

# BIODIGESTÃO ANAERÓBIA DE DEJETOS DE CAPRINOS OBTIDOS NAS DIFERENTES ESTAÇÕES DO ANO

ANA C. AMORIM<sup>1</sup>, JORGE DE LUCAS JÚNIOR<sup>2</sup>, KLÉBER T. RESENDE<sup>3</sup>

**RESUMO:** Foram utilizados dejetos produzidos por caprinos, em diferentes estádios fisiológicos e submetidos ao mesmo regime alimentar, nas quatro estações do ano. O objetivo foi avaliar o efeito das estações do ano sobre a digestão anaeróbia de resíduos de caprinos em biodigestores modelo batelada com volume útil de 60 L de substrato em fermentação e mantidos sob temperatura ambiente. Foram avaliadas as produções de biogás, as reduções de sólidos voláteis (SV), os potenciais de produção ( $\text{m}^3$  de biogás/kg de substrato, de estrume, de sólidos totais (ST) ou sólidos voláteis), os números mais prováveis de coliformes totais e fecais, e a composição do biogás. As reduções de SV foram de 38; 34; 33 e 39% para o verão, outono, inverno e primavera, respectivamente. Os totais de biogás produzidos foram de  $1,06 \text{ m}^3$  no verão,  $0,88 \text{ m}^3$  no outono,  $0,88 \text{ m}^3$  no inverno e  $0,99 \text{ m}^3$  na primavera, e os potenciais de produção médios foram de  $0,02 \text{ m}^3$  de biogás/kg de substrato e  $0,2 \text{ m}^3$  de biogás/kg de estrume para todas as estações. As reduções médias de coliformes totais e fecais foram de 99,99% em todas as estações, e os teores máximos de  $\text{CH}_4$  no biogás foram 88,3; 84,6; 80,6 e 79,2%, para o verão, outono, inverno e primavera, respectivamente.

**PALAVRAS-CHAVE:** biogás, cabras, esterco.

## ANAEROBIC DIGESTION OF CAPRINE MANURE IN DIFFERENT SEASONS

**SUMMARY:** The dejections produced by caprines were used, in different physiologic states and submitted to the same alimentary regime, in the four seasons of the year. This study was carried out in 60 L batch digesters at ambient temperature and aimed to evaluate the effect of the season on the anaerobic digestion of caprine manure. The biogas production, volatile solids (VS) reduction, the potential production ( $\text{m}^3$  of biogas/kg of substrate, manure, total solids (TS) or VS), the removal of total and fecal coliforms and the biogas composition were evaluated. The VS reductions were of 38; 34; 33 and 39% for Summer, Autumn, Winter and Spring, respectively. The biogas production were of  $1.06 \text{ m}^3$  in Summer,  $0.88 \text{ m}^3$  in Autumn,  $0.88 \text{ m}^3$  in Winter and  $0.99 \text{ m}^3$  in Spring and the mean potential production were of  $0.02 \text{ m}^3$  of biogas/kg of substrate and  $0.2 \text{ m}^3$  of biogas/kg of manure for all seasons. The batch digesters reduced total and fecal coliforms densities in 99.99% and the  $\text{CH}_4$  contents in biogas were 88.3; 84.6; 80.6 and 79.2% for Summer, Autumn, Winter and Spring, respectively.

**KEYWORDS:** biogas, goat, dung.

<sup>1</sup> Zootecnista, Aluna de Doutorado do Programa de Produção Animal pela FCAV/UNESP, Jaboticabal - SP, e-mail: amorim@fcav.unesp.br

<sup>2</sup> Eng<sup>o</sup> Agrônomo, Prof. Titular, Departamento de Engenharia Rural, FCAV-UNESP, Jaboticabal - SP, e-mail: jlucas@fcav.unesp.br

<sup>3</sup> Zootecnista, Prof. Adjunto, Departamento de Zootecnia, FCAV-UNESP, Jaboticabal - SP.

Recebido pelo Conselho Editorial em: 13-2-2003

Aprovado pelo Conselho Editorial em: 8-12-2003

## INTRODUÇÃO

Com a crescente demanda pela produção de alimentos, a agropecuária vem acentuando sua participação nos impactos provocados ao ambiente, o que torna cada vez mais necessário o desenvolvimento de sistemas de produção sustentáveis, que a UNESCO (1995) definiu como aquele que permite responder às necessidades presentes sem comprometer a capacidade das futuras gerações em responder às suas próprias necessidades, afirmando ainda que, na capacidade inventiva humana e em sua criatividade em substituir trabalhos penosos, repousam as fontes de sustentabilidade.

No que se refere à produção de alimentos de origem animal, observa-se que as formas empregadas para atendimento das demandas têm levado a aumentos nas densidades populacionais nas unidades produtoras e à regionalização dessas atividades (LUCAS JÚNIOR, 1994). Assim, há maior geração de resíduos de origem animal com grande potencial poluidor concentrados em determinadas regiões.

Os resíduos de origem animal constituem elevada proporção da biomassa, e sua utilização em sistemas de reciclagem é de extrema importância sob aspectos econômicos e ambientais. A digestão anaeróbia é um dos vários processos existentes para o tratamento dos resíduos e constitui-se em método bastante atrativo, pois promove a geração do biogás, como fonte de energia alternativa, e do biofertilizante (SAHA, 1994 e AUGENSTEIN et al., 1994).

Segundo AL-MASRI (2001), o acréscimo de resíduos de origem animal ao processo de biodigestão anaeróbia promove aumento na produção de biogás em relação ao uso de resíduos de origem vegetal. Para LUCAS JÚNIOR (1994), o potencial de produção de biogás a partir do estrume de ruminantes deve sofrer variações em função da qualidade nutricional dos alimentos fornecidos aos animais, esperando-se diferenças entre estrumes coletados a partir de animais que são criados somente no pasto em relação aos de animais que recebem suplementação alimentar, principalmente se for de alimento concentrado.

O Brasil possui o 11º maior rebanho caprino do mundo, com cerca de 12,6 milhões de cabeças (IBGE, 2001). No período de 1980 a 1992, observou-se aumento de 51,6% no rebanho do País (FAO, 1993), indicando crescente interesse na atividade.

A caprinocultura, assim como as demais atividades da produção animal, gera considerável volume de resíduos que, se gerenciados de forma inadequada, provocam, como afirmou LUCAS JÚNIOR (1994), perdas de potencial energético, tanto produtivo, em termos agrícolas, por meio dos componentes fertilizantes, quanto calorífico, pela capacidade de produção de biogás decorrente do teor de matéria orgânica degradável (sólidos voláteis). Ainda segundo esse autor, cada kg ou L de dejetos desperdiçado representa grande prejuízo para o ambiente e perda significativa para o produtor.

Com base no exposto, teve-se o objetivo de avaliar o potencial de produção de biogás utilizando esterco de caprinos, gerados nas quatro estações do ano, como substrato para o processo de biodigestão anaeróbia.

## MATERIAL E MÉTODOS

### Descrição do ensaio de biodigestão anaeróbia

O ensaio de biodigestão anaeróbia para avaliar efeitos das estações do ano sobre a composição dos dejetos de caprinos e o potencial de produção de biogás baseou-se na avaliação das reduções nos teores de sólidos totais (ST) e sólidos voláteis (SV). Foram utilizados biodigestores tipo batelada de campo, instalados no Departamento de Engenharia Rural da Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias - UNESP, Câmpus de Jaboticabal.

Os dejetos para o abastecimento dos biodigestores foram obtidos no Setor de Caprinocultura do Câmpus, de cabras da raça Saanen, em diferentes estádios fisiológicos (fêmeas adultas em lactação, secas e/ou prenhas), e consumindo a mesma dieta, sendo o volumoso silagem de milho e o concentrado à base de milho e soja, correspondendo a aproximadamente 40 e 60% da dieta diária, respectivamente. A partir desse material, foram preparados os substratos para o abastecimento dos biodigestores, utilizando-se de água para diluição e adotando-se teor de sólidos totais em torno de 8%.

Os biodigestores utilizados tinham capacidade útil para 60 L de substrato e fazem parte de uma bateria de minibiodigestores descrita por ORTOLANI et al. (1986). São constituídos, basicamente, por dois cilindros retos, um dos quais se encontra inserido no interior do outro, de tal forma que o espaço existente entre a parede externa do cilindro interior e a parede interna do cilindro exterior comporte um volume de água, que se convencionou denominar “selo d’água”, atingindo profundidade de 480 mm. Uma campânula flutuante de fibra de vidro, emborcada no selo d’água, proporciona as condições anaeróbias para o processo de fermentação e o armazenamento do gás produzido. Os biodigestores são semi-subterrâneos, sendo a superfície do solo a sua volta revestida por uma calçada de concreto com 5 cm de espessura.

### Preparo dos substratos e parâmetro avaliados

Os teores de sólidos totais (ST) e sólidos voláteis (SV) das amostras de dejetos, do afluente e efluente foram determinados segundo metodologia descrita por APHA (1995).

Na determinação de ST, as amostras foram acondicionadas em cadinhos previamente tarados, pesados para a obtenção do peso do material úmido e, após isso, levados à estufa com circulação forçada de ar, à temperatura de 105 °C até atingirem peso constante, sendo a seguir resfriadas e novamente pesadas, obtendo-se, então, o peso do material seco. Para a determinação dos SV, o material já seco em estufa, resultante da determinação dos ST, foi levado à mufla e mantido à temperatura de 575 °C por um período de duas horas e, em seguida, o material resultante foi pesado, obtendo-se o peso da matéria mineral.

Com os dejetos, foram preparados os substratos destinados ao abastecimento dos biodigestores em número de três, para cada estação do ano.

No dia do abastecimento dos biodigestores, os dejetos apresentavam teores de ST iguais a 19,01; 25,20; 20,52 e 32,22% (verão, outono, inverno e primavera, respectivamente), dos quais 79,90; 81,83; 86,77 e 92,06% eram voláteis.

Na Tabela 1, estão apresentadas as quantidades utilizadas de água e dejetos para a obtenção do substrato de cada tratamento (estações).

TABELA 1. Sólidos totais (ST) e sólidos voláteis (SV) dos substratos para o abastecimento dos biodigestores com dejetos de caprinos produzidos nas quatro estações do ano.

Estação	Dejeto (kg)	Água (kg)	ST (%)	ST (kg)	SV (%)	SV (kg)
Verão	24,60	33,40	8,42	4,71	6,80	3,81
Outono	18,80	39,20	7,02	3,93	5,72	3,20
Inverno	22,60	35,40	7,66	4,44	6,68	3,88
Primavera	18,80	39,20	9,23	5,35	8,44	4,89

Após calculadas as quantidades descritas de água e dejetos, a mistura foi homogeneizada com a utilização de liquidificador industrial, de modo que as cıbalas (como as fezes de caprinos são excretadas) fossem quebradas, propiciando maiores condições de fermentação no interior dos biodigestores.

Os volumes de biogás produzidos diariamente foram determinados medindo-se o deslocamento vertical dos gasômetros e multiplicando-se pela área da seção transversal interna dos gasômetros, ou seja, 0,2827 m<sup>2</sup>. Após cada leitura, os gasômetros foram zerados, utilizando-se do registro de descarga do biogás. A correção do volume de biogás para as condições de 1 atm e 20 °C foi efetuada com base no trabalho de CAETANO (1985), no qual, pelo fator de compressibilidade, se observa que o biogás apresenta comportamento próximo ao ideal. No início do experimento, após a determinação do volume de biogás produzido, efetuou-se o teste de queima do mesmo para que se pudesse determinar, de forma simples, a predominância de metano no biogás e, portanto, a possibilidade de utilização do mesmo como gás combustível.

O potencial de produção de biogás foi calculado utilizando-se dos dados de produção diária e das quantidades de estrume *in natura* de substrato, de sólidos totais e de sólidos voláteis adicionados nos biodigestores, além das quantidades de sólidos voláteis reduzidos durante o processo de biodigestão anaeróbia. Os valores foram expressos em m<sup>3</sup> de biogás por kg de substrato, de estrume ou de sólidos totais ou voláteis.

As amostras de substrato e efluente tiveram os números mais prováveis de coliformes totais e fecais determinados segundo metodologia descrita pela APHA (1995), que utiliza para o desenvolvimento dos coliformes, a técnica do substrato cromogênico.

As análises de composição do biogás produzido foram realizadas semanalmente para a determinação dos teores de metano (CH<sub>4</sub>) e dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) por cromatografia de fase gasosa GC-2001, usando colunas Porapak Q e Peneira Molecular, e detector de condutividade térmica.

Para a comparação dos resultados obtidos em biodigestores abastecidos com dejetos de caprinos gerados nas estações do ano, adotou-se o delineamento inteiramente casualizado, com quatro tratamentos (estações do ano) e três repetições (biodigestores). As médias foram comparadas pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na Tabela 2, são apresentados os teores médios de sólidos totais e sólidos voláteis, obtidos no início e no final do processo de biodigestão anaeróbia, bem como as reduções dos teores de sólidos voláteis, em cada tratamento.

TABELA 2. Sólidos totais (ST) e sólidos voláteis (SV), em porcentagem e em massa, e redução dos SV, em porcentagem, após a biodigestão anaeróbia dos dejetos obtidos durante os períodos de verão, outono, inverno e primavera.

Estações	ST				SV				Redução de SV (%)	C.V. (%)
	%		kg		%		Kg			
	inicial	final	inicial	final	inicial	final	inicial	final		
Verão	8,42	5,83	4,71	3,26	6,80	4,21	3,81	2,36	38,0A	2,1
Outono	7,02	5,17	3,93	2,90	5,72	3,80	3,20	2,13	34,0A	2,4
Inverno	7,66	5,48	4,44	3,18	6,68	2,60	3,88	2,60	33,0A	1,6
Primavera	9,23	6,02	5,35	3,49	8,44	5,17	4,89	3,00	39,0A	1,8

Na coluna redução de SV (%), médias seguidas de mesma letra não diferem pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade.

Não foi observado efeito ( $P < 0,05$ ) das estações do ano sobre a redução de sólidos voláteis, que foi em média 36%. Essa ocorrência pode estar relacionada com o tempo de permanência dos substratos no interior dos biodigestores, que foi menor no verão (12 semanas) em relação às demais estações (18; 20 e 18 semanas no outono, inverno e primavera, respectivamente).

Estes resultados podem ser comparados aos encontrados por AL-MASRI (2001), que avaliou o desempenho de biodigestores anaeróbios abastecidos com dejetos de caprinos e ovinos. A redução de sólidos totais e voláteis foi de 72,6 e 58,2%, respectivamente, quando se utilizaram como substrato dejetos de ovinos e 71,3 e 58,1% em biodigestores abastecidos com dejetos de caprinos. A redução nos SV superior à obtida neste trabalho pode ser associada à manutenção dos biodigestores em banho-maria a 30 °C, segundo o referido autor.

MISI & FORSTER (2001) obtiveram 34,1% de redução de SV quando utilizaram misturas à base de dejetos de caprinos, ovinos e bovinos, resíduos do processamento de frutas e cama de frangos, em diferentes proporções, para abastecimento de biodigestores anaeróbios.

Na Figura 1, apresenta-se a distribuição da produção de biogás e, na Figura 2, a produção acumulada, em porcentagem nas estações de verão, outono, inverno e primavera.

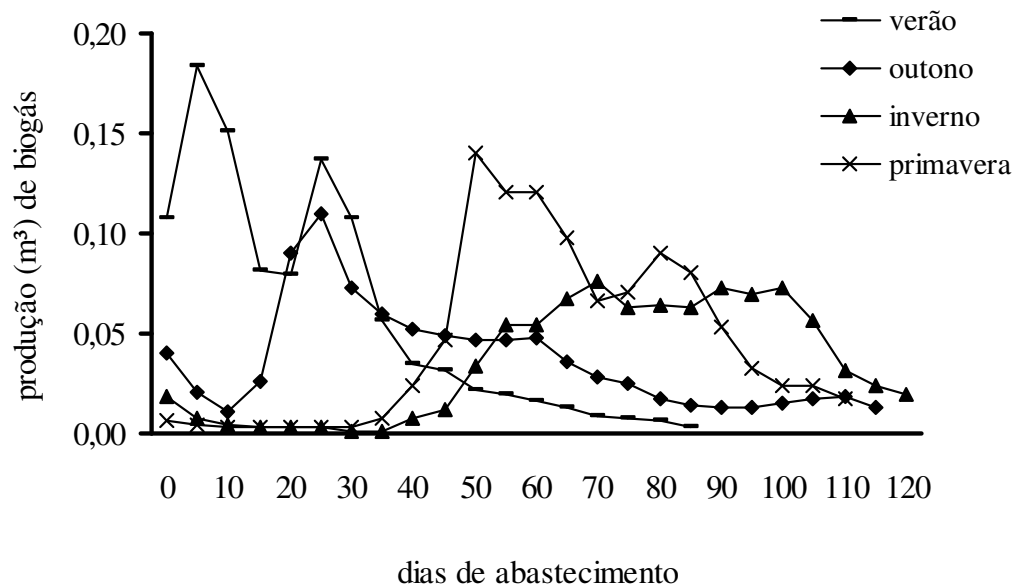


FIGURA 1. Produção de biogás por dejetos de caprinos durante as estações de verão, outono, inverno e primavera.

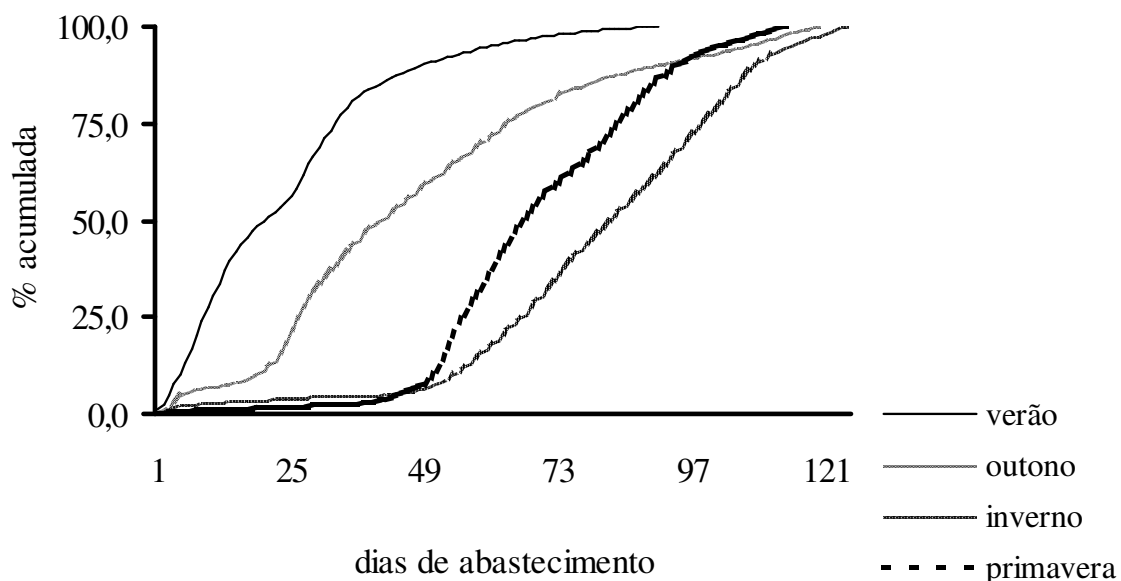


FIGURA 2. Porcentagem do acumulado da produção de biogás em biodigestores abastecidos com dejetos de caprinos, nas quatro estações do ano.

Com base nos resultados obtidos para a evolução da produção de biogás e para a porcentagem do acumulado ao longo do período, constata-se que as estações influenciaram ( $P < 0,05$ ), antecipando ou retardando, no início da produção de biogás, sendo que, para as estações de verão e outono, com aproximadamente 50 dias a partir da data do abastecimento, foram atingidos 90 e 60% (valores aproximados) do total de biogás produzido durante o processo, enquanto, nas estações de inverno e primavera, esses valores foram de aproximadamente 5%.

As produções totais de biogás durante as estações de verão, outono, inverno e primavera foram de 1,06; 0,88; 0,88 e 0,99 m<sup>3</sup> de biogás, respectivamente, e apesar de serem semelhantes em todas as estações, é possível observar que, nas duas primeiras, houve maior porcentagem de metano na composição do biogás (Figura 3), nas primeiras duas semanas (73,09 e 56,30%, para verão e outono, respectivamente) após o abastecimento, apresentando queima após o 4º e o 12º dia, respectivamente, o que só ocorreu na 6ª semana para os abastecimentos realizados durante as estações de inverno e primavera (43,24 e 56,14% de CH<sub>4</sub>, apresentando queima após 42 e 31 dias, respectivamente).

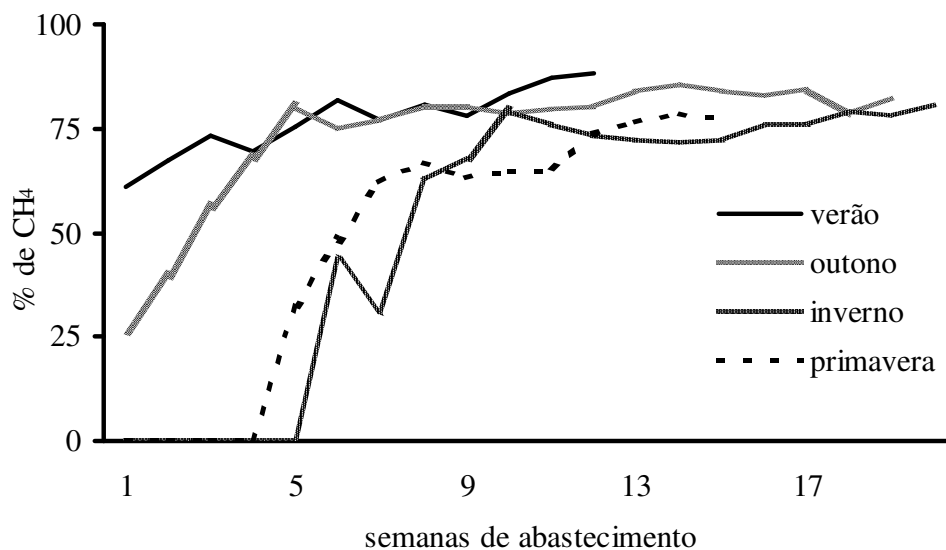


FIGURA 3. Teores de metano contidos no biogás produzido durante as estações de verão, outono, inverno e primavera, em biodigestores abastecidos com substratos de dejetos de caprinos.

O menor tempo, observado na estação de verão para atingir teores mais elevados de metano (em média 61,0% de CH<sub>4</sub> na primeira semana - Figura 3), pode estar diretamente relacionado com o efeito da temperatura sobre a massa no interior dos biodigestores, o que provavelmente aumentou a população de bactérias metanogênicas no meio e incrementou sua atividade.

Os potenciais médios de produção de biogás, para as quatro estações, corrigidos para 20 °C e 1 atm, são apresentados na Tabela 3.

Os resultados de potenciais de produção de biogás obtidos refletiram a influência das estações do ano, com destaque para maiores produções de biogás por SV reduzido ( $P < 0,05$ ) durante o verão e outono (em média 0,79 m<sup>3</sup> kg<sup>-1</sup> de SV reduzido), em comparação com o inverno e a primavera (0,61 m<sup>3</sup> kg<sup>-1</sup> de SV reduzido). Esse fato pode estar relacionado com as menores quantidades de SV nos dejetos durante o abastecimento nas estações de verão e outono (médias de 3,8 e 3,2 kg de SV, respectivamente) em comparação com as quantidades nos abastecimentos de inverno e primavera (médias de 3,9 e 4,9 kg de SV, respectivamente).

TABELA 3. Potenciais médios de produção de biogás, corrigidos para 20 °C e 1 atm, para substratos preparados com estrume de caprinos produzidos durante o verão, outono, inverno e primavera ( $m^3$  de biogás por kg de substrato, por kg de ST adicionados, por kg de SV adicionados, por kg de SV reduzidos e por kg de estrume adicionado no abastecimento).

Estações	Potenciais ( $m^3 \text{ kg}^{-1}$ )				
	Substrato	ST adic.	SV adic.	SV red.	Estrume
Verão	0,02A	0,23A	0,28A	0,74A	0,05A
Outono	0,02A	0,22A	0,28A	0,83A	0,05A
Inverno	0,02A	0,20A	0,23B	0,61B	0,04A
Primavera	0,02A	0,22A	0,24B	0,61B	0,06A

Médias seguidas da mesma letra, na coluna, não diferem entre si, pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade.

Os resultados encontrados podem ser comparados aos obtidos por MISI & FORSTER (2001), que utilizaram misturas à base de dejetos de caprinos, ovinos e bovinos, resíduos do processamento de frutas e cama de frangos, em diferentes proporções, para abastecimento de biodigestores anaeróbios. Quando os dejetos de ovinos e caprinos perfizeram 70% da mistura, obtiveram como valores: 0,14  $m^3$  de metano  $\text{kg}^{-1}$  de SV adicionado e 0,42  $m^3$  de  $\text{CH}_4$   $\text{kg}^{-1}$  de SV.

O potencial de produção de biogás do estrume de ovinos, encontrado por JAIN et al. (1981), foi de 0,0452  $m^3$  de biogás  $\text{kg}^{-1}$  de estrume, semelhante aos obtidos neste trabalho. LUCAS JÚNIOR (1987) observou maior eficiência na conversão no estrume de bovinos em biogás (0,048  $m^3 \text{ kg}^{-1}$  de estrume). NASCIMENTO (1991) encontrou potencial de produção de biogás de 0,08692  $m^3$  por  $\text{kg}^{-1}$  de estrume em biodigestores abastecidos com dejetos de ovinos e capacidade de carga de três litros.

Os números mais prováveis (NMP) de coliformes totais e fecais presentes nos substratos e efluentes dos biodigestores abastecidos nas quatro estações, assim como as respectivas porcentagens de redução desses números durante o processo, estão apresentados na Tabela 4.

TABELA 4. Números mais prováveis (NMP) de coliformes fecais e totais no abastecimento e desabastecimento dos biodigestores, e porcentagem de redução desses durante o processo, nas estações do ano estudadas.

	Coliformes Totais			
	Verão	Outono	Inverno	Primavera
Afluente	$2.419,42 \times 10^8$	$506,4 \times 10^8$	$945,47 \times 10^{10}$	$658,62 \times 10^9$
Efluente	$2,0 \times 10^3$	$1,5 \times 10^3$	$1,7 \times 10^3$	$3,1 \times 10^4$
Redução (%)	99,99 A	99,99 A	99,99 A	99,99 A
	Coliformes fecais			
	Verão	Outono	Inverno	Primavera
Afluente	$479,3 \times 10^8$	$494,1 \times 10^8$	$659,3 \times 10^{10}$	$418,79 \times 10^9$
Efluente	$3,37 \times 10^2$	$1,5 \times 10^3$	0,0	0,0
Redução(%)	99,99 A	99,99 A	100,0 A	100,0 A

Médias seguidas da mesma letra, na linha, não diferem entre si, pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade.

Os índices de redução do número de coliformes não sofreram efeitos ( $P < 0,05$ ) das estações do ano, sendo de 99,99% para coliformes totais (nas quatro estações) e coliformes fecais (verão e outono), e de 100% para coliformes fecais, nas estações de inverno e primavera.

Resultados semelhantes foram observados por STEIL (2001), quando abasteceu biodigestores, modelo batelada, com substratos preparados a partir de dejetos de suínos, frangos de corte e aves de postura (média de 99,99% de redução no NMP de coliformes totais e fecais).

A redução dos números de patógenos no produto final, que será retornado ao solo, é um fator importante, pois a ocorrência de altas quantidades de bactérias do grupo coliformes na água de consumo pode sujeitar as propriedades agrícolas a maiores taxas de incidência de doenças nos animais, com conseqüente aumento da mortalidade e diminuição da produtividade (ENNIX, 1996).

## CONCLUSÕES

Os resíduos de caprinos são bons substratos para o processo de digestão anaeróbia.

Os totais de biogás produzidos foram semelhantes para todas as estações. No verão e outono, houve maior agilidade do processo, antecipando a produção de biogás ou aumentando a porcentagem de metano contido nesse biogás.

O processo de biodigestão anaeróbia mostrou-se eficiente na remoção de coliformes dos dejetos de caprinos.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AL-MASRI, M.R. Changes in biogas production due to different ratios of some animal and agricultural wastes. *Bioresource Technology*, Oxford, v.77, n.1, p.97-100, 2001.

AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION - APHA. *Standard methods for the examination of water and wastewater*. 19. ed. Washington: APHA, 1995. p. irreg.

AUGENSTEIN, D.; BENEMANN, J.; HUGHES, E. Electricity from biogas. In: NATIONAL BIOENERGY CONFERENCE, 6., 1994, Nevada. *Anais...* Reno-Sparks: Judy Farrell, 1994. p.1237-40.

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

ENNIX. *Product Guide*. Arizona, 1996. 327 p.

FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION (FAO), 1993. Disponível em: <[www.apps.fao.org](http://www.apps.fao.org)> Acesso em: 17 dez. 2001.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). Disponível em: <[www.sidra.ibge.gov.br](http://www.sidra.ibge.gov.br)>. Acesso em 15 fev. 2002.

JAIN, M.K.; SINGH, R.; TAURO, P. Anaerobic digestion of cattle and sheep wastes. *Agricultural Wastes*, London, v.3, p.91-8, 1981.

LUCAS JÚNIOR, J. *Estudo comparativo de biodigestores modelo indiano e chinês*. 1987. 114 f. Tese (Doutorado em Energia na Agricultura) - Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 1987.

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

MISI, S.N.; FORSTER, C.F. Batch co-digestion of multi-componente agro-wastes. *Bioresource Technology*, Oxford, v.80, n.1, p.19-28, 2001.

NASCIMENTO, E.F. *Aspecto energético e sanitário do uso de estrume de ovinos como substrato de biodigestores*. 1991. 67 f. Monografia (Trabalho de Graduação) - Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, 1991.



ORTOLANI, A.F.; LUCAS JÚNIOR, J.; GALBIATI, J.A.; LOPES, L.R.; ARAÚJO, J.A.C.; BENINCASA, M.; BEDUSCHI, L.C.; COAN, O.; PAVANI, L.C.; MILANI, A.P.; DANIEL, L.A.; LATANZE, R.J. Bateria de minibiodigestores: estudo, projeto, construção e desempenho. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, 15., 1986, São Paulo. *Anais...* Botucatu: Sociedade Brasileira de Engenharia Agrícola, 1986. p.229-39.

SAHA, S.L. Promoting use of the biogas in India. *Electrical Índia*, Calcutta, v.34, p.13-16, 1994.

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

UNITED NATIONS EDUCATIONAL SCIENTIFIC AND CULTURAL ORGANIZATION (UNESCO) ,1995. Disponível em: <<http://www.unesco.org>>. Acesso em 10 jan. 2002.