



# ENEPEX

ENCONTRO DE ENSINO,  
PESQUISA E EXTENSÃO

8° ENEPE UFGD • 5° EPEX UEMS

## **REDUÇÕES DE CONSTITUINTES FÍSICOS E COLIFORMES DURANTE A CO-DIGESTÃO ANAERÓBIA DOS DEJETOS DE BOVINOS LEITEIROS E DIFERENTES NÍVEIS DE ÓLEO DE DESCARTE<sup>1</sup>**

**Débora Maurício Manarelli<sup>2</sup>; Ana Carolina Amorim Orrico<sup>3</sup>; Marco Antonio Previdelli Orrico Junior<sup>3</sup>; Walter Renato Teixeira Lopes<sup>2</sup>; Aldo Felipe Fava<sup>4</sup>; Aline Nazareth de Castro<sup>2</sup>**

<sup>1</sup> Parte do trabalho da tese do terceiro autor, financiada pela FAPESP

<sup>2</sup> Aluna do curso de Zootecnia da Faculdade de Ciências Agrárias - UFGD, Dourados-MS, Brasil, Bolsista PIBIC/CNPq, e-mail: debora\_manarelli@msn.com.

<sup>3</sup> Prof. Adjunto da Faculdade de Ciências Agrárias - UFGD, Dourados-MS, Brasil. email: marcojunior@ufgd.edu.br e anaorrico@ufgd.edu.br.

<sup>4</sup> Mestrando do programa de Pós-Graduação em Zootecnia da Faculdade de Ciências Agrárias - UFGD, Dourados-MS, Brasil.

### **RESUMO**

Este trabalho foi desenvolvido com o objetivo de acompanhar o desempenho do processo de co-digestão anaeróbia a partir de substratos contendo dejetos de bovinos leiteiros e crescentes níveis de inclusão de óleo de descarte (0, 2, 4, 6, 8, 10, 12% do teor de ST dos substratos). Para a execução da proposta foram utilizados dejetos de vacas da raça Jersey, com peso médio de 400 kg com uma produção de leite de 18ℓ/dia, que permaneceram a pasto e foram alimentadas com ração, sendo que receberam em média 11 kg de ração por dia. Os dejetos coletados destes animais foram utilizados para preparo de efluentes em co-digestão com óleo de descarte, segundo as doses descritas. Para tanto foram empregados 28 biodigestores batelada de bancada (7 níveis de adição de óleo x 4 repetições), que foram abastecidos com substratos preparados com o inóculo (15% da massa seca adicionadas aos biodigestores), água, dejetos e óleo, no intuito de que a concentração inicial fosse de 4% de ST. Foram avaliadas as reduções dos teores de sólidos totais (ST) e voláteis (SV), as reduções dos números mais prováveis (NMP) de coliformes totais e termotolerantes, a demanda química de oxigênio (DQO), assim como o constituinte fibroso FDN (fibra em detergente neutro). As máximas reduções de ST e SV ocorreram com as inclusões de 5,93 e 4,77% de óleo, respectivamente. A redução de FDN encontrada para o nível ideal de óleo (6,45%) foi de 49,48%. Os valores máximos dos NMP de

coliformes totais e termotolerantes foram de  $4,3 \times 10^2$  por mL de material. Verificando-se as reduções de DQO, a inclusão ideal de óleo seria de 5,74% e assim resultaria na redução de 82,88%. Conclui-se que a inclusão de óleo de descarte entre 4 e 8%, apresentaram as melhores reduções dos constituintes sólidos, fibrosos e microbiológicos avaliados.

**Palavras - chave:** biodigestores, fibra, sólidos.

## INTRODUÇÃO

No Brasil o rebanho bovino é de 209.541.109 cabeças e desse total, 22.924.914 são vacas que foram ordenhadas em 2010, segundo a PPM (Produção da Pecuária Municipal) do IBGE. O rebanho leiteiro produziu 30.715.460 litros de leite, que resultou numa média nacional de 1.340 litros por vaca por ano (ZOCCAL, 2012).

Em virtude do elevado volume dos dejetos gerados por bovinos leiteiros este resíduo assume importante função como fonte de contaminação e proliferação de microrganismos patogênicos, além dos conteúdos de material orgânico e nutrientes, como características indesejáveis. Desta forma, a disposição dos resíduos nas instalações de criação dos animais tem sido um desafio para os produtores, pois envolve aspectos técnicos, sanitários e econômicos.

Com a intensificação das criações de animais têm sido geradas grandes quantidades de resíduos, ou dejetos, que, se manejados inadequadamente, contaminam o solo, a água (superficial e subterrânea) e o ar por compostos como metano, dióxido de carbono, amônia, nitrogênio, fósforo e por microrganismos como coliformes totais e termotolerantes, além de servir para a proliferação de insetos (AMARAL et al. 2004).

Os resíduos gerados durante o processo de produção podem ser tratados por procedimentos biológicos, sendo que um dos principais benefícios é a agregação de valor da reciclagem, seja dos nutrientes ou da energia contida nos resíduos, resultando desta forma em fonte de renda alternativa. Dentre as formas biológicas de tratamento, a biodigestão anaeróbia é amplamente empregada, sendo este processo responsável por tornar o produto final estável e higienizado, com o adicional de produção do biogás e biofertilizante (SOUZA et al., 2007; MENARDO et al., 2010; ORRICO JUNIOR et al., 2010).

A produção de biogás por meio de biodigestão anaeróbia representa um avanço para equacionar o problema dos dejetos produzidos pela bovinocultura e da indisponibilidade de energia no meio rural (CERVI et al., 2010). O processo de digestão anaeróbia fornece como produtos finais, uma mistura de gases, denominado biogás, composta basicamente por cerca de 60% de metano ( $\text{CH}_4$ ), 35% de dióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ ) e 5% de uma mistura de hidrogênio,

nitrogênio, amônia, ácido sulfídrico, monóxido de carbono, aminas voláteis e oxigênio (WEREKO-BROBBY; HAGEN, 2000).

Em experimento realizado por ORRICO JUNIOR et al. (2012) foram coletados os dejetos de bovinos Canchim e Nelore alimentados por dietas contendo as proporções de 40 e 60% de volumoso, em complementação ao concentrado. Na avaliação da composição destes resíduos, os autores não verificaram influência do genótipo, no entanto, observaram que conforme elevaram a proporção de volumoso nas dietas ocorreram aumentos de 9,4; 10,4; 22,3% nos teores de FDN, FDA e lignina. Este comportamento também foi observado para os constituintes: celulose e hemicelulose. Em relação às reduções dos constituintes ST (sólidos totais), SV (sólidos voláteis), DQO (demanda química de oxigênio) e DBO (demanda bioquímica de oxigênio) durante a biodigestão anaeróbia dos dejetos, os autores relataram que os menores valores ocorreram em biodigestores abastecidos com os dejetos de bovinos alimentados com a dieta contendo 60% de volumoso (30,3; 30,3; 20,8 e 19,8% para ST, SV, DQO e DBO, respectivamente). Ainda referente a capacidade do processo de biodigestão anaeróbia atuar na redução de indicadores de contaminação microbiológica (coliformes totais e termotolerantes) foram relatadas diminuições superiores a 99,9% em todos os tratamentos experimentais, independente da dieta ou genótipo avaliado.

Nos últimos anos, o número de pesquisas sobre a utilização de resíduos no processo de co-digestão anaeróbia tem aumentado, em especial para a produção de biogás visando a geração de energia. Para RODRIGUES (2005) a co-digestão de resíduos orgânicos biodegradáveis apresenta-se como uma alternativa viável, uma vez que permite aumentar a estabilidade de todo o processo de tratamento. Esta alternativa permite suplementar o meio de digestão com nutrientes que podem estar em falta num dos substratos, contribuindo para um melhor desempenho do processo de digestão anaeróbia e para a produção de um biofertilizante de qualidade elevada.

O óleo usado no processo de fritura representa um grave risco de poluição ambiental, pois a maioria dos estabelecimentos comerciais e residenciais descarta o óleo residual na rede de esgoto assim dificultando o tratamento destes.

Com este trabalho objetivou-se avaliar as concentrações de ST (sólidos totais), SV (sólidos voláteis), a demanda química de oxigênio (DQO) e fibra em detergente neutro (FDN), além dos números mais prováveis de coliformes totais e termotolerantes em afluentes e efluentes preparados com os dejetos de bovinos leiteiros e doses crescentes de óleo de descarte.

## MATERIAL E MÉTODOS

O trabalho foi desenvolvido no Laboratório de Manejo de Resíduos Agropecuários da Faculdade de Ciências Agrárias, pertencente à Universidade Federal da Grande Dourados, a partir dos dejetos coletados em propriedade rural na região de Dourados.

Os dejetos foram produzidos por vacas leiteiras da raça Jersey, com peso médio de 400 kg com uma produção de leite de 18ℓ/dia, que foram mantidas em sistema intensivo e receberam a dieta balanceada composta de milho, farelo de soja e farelo de algodão e minerais, sendo que receberam em média 11 kg de ração por dia.

O inóculo para abastecimento dos biodigestores foi preparado a partir da alimentação de biodigestores batelada de bancada com dejetos dos bovinos diluídos em água na concentração entre 3% de ST. O inóculo foi considerado pronto quando apresentou a máxima concentração de metano na sua composição, e manteve constante esta concentração, além de representar 15% da massa seca que foi adicionada aos biodigestores no início do período experimental.

O ensaio de co-digestão compreendeu o abastecimento de biodigestores batelada, com substratos contendo dejetos de bovinos leiteiros e crescentes níveis de inclusão de óleo de descarte (0, 2, 4, 6, 8, 10, 12% do teor de ST dos substratos) a fim de verificar a influência destes níveis sobre o desempenho do processo. Para isso foram avaliadas as concentrações de ST, SV, a demanda química de oxigênio e a FDN, além dos números mais prováveis de coliformes totais e termotolerantes, no início (afluente) e final (efluente) do processo.

Foram empregados 28 biodigestores batelada de bancada (7 níveis de adição de óleo x 4 repetições), que foram abastecidos com substratos preparados com o inóculo (15% da massa seca adicionadas aos biodigestores), água, dejetos e óleo, no intuito de que a concentração inicial seja de 4% de ST. O uso do inóculo permitiu que os microrganismos presentes no meio se adaptem mais facilmente ao substrato, otimizando assim a produção de biogás e reduzindo o período de fermentação.

Os biodigestores batelada utilizados foram constituídos, basicamente, por três cilindros retos de PVC com diâmetros de 100, 200 e 250 mm, acoplados sobre uma placa de PVC com 2,5 cm de espessura e podem ser caracterizados como biodigestores de bancada, com capacidade média para 7 litros de substrato em fermentação, cada. Os cilindros de 100 e 250 mm encontraram-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”). O cilindro de volume intermediário tinha uma das extremidades vedadas, conservando-se apenas uma abertura para a descarga do biogás, e estava emborcado no selo de água, para propiciar condições anaeróbias e armazenar o gás produzido.

Os teores de ST e SV das amostras coletadas durante a biodigestão anaeróbia foram determinados segundo metodologia descrita por APHA (2005). Os biodigestores foram avaliados por todo o período em que apresentaram produções de biogás. A determinação do conteúdo de FDN foi realizada conforme metodologias propostas no Silva e Queiroz (2006).

O número mais provável (NMP) de coliformes totais e termotolerantes foram avaliados por meio da técnica de tubos múltiplos, a partir de metodologia descrita pela APHA (2005). Este exame foi realizado em duas etapas (ensaio presuntivo e confirmativo).

Os valores da DQO foram obtidos por método colorimétrico, empregando-se espectrofotômetro modelo DR/2000 da HACH e bloco digestor para DQO, também da HACH. A metodologia descrita nos manuais do aparelho faz uso de digestão ácida em meio com dicromato de potássio e catalisadores, utilizando-se reta padrão existente na memória do aparelho. Esta metodologia se equivale à descrita no APHA (2005).

Como delineamento utilizou-se o inteiramente casualizado, composto por 7 tratamentos (níveis de óleo de descarte) e quatro repetições (biodigestores). Os resultados foram submetidos à análise de variância considerando-se como fonte de variação os níveis de óleo. Contrastes ortogonais foram utilizados para avaliar os efeitos de ordem linear, quadrático e cúbico dos níveis de óleo, sendo as análises realizadas pelo software SAEG versão 9.1.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

As equações, coeficientes de variação (CV) e coeficientes de determinação ( $R^2$ ) referentes às reduções dos teores de sólidos totais (ST), sólidos voláteis (SV), demanda química de oxigênio (DQO) e fibra em detergente neutro (FDN) do afluente e efluente seguem apresentados na Tabela 1 e Figuras 1, 2 e 3.

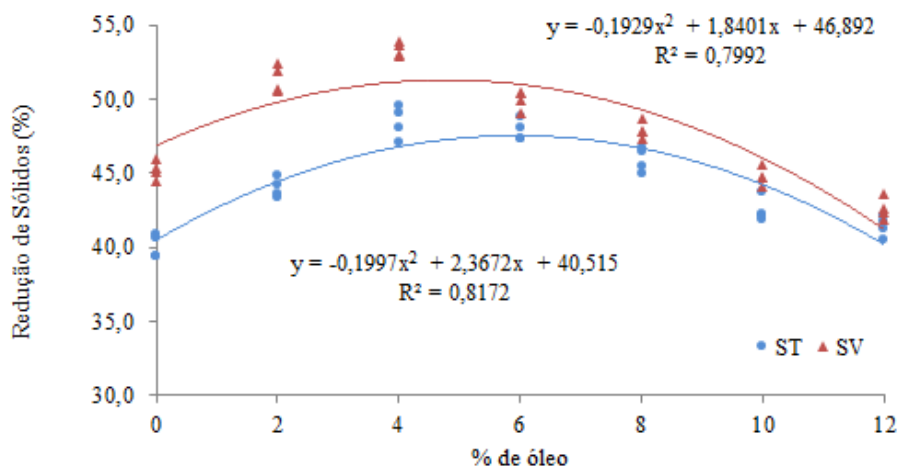
**Tabela 1.** Modelos de regressão, seguidos de  $R^2$ , P\* (probabilidade) e CV, para reduções de DQO, ST, SV e FDN obtidos durante a co-digestão de substratos preparados com dejetos de bovinos e doses crescentes de óleo de descarte.

Parâmetro avaliado	Modelo de Regressão	$R^2$	P*	CV
Redução DQO (%)	$y = -0,1314x^2 + 1,5097x + 78,5458$	0,580	< 0,0001	1,40
Redução ST (%)	$y = -0,1997x^2 + 2,3672x + 40,5151$	0,8172	< 0,0001	1,85
Redução SV (%)	$y = -0,1929x^2 + 1,8401x + 46,8918$	0,7992	< 0,0001	1,39
Redução FDN (%)	$y = -0,2196x^2 + 2,8356x + 40,3352$	0,7171	< 0,0001	1,79

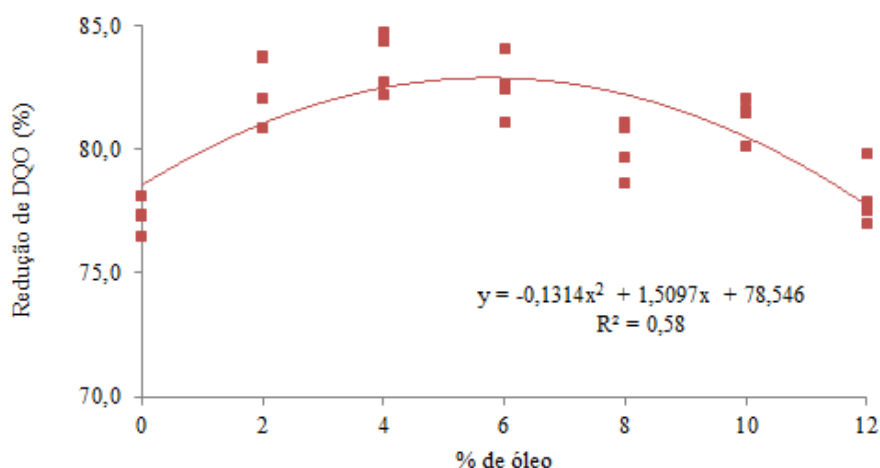
Com o comportamento das reduções de ST e SV (Tabela 1 e Figura 1) observadas durante a co-digestão dos substratos foi possível verificar que os resultados se elevaram até as doses de 4 a 6% de inclusão de óleo aos substratos e a partir destes níveis ocorreram quedas nos valores de redução. As reduções máximas ocorreram com as inclusões de 5,93 e 4,77% de óleo, considerando-se ST e SV, respectivamente. Estes valores indicam que a partir destes níveis provavelmente ocorreram condições de acúmulo de ácidos graxos de cadeia longa no meio em digestão, limitando assim a degradação do material orgânico, e conseqüentemente a redução destes constituintes.

Considerando a redução de ST para o nível ideal de inclusão de óleo de descarte (5,93%) verifica-se um valor superior em 3,47% quando confrontado à redução do nível 0% de óleo. Já para as reduções de SV, a superioridade do nível ideal (4,77%), em relação à inclusão de 0% de óleo foi de 2,26%. Os valores de reduções dos constituintes ST e SV (47,53 e 51,28%) nos níveis ideais de inclusão de óleo superaram resultados de alguns trabalhos contendo resíduos lipídicos em co-digestão com dejetos, como na pesquisa de LUSTE e LUOSTARINEN (2010), que utilizaram subprodutos da indústria de processamento de carnes em conjunto como dejetos e verificaram reduções de SV de 38%.

Os valores de DQO nos afluentes diferiram e foram crescentes conforme se adicionou óleo de descarte na composição dos substratos. Este comportamento já estava previsto, pois como a inclusão do óleo foi feita em substituição aos ST adicionados pelo dejetos, restringiu-se a quantidade de dejetos adicionado em função do aumento do nível de óleo. Foi observado efeito da inclusão de óleo sobre as reduções de DQO durante a co-digestão, verificando-se que a inclusão ideal seria de 5,74% e assim resultaria na redução de 82,88%.

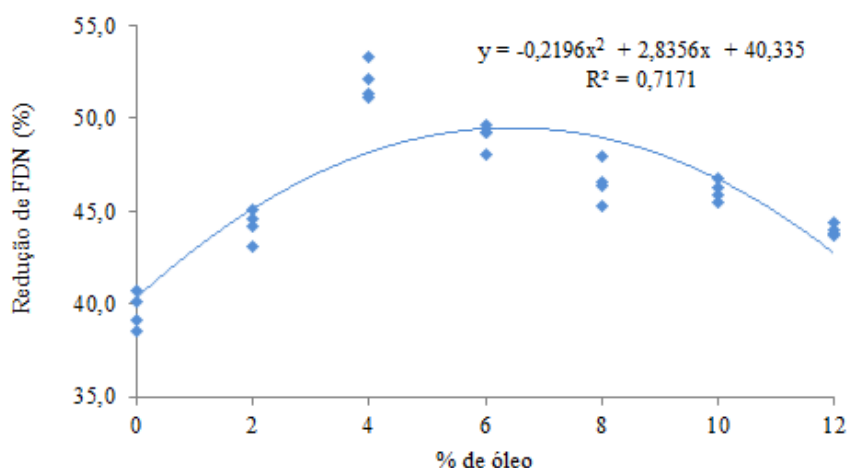


**Figura 1.** Reduções de ST e SV (%) em substratos preparados com os dejetos de bovinos e doses de óleo de descarte.



**Figura 2.** Redução de DQO (%) em substratos preparados com os dejetos de bovinos e doses de óleo de descarte.

Verificou-se que para os valores das reduções de FDN houve um efeito quadrático em relação às adições dos níveis de óleo de descarte (% de óleo em relação aos teores de ST do substrato), sendo que, a redução máxima encontrada para o nível ideal de óleo (6,45%) foi de 49,48%, sendo esta redução 19,87% superior a encontrada no nível de óleo 0%.



**Figura 3.** Redução de FDN (%) em substratos preparados com os dejetos de bovinos e doses de óleo de descarte.

As reduções dos NMP de coliformes totais e termotolerantes não sofreram influência da adição de óleo aos substratos, os resultados observados permitiram a obtenção de biofertilizantes com valores máximos de  $4,3 \times 10^2$  por mL de material, sendo estes resultados

superiores aos encontrados por ORRICO JUNIOR (2010) trabalhando com a biodigestão anaeróbia de dejetos de suíno com e sem a separação da fração sólida.

**Tabela 2.** Números mais prováveis (NMP/ml) de coliformes totais e termotolerantes no afluente e efluente de substratos preparados com dejetos de bovinos leiteiros e doses crescentes de óleo de descarte.

Tratamento	Coliformes		Reduções (%)		
	Totais	Termotolerantes	Coliformes Totais	Coliformes Termotolerantes	
Afluente	-	7,3E+10	1,5E+12	100,00	100,00
	0	2,30E+01	2,30E+01	100,00	100,00
	2	4,30E+02	4,30E+02	100,00	100,00
Efluente	6	4,30E+02	4,30E+02	100,00	100,00
	8	4,30E+02	4,30E+02	100,00	100,00
	10	4,30E+02	4,30E+02	100,00	100,00
	12	2,30E+01	2,30E+01	100,00	100,00

As elevadas reduções, permite afirmar um valor seguro, sendo este preconizado como muito boa em no máximo 500 coliformes termotolerantes por 100 mL de efluente, sendo que não deverá ser excedido o limite de 1.000 coliformes termotolerantes por 100 mililitros de efluente (CONAMA, 2005).

## CONCLUSÃO

A inclusão de óleo de descarte entre 4 e 8% , em co-digestão com os dejetos de bovinos leiteiros, apresentaram as melhores reduções dos constituintes sólidos, fibrosos e microbiológicos avaliados.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

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



AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION; AMERICAN WATER WORKS ASSOCIATION; WATER ENVIRONMENT FEDERATION - APHA/AWWA/WEF. **Standard methods for examination of water and wastewater**. 21.ed. American Washington, D.C.: Water Works Association, 2005. 1368p.

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

CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE – CONAMA. **Resolução CONAMA nº 357, de 17 de março de 2005**. Disponível em: < [www.mma.gov.br/port/conama](http://www.mma.gov.br/port/conama) >. Acessado em: 14/01/10.

DMAE – Departamento Municipal de Água e Esgoto. 2001. Influência do lançamento do efluente de lagoas de estabilização das águas do Arroio do Salso. **ECOS Pesquisas**. Porto Alegre n. 5, ano 2, 63p.

LUSTE, S.; LUOSTARINEN, S. Anaerobic co-digestion of meat-processing by-products and sewage sludge –Effect of hygienization and organic loading rate. **Bioresource Technology**, v.101, p. 2657-64, 2010.

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

MENARDO, S.; BALSARI, P.; DINUCCIO, E. and GIOELLI, F. (2010). Thermal pre-treatment of solid fraction from mechanically-separated raw and digested slurry to increase methane yield. *Bioresource Technology*, vol. 102, no. 2, p. 2026-2032.

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.

ORRICO JUNIOR, Marco Antonio Previdelli et al. Biodigestão anaeróbia dos dejetos da bovinocultura de corte: influência do período, do genótipo e da dieta. **R. Bras. Zootec.**, Viçosa, v. 41, n. 6, June 2012. Disponível em: <[http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S151635982012000600030&lng=en&nrm=iso](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S151635982012000600030&lng=en&nrm=iso)>. Acessado em: 21/03/2013.

RODRIGUES, A.A.L.S. **Co-digestão anaeróbia de resíduos de natureza orgânica**. Aveiro: Universidade de Aveiro, 2005. 164p. Dissertação (Mestrado em Gestão Ambiental, Materiais e Valorização de Resíduos) - Universidade de Aveiro, Aveiro.

SILVA, D. J.; QUEIROZ, C. **Análise de alimentos: métodos químicos e biológicos**. Viçosa, MG: Universidade Federal de Viçosa, 2006.

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. 2007.

WEREKO-BROBBY, C. Y., HAGEN, E.B. **Biomass conversion and technology**. New York: Editora John Wiley & Sons, 2000. p. 2-224.

ZOCCAL, R. **Produtividade do rebanho leiteiro**. 2012. Disponível em: <<http://www.milkpoint.com.br/cadeia-do-leite/espaco-aberto/produtividade-do-rebanho-leiteiro-parte-33-77910n.aspx>>. Acessado em: 10/03/2013.