	1	1,2	1,4	12,6
8	2	1,4	1,4	1,8
8	3	1,1	1,1	4,4
12	1	1,1	1,4	26,1
12	2	1,0	1,0	5,3
12	3	1,2	1,3	7,6
16	1	1,0	1,1	4,7
16	2	1,0	1,0	7,1
16	3	1,0	1,1	2,4

(g/kg) grama de componente por kg de substrato (base na MS) adicionado aos biodigestores. K: CV 119%.

Equação: ⁽¹⁾ $y = 8,01024$

Os dados de P e K apresentaram elevados coeficientes de variação (Tabela 7 e 8), que provavelmente foram ocasionados pela dificuldade de homogeneização da amostra proporcionada pelas adições de óleo de descarte.

Orrico Júnior (2007) também relatou dificuldades em seu experimento com dejetos de suínos e separação de fases, atribuindo o fato a sedimentação que ocorre no interior do biodigestor, influenciando na massa de sólidos, e que conseqüentemente influenciou nos cálculos de seus dados.

CONCLUSÕES

As adições de óleo e lipase não proporcionam efeitos favoráveis sobre as produções de biogás. A adição de lipase proporcionou decréscimos nas produções de biogás em relação aos substratos testados, e na concentração de nutrientes no biofertilizante. As reduções dos constituintes poluentes são maiores em tratamentos com menores inclusões de óleo e lipase. A redução de coliformes é acrescida em tratamentos com grandes quantidades de óleo e lipase de acordo com os dados comparados na literatura.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ACHARYA, C. & KURIAN, R. Anaerobic co-digestion of a single source oily waste and high Strength pet food wastewater: A study of failure and revival of a full scale digester. **Water Environment Foundation**. 2006. p. 5066-5073.
- AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION - APHA. **Standard methods for examination of water and wastewater**. 21.ed. Washington: American Water Works Association, 2005. 1368p.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - ABNT / **NBR 10561-Dez/1988**.
- ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS - AOAC. **Official Methods of Analysis**. 16.ed. Washington, DC. AOAC, 1995.
- CAETANO, L. **Proposição de um sistema modificado para quantificação de biogás**. 1985. 75p. Dissertação (Mestrado em Energia na Agricultura) - Faculdade de Ciências Agrônômicas/Universidade Estadual Paulista, Botucatu.
- CIRNE, D.G.; PALOUMET, X.; BJÖRNSSON, L.; ALVES, M.M.; MATTIASSON, B. Anaerobic digestion of lipid-rich waste – Effects of lipid concentration. **Renewable Energy**, v.32, n.6, p.965-975, Elsevier: 2007.
- CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE (CONAMA). Padrões de qualidade para os parâmetros monitorados na rede de monitoramento, segundo Resolução CONAMA 357/2005 Disponível em: <http://www.mma.gov.br/port/conama/res/res05/res35705.pdf>. (13/11/2012).
- DORS, G. **Hidrólise enzimática e biodigestão de efluentes da indústria de produtos avícolas**. 2006. 101p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Química) - Departamento de Engenharia Química e de Alimentos/Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis.
- DURLI, E. **Tratamento de efluentes da indústria de laticínios utilizando lipases de *Burkholderia cepacia* LTEB11**. 2007. 111p. Dissertação (Mestrado em Química) - Faculdade de Ciências Exatas/Universidade Federal do Paraná, Curitiba.
- FENG, C.; SHIMADA, S.; ZHANG, G.; MAEKAWA, T. A pilot plant two-phase anaerobic digestion system for bioenergy recovery from swine wastes and garbage. **Waste Management**, n.28, p. 1827-1834. Elsevier: 2007.
- GELEGENIS, J.; GEORGAKAKIS, D.; ANGELIDAKI, I.; CHRISTOPOLOU, N.; GOUMENAKI, M. Optimization of biogas production from olive-oil mill wastewater, by codigesting with diluted poultry-manure. **Applied Energy**. n.88, p.646-663, Elsevier: 2007.

- LANSING, S.; MARTIN, J.F.; BOTERO, R.B.; et al. Methane production in low-cost, unheated, plug-flow digesters treating swine manure and used cooking grease. **Bioresource Technology**, n.101, p.4362-4370, Elsevier: 2010.
- MALAVOLTA, E.; BOARETTO, A. E.; PAULINO, V. T. Micronutrientes, uma visão geral. In: FERREIRA, M.E.; CRUZ, M. C. **Micronutrientes na Agricultura**. Piracicaba: POTAFOS / CNPq, 1989. p. 1-33.
- MATEU, A.; MATA-ALVAREZ, J.; PARÉS, R. Enterobacterial and viral decay experimental models for anaerobic digestion of piggery waste. *Applied Microbiology Biotechnology*, Berlin v.38, n.2, p. 291-296, 1992.
- MENDES, A.A.; PEREIRA, E.B.; CASTRO, H.F. Effect of the enzymatic hydrolysis pretreatment of lipids-rich wastewater on the anaerobic biodigestion. **Biochemical Engineering Journal**, n.32, p. 185–190. Elsevier: 2006.
- NEVES, L. OLIVEIRA; R. ALVES, M.M. Co-digestion of cow manure, food waste and intermittent input of fat. **Bioresource Technology**, n.100, p.1957–1962. Elsevier: 2009.
- ORRICO JÚNIOR, M.A.P. **Biodigestão anaeróbia e compostagem de dejetos de suínos, com e sem separação de sólidos**. 2007. 93p. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) - Departamento de Engenharia Rural/Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal.
- ORRICO JÚNIOR, M.A.P.; ORRICO A.C.A.; LUCAS JÚNIOR, 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, jul./ago. 2010.
- SILVA, D.J. & QUEIROZ, A.C. de. **Análise de alimentos: Métodos químicos e biológicos**. 3.ed. Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, 2006. 166p.
- VALLADÃO, A.B.G.; FREIRE, D.M.G.; CAMMAROTA, M.C. Enzymatic prehydrolysis applied to the anaerobic treatment of effluents from poultry slaughterhouses. **International Biodeterioration & Biodegradation**, Vol. 60, p. 219-225, 2007.
- VALENTE, A.M.; ALEXANDRE V.M.; CAMMAROTA, M.C.; et al. Pré-hidrólise enzimática de gordura de efluente da indústria de pescado objetivando o aumento da produção de metano. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**. Campinas-SP, v.30, p.483-488, abr.-jun 2010.

IMPLICAÇÕES

Com relação ao ensaio de co-digestão anaeróbia dos dejetos de suínos com óleo de descarte pode se constatar a dificuldade na realização do processo, uma vez que o resíduo de óleo, principalmente quando empregado em grande quantidade no substrato, é extremamente difícil de ser degradado.

Foi observado que as adições de óleo e lipase influenciam negativamente a biodegradabilidade do substrato, e que as lipases ainda promovem um decréscimo nos potenciais de produção de biogás.

O tempo de tratamento se mostrou elevado em comparação com outros tipos de resíduos que passaram por codigestão com substratos lipídicos. Isto se deve ao fato de que as quantidades de óleo e lipase empregadas neste ensaio foram excessivas e promoveram um efeito nocivo as populações bacterianas envolvidas no processo, em virtude da produção de ácidos graxos de cadeia longa.

Visando dar continuidade em estudos futuros que objetivem o aperfeiçoamento do processo, sugere-se: a utilização de biodigestores de fluxo semi-contínuo e com maior volume de substrato; a avaliação do tempo de retenção hidráulica sobre os potenciais de produção; melhor estudo e caracterização dos componentes do resíduo lipídico e sua influência sobre o processo em especial aos ácidos graxos de cadeia longa; testar menores quantidades de lipase e óleo sobre o processo, recirculação e agitação do substrato, além do controle e manutenção da temperatura; realizar ensaio sequencial com o efluente dos biodigestores (biofertilizante) e sua qualidade como fertilizante de diferentes culturas.

APÊNDICE



Figura 1. Análise de sedimentação (60 minutos) em destaque a camada de óleo formada na superfície do substrato.



Figura 2. Biodigestor batelada utilizado no experimento



Figura 3. Disposição dos biodigestores na bancada do laboratório.

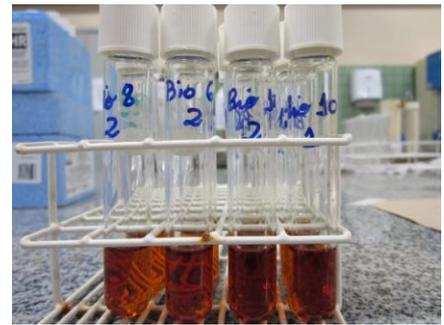


Figura 4. Tubos utilizados para a digestão das amostras em análise de DQO.



Figura 5. Vista interna do laboratório de manejo de resíduos agropecuários - UFGD



Figura 6. Digestor utilizado para análise de DQO.



Figura 7. Tubos utilizados para incubação em estufa durante a análise de colimetria.



Figura 8. Realização da análise de colimetria.



Figura 9. Balança de precisão utilizada para as determinações



Figura 10. Phmetro de bancada utilizado para as determinações



Figura 11. Estufa de circulação forçada utilizada para secagem das amostras