

## Biodigestão anaeróbia de dejetos de poedeiras coletados após diferentes períodos de acúmulo

Anaerobic biodigestion of laying hens manure collected after different periods of accumulation

Romildo Marques de Farias<sup>1\*</sup> Marco Antonio Previdelli Orrico Junior<sup>1</sup> Ana Carolina Amorim Orrico<sup>1</sup>  
Rodrigo Garófalo Garcia<sup>1</sup> Stanley Ribeiro Centurion<sup>1</sup> Alexandre Rodrigo Mendes Fernandes<sup>1</sup>

### RESUMO

O objetivo do trabalho foi avaliar a interferência do tempo de acúmulo sobre o desempenho do processo de biodigestão anaeróbia de dejetos de aves de postura. O experimento foi conduzido em delineamento inteiramente casualizado com quatro tratamentos que constaram de 1, 8, 15 e 22 dias de acúmulo dos dejetos, efetuando-se cinco repetições por tratamento, totalizando assim 20 biodigestores. Foram utilizados biodigestores do tipo batelada de bancada com capacidade útil para 3 litros de substrato em fermentação. A eficiência do processo de biodigestão foi avaliada pelas reduções de sólidos totais (ST), sólidos voláteis (SV), número mais provável (NMP) de coliformes totais e termotolerantes, além das produções e dos potenciais de produção de biogás. Foram observadas reduções significativas dos conteúdos de SV presentes nos dejetos de aves à medida que se aumentaram os dias de acúmulo, sendo observados teores de SV (em % dos ST) de 97,1 e 75,6% no primeiro e após 22 dias de acúmulo, respectivamente. A redução de SV contribuiu para reduzir a produção e os potenciais de produção do biogás à medida que se aumentaram os dias de acúmulo, sendo observada redução de 37,2% no potencial de produção de biogás kg de SV<sup>-1</sup> entre o menor e maior período de acúmulo, ou seja, 6,81 litros de biogás a menos por dia de acúmulo para cada kg de SV adicionado. Também foram observadas reduções de 100% no NMP de coliformes totais e termotolerantes ao final do processo, independente do tratamento testado. O tempo de estocagem contribuiu para reduzir os potenciais de produção de biogás dos dejetos de aves de postura.

**Palavras-chave:** biodigestor, avicultura, biogás.

### ABSTRACT

The objective was to evaluate the interference of the time of accumulation of waste on the performance of the

anaerobic digestion process of waste from laying hens. The experiment was conducted in a completely randomized design with four treatments, which observed 1, 8, 15 and 22 days of accumulated waste with five repetitions per treatment, with a total of 20 digesters. It was used batch digesters of bench with useful capacity of 3 liters of substrate fermentation. The efficiency of digestion was evaluated by reductions in total solids (TS), volatile solids (VS), most probable number (MPN) of total and thermotolerant coliforms, beyond the production and potential of biogas production. There were significant reductions in the levels of VS present in the laying hens waste as it increased the days of accumulation, being observed a level of VS (in percent of TS) of 97.1 and 75.6% of VS for 1 and 22 days of accumulation, respectively. The reduction in VS contributed to reduce the production and potential of biogas production as it increased the days of accumulation, and observed a 37.2% of reduction in the potential production of biogas kg VS<sup>-1</sup> between the lowest and longer period of accumulation, or 6.81 liters less per day accumulation for each kg of VS added. It was also observed reductions of 100% in the MPN of total and thermotolerant coliforms at the end of the process, independent of the tested treatment. The storage time reduces the potential production of biogas from manure layers

**Key words:** biodigester, poultry, biogas.

### INTRODUÇÃO

O aumento da demanda por alimentos e a baixa margem de lucro das atividades agropecuárias impõem às unidades produtoras de ovos a busca constante pelo aumento da produtividade. Um indício dessa necessidade está no aumento da densidade de

<sup>1</sup>Programa de Pós-graduação em Zootecnia, Universidade Federal da Grande Dourados (UFGD), 79804-970, Dourados, MS, Brasil. E-mail: romildomf@hotmail.com. \*Autor para correspondência.

<sup>1</sup>Faculdade de Ciências Agrárias, UFGD, Dourados, MS, Brasil.

criação das aves de forma a otimizar as instalações e reduzir os custos da atividade. Esse aumento na densidade também leva ao acréscimo da produção de dejetos, que, quando não tratados de maneira correta, podem acarretar graves problemas ambientais. Dessa forma, é necessária a adoção de métodos que permitam explorar ao máximo a produção animal, sem que isso cause grandes problemas ao meio ambiente, ou seja, é necessário que a produção de ovos acompanhe um modelo de produção sustentável.

O uso de biodigestores na produção animal é visto como uma importante ferramenta, pois, além de promover o tratamento dos resíduos, retorna ao sistema produtivo parte da energia que seria perdida, por meio do biogás (SILVA et al., 2005; ORRICO et al., 2007; SANTOS et al., 2007). A transformação das macromoléculas orgânicas complexas do dejetos em  $\text{CH}_4$  e  $\text{CO}_2$  ocorre por várias reações sequenciais e requer a mediação de diversos grupos de microrganismos, os quais desenvolvem metabolismos coordenados e independentes, e contribuem para a estabilidade do sistema (YADVIKA et al., 2004).

A quantidade e a disponibilidade de certos nutrientes são essenciais para garantir crescimento microbiano e, dessa forma, maximizar a degradação da matéria orgânica. Segundo ORRICO JUNIOR et al. (2010), a presença de maiores proporções de carboidratos solúveis em relação aos carboidratos fibrosos levam ao aumento da degradação da matéria orgânica em meio anaeróbico e conseqüentemente elevam as produções de biogás e metano. Nos dejetos de aves de postura, há uma predominância de carboidratos solúveis, o que, em condições anaeróbicas, seria benéfico ao processo de biodigestão, no entanto, ao entrar em contato com o meio, após a excreção pelo animal, inicia-se a oxidação dos seus constituintes, sendo os carboidratos e proteínas solúveis os mais degradados (ORRICO JUNIOR et al., 2010).

Dessa forma, o objetivo do trabalho foi avaliar a interferência do tempo de acúmulo dos dejetos de aves de postura sobre o desempenho do processo de biodigestão anaeróbica, quanto aos rendimentos de biogás e reduções dos componentes sólidos e dos coliformes totais e termotolerantes.

## MATERIAL E MÉTODOS

O trabalho foi desenvolvido no Laboratório de Manejo de Dejetos do Departamento de Zootecnia da Faculdade de Ciências Agrárias – FCA da Universidade Federal da Grande Dourados UFGD, no período de Abril a Julho de 2010, utilizando-se dejetos de aves da linhagem Isa Brown coletados no setor de

Avicultura de Postura da mesma Universidade. O galpão em que foram coletados os dejetos é de alvenaria e possui 3m de largura por 10m de comprimento e 3m de pé direito. Foram utilizadas 320 aves abrigadas em gaiolas que ficavam suspensas a 1m em relação ao piso.

O experimento foi conduzido em delineamento inteiramente casualizado, com quatro tratamentos, que corresponderam aos dias de acúmulo dos dejetos das aves nas instalações (1, 8, 15 e 22 dias de acúmulo), utilizando-se cinco repetições por tratamento, totalizando, assim, 20 biodigestores. Os biodigestores utilizados foram constituídos por um recipiente com capacidade de 3 litros de substrato em fermentação, fechado por uma tampa de borracha com um tubo metálico acoplado no centro para permitir a saída do biogás produzido. O recipiente foi acoplado, por meio de mangueiras de silicone, a um gasômetro de PVC, permitindo o armazenamento e mensuração do biogás produzido. Os gasômetros foram constituídos de dois cilindros de 100 e 150mm de diâmetro, inseridos um no interior do outro, de tal forma que o espaço existente entre a parede externa do cilindro interior e a parede interna do cilindro exterior comportou um volume de água (“selo de água”), atingindo profundidade de 300mm. O cilindro de 150mm de diâmetro foi fixado sobre um *cap* de PVC, recebendo o cilindro de 100mm de diâmetro no seu interior. O cilindro de 100 mm de diâmetro teve uma das extremidades vedadas com um *cap* que recebeu o gás produzido, a outra extremidade esteve emborcada no selo de água para armazenar o gás produzido.

No preparo do substrato, utilizaram-se 10% de inóculo proveniente de um biodigestor contínuo experimental abastecido previamente com dejetos de poedeiras, no intuito de acelerar o processo de produção de biogás. Os teores de sólidos totais (ST) dos afluentes foram corrigidos para a faixa de 3 a 4%.

Os teores de ST, sólidos voláteis (SV) e o número mais provável (NMP) de coliformes totais e termotolerantes das amostras coletadas durante o ensaio de biodigestão anaeróbica foram determinados de acordo com metodologia descrita por APHA (2005). Para a análise da composição química dos efluentes, foi realizada uma digestão das amostras dos afluentes em digestor *Digesdahl Hach* a base de ácido sulfúrico ( $\text{H}_2\text{SO}_4$ ) e peróxido de hidrogênio ( $\text{H}_2\text{O}_2$ ) a 50%. Com este extrato, foi possível a determinação dos teores de N, conforme metodologia descrita por SILVA & QUEIROZ (2006), e os teores de P e K pelo método colorimétrico, utilizando-se espectrofotômetro HACH modelo DR-2000, como descrito por APHA (2005).

Para a determinação dos volumes de biogás produzidos diariamente, mediu-se o deslocamento

vertical dos gasômetros, que foi multiplicado pela área da seção transversal interna dos gasômetros, ou seja, 0,00785m<sup>2</sup>. 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 1atm e 20°C foi efetuada com base no trabalho de CAETANO (1985). Os potenciais de produção de biogás foram calculados utilizando-se os dados de produção diária e as quantidades de substrato de ST de SV adicionados nos biodigestores. Os valores foram expressos em litros de biogás por kg de afluente de ST e SV.

Os resultados foram submetidos à análise de variância, considerando como fontes de variação os diferentes tempos de acúmulo dos dejetos. As médias dos tratamentos foram submetidas ao teste de Scott-Knott, a 1% de probabilidade e o efeito foi decomposto em linear, quadrático e cúbico, a fim de verificar qual destes explicaria o comportamento observado. As análises foram feitas utilizando o software SAEG 9.1 (UFV, 2007).

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os dados referentes à caracterização dos diversos substratos utilizados nos abastecimentos dos biodigestores estão apresentados na tabela 1. Foram observadas reduções ( $P < 0,01$ ) nos teores de SV presentes nos dejetos de aves à medida que se aumentou os dias de acúmulo do resíduo nas instalações. Este fato chama a atenção, pois é um indício de que houve intensa degradação dos dejetos ao decorrer dos dias de estocagem, principalmente durante a primeira semana, na qual o teor de SV (em % dos ST) foi reduzido de 97,07 para 75,62%, o que representou um decréscimo de aproximadamente 20% nos teores de SV. Esta rápida redução se deve, provavelmente, à grande quantidade de compostos de fácil degradação

presentes nos dejetos de aves, que são rapidamente oxidados à medida que este resíduo permanece exposto ao meio aeróbio. GELEGENIS et al. (2007) também observaram reduções significativas nos teores de SV dos dejetos de aves à medida que aumentaram os dias de armazenamento.

Com relação aos teores de N, P e K presentes nos afluentes preparados com os dejetos de poedeiras, seriam esperados aumentos nas quantidades desses elementos, pois resíduos, em geral, quando submetidos à estocagem, iniciam degradação dos constituintes orgânicos, com perdas consideráveis de carbono, sobretudo na forma de CO<sub>2</sub> ocasionando assim a concentração dos demais nutrientes. Porém, não foram observadas diferenças nas concentrações destes elementos em substratos preparados com os dejetos de poedeiras armazenados por 1, 8, 15 e 22 dias. Acredita-se que esse comportamento pode estar relacionado ao fato de haver deposição contínua dos dejetos frescos sobre os estocados, propiciando assim a renovação do material em processo de degradação e, muitas vezes, colaborando para a ocorrência de uma condição anaeróbia de degradação, o que reduz a velocidade de perda do material orgânico, em comparação com os processos exclusivamente anaeróbios.

As reduções dos teores de SV (%ST) em consequência dos dias de acúmulo dos dejetos contribuíram de maneira significativa para o desempenho dos biodigestores e para a eficiência do sistema em reduzir os teores de sólidos (Tabela 2). Foi observada diferença significativa ( $P < 0,01$ ) entre os diversos dias de acúmulo dos dejetos e a redução de ST e SV, seguindo um modelo linear de predição, expresso pelas equações  $y = -0,73d + 60,87$  e  $y = -0,689d + 74,05$ , respectivamente. As reduções totais de SV acompanharam o comportamento do teor de SV observado nos dejetos no momento do abastecimento, em que foram observadas maiores reduções de SV nos

Tabela 1 - Teores de sólidos totais (ST), sólidos voláteis (SV), nitrogênio (N), fósforo (P) e potássio (K) no afluente utilizado no abastecimento dos biodigestores.

Substrato	-----Dias de Acúmulo-----				CV%
	1	8	15	22	
ST (%)	2,93	3,20	3,33	4,33	12,56
SV (%)	2,32	2,42	2,50	3,13	11,39
SV (% dos ST)	97,07a	75,62b	75,07b	72,28c	10,89
N (% dos ST)	2,79a	3,00a	2,27a	2,27a	21,70
P (% dos ST)	3,84a	3,82a	3,82a	3,88a	0,72
K (% dos ST)	4,91a	4,73a	4,73a	4,76a	10,96

Na mesma linha, letras distintas diferem entre si pelo teste de Scott-Knott ( $P < 0,01$ ). CV% = coeficiente de variação.

Tabela 2 - Redução de sólidos totais (ST) e sólidos voláteis (SV), produção e potenciais de produção de biogás durante a biodigestão anaeróbia dos dejetos de galinha de postura em diferentes períodos de acúmulo.

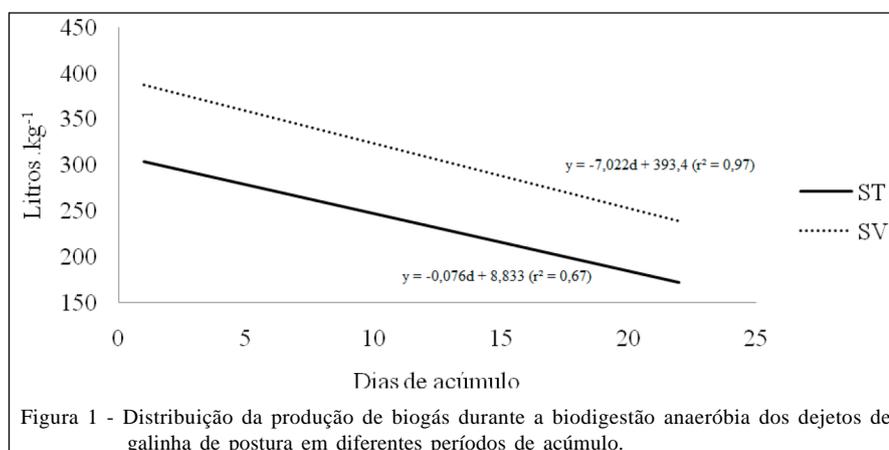
Parâmetros	-----Dias de acúmulo-----				Equação	P	CV%
	1	8	15	22			
Redução de ST (%)	61,96a	53,45b	47,63c	46,86c	$y = -0,73d + 60,87$ $r^2 = 0,66$	**	8,90
Redução de SV (%)	74,94a	66,27b	63,27b	59,88c	$y = -0,689d + 74,05$ $r^2 = 0,68$	**	8,69
Litros de biogás	26,72a	24,96a	22,65b	21,12b	$y = -0,229d + 26,50$ $r^2 = 0,67$	**	2,73
Litros kg <sup>-1</sup> afluente	8,91a	8,32b	7,55c	7,00d	$y = -0,076d + 8,833$ $r^2 = 0,67$	**	3,45
Litros kg ST <sup>-1</sup> adicionado	304,00a	260,07b	211,44c	174,44d	$y = -6,247d + 309,3$ $r^2 = 0,98$	**	2,82
Litros kg SV <sup>-1</sup> adicionado	384,77a	343,32b	281,19c	241,62d	$y = -7,022d + 393,4$ $r^2 = 0,97$	**	2,89

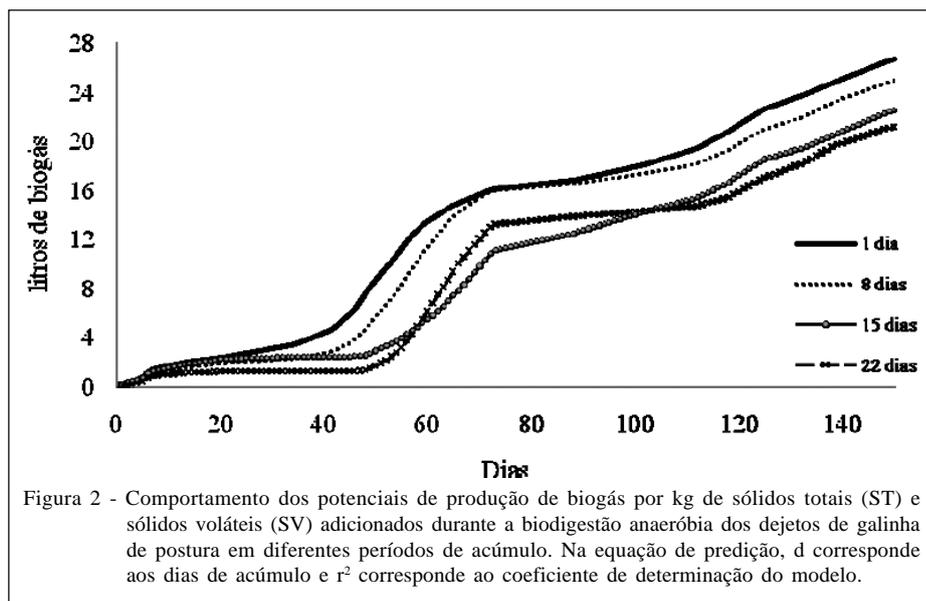
Na mesma linha, letras distintas diferem entre si pelo teste de Scott-Knott ( $P < 0,01$ ). CV% = coeficiente de variação;  $r^2$  = coeficiente de determinação do modelo; P = significância do modelo; \*\* =  $P < 0,01$ .

tratamentos em que os biodigestores receberam maiores quantidades de SV. Independente do tratamento testado, a eficiência de redução de SV variou de 59,9 a 74,9%, o que pode ser considerado elevado e não corresponde diretamente à produção de biogás. Esta incompatibilidade dos resultados pode ser explicada pelo fato de que a fração sólida dos dejetos de aves sedimenta-se rapidamente, fazendo com que a maior parte do resíduo permaneça na porção inferior dos biodigestores. Dessa forma, sua determinação sempre está sujeita a ser subestimada, mesmo promovendo agitação do substrato no momento da coleta das amostras laboratoriais. GELEGENIS et al. (2007) observaram comportamento semelhante onde foram obtidas reduções de SV acima de 70%, acompanhado

de potenciais de produção de biogás abaixo de 400 litros kg de SV<sup>-1</sup>. Os autores também mencionaram a amostragem como sendo a principal dificuldade encontrada quando se trabalha com dejetos de aves de postura, principalmente utilizando-se reatores mais complexos. Neste caso, os autores recomendam utilizar o potencial de produção de biogás por kg de SV como parâmetro de eficiência do processo.

Foi observada diferença significativa ( $P < 0,01$ ) para a produção de biogás e para os potenciais de produção de biogás por kg de afluente (Af), ST adicionado e SV adicionado (Tabela 2, Figuras 1 e 2), seguindo também um modelo linear de predição segundo as equações  $y = -0,229d + 26,50$  ( $r^2 = 0,67$ ),  $y = -0,076d + 8,833$  ( $r^2 = 0,67$ ),  $y = -6,247d + 309,3$  ( $r^2 = 0,98$ ) e  $y = -7,022d + 393,4$  ( $r^2 = 0,97$ ), respectivamente.





De acordo com os dados, a diminuição do potencial de produção de biogás kg de SV<sup>-1</sup> foi de 37,2% entre o menor e maior período de acúmulo, ou seja, 6,81 litros de biogás a menos por dia de acúmulo para cada kg de SV adicionado. Segundo SILVA et al. (2005), cada litro de biogás produz em torno de 24kJ durante sua queima, o que permite estimar que a redução observada neste experimento estaria em torno de 163,4kJ por dia para cada kg de SV adicionado. Essa quantidade de gás combustível que deixou de ser produzida diariamente poderia ser utilizada no aquecimento ou na geração de energia elétrica e consequentemente retornaria ao sistema produtivo na forma de economia, justificando os gastos de mão de obra com o aumento da frequência de coleta dos resíduos.

Na tabela 3, estão apresentados os valores dos NMP de coliformes totais e termotolerantes verificados nos afluentes e efluentes dos biodigestores abastecidos com dejetos de aves de postura,

considerando-se os diferentes períodos de acúmulo. Não foram observadas diferenças (P>0,01) entre os tratamentos no NMP de coliformes totais e termotolerantes. A razão de não ter sido observada diferença entre os tratamentos pode estar relacionada com a contínua deposição de dejetos frescos sobre o dejetos estocados, havendo assim uma contaminação diária de toda a massa de dejetos estocados com os coliformes provenientes do dejetos frescos.

As reduções no NMP de coliformes totais e termotolerantes foram elevadas (100%), demonstrando assim a eficiência do processo de biodigestão anaeróbia na remoção de microrganismos indicadores de poluição fecal. COTE et al. (2006) obtiveram eficiência de redução de coliformes totais e termotolerantes de 97,9 a 100,0% durante a biodigestão anaeróbia dos dejetos de suínos, mesmo sob condições críticas de temperatura (20°C). Segundo os autores, a eficiência na redução dos microrganismos patogênicos está associada à

Tabela 3 - Números mais prováveis por mililitro (NMP ml<sup>-1</sup>) de coliformes totais e termotolerantes no início e final do processo de biodigestão anaeróbia dos dejetos de galinha de postura nos diferentes períodos de acúmulo.

Dias de Acúmulo	-----Coliformes Totais-----		-----Coliformes Termotolerante-----	
	início	final	início	final
1	2,4 x 10 <sup>8</sup>	0	2,4 x 10 <sup>8</sup>	0
8	2,4 x 10 <sup>8</sup>	0	2,4 x 10 <sup>8</sup>	0
15	4,6 x 10 <sup>8</sup>	0	1,5 x 10 <sup>8</sup>	0
22	1,1 x 10 <sup>8</sup>	0	2,4 x 10 <sup>6</sup>	0

temperatura de fermentação e ao tempo de retenção hidráulica, sendo que, quanto maiores forem os seus valores, mais eficiente será a redução de patógenos. No caso deste trabalho, a temperatura média do interior dos biodigestores foi de 28°C, com tempo de retenção hidráulica de 150 dias, o que pode estar relacionado com a significativa redução de coliformes observada. Em um estudo que avaliou a eficácia da biodigestão anaeróbia sobre a eliminação do parasita *Fasciola hepatica* presente no dejetos de bovino, MENTZ et al. (2004) conseguiram eliminar o parasita das fezes dos animais em um período de retenção hidráulica mínimo de 42 dias, sendo que os autores afirmaram que após este período o biofertilizante pode ser utilizado como adubo sem acarretar problemas à saúde animal e humana.

## CONCLUSÃO

O tempo de estocagem dos dejetos nas instalações influencia nos potenciais de produção de biogás dos dejetos de aves de postura. Dessa forma, as granjas que utilizam o sistema de biodigestão anaeróbia para o tratamento dos dejetos das aves devem proceder à limpeza frequente das instalações, a fim de maximizar a produção e utilização do biogás.

## REFERÊNCIAS

- AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION - APHA. **Standard methods for examination of water and wastewater**. 21.ed. Washington: American Water Works Association, 2005. 1368p.
- CAETANO, L. **Proposição de um sistema modificado para quantificação de biogás**. 1985. 75f. Dissertação (Mestrado em Energia na Agricultura) - Faculdade de Ciências Agrônomicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, SP.
- CÔTE, C. et al. Reduction of indicator and pathogenic microorganisms by psychrophilic anaerobic digestion in swine slurries. **Bioresource Technology**, v.97, n.1, p.686-691, 2006. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0960852405001902>>. Acesso em: 20 fev. 2012. doi:10.1016/j.biortech.2005.03.024.
- GELEGENIS, J. et al. Optimization of biogas production by co-digesting whey with diluted poultry manure. **Renewable Energy**, v.32, n.13, p.2147-2160, 2007. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0960852404000501>>. Acesso em: 20 fev. 2012. doi:10.1016/j.biortech.2004.02.010.
- S0960148106003417>. Acesso em: 20 fev. 2012. doi:10.1016/j.renene.2006.11.015.
- MENTZ, M.B. et al. Viabilidade de ovos de *Fasciola hepatica* de bovinos em sistema de biodigestão anaeróbia. **Arquivos Brasileiros de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v.56, n.4, p.550-553, 2004. Disponível em: <[http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0102-09352004000400019&lng=en&nrm=iso&tlng=pt](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0102-09352004000400019&lng=en&nrm=iso&tlng=pt)>. Acesso em: 20 fev. 2012. doi: 10.1590/S0102-09352004000400019.
- ORRICO JUNIOR, M.A.P. et al. Compostagem dos resíduos da produção avícola: cama de frangos e carcaças de aves. **Engenharia Agrícola**, v.30, n.3, p.538-545, 2010. Disponível em: <[http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0100-69162010000300018&lng=en&nrm=iso](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-69162010000300018&lng=en&nrm=iso)>. Acesso em: 20 fev. 2012. doi: 10.1590/S0100-69162010000300018.
- ORRICO JUNIOR, M.A.P. et al. Influência da relação volumoso: concentrado e do tempo de retenção hidráulica sob a biodigestão anaeróbia de dejetos de bovinos. **Engenharia Agrícola**, v.30, n.3, p.386-394, 2010. Disponível em: <[http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0100-69162010000300003&lng=en&nrm=iso](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-69162010000300003&lng=en&nrm=iso)>. Acesso em: 20 fev. 2012. doi: 10.1590/S0100-69162010000300003.
- ORRICO, A.C.A. et al. Caracterização e biodigestão anaeróbia dos dejetos de caprinos. **Engenharia Agrícola**, v.27, n.3, p.639-647, 2007. Disponível em: <[http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0100-69162007000400006&lng=pt&nrm=iso](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-69162007000400006&lng=pt&nrm=iso)>. Acesso em: 20 fev. 2012. doi: 10.1590/S0100-69162007000400006.
- SANTOS, T.M.B. et al. Avaliação do desempenho de um aquecedor para aves adaptado para utilizar biogás como combustível. **Engenharia Agrícola**, v.27, n.3, p. 658-664, 2007. Disponível em: <[http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0100-69162007000400008&lng=pt&nrm=iso](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-69162007000400008&lng=pt&nrm=iso)>. Acesso em: 20 fev. 2012. doi: 10.1590/S0100-69162007000400008.
- SILVA, D.J.; QUEIROZ, A.C. **Análise de alimentos: métodos químicos e biológicos**. 3.ed. Viçosa: UFV, 2006. 166p.
- SILVA, F.M. et al. Desempenho de um aquecedor de água a biogás. **Engenharia Agrícola**, v.25, n.3, p.608-614, 2005. Disponível em: <[http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0100-69162005000300005&lng=pt&nrm=iso](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-69162005000300005&lng=pt&nrm=iso)>. Acesso em: 20 fev. 2012. doi: 10.1590/S0100-69162005000300005.
- UNIVERSIDADE FEDERAL DE VIÇOSA – UFV. **Sistema para análises estatísticas e genéticas – SAEG**. Versão 9.1. Viçosa, 2007. 142p.
- YADVIKA, S. et al. Enhancement of biogas production from solid substrates using different techniques - a review. **Bioresource Technology**, v.95, n.1, p.1-10, 2004. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0960852404000501>>. Acesso em: 20 fev. 2012. doi:10.1016/j.biortech.2004.02.010.